
WaBoLu Hefte

Institut für
Wasser-,
Boden- und
Lufthygiene

WaBoLu

Umwelt-Survey 1990/92

Band V:

Trinkwasser

5

97

Deskription der Spurenelementgehalte
im Haushalts- und Wasserwerks-
Trinkwasser der Bevölkerung in der
Bundesrepublik Deutschland

ISSN
0175-4311

Umwelt
Bundes
Amt

WaBoLu

5

97

ISSN
0175-4311

Umwelt-Survey 1990/92
Band V:
Trinkwasser

Deskription der Spurenelementgehalte
im Haushalts- und Wasserwerks-
Trinkwasser der Bevölkerung in der
Bundesrepublik Deutschland

von

**K. Becker, M. Müssig-Zufika,
L. Hoffmann, C. Krause, E. Meyer,
P. Nöllke, C. Schulz, M. Seiwert**

Die diesem Reportsband zugrunde liegenden
Arbeiten wurden im Rahmen des vom
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit geförderten
Forschungsvorhaben "Umwelt-Survey
in der Bundesrepublik Deutschland 1990/91"
(F+E 116 06 088 + F+E 116 06 088/02)
durchgeführt.

Diese WaBoLu-Veröffentlichung kann bezogen werden bei
Vorauszahlung von 20,- DM
durch Post- bzw. Banküberweisung,
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der
Postbank Berlin (BLZ 10010010)
Fa. Werbung und Vertrieb,
Ahornstraße 1-2,
10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte
eine schriftliche Bestellung mit Nennung
der **WaBoLu-Hefte-Nummer** sowie des **Namens**
und der **Anschrift des Bestellers** an die
Firma Werbung und Vertrieb.

Herausgeber: Umweltbundesamt -
Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet V 4.3
Dr. Christian Krause

Berlin, Oktober 1997

K. Becker, M. Müssig-Zufika, K. Hoffmann, C. Krause,
E. Meyer, P. Nöllke, C. Schulz, M. Seiwert

Umwelt-Survey 1990/92

Band V:

Trinkwasser

**Deskription der Spurenelementgehalte im Haushalts-
und Wasserwerks-Trinkwasser der Bevölkerung in der
Bundesrepublik Deutschland**

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Durchführung: Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes,
Corrensplatz 1, 14195 Berlin,
Robert Koch-Institut - Bundesinstitut für Infektionskrankheiten
und nicht übertragbare Krankheiten -,
Infratest, Epidemiologie und Gesundheitsforschung, München,
Zentrum für Epidemiologie und Gesundheitsforschung, Berlin

Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Projektleitung: Dr. C. Krause / C. Schulz

Berichtersteller: K. Becker, M. Müssig-Zufika, K. Hoffmann, C. Krause, E. Meyer,
P. Nöllke, C. Schulz, M. Seiwert

unter weiterer Mitarbeit von: V. Aglaster, M. Doberschütz, L. Donner, C. Friedrich, M. Gabriel, I. Geier,
I. Hahn, M. Heiss, D. Helm, P. Hendel, H. Hermenau, M. Kapst, C. Kopplin,
U. Kortwich, W. Mailahn, T. Möhlmann, B. Nowack, W. Rotard, W. Sauter,
B. Seifert, E. Stottmeister, I. Vorweg, L. Windmüller, C. Woodgett,
Feldteams der Gesundheits-Surveys,
Epidemiologische Forschung Berlin,
Zentrum für Epidemiologie und Gesundheitsforschung,
und Statistische Datenanalyse, Beratung und Biometrie, Geltow

Sachverständige, die dem Projekt begleitend zur Seite gestanden haben:
Prof. Dr. J. Bortz (Institut für Psychologie der TU Berlin)
Prof. Dr. U. Ewers (Hygieneinstitut des Ruhrgebiets Gelsenkirchen,
Abt. Umweltmedizin und Umwelttoxikologie)
Dr. D. Eis (ehemals Hygieneinstitut der Ruprecht-Karls-Universität
Heidelberg, Abt. Allgemeine Hygiene, jetzt Robert Koch-Institut, Berlin)
Prof. Dr. K.-H. Jöckel (Institut für medizinische Informatik, Biometrie
und Epidemiologie, Universitätsklinikum Essen)

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.

Vorwort

Zur Ermittlung und Aktualisierung repräsentativer Daten über die bestehenden korporalen Schadstoffbelastungen und Schadstoffbelastungen im häuslichen Bereich der deutschen Wohnbevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland konnte im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 1985/86 erstmalig eine repräsentative bundesweite Erhebung durchgeführt werden, der Umwelt-Survey¹. In den Jahren 1990/91 wurde diese Erhebung in den alten Bundesländern wiederholt, und 1991/92 zum ersten Mal auch auf die neuen Bundesländer² erweitert. In diese beiden zuletzt genannten Erhebungen wurden darüber hinaus Kinder, die in den Haushalten der untersuchten Probanden leben, einbezogen. Das Erhebungsinstrumentarium umfaßt Blut-, Urin- und Kopfhhaarproben der Probanden, Hausstaub- und Trinkwasserproben aus ihren Haushalten sowie Proben aus den versorgenden Wasserwerken und Staubniederschlagsproben (Außenluft, Bergerhoff-Gerät), die in den Erhebungspunkten gewonnen wurden. Parallel dazu wurden u.a. zur Ergänzung der Meßdaten Fragebogenerhebungen zu umwelt-/gesundheitsrelevanten Verhaltensweisen und belastungsrelevanten Bedingungen der Haushalte und des Wohnumfeldes durchgeführt.

Die Auswertungen und Darstellungen des sehr umfangreichen Datenmaterials erfolgt aus systematischen und praktischen Gründen in mehreren Bänden dieser Veröffentlichungsreihe.

- Band Ia: Umwelt-Survey 1990/92. Studienbeschreibung und Human-Biomonitoring: Deskription der Spurenelementgehalte in Blut und Urin der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland
- Band Ib: Umwelt-Survey 1990/92. Human-Biomonitoring: Deskription der Spurenelementgehalte im Haar der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland
- Band IIa: Umwelt-Survey 1990/91 - ein Vergleich 1985/86 mit 1990/91 - Fragebogenerhebungen zur Exposition der Bevölkerung im häuslichen Bereich und zu ausgewählten Problemen des Umweltschutzes in den alten Bundesländern
- Band IIb: Umwelt-Survey 1990/92. Fragebogenerhebungen zur Exposition der Bevölkerung im häuslichen Bereich und zu ausgewählten Problemen des Umweltschutzes in der Bundesrepublik Deutschland
- Band IIc: Umwelt-Survey 1991/92. Bewertung der Exposition am Arbeitsplatz in den neuen Bundesländern

¹ Die Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91 wurden an jeweils der Hälfte der Stichproben der Nationalen Gesundheits-Surveys der Deutschen Herz-Kreislauf-Präventionsstudie (DHP) durchgeführt. Die DHP ist ein multizentrisches Projekt, im Rahmen dessen die praktische Anwendbarkeit wissenschaftlich begründeter primärpräventiver Maßnahmen und Programme zur Bekämpfung ischämischer Herzkrankheiten und der Herzinfarkte/Schlaganfälle in ausgewählten Studiengemeinden nachgewiesen werden soll (Kreuter et al. 1995). Die Probanden des Gesundheits-Surveys dienen hierbei als Referenzpopulation, auf deren Basis der Interventionserfolg der DHP beurteilt wird (Hoffmeister et al. 1992).

² Der Umwelt-Survey 1991/92 wurde bei der Hälfte der Stichprobe des Gesundheits-Surveys Ost durchgeführt (Hoffmeister und Bellach 1995).

- Band III: Umwelt-Survey 1990/91. Zufuhr von Spurenelementen und Schadstoffen mit der Nahrung (Duplikate und Diet History) in den alten Bundesländern
- Band IV: Umwelt-Survey 1990/91. Personengebundene Exposition gegenüber flüchtigen organischen Verbindungen in den alten Bundesländern
- Band V: Umwelt-Survey 1990/92. Trinkwasser, Deskription der Spurenelementgehalte im Haushalts- und Wasserwerks-Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland**
- Band VI: Umwelt-Survey 1990/92. Hausstaub, Deskription der Spurenelementgehalte im Staub (Staubniederschlag, Konzentrationen im Hausstaub) der Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland
- Band VII: Umwelt-Survey 1990/92. Quecksilber - Zusammenhangsanalyse
- Band VIII: Umwelt-Survey 1990/92. Arsen - Zusammenhangsanalyse
- Band IX: Umwelt-Survey 1990/92. Cadmium - Zusammenhangsanalyse
- Band X: Umwelt-Survey 1990/92. Blei - Zusammenhangsanalyse

Der vorliegende Berichtsband stellt den fünften Teil der Auswertung dar und enthält, basierend auf den Daten des Umwelt-Surveys 1990/92 (alte Bundesländer 1990/91 und neue Bundesländer 1991/92), die deskriptiven Auswertungen zur Trinkwasserexposition der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre und 6 bis 14 Jahre). Zum einen werden Vergleichswerte zu Stoffbelastungen des Trinkwassers, das der Bevölkerung im Haushalt zur Verfügung steht, angegeben, zum anderen werden Daten zur Abschätzung der Exposition über den Trinkwasserpfad bereitgestellt.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Summary	7
1 Einleitung.....	13
2 Studiendesign.....	15
2.1 Stichproben	15
2.2 Untersuchungsinstrumentarium	17
2.3 Durchführung der Felduntersuchung	18
3 Analytik und Qualitätskontrolle.....	19
4 Statistische Methoden und Aufbau der Tabellen.....	23
4.1 Datengewichtung	23
4.2 Tabellierte Kennwerte.....	24
4.3 Tabellenfolge	26
4.4 Auswahl der Gliederungsmerkmale.....	26
4.5 Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen	28
5 Deskription der Substanzgehalte im Trinkwasser der deutschen Bevölkerung.....	31
5.1 Metalle im häuslichen Trinkwasser (Spontan- und Stagnationsprobe)	33
5.1.1 Hinweise zu den Gliederungsmerkmalen	33
5.1.2 Blei.....	38
5.1.3 Cadmium.....	45
5.1.4 Eisen	51
5.1.5 Kupfer	57
5.1.6 Zink.....	64
5.1.7 Calcium, Magnesium und Natrium.....	70
5.1.8 Zeitlicher Vergleich in den alten Ländern	77
5.1.9 Bewertung anhand der Trinkwasserverordnung	79
5.2 Elemente (Al, Ba, B, K, Mn, Ni, P, Sr) im Trinkwasser (Wasserwerk).....	81
5.2.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	81
5.2.2 Zeitlicher Vergleich in den alten Ländern	83
5.2.3 Bewertung anhand der Trinkwasserverordnung	84
5.2.4 Abbildungen zu Kapitel 5.2.....	85
5.2.5 Kennwerttabellen zu Kapitel 5.2	93

5.3 Anionen (Chlorid, Nitrat, Sulfat) im Trinkwasser (Wasserwerk).....	101
5.3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	101
5.3.2 Zeitlicher Vergleich in den alten Ländern.....	102
5.3.3 Bewertung anhand der Trinkwasserverordnung.....	103
5.3.4 Abbildungen zu Kapitel 5.3.....	105
5.3.5 Kennwerttabellen zu Kapitel 5.3.....	108
5.4 Weitere Substanzen im Trinkwasser (Wasserwerk).....	111
5.4.1 Elemente (Ag, Be, Co, Cr, Cs, Li, Mo, Rb, Sb, Ti, Tl, U, V).....	111
5.4.2 Aromaten und halogenierte Kohlenwasserstoffe.....	115
5.4.3 Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM).....	119
6 Deskription der Merkmale zur Beschreibung der Wasserqualität.....	123
6.1 Temperatur, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt.....	123
6.2 pH-Wert, Säure- und Basekapazität.....	125
6.3 Wasserhärte.....	129
7 Ergänzende Auswertungen.....	133
7.1 Abschätzung der konsumierten Trinkwasservolumina.....	133
7.2 Abschätzung der Stoffzufuhr durch das häusliche Trinkwasser.....	139
7.3 Probandenangaben zur Wasserhärte.....	150
7.4 Beurteilung der Trinkwasserqualität.....	152
7.5 Verwendung von Ersatzwasser.....	158
8 Literatur.....	161
9 Verzeichnisse.....	167
9.1 Verzeichnis der Abkürzungen.....	167
9.2 Tabellenverzeichnis.....	169
9.3 Abbildungsverzeichnis.....	173
10 Anhang.....	175
10.1 Erläuterung der Gliederungsmerkmale.....	175
10.2 Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen.....	177

Zusammenfassung

Zur Ermittlung und Aktualisierung repräsentativer Daten über Stoffgehalte im Trinkwasser der deutschen Wohnbevölkerung wurden im Rahmen des Umwelt-Surveys 1990/92 in den Haushalten der Probanden und in den zuliefernden Wasserwerken Trinkwasserproben gewonnen.

In einem nach den Merkmalen Gemeindegrößenklasse, Geschlecht und Alter geschichteten zweistufigen Auswahlverfahren wurden repräsentative Querschnittsstichproben aus der deutschen Bevölkerung (alte und neue Bundesländer) zufällig gezogen. 1990/91 nahmen in den alten Bundesländern aus den 100 ausgewählten Erhebungspunkten (71 Gemeinden) 2524 Personen im Alter von 25 bis 69 Jahren teil (Ausschöpfungsrate 63,1 %). In den neuen Bundesländern waren es 1991/92 bei 50 Erhebungspunkten (46 Gemeinden) 1763 Personen im Alter von 18 bis 79 Jahren (Ausschöpfungsrate 69,0 %), von denen 1497 Personen zur Altersgruppe 25 bis 69 Jahre gehörten. Ferner wurden 453 Kinder im Alter von 6 bis 14 Jahren (West) sowie 359 Kinder bzw. Jugendliche im Alter von 6 bis 17 Jahren (Ost) bzw. 283 sechs- bis 14jährige in die Umwelt-Surveys einbezogen.

Das Programm zur Ermittlung der Schadstoffbelastung im häuslichen Bereich umfaßte u.a. die Untersuchung des Trinkwassers, das den Probanden im Haushalt für Koch- und Trinkzwecke zur Verfügung steht. Die Probenahme erfolgte zum einen in Form einer Spontanprobe, die entsprechend der Verbrauchsgewohnheiten der Probanden während des Tages, mit oder ohne Wasservorlauf, entnommen wurde. Zusätzlich wurde eine Stagnationsprobe nach nächtlicher Stagnation des Wassers in der Rohrleitung gewonnen. Die Schadstoffbelastung des im Haushalt zur Verfügung stehenden Trinkwassers wird im wesentlichen durch die Korrosion von Leitungsmaterialien beeinflusst, so daß in diesen Proben die Elemente Blei, Cadmium, Eisen, Kupfer und Zink bestimmt wurden.

In den Wasserwerken, die die untersuchten Haushalte mit Trinkwasser beliefern, wurden neben den oben genannten Metallen die Konzentrationen einer Vielzahl weiterer Elemente (Aluminium, Antimon, Barium, Beryllium, Bor, Cäsium, Chrom, Lithium, Kalium, Kobalt, Mangan, Molybdän, Nickel, Phosphor, Rubidium, Silber, Strontium, Tellur, Titan, Uran, Vanadium), Anionen (Chlorid, Nitrat, Sulfat), Aromaten und halogener Kohlenwasserstoffe analysiert. Zusätzlich erfolgte in den neuen Bundesländern die Analyse der Gehalte an Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln. Außerdem wurde eine Reihe von Merkmalen, die der weiteren Beschreibung der Trinkwasserqualität dienen, wie pH-Wert, Säure- und Basekapazität und Wasserhärte, bestimmt. Die Ergebnisse weitergehender Auswertungen zur Wasserhärte, zur Beurteilung der Wasserqualität und zur Verwendung von Ersatzwasser werden ebenfalls dargestellt.

Im Trinkwasser (Spontanprobe) aus Haushalten deutscher Erwachsener wurden mittlere **Blei-, Cadmium-, Eisen-, Kupfer- und Zinkgehalte** von 0,71 µg/l, 0,061 µg/l, 56 µg/l, 63 µg/l und 227 µg/l ermittelt (Tab. Z1). Die entsprechenden Gehalte in der Stagnationsprobe sind höher und unterscheiden sich signifikant von den Gehalten in der Spontanprobe. In den neuen Bundesländern liegen im Vergleich zu den alten Bundesländern höhere Eisen- und Zinkgehalte, tendenziell höhere Cadmiumgehalte und vor allem höhere Bleigehalte im Trinkwasser vor. Der mittlere Kupfergehalt ist in den alten Bundesländern vergleichsweise höher. Diese Resultate lassen sich durch die unterschiedliche Häufigkeiten erklären, mit der die verschiedenen Leitungsmaterialien in den häuslichen Installationen in den alten und neuen Bundesländern eingesetzt worden sind.

Die analysierten Gehalte werden mit den Grenz- und Richtwerten der Trinkwasserverordnung (TrinkwV), die allerdings zum Zeitpunkt der Untersuchung (1990/92) uneingeschränkt nur in den alten Bundesländern Gültigkeit hatte, verglichen. Bezogen auf die Spontanprobe kommen Überschreitungen des Grenzwertes der TrinkwV für Blei (40 µg/l) in den neuen Bundesländern zum Zeitpunkt der Erhebung mit 5,9 % häufiger vor als in den alten Bundesländern mit 0,1 %. Ähnliches gilt für Cadmium, Eisen und Zink.

Die mittleren Gehalte diverser weiterer Elemente (**Aluminium, Barium, Bor, Kalium, Mangan, Nickel, Phosphor, Strontium**) im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik sind ebenfalls der Tabelle Z1 zu entnehmen. Zum Zeitpunkt der Erhebung stand der Bevölkerung der neuen Bundesländer im Vergleich zu der Bevölkerung der alten Bundesländer Trinkwasser mit deutlich höheren Aluminium-, Mangan- und Nickelgehalten zur Verfügung. Bei 9,5 %, 24,6 % und 2,3 % der Probanden ist der jeweilige Grenzwert der TrinkwV überschritten.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bezüglich der Anionen **Chlorid, Nitrat und Sulfat**. Überschreitungen der Grenzwerte der TrinkwV kommen für Erwachsene der alten Bundesländer nicht vor. In den neuen Bundesländern werden die gemäß der TrinkwV zulässigen Gehalte bei 0,5 % (Cl⁻), 1,5 % (NO₃⁻) und 11,2 % (SO₄²⁻) der Bevölkerung überschritten.

Die mittleren Gehalte der **Aromaten und chlorierten Kohlenwasserstoffe** im Trinkwasser liegen in den meisten Fällen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Mittlere Gehalte können, bezogen auf die erwachsene Bevölkerung der Bundesrepublik, nur für Chloroform und Bromdichlormethan angegeben werden sowie bei den analysierten Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln für Ametryn und Lindan.

Die Parameter **Temperatur** und **Leitfähigkeit** entsprechen weitestgehend den Vorgaben der TrinkwV. Bei insgesamt 1 % der erwachsenen deutschen Bevölkerung hat das Trinkwasser einen pH-Wert kleiner als 6,5 bzw. bei 4,9 % einen pH-Wert größer als 9,5. Solche Über- bzw. Unterschreitungen kommen allerdings ausschließlich in den neuen Bundesländern vor.

Für Abschätzungen der Exposition der Allgemeinbevölkerung über das Trinkwasser werden Informationen über das **konsumierte Trinkwasservolumen** benötigt. Aus den im Rahmen des Umweltsurveys ermittelten Fragebogendaten wurde das Trinkwasservolumen, welches für die Zubereitung von Kaffee, Tee, Säften aus Konzentrat oder Suppen verwendet bzw. pur konsumiert wurde, abgeschätzt. Danach ist ein mittlerer täglicher Konsum von 920 ml anzusetzen (Tab. Z3). Auf der Grundlage der Gehalte in den Stagnations- und Spontanproben (Mittelwert) ergeben sich bei dieser Abschätzung mittlere Zufuhren mit dem häuslichen Trinkwasser von 0,6 µg Pb/Tag, 0,06 µg Cd/Tag, 40 µg Fe/Tag, 50 µg Cu/Tag und 220 µg Zn/Tag. Die mittlere Zufuhr an Aluminium beträgt 2 µg/Tag, an Nickel < 0,5 µg/Tag, an Mangan 0,4 µg/Tag und an Nitrat 5 mg/Tag (Tab. Z4).

Ergänzend werden Ergebnisse von Auswertungen zur **Wasserhärte** vorgestellt. Die mittlere Gesamthärte liegt bei 2,17 mmol/l, was dem Härtebereich 2 entspricht. 18,2 % der bundesdeutschen Bevölkerung steht ein Trinkwasser des Härtebereichs 1 zur Verfügung. Die Anteile, die den Härtebereichen 2, 3 und 4 zuzuordnen sind, betragen 32,1 %, 34,8 % und 14,9 %. Den Härtebereich ihres Trinkwassers können 32,3 % der Bevölkerung richtig angeben, 20,3 % machen eine falsche Angabe und 47,4 % wissen den Härtebereich nicht. Der Anteil richtiger Angaben ist in den neuen Bundesländern geringer.

Tab. Z1: Elemente und Anionen im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

		BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Blei (µg/l)	Sp	0,05	3988	258	0,1	0,7	5,3	11,6	28,0	3510,0	5,50	0,71	0,67 - 0,74
	St	0,05	4003	151	0,2	1,1	7,5	16,0	50,7	5580,0	9,86	1,14	1,08 - 1,20
Cadmium (µg/l)	Sp	0,02	3988	713	<0,02	0,06	0,39	0,65	1,13	14,60	0,166	0,061	0,058 - 0,063
	St	0,02	4002	360	0,02	0,10	0,62	1,08	1,90	57,00	0,293	0,106	0,101 - 0,110
Eisen (µg/l)	Sp	30	3982	1008	<30	50	250	410	680	41000	129	56	54 - 58
	St	30	3999	932	<30	60	450	720	1220	16000	187	74	71 - 77
Kupfer (µg/l)	Sp	20	3989	788	<20	50	490	800	1310	4500	181	63	60 - 65
	St	20	4003	544	<20	90	810	1300	1980	5600	292	98	93 - 103
Zink (µg/l)	Sp	20	3989	30	40	210	1260	2260	3750	23000	550	227	218 - 236
	St	20	4000	17	90	480	2410	3430	5110	22000	962	461	443 - 479
Calcium (mg/l)	Sp/St	5	4012	7	25	81	132	146	174	312	80,2	67,5	66,2 - 68,9
Magnesium (mg/l)	Sp/St	2	4012	55	3	10	27	34	40	116	13,6	10,1	9,9 - 10,4
Natrium (mg/l)	Sp/St	5	4012	312	<5	17	59	82	109	244	25,4	16,0	15,6 - 16,5
Aluminium (µg/l)	Ww	1	3969	644	<1	4	31	51	204	2018	24,8	4,0	
Barium (µg/l)	Ww	0,5	3969	0	18	46	148	287	397	614	72,6	47,4	
Bor (µg/l)	Ww	1	3969	80	6	27	81	108	155	1938	38,6	23,1	
Kalium (mg/l)	Ww	1	3970	383	1	3	6	6	8	51	3,3	2,5	
Mangan (µg/l)	Ww	0,1	3969	523	<0,1	1	20	77	234	748	15,0	0,9	
Nickel (µg/l)	Ww	0,5	3969	2045	<0,5	<0,5	2,5	7,0	12,5	91,9	1,79	0,57	
Phosphor (mg/l)	Ww	0,04	3322	1979	<0,04	<0,04	0,14	0,24	0,51	2,21	0,067	<0,04	
Strontium (µg/l)	Ww	0,5	3969	0	60	240	710	930	1210	4820	339	233	
Chlorid (mg/l)	Ww	1	3967	0	8	31	79	104	167	292	40,0	27,7	
Nitrat (mg/l)	Ww	1	3967	427	<1	10	30	38	43	287	13,0	7,0	
Sulfat (mg/l)	Ww	1	3967	7	13	45	125	173	249	720	64,8	43,1	

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; Sp/St = Daten sind Mittelwerte aus Sp und St; Ww = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. Z2: Elemente und Anionen im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung

		BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Blei (µg/l)	Sp	0,05	724	43	0,1	0,6	6,3	16,8	31,4	3510,0	13,29	0,69	0,61 - 0,79
	St	0,05	731	24	0,2	1,2	10,1	16,0	30,5	412,0	6,11	1,29	1,15 - 1,45
Cadmium (µg/l)	Sp	0,02	724	137	<0,02	0,05	0,42	0,78	1,95	5,58	0,190	0,061	0,055 - 0,067
	St	0,02	731	66	0,02	0,12	0,66	1,13	2,42	16,00	0,319	0,113	0,102 - 0,125
Eisen (µg/l)	Sp	30	726	195	<30	50	230	440	800	30000	174	54	49 - 58
	St	30	731	178	<30	60	430	610	890	16000	168	69	63 - 76
Kupfer (µg/l)	Sp	20	727	142	<20	60	450	730	1290	1900	179	67	60 - 74
	St	20	731	110	<20	120	830	1330	1890	4100	324	109	97 - 123
Zink (µg/l)	Sp	20	727	12	40	190	1460	3010	4420	23000	640	218	195 - 242
	St	20	731	4	80	480	2850	3830	7830	22000	1124	483	438 - 533
Calcium (mg/l)	Sp/St	5	732	0	22	82	136	147	185	238	80,9	67,0	63,8 - 70,4
Magnesium (mg/l)	Sp/St	2	732	18	3	11	27	35	42	72	13,8	10,1	9,5 - 10,7
Natrium (mg/l)	Sp/St	5	732	48	5	16	64	89	132	244	26,6	16,2	15,0 - 17,4
Aluminium (µg/l)	Ww	1	720	113	<1	4	33	51	407	2018	24	4,0	
Barium (µg/l)	Ww	0,5	720	0	18	53	159	292	380	614	77	49,5	
Bor (µg/l)	Ww	1	720	17	6	27	81	128	188	276	39	22,9	
Kalium (mg/l)	Ww	1	720	72	1	3	6	6	8	29	3	2,5	
Mangan (µg/l)	Ww	0,1	720	93	<0,1	1	23	89	240	416	16	0,9	
Nickel (µg/l)	Ww	0,5	720	403	<0,5	<0,5	2,5	7,2	12,5	91,9	1,61	0,55	
Phosphor (mg/l)	Ww	0,04	600	364	<0,04	<0,04	0,15	0,23	0,33	0,62	0,066	<0,04	
Strontium (µg/l)	Ww	0,5	720	0	60	240	770	960	1680	2810	356	234	
Chlorid (mg/l)	Ww	1	720	0	8	29	74	87	167	292	37	25,7	
Nitrat (mg/l)	Ww	1	720	106	<1	10	30	40	43	60	13	6,4	
Sulfat (mg/l)	Ww	1	720	1	12	50	135	179	345	570	69	42,3	

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; Sp/St = Daten sind Mittelwerte aus Sp und St; Ww = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. Z3: Konsumierte Trinkwassermengen der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung (ml pro Tag)

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM	KI AM
Aus Leitungen									
- des Haushalts	4018	250	630	1250	1500	1880	5050	715	700 - 729
- außerhalb des Haushalts	4018	<10	130	630	750	1000	3000	205	196 - 214
- des Haushalts und anderen Leitungen	4018	380	830	1530	1880	2450	5240	920	903 - 936

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel;
 KI AM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für AM; zur Abschätzung der konsumierten Trinkwassermenge siehe Kap. 7.1
Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. Z4: Tägliche Zufuhr von Elementen und Anionen mit dem Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM
Blei ($\mu\text{g pro Tag}$) ¹	4009	0,1	0,6	4,4	9,4	26,1	2525,0	5,36
Cadmium ($\mu\text{g pro Tag}$) ¹	4009	<0,02	0,06	0,36	0,63	1,01	44,75	0,168
Eisen ($\mu\text{g pro Tag}$) ¹	4008	<30	40	240	400	750	25630	115
Kupfer ($\mu\text{g pro Tag}$) ¹	4009	<20	50	440	740	1240	5910	166
Zink ($\mu\text{g pro Tag}$) ¹	4009	40	220	1190	1930	3130	17850	508
Aluminium ($\mu\text{g pro Tag}$) ²	3966	<1	2	22	50	184	1847	16,8
Nickel ($\mu\text{g pro Tag}$) ²	3966	<0,5	<0,5	2,0	4,7	9,4	132,1	1,31
Mangan ($\mu\text{g pro Tag}$) ²	3966	<0,1	0,4	13	52	162	1143	10,5
Nitrat (mg pro Tag) ²	3964	<1	5	21	29	41	179	8,9

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel;
¹ Zielvariable ist der gemittelte Elementgehalt aus Spontan- und Stagnationsprobe; ² Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern;
 zur Abschätzung der konsumierten Trinkwassermenge siehe Kap. 7.1;

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Summary

For the purpose of generating and updating representative data on pollutant concentrations in drinking water consumed by the general German population, drinking water samples were taken in the households of persons included in the Environmental Survey 1999/92 as well as in the waterworks serving these households.

Using a stratified two-stage random procedure, cross-sectional samples (West and East Germany) were selected according to community size, gender and age. The 1990/91 Survey for West Germany covered 2524 subjects aged 25-69 from 100 selected sampling points (71 communities) while the 1991/92 Survey for East Germany covered 1763 subjects aged 18-79 (including 1497 subjects aged 25-69) from 50 sampling points (46 communities). In addition, 453 children aged 6-14 (West Germany) as well as 359 children/youths aged 6-17 including 283 aged 6-14 (East Germany) were included in the Environmental Surveys. The rates of participation among those contacted were 63.1 % and 69 %, respectively.

The investigations conducted in households included the analysis of the drinking water available to the subjects for drinking and cooking purposes. Sampling occurred, on the one hand, in the form of spontaneous samples, i.e. samples taken during the day in keeping with the respective household's consumption habits (with or without letting the water run for a while beforehand). In addition, a first draw sample was taken, i.e. a sample of standing water drawn following overnight stagnation in the water pipe. The pollutant load in the drinking water available to households is significantly influenced by the corrosion of pipe constituents and therefore the samples were analysed for their content of lead, cadmium, iron, copper and zinc.

In addition to the metals mentioned above, the analysis of water samples from the waterworks serving the households surveyed also covered a multitude of other elements (aluminium, antimony, barium, beryllium, boron, caesium, chromium, cobalt, lithium, manganese, molybdenum, nickel, phosphorus, potassium, rubidium, silver, strontium, tellurium, titanium, uranium, vanadium), anions (chloride, nitrate, sulphate), aromatic and halogenated hydrocarbons. For East Germany, the analysis included, in addition, plant treatment and pest control substances. Furthermore, a number of parameters used to further describe drinking water quality, such as pH value, acid and base capacity and water hardness, were determined. The results of farther-reaching evaluations with respect to water hardness, water quality assessment and use of water from alternative sources are also presented.

The average content of **lead, cadmium, iron, copper and zinc** in drinking water (spontaneous samples) available to adults in Germany in their households was determined at 0.71 µg/l, 0.061 µg/l, 56 µg/l, 63 µg/l and 227 µg/l, respectively (table S1). The content of these metals in first draw samples is higher, differing significantly from that in the spontaneous samples. Compared with West Germany, the drinking water in East Germany exhibits a higher iron and zinc content, tends to be higher in cadmium and, above all, contains more lead. The average copper content is higher in West Germany than in East Germany. These results can be explained by the differences between West and East Germany in the frequency with which these metals had been used as material for domestic plumbing.

For assessment purposes, the loads determined were compared with the limit and guide values of the Drinking Water Ordinance (TrinkwV). At the time the surveys were conducted (1990-92), however, this ordinance was applicable in total in West Germany only. At a rate of 5.9 %, the Drinking Water Ordinance limit value for lead (40 µg/l) was exceeded more often in the spontaneous samples from East Germany than in those from West Germany (0.1 %). The same is true for cadmium, iron and zinc.

Table S1 also shows the average content of various other elements (**aluminium, barium, boron, manganese, nickel, phosphorus, potassium, strontium**) in drinking water consumed by Germans aged 25-69. The content of aluminium, manganese and nickel in the drinking water available to East Germans at the time the survey was conducted was markedly higher than that available to West Germans. The respective limit values of the Drinking Water Ordinance were exceeded in the drinking water of 9.5 %, 24.6 % and 2.3 % of the persons surveyed.

The anions **chloride, nitrate and sulphate** presented a similar picture. None of the values determined for adults in West Germany exceeded the corresponding limit values of the Drinking Water Ordinance. In East Germany, the loads permissible under the Drinking Water Ordinance were exceeded for 0.5 % (Cl⁻), 1.5 % (NO₃⁻) and 11.2 % (SO₄²⁻) of the population.

The average concentrations of **aromatic substances and chlorohydrocarbons** were for the most part below the respective quantification limits. Related to the adult German population, quantifiable average concentrations were present for chloroform and bromodichloromethane. Among the plant treatment and pest control substances determined, it was ametryn and lindane which occurred in drinking water in quantifiable average concentrations.

The requirements of the Drinking Water Ordinance for the parameters **temperature and conductivity** were met in very large part. pH values lower than 6.5 and higher than 9.5 occurred in the drinking water of, respectively, 1 % and 4.9 % of the adult population of Germany as a whole. These cases, however, exclusively occurred in East Germany.

To get a picture of the general population's pollutant exposure via drinking water it is essential to possess knowledge of the **volume of drinking water consumed**. Based on data generated as part of the Environmental Survey by way of a questionnaire, an estimate was made of the volume of drinking water used to make coffee, tea, juices from concentrates, and soups, or drunk as such. Average daily consumption was thus determined to be 920 ml (table S3). Using the concentrations determined in the first draw and spontaneous samples (mean), average intakes via domestic drinking water were calculated at 0.6 µg Pb/day, 0.06 µg Cd/day, 40 µg Fe/day, 50 µg Cu/day and 220 µg Zn/day. Average intake of aluminium is 2 µg/day, nickel < 0.5 µg/day, manganese 0.4 µg/day, and nitrate 5 mg/day (table S 4).

Various results of evaluations of **water hardness data** are presented. The overall average hardness is 2.17 mmol/l, which corresponds to hardness range 2. Drinking water belonging to hardness range 1 is available to 18.2 % of the German population. The corresponding percentages for hardness ranges 2, 3 and 4 are 32.1 %, 34.8 % and 14.9 %, respectively. 32.3 % of the population can correctly indicate the hardness range of their drinking water. 20.3 % give incorrect information, and 47.4 % do not know their water's hardness range. In East Germany, the percentage of those giving correct information is lower.

Tab. S1: Elements and anions in drinking water of the German population (25 to 69 years of age)

		QL	N	n<QL	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	CI GM
Lead (µg/l)	Sp	0.05	3988	258	0.1	0.7	5.3	11.6	28.0	3510.0	5.5	0.71	0.67 - 0.74
	St	0.05	4003	151	0.2	1.1	7.5	16.0	50.7	5580.0	9.86	1.14	1.08 - 1.20
Cadmium (µg/l)	Sp	0.02	3988	713	<0.02	0.06	0.39	0.65	1.13	14.60	0.166	0.061	0.058 - 0.063
	St	0.02	4002	360	0.02	0.10	0.62	1.08	1.90	57.00	0.293	0.106	0.101 - 0.110
Iron (µg/l)	Sp	30	3982	1008	<30	50	250	410	680	41000	129	56	54 - 58
	St	30	3999	932	<30	60	450	720	1220	16000	187	74	71 - 77
Copper (µg/l)	Sp	20	3989	788	<20	50	490	800	1310	4500	181	63	60 - 65
	St	20	4003	544	<20	90	810	1300	1980	5600	292	98	93 - 103
Zinc (µg/l)	Sp	20	3989	30	40	210	1260	2260	3750	23000	550	227	218 - 236
	St	20	4000	17	90	480	2410	3430	5110	22000	962	461	443 - 479
Calcium (mg/l)	Sp/St	5	4012	7	25	81	132	146	174	312	80.2	67.5	66.2 - 68.9
Magnesium (mg/l)	Sp/St	2	4012	55	3	10	27	34	40	116	13.6	10.1	9.9 - 10.4
Sodium (mg/l)	Sp/St	5	4012	312	<5	17	59	82	109	244	25.4	16.0	15.6 - 16.5
Aluminium (µg/l)	Ww	1	3969	644	<1	4	31	51	204	2018	24.8	4.0	
Barium (µg/l)	Ww	0.5	3969	0	18	46	148	287	397	614	72.6	47.4	
Boron (µg/l)	Ww	1	3969	80	6	27	81	108	155	1938	38.6	23.1	
Manganese (µg/l)	Ww	0.1	3969	523	<0.1	1	20	77	234	748	15.0	0.9	
Nickel (µg/l)	Ww	0.5	3969	2045	<0.5	<0.5	2.5	7.0	12.5	91.9	1.79	0.57	
Phosphorus (mg/l)	Ww	0.04	3322	1979	<0.04	<0.04	0.14	0.24	0.51	2.21	0.067	<0.04	
Potassium (mg/l)	Ww	1	3970	383	1	3	6	6	8	51	3.3	2.5	
Strontium (µg/l)	Ww	0.5	3969	0	60	240	710	930	1210	4820	339.2	233.1	
Chloride (mg/l)	Ww	1	3967	0	8	31	79	104	167	292	40.0	27.7	
Nitrate (mg/l)	Ww	1	3967	427	<1	10	30	38	43	287	13.0	7.0	
Sulfate (mg/l)	Ww	1	3967	7	13	45	125	173	249	720	64.8	43.1	

Note: QL = quantification limit; N = sample size; n < QL = number of values below QL; 10, 50, 90, 95, 98 = percentiles; MAX = maximum value; AM = arithmetic mean; GM = geometric mean; CI GM = approximate 95%-confidence interval for GM; values below QL are set at QL/2 for calculation purposes; Sp = spontaneous samples, taken in accordance with consumption habits; St = standing water samples, taken after overnight stagnation (first-draw samples); Sp/St = average value of Sp and St; Ww = water samples taken from waterworks or wells

Source: UBA, WaBoLu, German Environmental Survey 1990/92

Tab. S2: Elements and anions in drinking water of the German population (6 to 14 years of age)

		QL	N	n<QL	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	CI GM
Lead (µg/l)	Sp	0.05	724	43	0.1	0.6	6.3	16.8	31.4	3510.0	13.29	0.69	0.61 - 0.79
	St	0.05	731	24	0.2	1.2	10.1	16	30.5	412.0	6.11	1.29	1.15 - 1.45
Cadmium (µg/l)	Sp	0.02	724	137	<0.02	0.05	0.42	0.78	1.95	5.58	0.190	0.061	0.055 - 0.067
	St	0.02	731	66	0.02	0.12	0.66	1.13	2.42	16.00	0.319	0.113	0.102 - 0.125
Iron (µg/l)	Sp	30	726	195	<30	50	230	440	800	30000	174	54	49 - 58
	St	30	731	178	<30	60	430	610	890	16000	168	69	63 - 76
Copper (µg/l)	Sp	20	727	142	<20	60	450	730	1290	1900	179	67	60 - 74
	St	20	731	110	<20	120	830	1330	1890	4100	324	109	97 - 123
Zinc (µg/l)	Sp	20	727	12	40	190	1460	3010	4420	23000	640	218	195 - 242
	St	20	731	4	80	480	2850	3830	7830	22000	1124	483	438 - 533
Calcium (mg/l)	Sp/St	5	732	0	22	82	136	147	185	238	80.9	67.0	63.8 - 70.4
Magnesium (mg/l)	Sp/St	2	732	18	3	11	27	35	42	72	13.8	10.1	9.5 - 10.7
Sodium (mg/l)	Sp/St	5	732	48	5	16	64	89	132	244	26.6	16.2	15.0 - 17.4
Aluminium (µg/l)	Ww	1	720	113	<1	4	33	51	407	2018	24.0	5.0	
Barium (µg/l)	Ww	0.5	720	0	18	53	159	292	380	614	77.1	49.5	
Boron (µg/l)	Ww	1	720	17	6	27	81	128	188	276	39.0	22.9	
Manganese (µg/l)	Ww	0.1	720	93	<0.1	1	23	89	240	416	16.2	0.9	
Nickel (µg/l)	Ww	0.5	720	403	<0.5	<0.5	2.5	7.2	12.5	91.9	1.61	0.55	
Phosphorus (mg/l)	Ww	0.04	600	364	<0.04	<0.04	0.15	0.23	0.33	0.62	0.066	<0.04	
Potassium (mg/l)	Ww	1	720	72	1	3	6	6	8	29	3.3	2.5	
Strontium (µg/l)	Ww	0.5	720	0	60	240	770	960	1680	2810	356	234	
Chloride (mg/l)	Ww	1	720	0	8	29	74	87	167	292	37.2	25.7	
Nitrate (mg/l)	Ww	1	720	106	<1	10	30	40	43	60	12.7	6.4	
Sulfate (mg/l)	Ww	1	720	1	12	50	135	179	345	570	68.9	42.3	

Note: QL = quantification limit; N = sample size; n < QL = number of values below QL; 10, 50, 90, 95, 98 = percentiles; MAX = maximum value; AM = arithmetic mean; GM = geometric mean; CI GM = approximate 95%-confidence interval for GM; values below QL are set at QL/2 for calculation purposes; Sp = spontaneous samples, taken in accordance with consumption habits; St = standing water samples, taken after overnight stagnation (first-draw samples); Sp/St = average value of Sp and St; Ww = water samples taken from waterworks or wells

Source: UBA, WaBoLu, German Environmental Survey 1990/92

Tab. S3: Intake of drinking water by the German population (25 to 69 years of age)
(ml per day)

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM	CI AM
supplied to									
- household	4018	250	630	1250	1500	1880	5050	715	700 - 729
- others	4018	<10	130	630	750	1000	3000	205	196 - 214
- household and others	4018	380	830	1530	1880	2450	5240	920	903 - 936

Note: N = sample size; 10, 50, 90, 95, 98 = percentiles; MAX = maximum value; M = arithmetic mean; CI AM = approximate 95%-confidence interval for AM; for information on how tap water consumption was estimated see Ch. 7.1

Source: UBA, WaBoLu, German Environmental Survey 1990/92

Tab. S4: Daily intake of elements and anions by the German population
(25 to 69 years of age) via drinking water

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM
Lead ($\mu\text{g per day}$) ¹	4009	0,1	0,6	4,4	9,4	26,1	2525,0	5,36
Cadmium ($\mu\text{g per day}$) ¹	4009	<0,02	0,06	0,36	0,63	1,01	44,75	0,168
Iron ($\mu\text{g per day}$) ¹	4008	<30	40	240	400	750	25630	115
Copper ($\mu\text{g per day}$) ¹	4009	<20	50	440	740	1240	5910	166
Zinc ($\mu\text{g per day}$) ¹	4009	40	220	1190	1930	3130	17850	508
Aluminium ($\mu\text{g per day}$) ²	3966	<1	2	22	50	184	1847	16,8
Nickel ($\mu\text{g per day}$) ²	3966	<0,5	<0,5	2,0	4,7	9,4	132,1	1,31
Manganese ($\mu\text{g per day}$) ²	3966	<0,1	0,4	13	52	162	1143	10,5
Nitrate (mg per day) ²	3964	<1	5	21	29	41	179	8,9

Note: N = sample size; 10, 50, 90, 95, 98 = percentiles; MAX = maximum value; AM = arithmetic mean;

¹ average value of Sp and St; ² water samples taken from waterworks or wells

for information on how tap water consumption was estimated see Ch. 7.1

Source: UBA, WaBoLu, German Environmental Survey 1990/92

1 Einleitung

Das Trinkwasser ist ein wesentlicher Bestandteil der Nahrung. In der DIN 2000 heißt es sogar, daß Trinkwasser das wichtigste Lebensmittel sei und nicht ersetzt werden könne. In der Bundesrepublik ist die Überwachung der Trinkwasserqualität durch die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) geregelt. Danach sind die Betreiber von Wasserversorgungsanlagen, aus denen aus festen Leitungswegen an Anschlußnehmer Trinkwasser abgegeben wird, und von Eigen- oder Einzelversorgungsanlagen, aus denen Trinkwasser entnommen oder abgegeben wird, verpflichtet, regelmäßig Untersuchungen durchzuführen bzw. durchführen zu lassen.

Zwar wurde die Gültigkeit der TrinkwV bei der Neufassung vom Dezember 1990 ausdrücklich auch auf Anlagen der Hausinstallationen, aus denen Trinkwasser an Verbraucher abgegeben wird, ausgedehnt, jedoch ist der Betreiber nicht verpflichtet, regelmäßig Untersuchungen durchzuführen bzw. durchführen zu lassen. Nur auf Anordnung der zuständigen Behörde - meist durch Verdachtsfälle ausgelöst - sind Untersuchungen in Anlagen der Hausinstallation durchzuführen.

Außer diesen Untersuchungen, kleinräumigen Studien, Laboruntersuchungen und Studien, in denen nach Medienaufruf Trinkwasser auf seine Qualität untersucht wurde, liegen für die Bundesrepublik keine systematisch erhobenen Daten über die Qualität des in Haushalten zur Verfügung stehenden Trinkwassers vor. Daten über die Qualität des von den Wasserwerken abgegebenen Trinkwassers sind für den Gesamtbereich der Bundesrepublik unvollständig. Vor 1989 wurden am Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene die aufgrund freiwilliger Mitteilungen der Wasserversorgungsunternehmen eingehenden Untersuchungsergebnisse zur Trinkwasserqualität gesammelt und in Form der BIBIDAT-Datei erfaßt. In den neuen Bundesländern erfolgte nach der Wiedervereinigung im Rahmen der Tätigkeit der "Fachkommission Soforthilfe Trinkwasser" (FKST) eine systematische Erfassung der Qualität des von den Wasserversorgern zur Verfügung gestellten Trinkwassers.

Mit den im Rahmen des Umwelt-Surveys 1985/86 gewonnenen Daten ließ sich die bestehende Informationslücke hinsichtlich der potentiellen Schadstoffaufnahme der Bevölkerung über das Trinkwasser erstmals schließen. Durch den Umwelt-Survey 1990/92 wird diese Datenbasis aktualisiert und auf den Bereich der neuen Bundesländer ausgedehnt.

Im Rahmen der vorliegenden Deskription werden zunächst die ermittelten Gehalte an Eisen, Blei, Kupfer, Cadmium und Zink im häuslichen Trinkwasser der Bevölkerung dargestellt. Je nach Installationsmaterial, Standzeit im Rohr und der Wasserbeschaffenheit ist für die Gehalte dieser Elemente ein mehr oder weniger starker Einfluß der Korrosion zu erwarten. Um die durch Korrosionsvorgänge potentiell schwankenden Konzentrationen der o.g. Elemente zu erfassen, wurden Stagnations- und Spontanproben genommen. Die Gehalte in den beiden unterschiedlichen Probenarten werden getrennt dargestellt.

Die Deskription einer Vielzahl anderer Elemente, Anionen und organischer Verbindungen erfolgt auf der Basis der in den Wasserwerken ermittelten Gehalte. Bei diesen Substanzen wurden wesentliche Veränderungen der Konzentrationen im Trinkwasser auf dem Weg vom Wasserwerk zum Verbraucher nicht angenommen.

Außerdem wird die Qualität des Trinkwassers anhand einiger physikalisch-chemischer Merkmale (Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Säure- und Basekapazität sowie Wasserhärte) beschrieben.

Die graphische Darstellung der Verteilungen der Stoffgehalte erfolgt in Form von Histogrammen bzw. Häufigkeitsverteilungen. Die Verteilungen der Substanzgehalte im Trinkwasser werden in Tabellenform unter Angabe der folgenden Kennwerte wiedergegeben: Stichprobenumfang, Anteil der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze, 10., 50., 90., 95., 98. Perzentil, Maximalwert, arithmetisches und geometrisches Mittel. Bei der Darstellung der Gehalte im häuslichen Trinkwasser wird zusätzlich ein 95 % Konfidenzintervall des geometrischen Mittelwertes angegeben.

Es wird berichtet, wieviel Trinkwasser die Bevölkerung durchschnittlich zu sich nimmt. Eine grobe Abschätzung der Blei-, Cadmium-, Eisen-, Kupfer- und Zinkzufuhren über das Trinkwasser erfolgt anschließend durch Multiplikation der verzehrten Trinkwasservolumina mit den aus den Spontan- und Stagnationsproben gemittelten Konzentrationen der Elemente. Ferner wird mitgeteilt, inwieweit die Bevölkerung den Härtegrad des Trinkwassers in ihren Haushalten kennt, wie sie die Qualität des Trinkwassers einschätzt und ob Ersatzwasser verwendet wird.

2 Studiendesign

Im folgenden wird kurz auf die Stichproben, die Erhebungsinstrumente und die Durchführung der Feldarbeit eingegangen. Eine ausführliche Studienbeschreibung ist dem Band Ia: Umwelt-Survey 1990/92 (Krause et al. 1996) zu entnehmen.

2.1 Stichproben

Ausgangspunkt für die Stichproben der Umwelt-Surveys waren die Stichproben des Nationalen Gesundheits-Surveys der DHP (Deutsche Herz-Kreislauf-Präventionsstudie) in den alten Ländern und die Stichprobe des Gesundheits-Surveys in den neuen Ländern. In zweistufigen Auswahlverfahren wurden Querschnittsstichproben (alte und neue Länder) nach den Merkmalen Gemeindegrößenklasse (7 Klassen von 'unter 2.000' bis '500.000 und mehr Einwohner'), Geschlecht und Alter (25 bis 69 Jahre -alte Länder- bzw. 18 bis 79 Jahre -neue Länder-) gezogen. Aus diesen Stichproben wurden 1990/91 insgesamt 4168 Personen aus den 100 Erhebungspunkten in 71 Gemeinden (alte Länder - West -) und 1991/92 insgesamt 2740 aus den 50 Erhebungspunkten in 46 Gemeinden (neue Länder - Ost -) zufällig ausgewählt und zur Teilnahme an der Umwelt-Untersuchung eingeladen.

167 (4,0 %) der 'West'-Probanden und 185 (6,8 %) der 'Ost'-Probanden gelten als „qualitätsneutrale Ausfälle“ (unbekannt verzogen, verstorben, falsche Adresse), so daß die bereinigten Brutto-Stichproben 4001 (West) bzw. 2555 (Ost) Personen umfassen. Von 2524 Personen im Alter von 25 bis 69 Jahren aus den alten Ländern und von 1763 Personen im Alter von 18 bis 79 Jahren bzw. 1497 der Altersklasse 25 bis 69 Jahre aus den neuen Ländern liegen verwertbare Fragebogendaten (Fragebögen der Umwelt- und Gesundheits-Surveys) vor. Die Ausschöpfungsraten betragen danach, bezogen auf die bereinigten Bruttostichproben, 63,1 % in den alten und 69,0 % in den neuen Ländern.

In der realisierten Stichprobe (alte und neue Länder) waren Frauen mit 50,7 % und Männer mit 49,3 % etwa ebenso wie in der Grundgesamtheit nach Mikrozensus 1991 (51,2 % / 48,8 %) repräsentiert. In der Stichprobe der alten Länder entsprechen die Anteile der Frauen und Männer mit 50,3 % und 49,7 % in etwa denen der Grundgesamtheit mit 51,0 % und 49,0 %. Ähnliches gilt für die Geschlechtsverteilung in der Stichprobe der neuen Länder (Frauen 51,4 %, Männer 48,6 %) zur entsprechenden Grundgesamtheit (51,9 % / 48,1 %). Ferner wurden 453 Kinder im Alter von 6 bis 14 Jahren (West) sowie 359 Kinder/Jugendliche im Alter von 6 bis 17 Jahren (Ost), davon 283 sechs- bis 14jährige, untersucht, die in den Haushalten der teilnehmenden Probanden leben.

In der realisierten Stichprobe (alte und neue Länder) waren Mädchen mit 49,2 % und Jungen mit 50,8 % etwa ebenso wie in der Grundgesamtheit nach Mikrozensus 1991 (48,5 % / 51,5 %) repräsentiert. Die Anteile der Mädchen und Jungen mit 49,2 % und 50,8 % in der Stichprobe der alten Länder sind in etwa wie in der Grundgesamtheit mit 48,5 % und 51,5 %. Ähnliches gilt für die

Geschlechtsverteilung in der Stichprobe der neuen Länder (Mädchen 49,1 %; Jungen 50,9 %) zur entsprechenden Grundgesamtheit (48,5 % und 51,5 %).

In Tabelle 2.1.1 sind die Anteile der verfügbaren Trinkwasserproben (in %) bezogen auf die jeweiligen Nettostichproben ausgewiesen.

Tab. 2.1.1: Anteile der verfügbaren Trinkwasserproben (in %) bezogen auf die jeweiligen Nettostichproben

Erwachsene				
	Deutschland 25- bis 69jährige	alte Länder 25- bis 69jährige	neue Länder 25- bis 69jährige	neue Länder 18- bis 24- und 70- bis 79jährige
Probanden mit Fragebogen	4021	2524	1497	266
davon mit				
- Spontanprobe	99 %	99 %	99 %	100 %
- Stagnationsprobe	100 %	99 %	100 %	99 %
Kinder und Jugendliche				
	Deutschland 6- bis 14jährige	alte Länder 6- bis 14jährige	neue Länder 6- bis 14jährige	neue Länder 15- bis 17jährige
Probanden mit Fragebogen	736	453	283	76
davon mit				
- Spontanprobe	99 %	99 %	99 %	100 %
- Stagnationsprobe	100 %	100 %	100 %	99 %

Die Stichproben weichen nur in geringem Maße von der Struktur der Population ab, z.B. durch das alters-/regionalabhängige Interesse an der Mitarbeit an einer Umwelt-Studie oder durch die variierende Bereitschaft, an den sehr zeitaufwendigen Untersuchungen beider Surveys (Gesundheit und Umwelt) teilzunehmen. Zum Ausgleich dieser Abweichungen zwischen Population und Stichprobe wurden die Stichproben nach Alter, Geschlecht, Gemeindegrößenklasse und Bevölkerungsanteil in West/Ost auf die Struktur der Bundesrepublik Deutschland gewichtet (vgl. Kap. 4.1).

2.2 Untersuchungsinstrumentarium

Im Rahmen der Umwelt-Surveys wurden Blut-, Urin-, Kopfhaar-, Trinkwasser-, Hausstaubproben und Staubniederschlagsproben der Außenluft genommen sowie diverse Fragebögen eingesetzt, die detailliert in Band Ia: Umwelt-Survey 1990/92 (Krause et al. 1996) beschrieben sind.

Zur Bestimmung der Substanzgehalte im Trinkwasser erfolgten die aufgeführten Probenahmen:

- **Spontan-Trinkwasser-Proben** (0,5 l), im Laufe des Tages ohne oder mit Wasservorlauf entsprechend den Trinkwasser-Entnahmegewohnheiten der Probanden aus dem Zapfhahn, aus dem gewöhnlich Trinkwasser für Koch- und Trinkzwecke entnommen wird:
0,5 l Vierkantflaschen aus Polyethylen (Fa. Kautex, Bonn-Holzlar)

- **Stagnations-Trinkwasser-Proben** (0,5 l), morgens ohne Wasservorlauf, also bevor Trinkwasser für Koch- /Trinkzwecke entnommen wird, aus demselben Zapfhahn, aus dem die Spontanprobe gewonnen wurde:
0,5 l-Vierkantflaschen aus Polyethylen (Fa. Kautex, Bonn-Holzlar)

- **Trinkwasser-Proben aus den Wasserwerken**, die die untersuchten Haushalte versorgen:
1 l-Vierkantflaschen aus Polyethylen (Fa. Kautex, Bonn-Holzlar),
100 ml Weithals-Steilbrustglasflaschen mit NS-Glasstopfen (ehemals Fa. Glaswerke Wertheim, jetzt Schott Glaswerke, Mainz)
10 ml Headspace-Glasgefäße mit PTFE-kaschierten Butylgummisepten mit Alu-Bördelkappe und Federscheibe (Fa. Perkin-Elmer, Überlingen)

Zur Interpretation der Meßergebnisse und zur Schaffung von Vergleichswerten - auch für bezüglich bestimmter Belastungen definierte Teilpopulationen - wurden neben soziodemographischen Angaben auch potentielle Einflußgrößen bzw. konfundierende Variablen erfaßt. Hierzu wurden bei den Erwachsenen ein interviewgesteuerter Fragebogen "Umwelt und Gesundheit in Deutschland" und ein Fragebogen "Leben und Gesundheit in Deutschland" zum Selbstausfüllen eingesetzt. Bei den Kindern/Jugendlichen wurde ein gesonderter interviewgesteuerter Kinder- und Jugendlichenfragebogen verwendet. In gesonderten Erhebungsbögen (Dokumentationsbogen) wurden Angaben zu den Probenahmen wie „Beziehen Sie Ihr Trink-/Kochwasser aus einer öffentlichen Wasserversorgung?“ dokumentiert.

2.3 Durchführung der Felduntersuchung

Die Durchführung der Feldarbeit der Umwelt-Surveys erfolgte zeitgleich mit den Gesundheits-Surveys. Die Verantwortung für die Feldarbeit incl. Probentransport des Umwelt-Surveys-West lag bei der Firma Infratest Gesundheitsforschung, München, und bei der Epidemiologischen Forschung Berlin (EFB), für die Feldarbeit des Umwelt-Surveys-Ost beim Zentrum für Epidemiologie und Gesundheit Berlin (ZEG). Die Schulung der Interviewer zur Probenahme wurde von Mitarbeitern des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene (WaBoLu) und zum Ausfüllen der Fragebögen von Mitarbeitern der Epidemiologischen Forschung Berlin (EFB) vorgenommen.

Im Zeitraum vom 11.06.1990 bis 18.05.1991 erfolgten die Erhebung der Fragebogendaten und die Probenahmen des Umwelt-Surveys-West und vom 23.09.1991 bis 27.06.1992 die des Umwelt-Surveys-Ost. Während die Probenahmen (außer Blutentnahme) zur Umweltuntersuchung und die Erhebungen des Fragebogens "Umwelt und Gesundheit in Deutschland", des Kinder- und Jugendlichenfragebogens und des Dokumentationsbogens in den Haushalten der Probanden stattfanden, erfolgten die medizinische Untersuchung, die Blutentnahme und das Ausfüllen des Fragebogens "Leben und Gesundheit in Deutschland" in den örtlichen Gesundheitsämtern oder anderen von der jeweiligen Gemeinde zur Verfügung gestellten Räumen.

Die in den Haushalten gewonnenen Trinkwasserproben wurden bei Raumtemperatur in den Untersuchungsräumen gelagert, einmal im Monat nach Berlin transportiert und im WaBoLu bis zur Analyse weiterhin bei Raumtemperatur gelagert. Die in den Wasserwerken gewonnenen Proben wurden gekühlt transportiert und - insbesondere die Proben für die Analyse der Aromaten, halogenierten Kohlenwasserstoffe und PBSM - bis zur Analyse ebenfalls gekühlt gelagert. Die ausgefüllten Fragebögen wurden bei Infratest Gesundheitsforschung in München geprüft, datentechnisch aufgenommen und aufbereitet.

3 Analytik und Qualitätskontrolle

Im folgenden wird kurz auf die chemische Analytik der gewonnenen Proben und durchgeführte Qualitätskontrollen eingegangen. Vorausgeschickt sei, daß viele der im Rahmen dieser Untersuchung eingesetzten Methoden genormte und erprobte Methoden (DIN-Verfahren der Deutschen Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung (DEV 1996)) der Wasseruntersuchung sind.

Die Tabelle 3.1 gibt eine Übersicht über die mit der Atomabsorptionsspektroskopie analysierten Elemente. Die Proben wurden nach dem Ansäuern mit HNO_3 direkt zur Analyse eingesetzt (DEV 1996). **Blei** und **Cadmium** wurden elektrothermal (Gerät: PE 5000) mit einer Bestimmungsgrenze von 0,05 $\mu\text{g/l}$ bzw. 0,02 $\mu\text{g/l}$ bestimmt. Die Bestimmung von **Eisen**, **Kupfer** und **Zink** erfolgte mit der Flammen-AAS (Gerät PE 1100 B), wobei die Bestimmungsgrenzen für Eisen 30 $\mu\text{g/l}$, für Kupfer 20 $\mu\text{g/l}$ und für Zink 20 $\mu\text{g/l}$ betragen.

Die Standardmaterialien für die interne Qualitätskontrolle (Tab. 3.1) wurden aus Tritriplex durch entsprechende Verdünnung mit Leitungswasser hergestellt. Dabei hatte man sich vorher versichert, daß der Gehalt des zu bestimmenden Elementes im Leitungswasser unterhalb der Nachweisgrenze lag. Eine externe Qualitätskontrolle wurde nicht durchgeführt.

Tab. 3.1: Interne Qualitätskontrolle für die Analyse von Blei, Cadmium, Eisen, Kupfer und Zink im Trinkwasser

Element	Sollwert	Ergebnisse der Kontrollmessungen				
		n	AM	s	VK (%)	SWA (%)
Blei ($\mu\text{g/l}$)	4,0	155	3,84	0,71	18,5	- 4,0
Cadmium ($\mu\text{g/l}$)	0,5	155	0,51	0,05	9,8	2,0
Eisen ($\mu\text{g/l}$)	100	160	114	7,0	6,1	14,0
Kupfer ($\mu\text{g/l}$)	100	160	101	3,5	3,5	0,5
Zink ($\mu\text{g/l}$)	100	160	132	5,6	4,3	32

Anmerkungen: n=Anzahl der Kontrollmessungen; AM=arithmetisches Mittel; s=Standardabweichung; VK (%)=Variationskoeffizient in %; SWA (%)=Sollwertabweichung in %

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Die Bestimmung von **Calcium**, **Magnesium**, **Natrium** und **Kalium** erfolgte mit der ICP-OES (DEV 1996). Die Bestimmungsgrenze lag für Calcium und Natrium bei 5 mg/l, für Magnesium bei 2 mg/l und für Kalium bei 1 mg/l. Die Analyse von Calcium, Magnesium und Natrium im Trinkwasser aus den Haushalten und zusätzlich aus den Wasserwerken folgte in drei unterschiedlichen Meßzeiträumen, in denen jeweils unterschiedliche, selbst hergestellte Standards zur Qualitätssicherung herangezogen wurden (Tab. 3.2).

Tab. 3.2: Interne Qualitätskontrolle für die Analyse von Calcium, Magnesium und Natrium im häuslichen Trinkwasser

Element	Sollwert (mg/l)	Ergebnisse der Kontrollmessungen				
		n	AM (mg/l)	s (mg/l)	VK (%)	SWA (%)
Calcium	100	390	100,3	2,61	2,6	0,3
	100	66	108,6	6,48	6,0	8,6
	75	120	74,9	1,75	2,3	-0,2
Magnesium	50	390	50,3	1,51	3,0	0,6
	5	66	5,3	0,42	8,0	6,0
	10	120	9,9	0,29	2,9	-1,0
Natrium	100	376	100,2	1,86	1,9	0,2
	50	66	52,2	3,84	7,4	4,4
	20	120	20,4	0,82	4,0	2,0

Anmerkungen: n=Anzahl der Kontrollmessungen; AM=arithmetisches Mittel; s=Standardabweichung; VK (%)=Variationskoeffizient in %; SWA (%)=Sollwertabweichung in %

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Für die Bestimmung der **sonstigen Elemente** (Al, Ba, B, Mn, Ni und Sr sowie Ag, Be, Co, Cr, Cs, Li, Mo, Rb, Sb, Ti, Tl, U, V) wurde die ICP-MS (Gerät PQ 2+ der Fa. Fisons) eingesetzt. Zur internen Qualitätskontrolle wurde das Standardreferenzmaterial NBS 1643 und für jedes Element zusätzlich ein selbst hergestellter Standard mit einer Konzentration im Meßbereich der Proben benutzt. Die Tabelle 3.3 zeigt die Ergebnisse.

Die Bestimmung von Phosphor erfolgte photometrisch als Molybdatphosphorsäure (Gerät: PE Lamda 1). Die Bestimmungsgrenze lag bei 0,04 mg/l.

Die Gehalte der Anionen **Chlorid**, **Nitrat** und **Sulfat** wurden mit Hilfe der Ionenchromatographie (Gerät 2020 I der Fa. Dionex) bestimmt. Die Bestimmungsgrenzen lagen bei 1 mg/l. In den für die Analyse der Proben typischen Konzentrationsbereichen ergaben sich bei Mehrfachbestimmungen Variationskoeffizienten von 1,4 % für Chlorid, 2,5 % für Nitrat und 1,3 % für Sulfat.

Die analytische Bestimmung der **leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe** erfolgte nach DIN 38407, Teil 4 (1), durch Mikroextraktion der Wasserproben mit n-Pentan, kapillargaschromatographischer Auftrennung und Detektion mit Hilfe eines ECD (Gerät HP 5880 A, PE Sigma 2000). Die Kalibrierung wurde nach der Methode der internen Standardisierung über das gesamte Bestimmungsverfahren unter Verwendung von Bromtrichlormethan als internem Standard durchgeführt. Der Variationskoeffizient für die Fehlerstreuung des Gesamtverfahrens betrug im Durchschnitt 9,5 % (min: 8,1 % für Bromdichlormethan, max: 11,5 % für Tetrachlorethen). Die Bestimmungsgrenze betrug 0,1 µg/l. Zur Verifizierung wurden die gleichen Wasserproben von einem zweiten Untersuchungslabor mit Hilfe einer anderen, unabhängigen Analysenmethode, der Headspace-Methode nach DIN 38407, Teil 5 (2), untersucht. Die in beiden Laboratorien gemessenen Konzentrationen in den Wasserproben zeigten eine sehr gute Übereinstimmung.

Tab. 3.3: Interne Qualitätskontrolle für die Analyse von Spurenelementen im Trinkwasser aus den Wasserwerken

Element	BG (µg/l)	Sollwert (µg/l)	Ergebnisse der Kontrollmessungen				
			n	AM (µg/l)	s (µg/l)	VK (%)	SWA (%)
Aluminium	1,0	*114,6	15	120,6	14,9	12,4	9,3
		50,0	42	48,7	4,03	8,3	-2,6
Antimon	0,5	1,0	13	1,32	0,38	28,7	32,1
Barium	0,05	*49,6	15	47,7	2,02	4,2	3,8
		50,0	42	49,9	1,08	2,2	-0,1
Beryllium	0,1	*23,2	15	23,1	1,80	7,8	-0,4
		1,0	18	1,18	0,52	44,2	18,2
Bor	1,0	*119,0	15	119,7	8,49	7,1	0,6
		50,0	32	49,0	3,70	7,6	-1,9
Caesium	0,1	*k.A.	7	4,70	0,13	2,7	k.A.
		1,0	10	1,00	0,05	5,0	-0,2
Chrom	0,5	*19,0	15	19,2	1,44	7,5	1,2
		1,0	18	1,07	0,17	15,4	7,4
Kobalt	0,1	*23,5	15	23,9	1,97	8,2	1,8
		1,0	18	1,00	0,08	8,0	0,4
Lithium	0,02	*16,5	7	14,55	1,37	9,4	-11,8
		1,0	10	1,04	0,07	7,1	3,9
Mangan	0,1	*35,1	15	35,8	2,43	6,8	1,9
		50,0	42	49,8	2,16	4,3	-0,3
Molybdän	0,1	*104,3	15	105,1	4,58	4,4	0,8
		1,0	13	0,99	0,11	11,3	-1,4
Nickel	0,5	*60,6	15	58,9	4,62	7,9	-2,8
		50,0	42	49,5	3,49	7,0	-1,0
Rubidium	0,1	*11,4	7	10,9	0,36	3,3	-3,8
		1,0	10	0,99	0,06	5,7	-0,6
Silber	0,1	1,0	18	1,17	0,52	44,0	17,2
Strontium	0,5	*263,6	15	253	12,1	4,8	-4,0
		50,0	42	50,0	1,78	3,6	0,0
Thallium	0,1	**7,9	15	7,89	0,56	7,1	-0,2
		1,0	18	1,04	0,08	7,3	4,1
Titan	0,5	*k.A.	15	19,3	6,36	32,9	k.A.
		10,0	17	8,6	1,28	14,8	-13,6
Uran	0,1	*k.A.	15	0,03	0,01	16,1	k.A.
		1,0	16	1,06	0,11	10,2	6,4
Vanadium	1,0	*31,4	15	30,8	2,50	8,1	-2,0
		10,0	17	10,2	1,35	13,2	2,2

Anmerkungen: BG=Bestimmungsgrenze; n=Anzahl der Kontrollmessungen; AM=arithmetisches Mittel; s=Standardabweichung; VK (%)=Variationskoeffizient in %; SWA (%)=Sollwertabweichung in %; *=zertifizierter Gehalt des NBS-Standards; **=Gehalt des NBS-Standards 1643, jedoch nicht zertifiziert; k.A.=keine Angabe

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Die Bestimmung der **aromatischen Kohlenwasserstoffe** erfolgte ebenfalls mit der Gaschromatographie (Gerät: PE Sigma 2000) unter Anwendung der Headspace Technik. Die Bestimmungsgrenze der analysierten aromatischen Kohlenwasserstoffe betrug 0,5 µg/l. Der Variationskoeffizient für die Fehlerstreuung des Gesamtverfahrens betrug durchschnittlich 4,5 % (min: 3,5 % für Toluol, max: 7,6 % für 1,2,4-Trimethylbenzol).

Für die Analyse der **Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM)** wurden die Wirkstoffe nach der Isolierung und Anreicherung aus der Wasserprobe (Festphasenextraktion) mittels Gaschromatographie unter Einsatz der selektiven Detektoren ECD, NPD und MSD bestimmt (Stottmeister et al. 1993).

Die Bestimmungen der **Temperatur**, der **Leitfähigkeit**, des **Sauerstoffgehaltes**, des **pH-Wertes**, der **Säure-** und **Basekapazität** erfolgten entsprechend den DIN-Methoden der Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung (DEV 1996).

4 Statistische Methoden und Aufbau der Tabellen

Im folgenden werden die durchgeführte Datengewichtung, die verwendeten statistischen Kennwerte und Methoden sowie Aufbau, Gliederung und Abfolge der Tabellen erläutert. Ferner werden die Auswahl der zur Gliederung benutzten Merkmale und die Zusammenhangsstruktur zwischen den verschiedenen Merkmalen beschrieben.

Die statistischen Berechnungen wurden mit der Statistik-Software SPSS für Windows, Version 6.0 (SPSS, 1993) durchgeführt.

Die zu deskribierenden Variablen werden gemäß der Terminologie der angewandten Regressionsanalyse als Kriterien oder Zielvariablen bezeichnet. Die Variablen, nach denen die Tabellen gegliedert sind, werden im Text Gliederungsmerkmale oder potentielle Einflußgrößen genannt.

4.1 Datengewichtung

Die Stichprobe ist eine nach den Merkmalen Alter, Geschlecht und Gemeindegrößenklasse repräsentative, randomisiert gezogene Personenstichprobe. Aufgrund von einigen Ausfällen (z.B. Person verstorben, unbekannt verzogen oder nicht erreicht, Verweigerer, Fragebogen nicht auswertbar, keine Trinkwasserprobe vorhanden) ergeben sich Abweichungen in der proportionalen Verteilung der Ziehungsmerkmale zwischen der realisierten Stichprobe und der Grundgesamtheit. Um die Proportionen der Grundgesamtheit wiederherzustellen, wurde die Stichprobe gewichtet, d.h. in der Stichprobe unter- oder überrepräsentierte Personengruppen, die durch die Ziehungsmerkmale definiert worden sind, gehen bei der Deskription entsprechend stärker bzw. schwächer ein. Zu inhaltlichen und methodischen Aspekten der Datengewichtung sei auf Elliot (1991) verwiesen. Für die Gewichtungsberechnung sind die Populationsdaten der deutschen Wohnbevölkerung aus dem Mikrozensus 1991 des Statistischen Bundesamtes verwendet worden, da diese die Bevölkerungsstruktur während des gesamten Erhebungszeitraumes (Juni 1990 - Mai 1992) am besten charakterisieren. Die beiden Stichproben der Erwachsenen (25 bis 69 Jahre) und der Kinder (6 bis 14 Jahre) wurden separat gewichtet, da für sie eine getrennte Auswertung vorgenommen wird.

Unter Zugrundelegung von fünf Altersklassen, sechs Gemeindegrößenklassen, zwei Geschlechtern sowie zwei Klassen für die alten bzw. neuen Bundesländer ergaben sich bei den Erwachsenen insgesamt 120 Zellen (Kombinationen), denen jeweils ein Gewichtungsfaktor zugeordnet wurde. Für die Kinder wurde aufgrund geringer Fallzahlen eine gröbere Unterteilung in 24 Zellen (2 Altersklassen x 3 Gemeindegrößenklassen x männlich/weiblich x alte/neue Bundesländer) gewählt.

Die Rechtfertigung einer nach Personenmerkmalen vorgenommenen Datengewichtung im Unterschied zu einer auch möglichen Gewichtung auf Haushaltsebene ergibt sich aus der Stichprobenziehung und den Zielstellungen des Surveys. Zum einen liegt dem Umwelt-Survey eine Personenstichprobe und keine Haushaltsstichprobe zugrunde und zum anderen soll die personenbezogene Expositi-

tion gegenüber verschiedenen Substanzen aus der Umwelt und nicht die Belastungssituation der deutschen Haushalte beschrieben werden.

Vor der Datengewichtung wurden die im Haushalt gewonnenen Trinkwasserproben (Spontan- und Stagnationsprobe) und damit die in den Proben gemessenen Substanzgehalte den jeweiligen Probanden zugeordnet. Analog dazu wurden die in den Wasserwerksproben gemessenen Substanzen und erfaßten Merkmale zur Beschreibung der Wasserqualität den von den einzelnen Wasserwerken jeweils versorgten Probanden des Umwelt-Surveys zugeordnet, was auch als Hochrechnung der Daten aufgefaßt werden kann. Bei der Versorgung eines Probanden durch mehrere Wasserwerke wurden gewichtete Mittelwerte der Substanzgehalte entsprechend den Wasserwerksanteilen berechnet. Bei Eigenversorgern wurden die Hausbrunnen beprobt und in den Proben die gleichen Substanzen wie in den Wasserwerksproben analysiert. Nach der Hochrechnung der Wasserwerksangaben auf die Probanden schloß sich eine Datengewichtung an.

Die Datengewichtung hat insgesamt nur einen geringen Einfluß auf die statistische Auswertung. Aus inhaltlicher Sicht ist der durch die Gewichtung erzielte Effekt vor allem in der „Abwertung“ der in der Stichprobe überrepräsentierten neuen Bundesländer zu sehen. Ohne diese Abwertung würden die in den neuen Bundesländern ermittelten Schadstoffbelastungen bei der zusammengefaßten Auswertung für die deutsche Bevölkerung überproportional Berücksichtigung finden.

4.2 Tabellierte Kennwerte

Die einzelnen Tabellen enthalten in der Regel die gleichen Kennwerte und haben somit einen einheitlichen Tabellenkopf. Neben dem jeweiligen Stichprobenumfang (N) und der Anzahl von unter der Bestimmungsgrenze liegenden Werten ($n < BG$) werden fünf Perzentile (10., 50., 90., 95., 98.), der Maximalwert (MAX), das arithmetische Mittel (AM) und das geometrische Mittel (GM) angegeben. Die Perzentile und der Maximalwert dienen der Beschreibung der Stichproben-Verteilung. Das m -te Perzentil ist so definiert, daß m % der Stichprobenwerte kleiner oder gleich und $(100-m)$ % der Stichprobenwerte größer sind, wobei m eine natürliche Zahl unter 100 ist. Bei der Berechnung von Perzentilen mittels Statistik-Software werden Interpolationen durchgeführt, die eine Glättung der Verteilung bewirken. Die Perzentile sind analog zum 1. Umwelt-Survey gewählt worden, d.h. mit Schwerpunktsetzung auf den oberen Meßbereich, da dieser bei der Erarbeitung von Vergleichswerten, Richtwerten und Normalbereichen von besonderem Interesse ist.

Zur Beschreibung der „durchschnittlichen Lage“ der Daten werden neben dem Median (50. Perzentil) das arithmetische Mittel und das geometrische Mittel tabelliert. Das arithmetische bzw. geometrische Mittel sind definiert als die durch N dividierte Summe der Meßwerte bzw. als N -te Wurzel aus dem Produkt der Meßwerte, wobei N der Stichprobenumfang ist. Von den drei Lagemaßen wird zu Referenzzwecken oder zum internen Vergleich innerhalb des Tabellenbandes in der Regel das geometrische Mittel verwendet, da es im Unterschied zum Median alle Meßwerte berücksichtigt und im Unterschied zum arithmetischen Mittel bedeutend robuster gegenüber Ausreißern im Datenmaterial ist. Die Präferenz des geometrischen Mittels ist damit begründet, daß

es das „ideale“ Lagemaß bei logarithmischer Normalverteilung darstellt, welche aus theoretischer Sicht (Ott 1990) und aufgrund von durchgeführten statistischen Tests für die betrachteten Substanzgehalte angenommen werden kann. Zur Hervorhebung des geometrischen Mittels wurde die entsprechende Spalte in allen Tabellen schraffiert.

Da das geometrische Mittel der Stichprobe nur einen Schätzwert darstellt, wird zur Beschreibung des Schätzfehlers in den entsprechenden Tabellen ein approximatives 95 %-Konfidenzintervall für das geometrische Mittel (KI GM) angegeben. Es wird nach der Formel

$$(GM \cdot SE^{-z}, GM \cdot SE^{+z})$$

berechnet. Hierbei ist SE der Standardfehler des geometrischen Mittels und z das 0,975-Quantil der t-Verteilung mit N-1 Freiheitsgraden (N=Stichprobenumfang), welches für großes N etwa dem 0,975-Quantil der standardisierten Normalverteilung, also dem Wert 1,96, entspricht. Die Intervallbreite nimmt mit steigendem Stichprobenumfang ab und spiegelt die Streuung der Meßwerte wider. Die Angabe von expliziten Streuungsmaßen, wie Standardfehler oder Standardabweichung der logarithmierten Daten, erübrigt sich, da diese aus dem Konfidenzintervall rückgerechnet werden können. Bei den Tabellen der Kapitel 5.2 - 5.4 und 6 kann kein Konfidenzintervall angegeben werden, da es sich hier um vom Wasserwerk auf die Probanden hochgerechnete Daten handelt. Hier würde der Standardfehler und damit auch die Intervallbreite systematisch unterschätzt werden, da den etwa 4000 Probanden nur rund 300 verschiedene Datensätze entsprechen.

In den Kapiteln 7.1 und 7.2 zum konsumierten Trinkwasservolumen und zur Stoffzufuhr wird das geometrische Mittel nicht tabelliert, da es aufgrund einiger Datensätze mit Nullwerten gemäß Berechnungsformel Null ist und somit nicht die mittlere Datenlage beschreibt. In diesen Kapiteln wird das arithmetische Mittel als bevorzugtes Lagemaß verwendet, was durch Schraffierung der entsprechenden Tabellenspalte und Angabe von approximativen 95 %-Konfidenzintervallen deutlich gemacht wird.

Auf die Tabellierung von statistischen Kenngrößen der Asymmetrie und Nichtnormalität, wie etwa Schiefe und Exzess, wird aus Platzgründen verzichtet. Es sei aber darauf hingewiesen, daß die leicht zu bildende, stets positive Differenz AM-GM als Gradmesser der Asymmetrie auffaßbar ist, d.h. je größer die Differenz ist, desto ausgeprägter ist die Schiefe der Verteilung. Für Asymmetrievergleiche verschiedener Zielvariablen bietet sich die normierte Größe (AM-GM)/AM an, die stets zwischen 0 und 1 liegt und mit zunehmender Asymmetrie ansteigt.

Die Anzahl der in den Tabellen angegebenen Stellen, inklusive Nachkommastellen, für die Perzentile und den Maximalwert ergibt sich in der Regel aus den originalen Meßwerten. Dagegen werden die statistischen Kennwerte AM und GM mit einer zusätzlichen Stelle angegeben, was durch die im Vergleich zu den einzelnen Meßwerten höhere Genauigkeit der Kennwert-Schätzungen gerechtfertigt ist.

Liegen mehr als $m\%$ der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG), wobei m eine natürliche Zahl unter 100 ist, so kann das m -te Perzentil nicht angegeben werden. In solchen Fällen wird in der entsprechenden Zelle vermerkt, daß das Perzentil kleiner als die Bestimmungsgrenze ist. Bei sehr kleinem Stichprobenumfang können obere Perzentile, insbesondere das 98. Perzentil, nicht berechnet werden, so daß in der entsprechenden Tabellenzelle keine Angabe erfolgt. Bei der Berechnung von AM, GM und KI GM werden die unter der Bestimmungsgrenze liegenden Werte als $BG/2$ berücksichtigt. Im Falle der Nichtberücksichtigung (Datenausschluß) oder des Ersetzens dieser Werte durch die BG würden alle Mittelwerte überschätzt werden, bei Nullsetzen dieser Werte entstünde eine systematische Unterschätzung.

Die in den Tabellen angegebenen Kennwerte sind im allgemeinen gerundete Zahlen. Dies betrifft auch die tabellierten Teilstichprobenumfänge, welche rechnerisch als Summe von Gewichten bestimmt werden. Die auftretenden Rundungsfehler können dazu führen, daß die Summe der Teilstichprobenumfänge nicht exakt den gesamten Stichprobenumfang ergibt. Die durch Rundung entstehenden Abweichungen sind jedoch gering und vernachlässigbar. Größere Differenzen zwischen der Summe der Teilstichprobenumfänge und dem Gesamtstichprobenumfang treten vereinzelt auf und zwar dann, wenn die entsprechenden Fragen von mehreren Probanden nicht beantwortet wurden bzw. die Antwort keiner tabellierten Kategorie zugeordnet werden kann.

4.3 Tabellenfolge

In dem Berichtsband werden neben den Gehalten im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Erwachsenen auch die Gehalte im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen Kinder deskribiert. Für jede Zielvariable, d.h. für jede analysierte Substanz, werden jeweils zwei Typen von Kennwert-Tabellen erstellt und zwar:

1. Tabelle: Substanzgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung
2. Tabelle: Substanzgehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Kinder.

Darüber hinaus sind verschiedene Tabellen zum zeitlichen Vergleich (1985/86 versus 1990/91) in den alten Ländern, zu den Überschreitungen der Grenz- bzw. Richtwerte der Trinkwasserverordnung, zur Beschreibung der Trinkwasserqualität und für zusätzliche Auswertungen im Berichtsband enthalten. Die Numerierung der Tabellen erfolgt innerhalb der Kapitel, die Tabellennummer beginnt stets mit der Kapitelnummer. Unter jeder Tabelle sind die verwendeten Symbole erklärt und Anmerkungen zur Datenqualität hinzugefügt.

4.4 Auswahl der Gliederungsmerkmale

Die Tabellen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen und der 6- bis 14jährigen Kinder enthalten nicht nur die Deskription der Substanzgehalte im Trinkwasser für die jeweilige Gesamtstichprobe, sondern auch für einige Teilstichproben. Zur Definition der Teilstichproben werden sogenannte

Gliederungsmerkmale verwendet. Mit den gegliederten Tabellen werden zwei Ziele verfolgt. Zum einen sollen für Vergleichszwecke Informationen interessierender Teilpopulationen zur Verfügung gestellt werden, und zum anderen soll der Zusammenhang zwischen der Zielvariablen und jedem einzelnen Gliederungsmerkmal deskriptiv dargestellt werden.

Um einem Teilziel des Umwelt-Surveys gerecht zu werden, nämlich dem Vergleich der Belastungssituation in den alten Bundesländern mit der in den neuen Bundesländern, wird in den Tabellen die regionale Variable

- *alte/neue Bundesländer*

als übergeordnetes Gliederungsmerkmal verwendet. Das obere Drittel einer Tabelle bezieht sich auf Deutschland, das mittlere auf die alten Bundesländer und das untere auf die neuen Bundesländer. Innerhalb eines Tabellendrittels folgt gegebenenfalls eine Gliederung nach weiteren Merkmalen und zwar nach

- *Probenart* (Spontanprobe, Stagnationsprobe)
- *Versorgungsart* (Wasserwerksversorgte, Eigenversorger)
- *Material der Wasserleitungen* (nicht aus Pb, Cu bzw. Fe, ganz oder teilweise aus Pb, Cu bzw. Fe).

In den Tabellen der 6- bis 14jährigen Kinder wird aufgrund der geringen Anzahl von Kindern aus Haushalten von Eigenversorgern nicht nach Versorgungsart gegliedert. Bei Substanzgehalten, die aus Wasserwerksproben auf die Probanden hochgerechnet wurden, entfällt eine Unterteilung nach Probenart und nach dem Material der Wasserleitungen, teilweise auch nach Versorgungsart.

Die Gliederungsmerkmale sind zur Beschreibung der Substanzgehalte im Trinkwasser der Bevölkerung entsprechend der Ziele der Surveys ausgewählt worden und stellen Merkmale dar, die wesentlichen Einfluß auf die Substanzgehalte haben.

Außerdem wurden die potentiellen Gliederungsmerkmale *Gemeindegrößenklasse* (unter 20 000, 20 000 - 100 000, ab 100 000 Einwohner), *Gebietstyp* (Land/ländlich, vorstädtisch, städtisch) und *Baujahr des Wohnhauses* (bis 1949, 1950 - 1980, ab 1981) für die im Haushaltswasser gemessenen Elemente geprüft, aufgrund geringer Zusammenhangsstärke zu den Elementgehalten jedoch nicht in die Tabellen aufgenommen.

Ferner wurden einige Merkmale der Wasserbeschaffenheit, wie Härtegrad, Härtebereich, pH-Wert, Basekapazität bis pH 8,2 und Säurekapazität bis pH 4,3 sowie Kombinationen dieser Merkmale hinsichtlich ihres Einflusses auf verschiedene Substanzgehalte im Trinkwasser untersucht. Sie werden jedoch im Berichtsband nicht als Gliederungsmerkmale verwendet, sondern in den Kapiteln 6 und 7 gesondert ausgewertet und ausführlich diskutiert.

Um die Zusammenhangsstärke zwischen dem Gehalt einer Substanz im Trinkwasser und einem Gliederungsmerkmal statistisch zu prüfen, wurden Mittelwert-Signifikanztests im Rahmen der einfachen Varianzanalyse durchgeführt. Dabei wurden die logarithmierten Konzentrationen verwendet, um signifikante Unterschiede zwischen den geometrischen Mittelwerten der durch das Gliederungsmerkmal definierten Teilpopulationen nachzuweisen. Erwies sich der bivariate

Zusammenhang als signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=0,001$, so ist das Gliederungsmerkmal in der Tabelle mit * gekennzeichnet. Unterschiede in den geometrischen Mittelwerten, die sich bei den Ausprägungen eines nicht mit * versehenen Gliederungsmerkmals ergeben, sind somit als zufällig und statistisch nicht gesichert zu interpretieren. Im Fall einer kategorisierten Zielvariablen ist der Zusammenhang zu einem Gliederungsmerkmal mit Pearsons χ^2 -Test für Kontingenztafeln geprüft worden und bei signifikanter Abhängigkeit ($\alpha=0,001$) gleichfalls durch ein * gekennzeichnet.

Die Wahl eines im Vergleich zu anderen Studien kleinen Signifikanzniveaus ist aufgrund des hohen Stichprobenumfanges möglich und dient der Reduktion des Fehlers 1. Art, d.h. hier der Absicherung gegenüber irrtümlich angenommenen Zusammenhängen. Die Verwendung des Wortes "signifikant" in den Tabelleninterpretationen bezieht sich stets auf einen α -Fehler von 0,001. (Werden signifikante Ergebnisse aus der Literatur wiedergegeben, so kann auch ein anderes Signifikanzniveau gemeint sein.)

4.5 Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen

Nicht jedes Gliederungsmerkmal ist als unmittelbare Einflußgröße für die jeweilige Zielvariable interpretierbar, auch wenn eine Signifikanz statistisch nachgewiesen wurde. Mitunter wirkt das Gliederungsmerkmal nur scheinbar, weil ein starker Zusammenhang zu einem wirklichen Einflußfaktor besteht, d.h. daß nach epidemiologischem Sprachgebrauch (Breslow und Day 1980, Mietinen 1985) das Gliederungsmerkmal einen Confounder darstellt.

Die komplizierte Struktur der multivariaten Ursache-Wirkungs-Beziehung läßt sich mit Hilfe von Regressionsanalysen untersuchen, was jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Deskription ist. Um trotzdem einen Einblick in die Zusammenhängestruktur der Gliederungsmerkmale zu erhalten, wurden paarweise χ^2 -Unabhängigkeitstests durchgeführt und im Falle signifikanter Abhängigkeiten wurden diese durch das Assoziationsmaß V von Cramér quantifiziert. Cramérs V ist ein Maß für die Abhängigkeitsstärke, welches stets zwischen 0 und 1 liegt und mit wachsender Abhängigkeit zunimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.5.1 oberhalb der Diagonalen wiedergegeben. Unterhalb der Diagonalen sind die signifikanten Zusammenhänge verbal beschrieben.

Auffallend in Tabelle 4.5.1 ist, daß das Merkmal *alte/neue Bundesländer* mit allen anderen Gliederungsmerkmalen signifikant zusammenhängt. Dies war neben der bereits erwähnten Entsprechung eines Teilzieles des Umwelt-Surveys auch ein Grund dafür, *alte/neue Bundesländer* als übergeordnetes Gliederungsmerkmal in den Kennwert-Tabellen des Berichtsbandes zu verwenden.

Der Zusammenhang der anderen Gliederungsmerkmale untereinander wird nicht unwesentlich durch ihre Assoziation mit dem Merkmal *alte/neue Bundesländer* bestimmt. So besteht zwischen *Versorgungsart* und *Eisen-Wasserleitungen (Wasserleitungen aus Eisen oder verzinktem Stahlrohr)* kein signifikanter Zusammenhang, wenn man sich auf die alten oder auf die neuen Länder beschränkt. Erst bei Betrachtung aller Bundesländer entsteht eine signifikante Assoziation, die

darauf zurückzuführen ist, daß der Großteil der Eigenversorger aus den neuen Ländern kommt und der Anteil an Wasserleitungen aus Eisen oder verzinktem Stahlrohr in den neuen Ländern deutlich höher ist als in den alten Ländern.

Die Tabelle 4.5.1 bezieht sich auf die Proben aus den Haushalten der 25- bis 69jährigen Probanden des Umwelt-Surveys. Ähnliche Ergebnisse erhält man für die Proben aus den Haushalten, in denen die untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder leben, allerdings unter der Einschränkung, daß das Merkmal Versorgungsart wegen der geringen Anzahl von nur drei Kindern aus Eigenversorger-Haushalten nicht in die Zusammenhangsanalyse eingeschlossen werden kann. Dieses Merkmal wird auch nicht als Gliederungsmerkmal in den Kennwert-Tabellen der 6- bis 14jährigen deutschen Kinder verwendet.

Tab. 4.5.1: Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen

	alte/ neue Bundesländer	Versorgungsart	Blei-Wasserleitungen ¹	Eisen-Wasserleitungen ²	Kupfer-Wasserleitungen ³
alte/ neue Bundesländer		0,17	0,12	0,29	0,40
Versorgungsart	neue Länder: Anteil an Eigenversorgern höher		n.s.	0,09	n.s.
Blei-Wasserleitungen ¹	neue Länder: Anteil an Bleileitungen höher	n.s.		0,13	n.s.
Eisen-Wasserleitungen ²	neue Länder: Anteil an Leit. aus Eisen/ verzinktem Stahlrohr höher	Eigenversorger: Anteil an Leit. aus Eisen/ verzinktem Stahlrohr höher	Kombination von Bleileit. u. Leit. aus Eisen/ verzinktem Stahlrohr selten		0,67
Kupfer-Wasserleitungen ³	neue Länder: Anteil an Kupferleitungen geringer	n.s.	n.s.	Kombination von Kupferleit. u. Leit. aus Eisen/ verzinkt. Stahlrohr selten	

Anmerkungen: ¹ = Wasserleitungen ganz oder teilweise aus Blei; ² = ganz oder teilweise aus Eisen oder verzinktem Stahlrohr; ³ = ganz oder teilweise aus Kupfer; bei signifikanter Abhängigkeit ($p < 0,001$) nach Pearsons χ^2 -Test ist oberhalb der Diagonalen Cramérs Assoziationsmaß angegeben und unterhalb der Diagonalen der Zusammenhang verbal beschrieben; nicht signifikante Abhängigkeiten sind durch n.s. gekennzeichnet; Datenbasis: 25- bis 69jährige Probanden des Umwelt-Surveys mit ausgefülltem Umwelt-Fragebogen

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5 Deskription der Substanzgehalte im Trinkwasser der deutschen Bevölkerung

Mit der folgenden Deskription soll primär die Exposition über den Trinkwasserpfad der deutschen Bevölkerung beschrieben werden. Zur Ermittlung und Aktualisierung von repräsentativen Daten über die bestehende Schadstoffbelastung des Trinkwassers erfolgte die Untersuchung des Trinkwassers aus den Haushalten der Probanden (Haushaltswasser) und aus den zugehörigen Wasserwerken (Wasserwerkswasser) bzw. Eigenversorgungsanlagen, die die Probanden beliefern.

In diesem Kapitel werden die Substanzgehalte im Trinkwasser der deutschen Bevölkerung (25- bis 69jährige Erwachsene und 6- bis 14jährige Kinder) in deskriptiver Form dargestellt.

Die Elemente Blei, Cadmium, Eisen, Kupfer und Zink sind sowohl im Haushaltswasser als auch im Wasserwerkswasser gemessen worden, da deren Gehalte sich auf dem Weg vom Wasserwerk zum Haushalt durch Korrosion in den Wasserleitungsrohren wesentlich verändern können. Die Bestimmung der übrigen Elemente (Erdalkalimetalle, Alkalimetalle, Anionen, Spurenmetalle, Halogenkohlenwasserstoffe, aromatische Kohlenwasserstoffe, Pestizide u.a.), deren Gehalte auf dem Transportweg bis zum Wasserhahn kaum Veränderung erfahren, erfolgte nur im Wasserwerkswasser.

Die Deskription erfolgt dreistufig, d.h. textlich interpretierend, tabellarisch unter Angabe diverser Kennwerte und graphisch als Häufigkeitsverteilungen.

Im Text werden die Daten für die 25- bis 69jährige Bevölkerung der gesamten Bundesrepublik und für die Teilpopulationen in Ost- und Westdeutschland getrennt dargestellt. Es ist zu erwarten, daß in den alten und neuen Ländern - bedingt durch unterschiedliche Gesellschafts- und Wirtschaftssysteme, andere Technologien, Rohstoffbasis und gesetzliche Vorgaben, die vor der Wiedervereinigung bestanden - Unterschiede in der Trinkwasserbeschaffenheit auftreten können.

Darüber hinaus werden die Daten getrennt nach der Versorgungsart beschrieben, d.h. es werden Teilpopulationen gebildet, die entweder ihr Trinkwasser aus einem Wasserwerk oder einer Eigenversorgungsanlage beziehen.

Für diejenigen Elemente, die auch im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 untersucht wurden, erfolgt eine entsprechende Gegenüberstellung, um die zeitliche Entwicklung der Trinkwasserbelastung von 1985/86 bis 1990/91 in den alten Ländern aufzuzeigen.

Die Darstellungen der Ergebnisse für 6- bis 14jährige Kinder erfolgen getrennt von denen der Erwachsenen.

Bei der Beurteilung der Güte des Trinkwassers als Lebensmittel werden die Bestimmungen des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes (LMBG) vom 15.08.1974 sowie im besonderen die Rechtsvorschriften der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) vom 05.12.1990 herangezogen. In den neuen Ländern gilt mit einigen Ausnahmen die TrinkwV seit dem 03. Oktober 1990

(Einigungsvertragsgesetz vom 23.09.1990). Nach der EG-Rechts-Überleitungsverordnung vom 18.12.1990 wurde vereinbart, daß die Grenz- und Richtwerte für einige Parameter in den neuen Bundesländern erst zu späteren Zeitpunkten (Cd: 1.Okt. 1993; Pb, As, Hg, Nitrat, Fe, Mn: 1. Okt. 1995) eingehalten werden müssen. Um die Exposition der deutschen Bevölkerung zwischen neuen und alten Ländern besser vergleichen zu können, wurde für die durchzuführende Bewertung jedoch das gleiche Beurteilungskriterium angewendet, d.h., es werden für alle Länder die gleichen Grenz- bzw. Richtwerte der Trinkwasserverordnung zugrunde gelegt.

Für jede Substanz werden am Ende jeder textlichen Deskription die folgenden statistischen **Kennwerte in Tabellenform** angegeben:

- Stichprobenumfang (N)
- Anzahl der analysierten Proben mit Gehalten unterhalb der Bestimmungsgrenze ($n < BG$)
- 10., 50., 90., 95. und 98. Perzentil der Stichprobe
- Maximalwert (MAX) und arithmetischer Mittelwert (AM)
- Geometrischer Mittelwert (GM) und, soweit statistisch möglich,
- das approximative 95 %-Konfidenzintervall des geometrischen Mittelwertes (KI GM).

Abschließend werden für jede Substanz die folgenden **Graphiken** dargestellt:

- Häufigkeitsverteilungen (Histogramme) für die Gesamtstichprobe der Erwachsenen
- Häufigkeitsverteilungen (Histogramme) für die Erwachsenen aus den alten und neuen Bundesländern.

5.1 Metalle im häuslichen Trinkwasser (Spontan- und Stagnationsprobe)

In diesem Kapitel werden die Elementgehalte beschrieben; die aufgrund von Korrosionsvorgängen der in den Hausinstallationen verwendeten metallischen Werkstoffe in das Trinkwasser übergehen können (Meyer 1980a, 1980b und 1981). Dies sind die Elemente Blei, Cadmium, Eisen, Kupfer und Zink. Da die Gehalte dieser Elemente im Trinkwasser von der Art des verwendeten Werkstoffes und der für den Transport eingesetzten Rohrmaterialien oder Behälter, der Wasserbeschaffenheit und der Verweildauer im Rohr abhängen, wurden für die Analyse dieser Elemente Proben im Haushalt der Probanden (Spontan- und Stagnationsproben, vgl. Kap. 2.2) gewonnen. Zur Beschreibung der Exposition der Erwachsenen und Kinder über den Trinkwasserpfad werden die Gehalte in den Spontan- und Stagnationsproben getrennt dargestellt.

Außer den oben genannten Elementen wurden zusätzlich im Haushalt der Probanden die Elemente Calcium, Magnesium, Natrium sowie die Leitfähigkeit gemessen. Da sich die Gehalte dieser Elemente während der Fortleitung vom Wasserwerk zum Haushalt kaum ändern, sind sie geeignet, die Zuordnung des Haushaltes zum betreffenden Wasserwerk zu validieren und über den Vergleich der Calcium- und Magnesiumgehalte die individuellen Angaben der Probanden zum Härtebereich zu überprüfen.

Im folgenden Abschnitt werden die wesentlichen Wechselwirkungen zum Eintrag von Schwermetallen/Metallen in das Trinkwasser mit dem Ziel der Definition von Teilstichproben dargestellt. Ausdrücklich sei darauf hingewiesen, daß im Rahmen des vorliegenden Berichtes keine grundsätzliche Darstellung der wasserspezifischen Gesetzmäßigkeiten gegeben werden kann.

5.1.1 Hinweise zu den Gliederungsmerkmalen

Zur Definition von Teilstichproben wurden aus inhaltlicher Sicht diverse Größen berücksichtigt, welche die Gehalte im Trinkwasser beeinflussen können. Hierzu gehören die Installationsmaterialien, die Wasserbeschaffenheit und die Betriebsbedingungen (Stagnationsdauer bzw. Fließgeschwindigkeit des Wassers). Im folgenden werden diese Faktoren vorgestellt sowie Hinweise auf deren bivariate statistische Zusammenhangsstärke (vgl. Kap. 4.5) gegeben.

Installationsmaterialien

Für den Transport des Trinkwassers werden unterschiedliche Rohrleitungsmaterialien eingesetzt. Hauptmaterialien sind Gußeisen, unlegierter Stahl, verzinkter Stahl, Blei, Kupfer und zementgebundene Werkstoffe (Asbestzement). In geringem Umfang werden auch Kunststoff und Glas als Rohrleitungsmaterial eingesetzt.

Im Rahmen des Umwelt-Surveys wurden die Probanden nach dem Material des Wasserleitungssystems in ihrer Wohnung (ihrem Haus) befragt. Aus den Antworten ergeben sich bei der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung die in der Tabelle 5.1.1.1 wiedergegebenen prozentualen Anteile der Angaben zu den verwendeten Materialien.

Tab. 5.1.1.1: Verwendungshäufigkeit (%) von Werkstoffen in der Hausinstallation bei der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung (subjektive Angaben)

	N	Blei	Eisen	Kupfer	Kunststoff	Glas	Unbekannt
Deutschland							
Gesamt	3993	4,8 %	39,5 %	29,5 %	6,4 %	0,3 %	32,6 %
Wasserwerksversorgte	3934	4,8 %	39,0 %	29,7 %	6,5 %	0,3 %	32,8 %
Eigenversorger	59	0,7 %	72,3 %	17,1 %	1,8 %	0,0 %	19,4 %
Alte Bundesländer							
Gesamt	3182	3,4 %	32,5 %	35,3 %	4,4 %	0,0 %	36,0 %
Wasserwerksversorgte	3168	3,4 %	32,4 %	35,2 %	4,4 %	0,0 %	36,0 %
Eigenversorger	14	0,0 %	37,8 %	56,4 %	0,0 %	0,0 %	34,3 %
Neue Bundesländer							
Gesamt	811	10,2 %	66,9 %	6,8 %	14,3 %	1,2 %	19,6 %
Wasserwerksversorgte	766	10,8 %	66,0 %	6,9 %	15,0 %	1,3 %	19,9 %
Eigenversorger	45	0,9 %	82,9 %	5,1 %	2,3 %	0,0 %	14,9 %

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang ; Daten basieren auf nicht nachgeprüften Angaben der Probanden; Mehrfachantworten waren zugelassen
Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Es sei deutlich darauf hingewiesen, daß die angegebenen Häufigkeiten unter Vorbehalt zu interpretieren sind, da sie auf den Aussagen der Probanden basieren. Ferner muß berücksichtigt werden, daß 32,6 % der 25- bis 69jährigen (36 % in den alten und 19,6 % in den neuen Ländern) das Material des Wasserleitungssystems in ihrer Wohnung/ihrem Haus unbekannt ist. Dennoch sind deutliche Unterschiede zwischen Ost- und Westdeutschland erkennbar.

Blei

Blei war bis weit in dieses Jahrhundert der bevorzugte Werkstoff für Hausinstallationen, aber auch für Hausanschlußleitungen. Für Neuinstallationen wird dieser Werkstoff in den alten Bundesländern seit 1973 nicht mehr eingesetzt (Meyer 1987). Gemäß den Probandenangaben ist in den alten Bundesländern in 3,4 % der Hausinstallationen Blei vorhanden. In den neuen Bundesländern ist der Anteil mit 10,2 % signifikant höher.

Für das Merkmal "Material der Wasserleitung nicht/ganz oder teilweise aus Blei" (subjektive Angabe der Befragten) ergeben sich erwartungsgemäß signifikant unterschiedliche Bleigehalte im häuslichen Trinkwasser, so daß diese Angabe für die nachfolgende Deskription als Gliederungsmerkmal berücksichtigt wurde.

Eisen (verzinktes Stahlrohr)

Rohrleitungen aus verzinktem Stahl werden im wesentlichen als Installationsmaterialien für Verbindungsrohre und Hausinstallationen eingesetzt. Da Eisenwerkstoffe in sauerstoffhaltigem Wasser stark rosten, werden Eisen-/Stahlrohre zum Rostschutz häufig mit einem Zinküberzug versehen. Die Verzinkungsschicht wird im Laufe der Nutzungsdauer durch Korrosion abgetragen und stellt daher generell nur einen temporären Korrosionsschutz dar. Allerdings bildet sich während des Abbaus der Eisen/Zink-Legierungsphase normalerweise eine gut schützende Deckschicht (Sontheimer et al. 1980, Meyer 1981, 1984 und 1994, Wagner 1991). Zu ergänzen ist, daß bei der Korrosion der Zinkschicht in ihr enthaltene Verunreinigungen oder technologisch bedingte Zusätze, wie Cadmium und Blei, auch in das Wasser eingetragen werden können.

Den Angaben (Tab. 5.1.1.1) ist zu entnehmen, daß bei der 25- bis 69jährigen Bevölkerung Installationen aus Eisen (verzinktem Stahlrohr) am häufigsten (39,5 %) im Haushalt vorkommen, wobei der Anteil in den neuen Bundesländern mit 66,9 % mehr als doppelt so hoch ist wie in den alten Ländern mit 32,5 %. Zusätzlich ist zu beobachten, daß Probanden der neuen Bundesländer, die nicht an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen sind (Eigenversorger), Installationen aus diesen Werkstoffen häufiger (82,9 %) angegeben haben.

Für das Merkmal "Material der häuslichen Wasserleitung nicht/ganz oder teilweise aus Eisen (verzinktem Stahlrohr)", nach subjektiver Angabe der Befragten, ergeben sich erwartungsgemäß signifikant unterschiedliche Zink- und Eisengehalte im Trinkwasser. Geprüft wurde zusätzlich der potentielle Effekt dieses Installationsmaterials auf die Cadmium- und Bleigehalte. Da sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Cadmium- und Bleigehalten im häuslichen Trinkwasser und dem Installationsmaterial Eisen (verzinktes Stahlrohr) ergeben, werden nur die Eisen- und Zinkgehalte nach dem Merkmal "Eisen (verzinktes Stahlrohr)" deskribiert.

Kupfer

Kupfer wird als alternativer Werkstoff zum verzinktem Stahl häufig in kleinen Anlagen und in Hausinstallationen verwendet (Schmidt et al. 1993, Wagner 1989).

Wie der Tabelle 5.1.1.1 zu entnehmen ist, wurde Kupfer als zweithäufigstes (29,5 %) Material der Wasserleitungssysteme angegeben. Auffällig ist hierbei der deutlich höhere Anteil in den alten Ländern. Dieser Unterschied läßt sich mit den besonderen Bedingungen in den alten bzw. neuen Ländern erklären. In den alten Ländern wurden in den letzten 20 Jahren zum Austausch von Blei- und Eisenrohren häufig Kupferrohre eingesetzt (Moriske et al. 1989, Wagner 1989), wohingegen in den neuen Ländern bis zur Wiedervereinigung Kupfer aus Kostengründen so gut wie überhaupt nicht als Wasserleitungsmaterial eingesetzt wurde.

Das Merkmal "Material der Wasserleitung nicht/ganz oder teilweise aus Kupfer" (subjektive Angabe der Befragten) ergab für die Bedingung „ganz oder teilweise aus Kupfer“ signifikant höhere Kupfergehalte im Trinkwasser, so daß dieses Merkmal zur Deskription der Kupfergehalte herangezogen wird.

Kunststoff

Seit Mitte der siebziger Jahre wird auch Kunststoff für Trinkwasserrohrleitungen verwendet. Sie sind korrosionsbeständig und auch für Wasser mit niedrigen pH-Werten einsetzbar. Es bilden sich keine Inkrustationen an den Rohrinneisen. Die Verbindungstechnologie ist jedoch aufwendiger als bei Metallrohren, und das Langzeitverhalten der Kunststoffrohre scheint in der Praxis noch nicht genügend geprüft zu sein (Schmidt et al. 1993). Die gebräuchlichsten Kunststoffe sind vor allem Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polybuten (PB) und Polyamid (PA).

Die Befragung der Probanden ergab, daß in geringem Umfang Installationen aus Kunststoff (6,4 %) ausgeführt wurden. Im Vergleich zu den alten Ländern gaben in den neuen Ländern erheblich mehr Probanden (14,3 %) an, daß Kunststoffrohre in der Hausinstallation vorhanden sind. Der höchste Anteil ist mit 15 % in den neuen Bundesländern bei Anschluß an die öffentliche Wasserversorgung zu finden.

Da es sich bei Kunststoffen um organische Werkstoffe handelt, die keine Korrosionsprodukte bilden können, ist auch nicht zu erwarten, daß sie einen Einfluß auf die Metallgehalte im Trinkwasser haben, so daß hierzu keine statistische Auswertung erfolgte.

Glas

Glas- und Keramikrohre sind technisch nicht so weit ausgereift, als daß sie als eine praktische Alternative zu anderen Rohrmaterialien gelten können. Sie werden nur vereinzelt in der Hausinstallation eingesetzt (Schmidt et al. 1993). Nach den Angaben der Probanden (Tab. 5.1.1.1) kommt Glas als Installationsmaterial nur in Haushalten der neuen Länder bei Anschluß an die öffentliche Wasserversorgung vor (1,3 %).

Es kann davon ausgegangen werden, daß sich durch Glas als inertes Material keine Beeinflussung der Metallgehalte im Trinkwasser ergibt, so daß auf eine entsprechende statistische Auswertung verzichtet werden kann.

Weitere potentielle Gliederungsmerkmale

pH-Wert, Säure-/Basekapazität

Der pH-Wert und die Säure- bzw. Basekapazität des Trinkwassers sind die wichtigsten Parameter, die als Beurteilungskriterien für Einsatzbereiche von metallischen Werkstoffen und der damit verbundenen Korrosionseffekte bei Hausinstallationen herangezogen werden. Die Einsatzbereiche sind in dem technischen Regelwerk DIN 509 30 (Ausgabe 1993) definiert. Die im Trinkwasser beobachteten Metallgehalte sind nicht auf den direkten Übergang von Metallionen zurückzuführen, sondern auf die Auflösung der Deckschichten (Meyer 1994, Sontheimer et al. 1980, Wagner 1989). Die Kohlensäure, die mit ihren Anionen für den überwiegenden Teil der Wasser das Pufferungsverhalten und damit die Auflösung der Deckschichten bestimmt, ist analytisch durch die Parameter Säure- und Basekapazität zugänglich.

Die mit den Daten des Umwelt-Surveys vorgenommene Prüfung des Zusammenhanges zwischen dem pH-Wert in Kombination mit der Säure-/Basekapazität unter Beachtung der o.g. DIN-Vorschrift und den Metallgehalten im Trinkwasser führte zu Ergebnissen, die häufig nicht sinnvoll interpretierbar waren. Gemäß den theoretischen Angaben (Meyer 1994, Schmidt et al. 1993, Wagner 1991) wäre zu erwarten, daß z.B. die Metalle Kupfer und Zink mit steigendem pH-Wert bei Trinkwässern mit gleicher Pufferkapazität fallende Tendenz zeigen. Dies traf nur für Zink, nicht aber für Kupfer zu. Für das Element Blei ergab sich auch kein plausibles Ergebnis.

Das ist möglicherweise damit zu erklären, daß zunächst alle Trinkwasserproben, unabhängig von dem verwendeten Installationsmaterial, in die Betrachtung einbezogen wurden. Doch auch die Einschränkung auf die Probanden, die das betreffende Element als Installationsmaterial angaben, führte zu keiner deutlichen interpretierbaren Tendenz. Das kann zum einen an den teilweise sehr geringen Fallzahlen liegen, zum anderen dadurch bedingt sein, daß die subjektiven Angaben der Probanden zum Material der Wasserleitung nicht überprüft werden konnten und eventuell eine hohe Fehlerquote haben. Es ist ferner zu berücksichtigen, daß es sich im Haushalt auch um Mischinstallationen aus verschiedenen Materialien handeln kann. Aus diesen Gründen wurden die Parameter pH-Wert und Säure-/Basekapazität nicht als Gliederungsmerkmale verwendet. Im Kapitel 6 werden aber die Zusammenhänge und Verteilungen dieser Parameter dargestellt und diskutiert.

Wasserhärte

Die im Rahmen der vorliegenden Auswertung durchgeführte statistische Prüfung der Metallgehalte im Trinkwasser in Abhängigkeit von den Härtebereichen ergab in hartem Wasser im Vergleich zu weichem Wasser höhere Metallgehalte. Das steht im Einklang mit theoretischen Erwartungen (Meyer 1994). Dabei ist aber die entscheidende Größe nicht die Konzentration an Calcium- bzw. Magnesiumionen (Härte), sondern der im jeweiligen Wasser vorhandene Gehalt an Kohlensäurespezies (Säure-/Basekapazität, s. oben). Da harte Wässer in der Regel höhere Werte für die Säure- bzw. Basekapazitäten aufweisen, ist das Ergebnis der Prüfung plausibel. Aus diesem Grund wird auf die Verwendung des Merkmals "Wasserhärte" als Gliederungsmerkmal in der folgenden Deskription verzichtet. Die Zusammenhänge werden in Kapitel 6 dargestellt.

Stagnationsdauer des Wassers

Die Lösung der Metalle durch das Leitungswasser ist eine Gleichgewichtsreaktion. Die Reaktion wird durch die Kontaktzeit zwischen Werkstoff und Wasser und durch die Fließbedingungen bestimmt (Sontheimer et al. 1980). In diversen Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß durch Verweildauer bzw. Standzeit in der Rohrleitung die Gehalte der Elemente in Verbindung mit der Wasserbeschaffenheit (pH-Wert, Säurekapazität etc.) des Trinkwassers am Zapfhahn stark ansteigen können (Dieter et al. 1991, Meyer 1980a, 1980b und 1984). Zur Erfassung unterschiedlicher Expositionssituationen (ohne und mit nächtlicher Standzeit in der Rohrleitung) wurden im Rahmen der vorliegenden Studie die Stoffgehalte in Spontan- und Stagnationsproben (vgl. Kap. 2.2) bestimmt. Die Stoffgehalte werden entsprechend getrennt nach dem Merkmal "Spontan- bzw. Stagnationsprobe" deskribiert.

5.1.2 Blei

In den im Laufe des Tages als Spontanproben gewonnenen häuslichen Trinkwasserproben der 25- bis 69jährigen Bundesbürger wird ein mittlerer Bleigehalt von 0,71 µg/l ermittelt. In den nach nächtlicher Stagnation im Haushalt genommenen Proben beträgt der mittlere Bleigehalt 1,14 µg/l. Der Unterschied ist statistisch signifikant (Tab. 5.1.2.1).

Das Zahlenmaterial der Tabelle 5.1.2.1 verdeutlicht, daß bei denjenigen Personen, die angaben, eine Bleileitung in der häuslichen Wasserversorgung zu haben, signifikant höhere Bleigehalte in der Spontan- und Stagnationsprobe bestimmt werden (4,42 µg/l bzw. 8,14 µg/l) als bei anderen Personen (0,67 µg/l bzw. 1,07 µg/l).

Der Bevölkerung der neuen Bundesländer steht bezogen auf die Spontanprobe mit 1,43 µg/l ein im Mittel stärker bleihaltiges häusliches Trinkwasser als der Bevölkerung der alten Bundesländer (0,59 µg/l) zur Verfügung. Die mittleren Bleigehalte im häuslichen Stagnations-Trinkwasser der Probanden der neuen Bundesländer, bei denen eine Bleileitung vorhanden ist, liegen mit 29,11 µg/l zehnfach über den Gehalten der entsprechenden Stagnationsproben aus den alten Bundesländern (2,96 µg/l).

Bei der Bevölkerung der neuen Bundesländer ist häufiger Blei in den häuslichen Wasserleitungen vorhanden als in den alten Bundesländern (10,2 % gegenüber 3,4 %, vgl. Kap. 5.1.1). Allein die Häufigkeit der Verwendung erklärt jedoch nicht die deutlich höheren Bleigehalte vor allem im Stagnationswasser der Probanden der neuen Bundesländer. In Kapitel 6 werden einige Merkmale zur Wasserbeschaffenheit beschrieben, die darauf hindeuten, daß das Trinkwasser in den neuen Bundesländern aggressiver ist und deshalb wahrscheinlich stärker mit in der Hausinstallation verwendetem Blei in Wechselwirkung tritt. Möglicherweise ist jedoch auch das Ausmaß der Verwendung größer, z.B. die Länge der Rohrleitungen oder die Häufigkeit der Verwendung bleihaltiger Lötmaterialien.

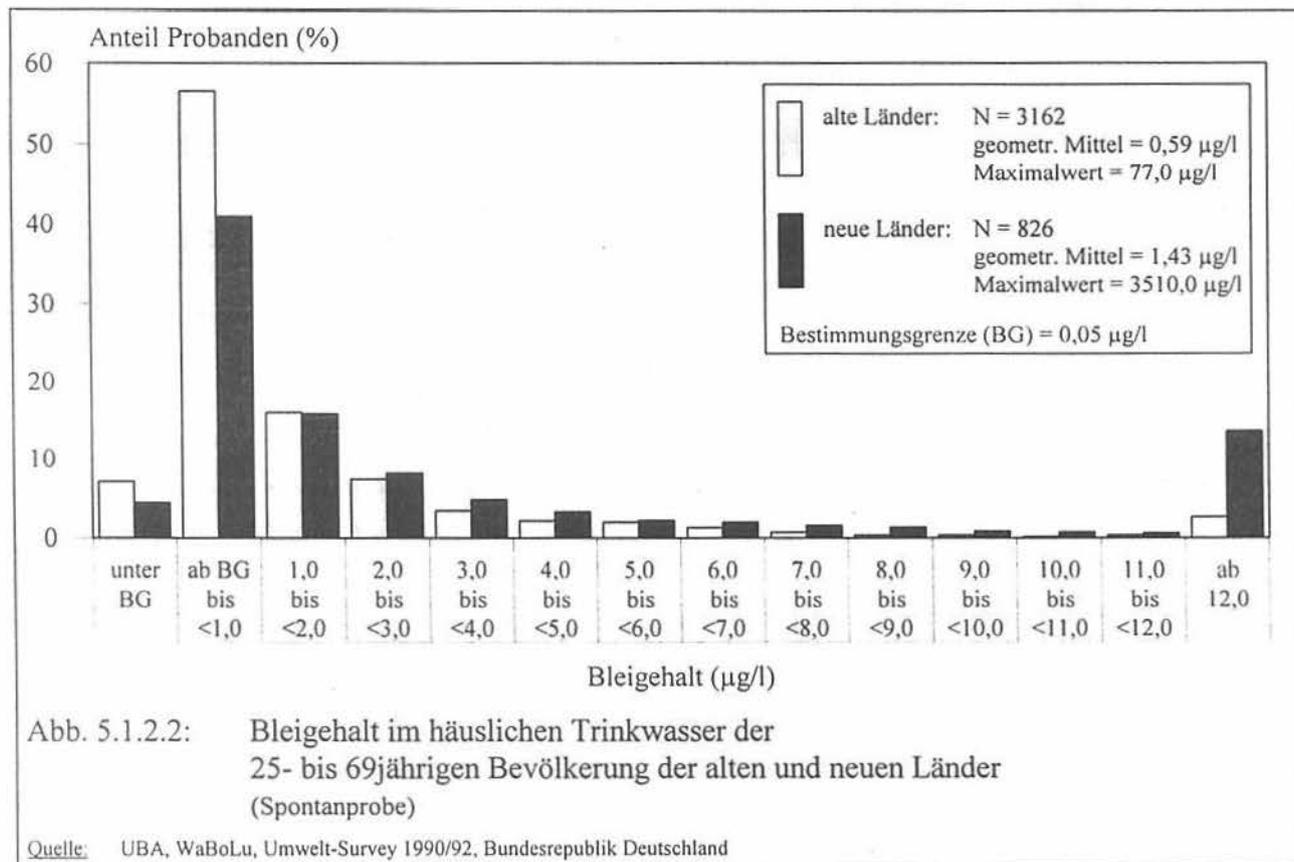
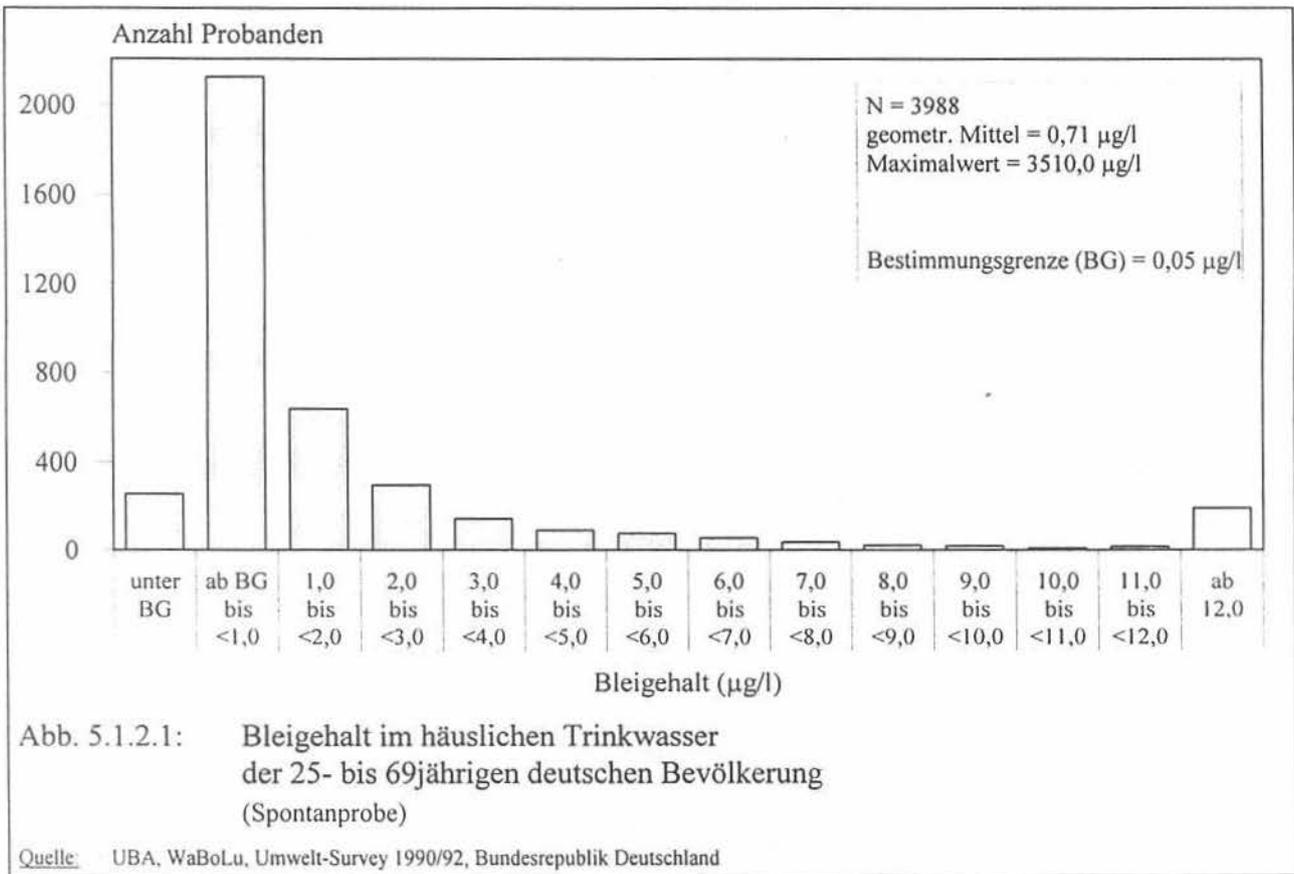
Einige der besonders hohen, im Bereich von einigen mg/l liegenden Werte bei Probanden in den neuen Bundesländern werden in einigen Erhebungspunkten in Süd-Sachsen gefunden. Bei den zugehörigen Wasserwerken sind jedoch keine nennenswerten Bleigehalte festzustellen. Die hohen Gehalte in den Haushaltswässern bestätigten sich auch in einer Folgestudie (Englert und Höring 1994). Vorhandene Bleileitungen führen, vor allem bei Entnahmestellen in alten Gebäuden, auch in den alten Bundesländern noch immer zu erhöhten Bleigehalten im Trinkwasser (MAGS 1996, Stempel und Müller 1995).

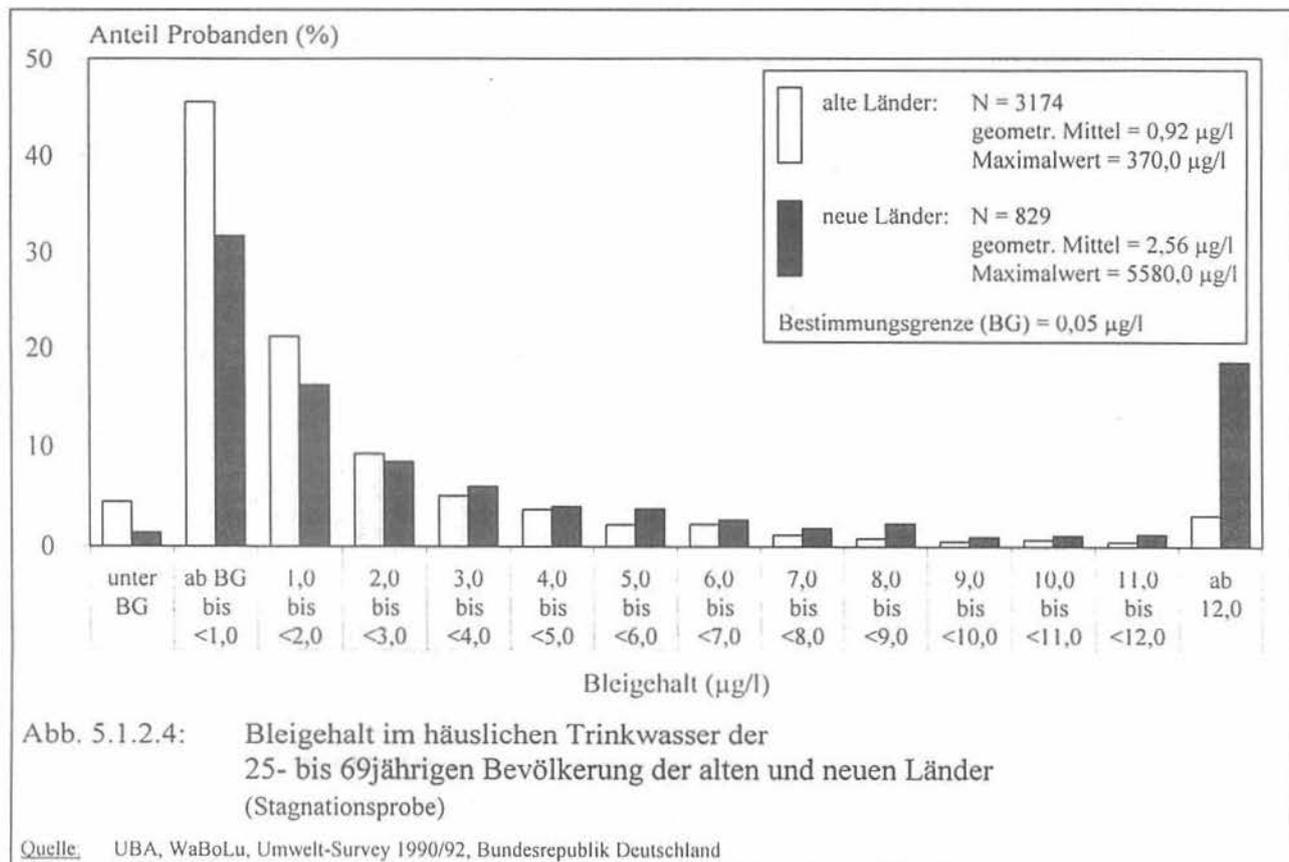
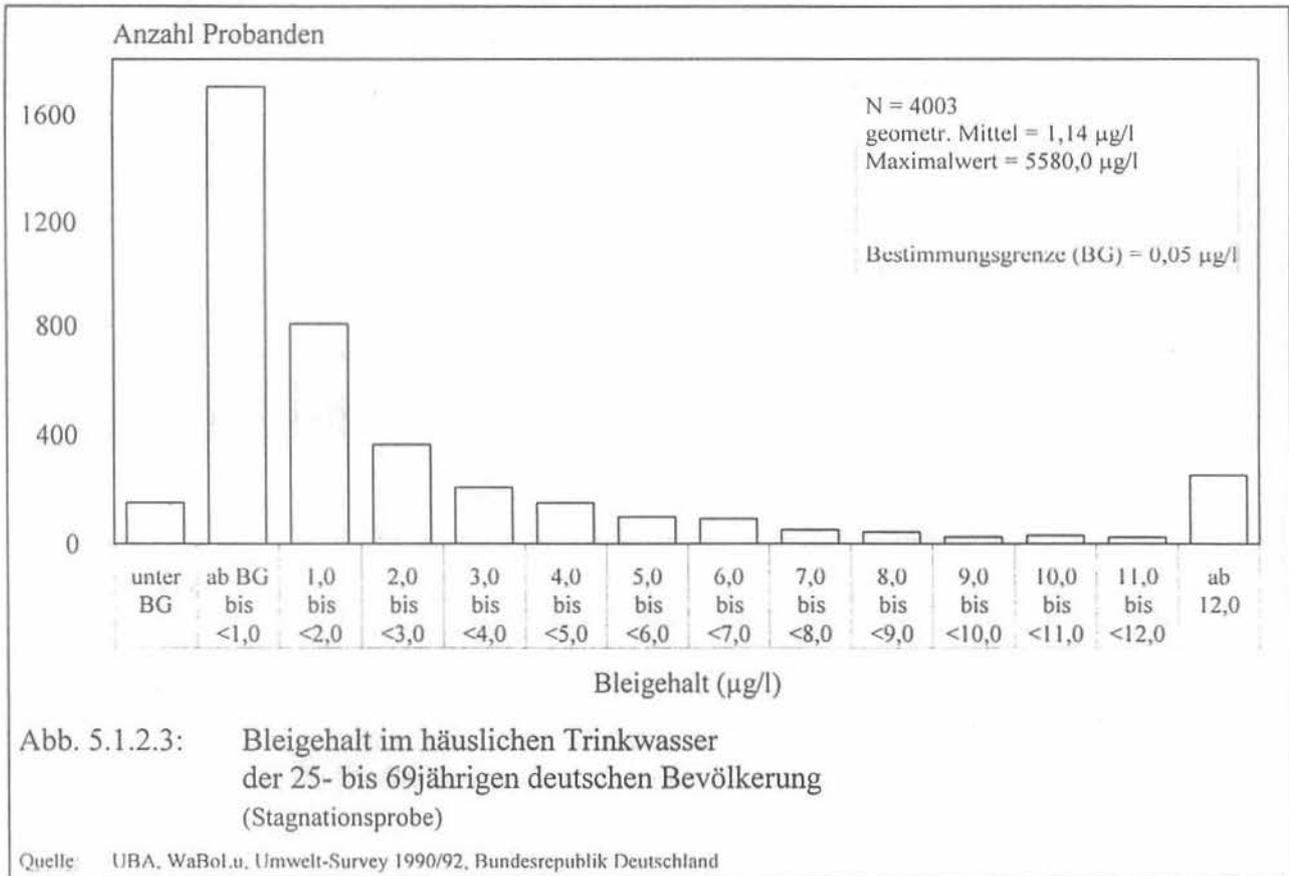
In der Tabelle 5.1.2.3 werden die mittleren Bleigehalte im häuslichen Spontan- und Stagnationswasser der Bevölkerung den Gehalten im Wasserwerk gegenübergestellt. Der Bleigehalt im Trinkwasser in den die Haushalte versorgenden Wasserwerken ist im Vergleich zu den Gehalten im Haushalt deutlich geringer und beträgt in den alten Bundesländern maximal 1 µg/l. In den neuen Bundesländern beträgt der Maximalwert hingegen 30 µg/l. Dieser Wert hebt sich jedoch deutlich von der Mehrzahl der untersuchten Wasserwerkswässer ab (95. Perzentil: 4,6 µg/l). Daß jedoch

solche Gehalte im Trinkwasser in den neuen Bundesländern schon ab dem Wasserwerk vorkommen können, wurde durch die Ergebnisse der FKST ("Soforthilfeprogramm Trinkwasser" in den neuen Bundesländern) bestätigt. Bei 3 der bis 1991 untersuchten 426 Anlagen wurden Bleigehalte im Trinkwasser zwischen 20 und 40 µg/l gefunden (Grohmann 1992). Einige Wässer aus ehemaligen Bergwerksstollen im Erzgebirge enthalten geogenes Blei, es könnten aber auch industrielle Altlasten die Ursache sein (BMG 1996).

Die mittleren Bleigehalte im häuslichen Trinkwasser aus Eigenversorgungsanlagen unterscheiden sich nicht signifikant von denen aus öffentlichen Wasserversorgungsanlagen. Dies gilt sowohl für die Spontan- als auch für die Stagnationsprobe.

Für die 6- bis 14jährigen Kinder ergibt sich hinsichtlich der Belastung des häuslichen Trinkwassers mit Blei ein ähnliches Bild wie bei den Erwachsenen. Auch bei den Kindern sind generell höhere Gehalte in den neuen Bundesländern und bei Vorhandensein von Bleileitungen im Haushalt zu beobachten (Tab. 5.1.2.2).





**Tab. 5.1.2.1: Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,05 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM	
Deutschland												
Probenart *												
Spontanprobe	3988	258	0,1	0,7	5,3	11,6	28,0	3510,0	5,50	0,71	0,67 - 0,74	
Stagnationsprobe	4003	151	0,2	1,1	7,5	16,0	50,7	5580,0	9,86	1,14	1,08 - 1,20	
Versorgungsart (Sp)												
Wasserwerksversorgte	3909	256	0,1	0,7	5,4	11,6	27,6	3510,0	5,54	0,70	0,67 - 0,74	
Eigenversorger	58	2	0,1	1,1	4,7	11,7	14,6	42,0	2,36	0,88	0,60 - 1,30	
Versorgungsart (St)												
Wasserwerksversorgte	3924	148	0,2	1,1	7,4	15,8	48,3	5580,0	9,89	1,13	1,08 - 1,19	
Eigenversorger	58	2	0,2	1,6	10,5	25,9	75,8	180,0	7,12	1,56	1,01 - 2,40	
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *												
nicht aus Blei	2494	142	0,1	0,7	4,8	7,8	17,4	3510,0	4,40	0,67	0,63 - 0,72	
ganz oder teilweise aus Blei	192	10	0,2	4,3	89,0	187,0	476,2	1600,0	42,79	4,42	3,15 - 6,21	
Material der Wasserleitungen¹ (St) *												
nicht aus Blei	2505	99	0,2	1,1	6,8	12,7	24,8	2580,0	6,02	1,07	1,01 - 1,14	
ganz oder teilweise aus Blei	192	3	0,5	7,0	141,9	345,0	1445,3	5580,0	102,31	8,14	5,90 - 11,23	
Alte Bundesländer												
Probenart *												
Spontanprobe	3162	222	0,1	0,6	4,0	6,5	14,9	77,0	1,79	0,59	0,56 - 0,62	
Stagnationsprobe	3174	140	0,1	1,0	5,4	8,5	17,4	370,0	2,94	0,92	0,88 - 0,97	
Versorgungsart (Sp)												
Wasserwerksversorgte	3149	221	0,1	0,6	4,0	6,5	15,0	77,0	1,79	0,59	0,56 - 0,62	
Eigenversorger	13	1	0,0	0,5	2,6			2,9	0,97	0,40	0,14 - 1,10	
Versorgungsart (St)												
Wasserwerksversorgte	3162	138	0,1	1,0	5,4	8,4	17,1	370,0	2,94	0,92	0,88 - 0,97	
Eigenversorger	13	2	<0,05	0,7	15,8			25,4	3,65	0,58	0,16 - 2,12	
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *												
nicht aus Blei	1914	118	0,1	0,6	3,6	5,6	10,2	77,0	1,56	0,57	0,54 - 0,61	
ganz oder teilweise aus Blei	107	8	0,1	2,3	20,0	29,0	34,7	37,1	6,27	1,57	1,06 - 2,32	
Material der Wasserleitungen¹ (St) *												
nicht aus Blei	1922	89	0,1	1,0	4,9	7,4	13,1	370,0	2,56	0,88	0,82 - 0,94	
ganz oder teilweise aus Blei	107	3	0,3	2,6	32,9	39,8	100,3	107,0	11,33	2,96	2,09 - 4,19	
Neue Bundesländer												
Probenart *												
Spontanprobe	826	36	0,2	1,2	17,9	62,2	174,5	3510,0	19,70	1,43	1,25 - 1,64	
Stagnationsprobe	829	11	0,3	2,1	24,8	111,2	338,9	5580,0	36,35	2,56	2,24 - 2,92	
Versorgungsart (Sp)												
Wasserwerksversorgte	761	35	0,1	1,3	18,3	69,8	183,9	3510,0	21,05	1,47	1,27 - 1,70	
Eigenversorger	45	1	0,2	1,1	5,1	12,7	15,7	42,0	2,75	1,11	0,74 - 1,66	
Versorgungsart (St)												
Wasserwerksversorgte	763	9	0,3	2,1	25,6	119,3	390,5	5580,0	38,70	2,63	2,28 - 3,02	
Eigenversorger	46	0	0,4	2,0	9,5	26,4	115,7	180,0	8,08	2,05	1,36 - 3,10	
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *												
nicht aus Blei	581	24	0,1	1,1	10,0	19,4	76,1	3510,0	13,76	1,16	1,00 - 1,34	
ganz oder teilweise aus Blei	85	2	1,0	15,1	227,6	447,8	636,5	1600,0	88,90	16,30	10,22 - 26,00	
Material der Wasserleitungen¹ (St) *												
nicht aus Blei	583	9	0,3	1,9	17,0	29,5	173,8	2580,0	17,45	2,04	1,78 - 2,36	
ganz oder teilweise aus Blei	85	0	1,6	24,6	452,5	1422,7	2062,4	5580,0	217,07	29,11	18,37 - 46,13	

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse bzw. Zweistichproben-t-Test; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Gliederung basiert auf nicht nachgeprüften Angaben der Probanden

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.1.2.2: Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,05 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Probenart *											
Spontanprobe	724	43	0,1	0,6	6,3	16,8	31,4	3510,0	13,29	0,69	0,61 - 0,79
Stagnationsprobe	731	24	0,2	1,2	10,1	16,0	30,5	412,0	6,11	1,29	1,15 - 1,45
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Blei	501	30	0,1	0,6	6,3	16,8	31,4	3510,0	17,24	0,69	0,60 - 0,80
ganz oder teilweise aus Blei	37	0	0,2	10,5	29,2	34,2	77,3	173,0	14,80	4,78	2,46 - 9,31
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Blei	506	15	0,2	1,2	9,4	12,9	22,6	412,0	5,62	1,28	1,12 - 1,47
ganz oder teilweise aus Blei	37	1	0,8	13,2	53,5	111,1	301,8	353,0	28,51	8,27	4,46 - 15,35
Alte Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	519	35	0,1	0,5	3,6	6,8	21,4	77,0	1,87	0,51	0,44 - 0,58
Stagnationsprobe	524	20	0,1	1,0	6,9	10,6	13,8	27,6	2,52	1,00	0,88 - 1,14
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Blei	358	22	0,1	0,5	3,6	6,8	21,4	77,0	1,41	0,53	0,46 - 0,61
ganz oder teilweise aus Blei	22	0	0,1	12,3	25,6			28,0	12,38	3,88	1,47 - 10,20
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Blei	363	12	0,2	1,1	6,3	9,9	10,8	16,0	2,30	1,04	0,90 - 1,20
ganz oder teilweise aus Blei	22	1	0,7	9,9	25,9	27,2		27,6	11,19	4,69	2,10 - 10,47
Neue Bundesländer											
Probenart											
Spontanprobe	206	8	0,2	1,5	18,3	37,5	183,4	3510,0	42,09	1,53	1,17 - 2,02
Stagnationsprobe	207	3	0,4	2,0	21,4	36,8	240,7	412,0	15,20	2,46	1,94 - 3,13
Material der Wasserleitungen¹ (Sp)											
nicht aus Blei	143	8	0,2	1,5	18,3	37,5	183,4	3510,0	56,92	1,38	0,97 - 1,94
ganz oder teilweise aus Blei	15	0	0,4	8,9	43,3			173,0	18,27	6,46	2,48 - 16,82
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Blei	144	3	0,3	1,9	19,3	35,4	293,5	412,0	14,00	2,16	1,61 - 2,90
ganz oder teilweise aus Blei	15	0	1,6	25,1	134,1			353,0	53,30	18,65	7,50 - 46,39

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse bzw. Zweistichproben-t-Test; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Gliederung basiert auf nicht nachgeprüften Angaben der Probanden

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 5.1.2.3: Bleigehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$) der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Vergleich zwischen Wasserwerks-, Spontan- und Stagnationsprobe
 [Bestimmungsgrenze: $0,05 \mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Wasserwerksprobe ¹	3913	687	<0,05	0,2	0,6	1,1	1,9	30,1	0,45	0,16	
Spontanprobe	3909	256	0,1	0,7	5,4	11,6	27,6	3510,0	5,54	0,70	0,67 - 0,74
Stagnationsprobe	3924	148	0,2	1,1	7,4	15,8	48,3	5580,0	9,89	1,13	1,08 - 1,19
Alte Bundesländer											
Wasserwerksprobe ¹	3134	620	<0,05	0,2	0,5	0,5	0,7	1,1	0,22	0,13	
Spontanprobe	3149	221	0,1	0,6	4,0	6,5	15,0	77,0	1,79	0,59	0,56 - 0,62
Stagnationsprobe	3162	138	0,1	1,0	5,4	8,4	17,1	370,0	2,94	0,92	0,88 - 0,97
Neue Bundesländer											
Wasserwerksprobe ¹	779	67	0,1	0,3	1,9	4,6	30,1	30,1	1,36	0,34	
Spontanprobe	761	35	0,2	1,3	18,3	69,8	183,9	3510,0	21,05	1,47	1,27 - 1,70
Stagnationsprobe	763	9	0,3	2,1	25,6	119,3	390,5	5580,0	38,70	2,63	2,28 - 3,02

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Eigenversorger sind bei allen drei Probenarten nicht erfaßt;
¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5.1.3 Cadmium

Bei der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik wird in der Spontanprobe des häuslichen Trinkwassers ein mittlerer Cadmiumgehalt von $0,061 \mu\text{g/l}$ ermittelt. In der Stagnationsprobe beträgt der mittlere Cadmiumgehalt $0,106 \mu\text{g/l}$. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (Tab. 5.1.3.1).

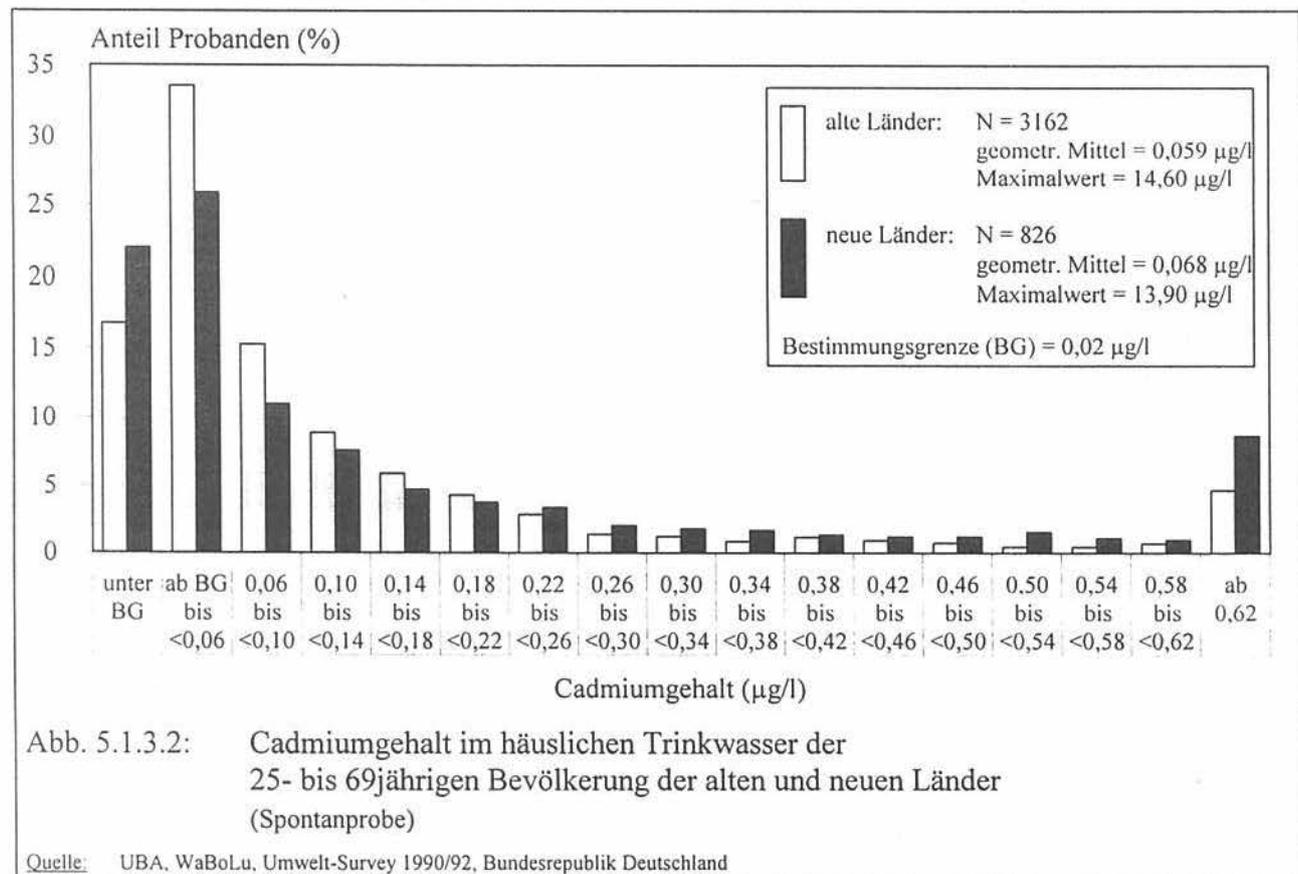
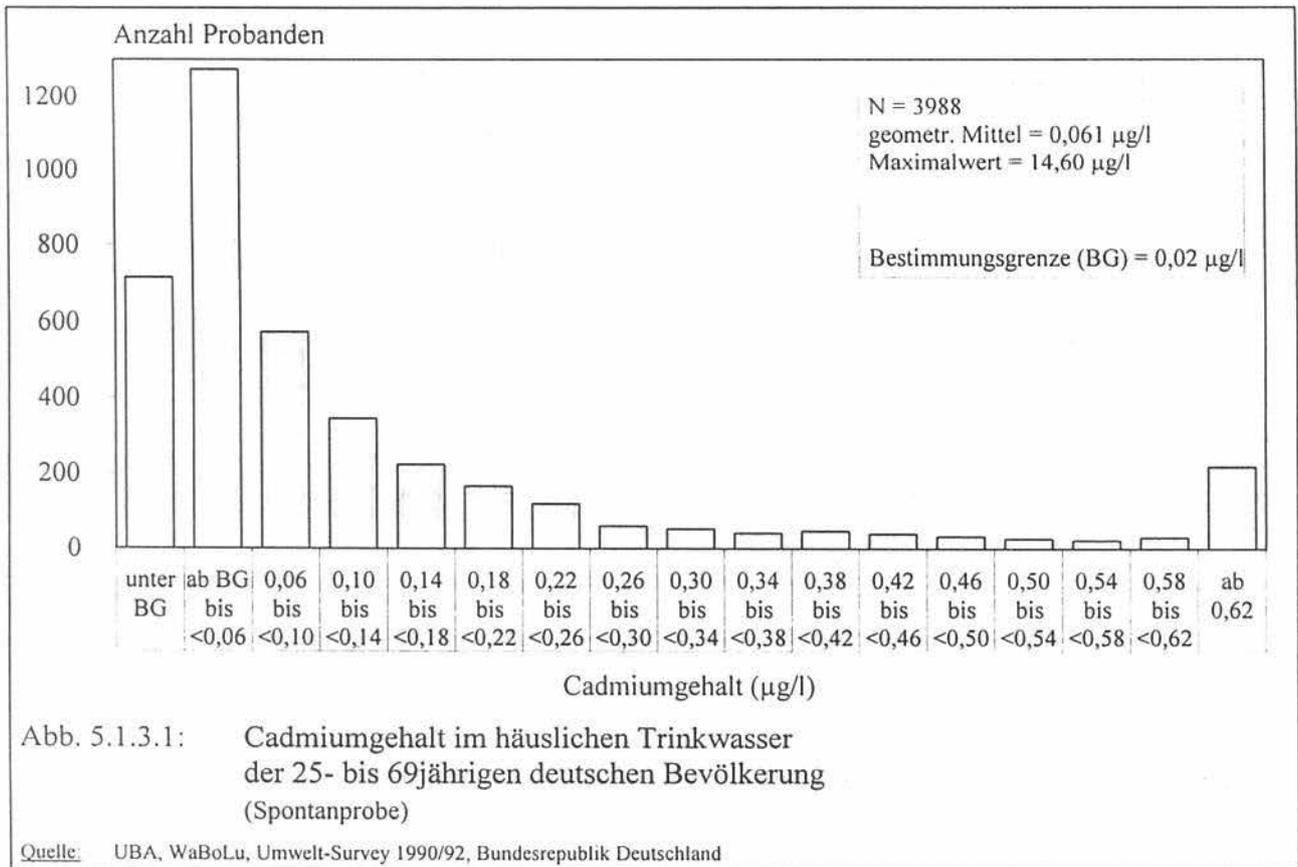
Für Personen, die angaben, daß Rohrleitungen aus Eisen oder verzinktem Stahlrohr zur häuslichen Wasserversorgung vorhanden sind, ergeben sich vergleichsweise signifikant höhere Cadmiumgehalte im Trinkwasser ($0,072 \mu\text{g/l}$ in der Spontanprobe und $0,114 \mu\text{g/l}$ in der Stagnationsprobe im Vergleich zu $0,049 \mu\text{g/l}$ in der Spontanprobe und $0,088 \mu\text{g/l}$ in der Stagnationsprobe). Cadmium tritt als Verunreinigung bei verzinktem Stahl auf, so daß dieser Effekt plausibel ist (vgl. Kap. 5.1.1).

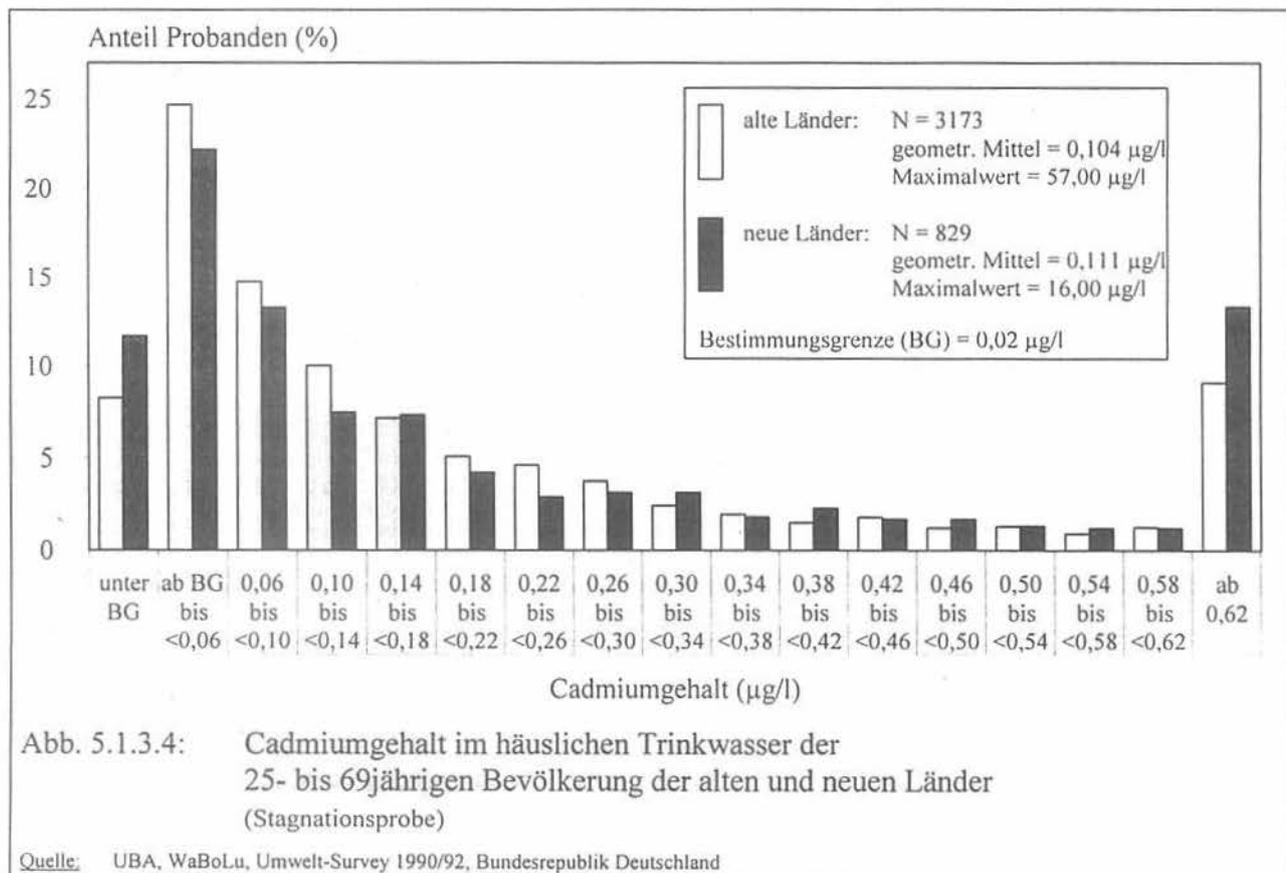
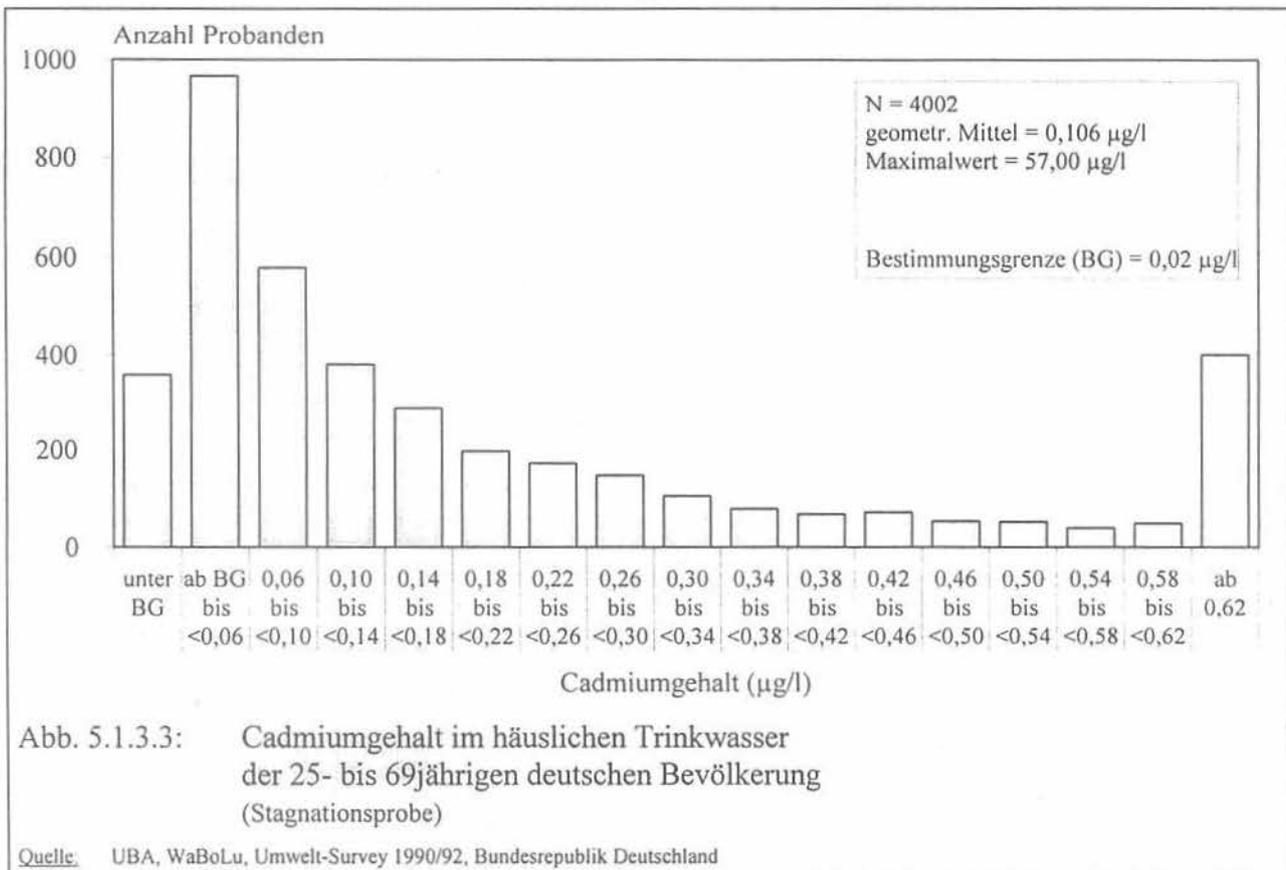
Der mittlere Cadmiumgehalt der Spontanprobe des häuslichen Trinkwassers der Bevölkerung der neuen Bundesländer ist zwar tendenziell höher als in den alten Bundesländern, der Unterschied verfehlt aber das statistisch geforderte Signifikanzniveau ($p < 0,001$). Die Gehalte in den Stagnationsproben der Bevölkerung der alten und neuen Bundesländer unterscheiden sich nur geringfügig.

Die mittleren Cadmiumgehalte im häuslichen Trinkwasser aus Eigenversorgungsanlagen unterscheiden sich nicht signifikant von denen aus öffentlichen Wasserversorgungsanlagen. Dies gilt sowohl für die Spontan- als auch die Stagnationsprobe (Tab. 5.1.3.1).

Bei den untersuchten 6- bis 14jährigen Kindern unterscheiden sich die mittleren Cadmiumgehalte für die o.g. Gliederungsmerkmale nicht wesentlich von denen der Erwachsenen (Tab. 5.1.3.2).

Die Gegenüberstellung der Cadmiumgehalte im häuslichen Trinkwasser der Bevölkerung mit den Gehalten in dem vom Wasserwerk zur Verfügung gestellten Wasser zeigt die Tabelle 5.1.3.3. In den neuen Bundesländern ist der mittlere Gehalt im Wasserwerkswasser mit $0,033 \mu\text{g/l}$ zwar etwas höher, liegt jedoch nahe der Bestimmungsgrenze von $0,02 \mu\text{g/l}$.





**Tab. 5.1.3.1: Cadmiumgehalt im häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,02 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Probenart *											
Spontanprobe	3988	713	<0,02	0,06	0,39	0,65	1,13	14,60	0,166	0,061	0,058 - 0,063
Stagnationsprobe	4002	360	0,02	0,10	0,62	1,08	1,90	57,00	0,293	0,106	0,101 - 0,110
Versorgungsart (Sp)											
Wasserwerksversorgte	3909	698	<0,02	0,06	0,39	0,64	1,11	14,60	0,164	0,060	0,058 - 0,063
Eigenversorger	58	15	<0,02	0,05	0,59	1,20	2,97	6,70	0,289	0,066	0,043 - 0,101
Versorgungsart (St)											
Wasserwerksversorgte	3923	353	0,02	0,10	0,62	1,07	1,89	57,00	0,288	0,105	0,101 - 0,110
Eigenversorger	58	7	<0,02	0,09	0,84	1,66	4,30	13,00	0,450	0,108	0,072 - 0,163
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	1106	236	<0,02	0,04	0,30	0,55	1,09	6,75	0,134	0,049	0,046 - 0,053
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1581	241	<0,02	0,07	0,48	0,74	1,33	13,90	0,200	0,072	0,067 - 0,077
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	1109	134	<0,02	0,08	0,56	0,94	2,03	10,60	0,262	0,088	0,081 - 0,095
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1586	127	0,02	0,11	0,65	1,14	2,04	16,00	0,303	0,114	0,107 - 0,122
Alte Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	3162	530	<0,02	0,06	0,33	0,59	1,00	14,60	0,148	0,059	0,056 - 0,062
Stagnationsprobe	3173	263	0,02	0,10	0,59	1,01	1,76	57,00	0,277	0,104	0,100 - 0,109
Versorgungsart (Sp)											
Wasserwerksversorgte	3149	522	<0,02	0,06	0,33	0,59	1,00	14,60	0,148	0,059	0,057 - 0,062
Eigenversorger	13	8	<0,02	<0,02	0,38			0,64	0,085	0,023	0,010 - 0,053
Versorgungsart (St)											
Wasserwerksversorgte	3160	259	0,02	0,10	0,59	1,01	1,76	57,00	0,277	0,105	0,100 - 0,110
Eigenversorger	13	4	<0,02	0,08	0,43			0,53	0,140	0,063	0,027 - 0,151
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	997	217	<0,02	0,04	0,25	0,47	0,91	2,68	0,116	0,047	0,043 - 0,051
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1025	124	<0,02	0,07	0,40	0,65	1,08	5,46	0,168	0,071	0,066 - 0,077
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	998	124	<0,02	0,08	0,53	0,92	2,09	10,60	0,253	0,085	0,078 - 0,092
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1029	72	0,02	0,11	0,57	1,01	1,77	7,90	0,257	0,110	0,102 - 0,119
Neue Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	826	182	<0,02	0,06	0,57	0,94	1,75	13,90	0,238	0,068	0,062 - 0,076
Stagnationsprobe	829	97	<0,02	0,11	0,81	1,28	2,47	16,00	0,354	0,111	0,100 - 0,123
Versorgungsart (Sp)											
Wasserwerksversorgte	761	175	<0,02	0,06	0,56	0,94	1,66	13,90	0,233	0,066	0,059 - 0,074
Eigenversorger	45	7	<0,02	0,07	0,66	1,38	3,56	6,70	0,346	0,088	0,055 - 0,141
Versorgungsart (St)											
Wasserwerksversorgte	763	94	<0,02	0,11	0,81	1,26	2,44	16,00	0,334	0,108	0,097 - 0,120
Eigenversorger	46	3	0,02	0,10	1,09	1,86	6,35	13,00	0,536	0,126	0,079 - 0,201
Material der Wasserleitungen¹ (Sp)											
nicht aus Eisen ²	109	19	<0,02	0,07	0,80	1,14	2,40	6,75	0,292	0,079	0,058 - 0,106
ganz oder teilweise aus Eisen ²	556	117	<0,02	0,07	0,60	0,96	1,78	13,90	0,257	0,073	0,065 - 0,084
Material der Wasserleitungen¹ (St)											
nicht aus Eisen ²	111	10	0,02	0,12	0,72	1,01	1,60	9,90	0,336	0,121	0,092 - 0,159
ganz oder teilweise aus Eisen ²	557	55	0,02	0,13	0,92	1,56	2,50	16,00	0,388	0,122	0,108 - 0,138

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse bzw. Zweistichproben-t-Test; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Gliederung basiert auf subjektiven Angaben der Probanden; ² = oder verzinktem Stahlrohr

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.1.3.2: Cadmiumgehalt im häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,02 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Probenart *											
Spontanprobe	724	137	<0,02	0,05	0,42	0,78	1,95	5,58	0,190	0,061	0,055 - 0,067
Stagnationsprobe	731	66	0,02	0,12	0,66	1,13	2,42	16,00	0,319	0,113	0,102 - 0,125
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	254	56	<0,02	0,05	0,42	0,78	1,95	3,30	0,156	0,048	0,041 - 0,057
ganz oder teilweise aus Eisen ²	285	35	<0,02	0,08	0,59	1,16	2,21	5,58	0,263	0,083	0,070 - 0,099
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	254	35	<0,02	0,09	0,56	0,91	2,17	3,59	0,242	0,090	0,075 - 0,106
ganz oder teilweise aus Eisen ²	289	14	0,02	0,15	0,98	1,54	2,78	16,00	0,433	0,149	0,127 - 0,175
Alte Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	519	95	<0,02	0,05	0,31	0,50	0,87	2,78	0,135	0,056	0,050 - 0,062
Stagnationsprobe	524	50	0,02	0,11	0,61	0,95	1,67	2,98	0,252	0,108	0,096 - 0,121
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	224	53	<0,02	0,05	0,31	0,50	0,87	1,99	0,115	0,045	0,038 - 0,053
ganz oder teilweise aus Eisen ²	156	13	0,02	0,07	0,46	0,59	1,55	2,78	0,189	0,079	0,064 - 0,096
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	224	33	<0,02	0,09	0,55	0,77	1,85	2,46	0,220	0,087	0,073 - 0,105
ganz oder teilweise aus Eisen ²	161	7	0,03	0,15	0,78	1,15	2,56	2,98	0,314	0,144	0,118 - 0,176
Neue Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	206	42	<0,02	0,06	0,87	1,84	3,12	5,58	0,326	0,076	0,060 - 0,095
Stagnationsprobe	207	16	0,02	0,12	0,99	2,09	3,70	16,00	0,487	0,127	0,103 - 0,157
Material der Wasserleitungen¹ (Sp)											
nicht aus Eisen ²	29	3	<0,02	0,06	0,87	1,84	3,12	3,30	0,477	0,083	0,042 - 0,163
ganz oder teilweise aus Eisen ²	129	22	<0,02	0,08	0,95	1,71	2,68	5,58	0,354	0,089	0,067 - 0,120
Material der Wasserleitungen¹ (St)											
nicht aus Eisen ²	30	2	0,02	0,10	0,72	3,42		3,59	0,400	0,107	0,060 - 0,190
ganz oder teilweise aus Eisen ²	129	7	0,02	0,15	1,09	2,33	3,02	16,00	0,581	0,155	0,118 - 0,203

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse bzw. Zweistichproben-t-Test; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Gliederung basiert auf subjektiven Angaben der Probanden; ² = oder verzinktem Stahlrohr

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 5.1.3.3: Cadmiumgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$) der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung; Vergleich zwischen Wasserwerks-, Spontan- und Stagnationsprobe
 [Bestimmungsgrenze: 0,02 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM	
Deutschland												
Wasserwerksprobe ¹	3603	2065	<0,02	<0,02	0,06	0,22	0,55	1,71	0,052	0,020		
Spontanprobe	3909	698	<0,02	0,06	0,39	0,64	1,11	14,60	0,164	0,060	0,058 - 0,063	
Stagnationsprobe	3923	353	0,02	0,10	0,62	1,07	1,89	57,00	0,288	0,105	0,101 - 0,110	
Alte Bundesländer												
Wasserwerksprobe ¹	2824	1703	<0,02	<0,02	0,04	0,05	0,28	1,71	0,039	<0,02		
Spontanprobe	3149	522	<0,02	0,06	0,33	0,59	1,00	14,60	0,148	0,059	0,057 - 0,062	
Stagnationsprobe	3160	259	0,02	0,10	0,59	1,01	1,76	57,00	0,277	0,105	0,100 - 0,110	
Neue Bundesländer												
Wasserwerksprobe ¹	779	363	<0,02	0,02	0,29	0,54	0,57	1,34	0,096	0,033		
Spontanprobe	761	175	<0,02	0,06	0,56	0,94	1,66	13,90	0,233	0,066	0,059 - 0,074	
Stagnationsprobe	763	94	<0,02	0,11	0,81	1,26	2,44	16,00	0,334	0,108	0,097 - 0,120	

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Eigenversorger sind bei allen drei Probenarten nicht erfaßt;
¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5.1.4 Eisen

Der mittlere Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser der deutschen 25- bis 69jährigen Bevölkerung beträgt 56 µg/l in der Spontanprobe und 74 µg/l in der Stagnationsprobe. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (Tab. 5.1.4.1).

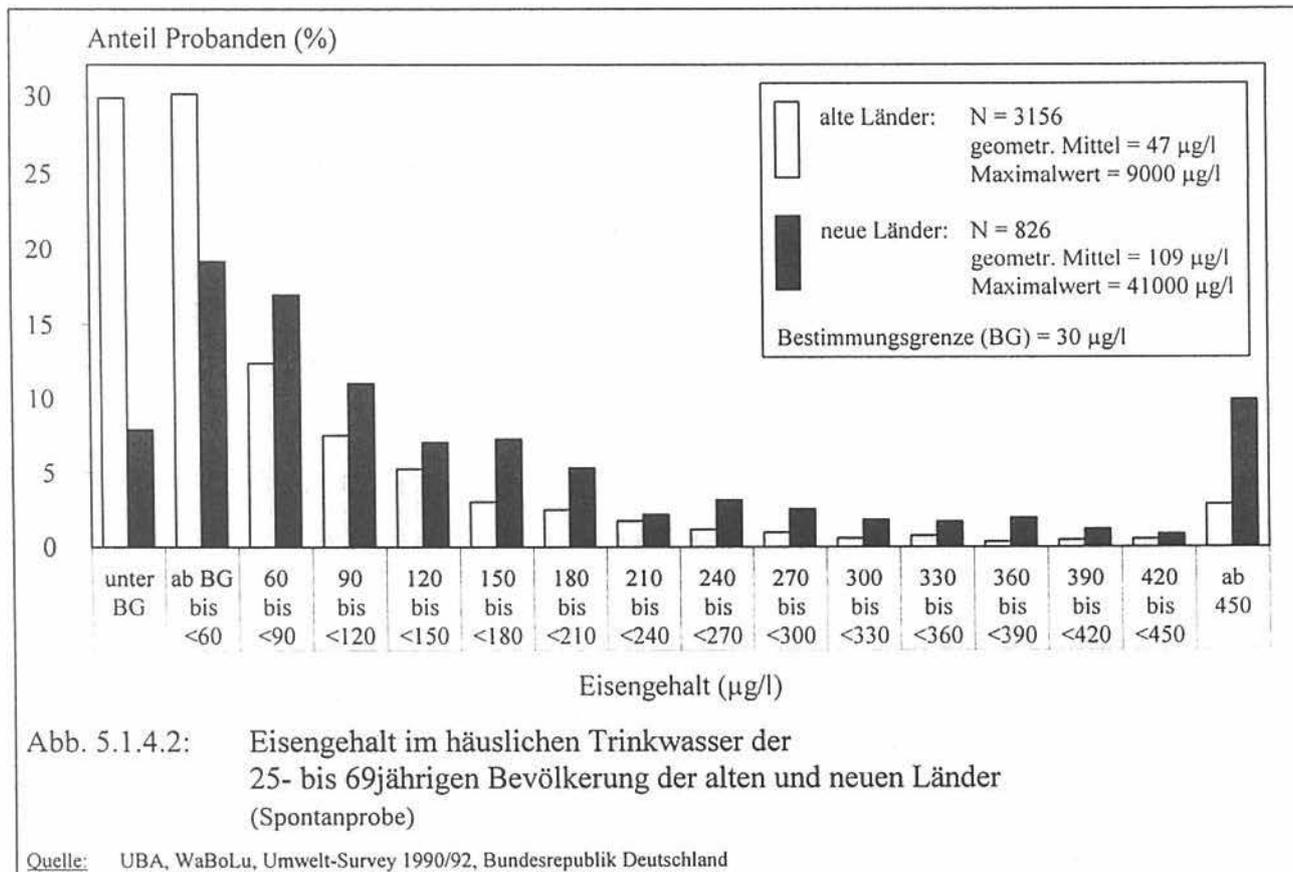
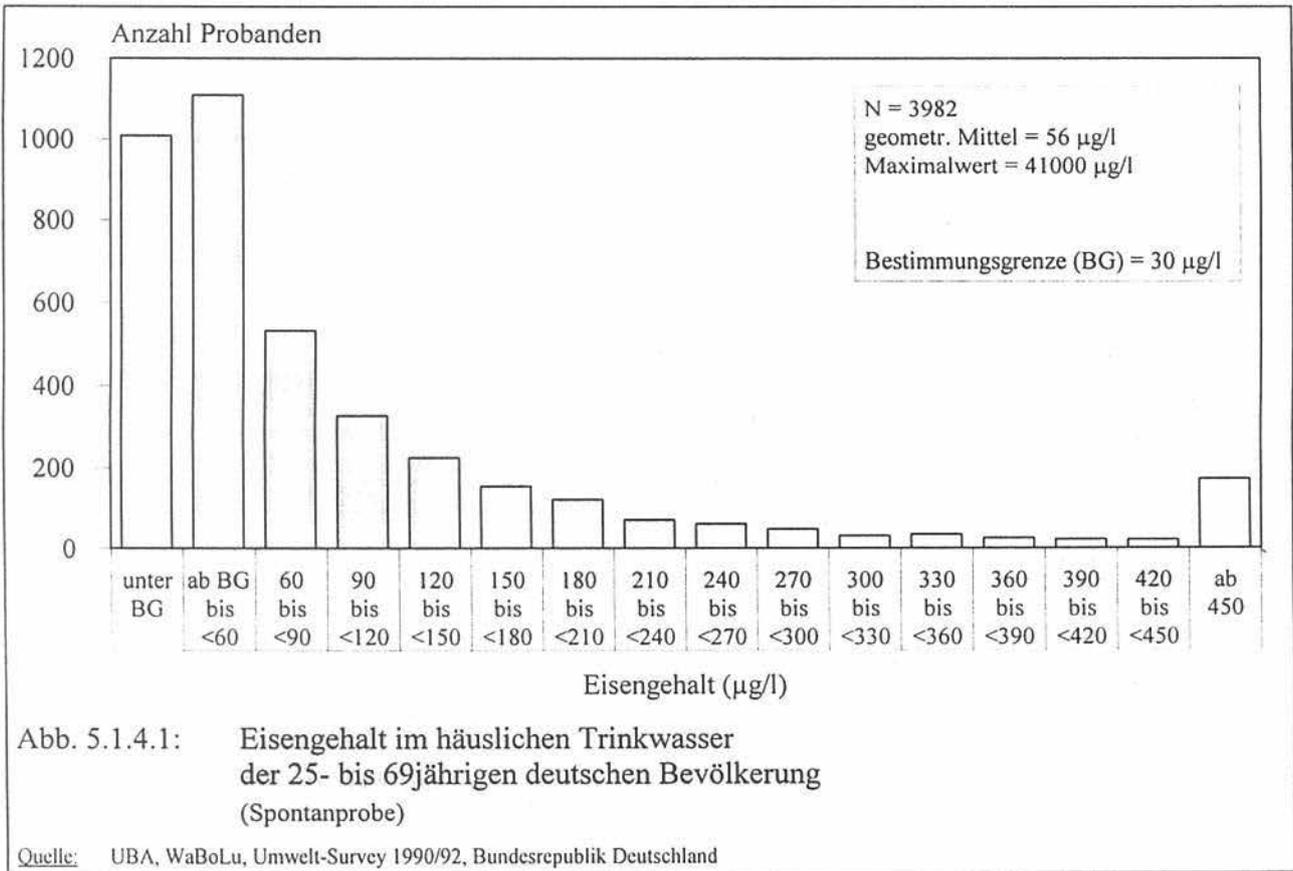
Wie zu erwarten (vgl. Kap. 5.1.1), sind bei Vorhandensein von häuslichen Wasserleitungen aus Eisen oder verzinktem Stahlrohr höhere Eisengehalte im Trinkwasser vorzufinden. So werden im Fall entsprechender Leitungen in der Spontanprobe im Mittel 79 µg/l bestimmt. Sind gemäß der Befragung keine solchen Leitungen vorhanden, liegt ein mittlerer Gehalt von 37 µg/l vor. In der Stagnationsprobe betragen die entsprechenden Gehalte 118 µg/l gegenüber 39 µg/l.

Die Bevölkerung der neuen Bundesländer entnimmt dem häuslichen Zapfhahn im Mittel stärker eisenhaltiges Wasser. Dies gilt für die Spontan- und Stagnationsprobe. Auch diejenigen Personen der neuen Bundesländer, die angaben, eine Eisenleitung bzw. eine Rohrleitung aus verzinktem Stahl zu nutzen, erhalten stärker eisenhaltiges Wasser als vergleichbare Personen der alten Bundesländer.

Der Umstand, daß gerade in den neuen Bundesländern der Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser nicht allein durch die häuslichen Installationsmaterialien bedingt ist, ergibt sich aus den Daten in der Tabelle 5.1.4.3. Schon für das Trinkwasser im Wasserwerk werden in den neuen Bundesländern Gehalte bis zu einem Maximum von 1300 µg/l bestimmt. Verglichen mit dem Grenzwert der TrinkwV von 200 µg/l ergeben sich für 11,5 % der Bevölkerung Überschreitungen schon in dem vom Wasserwerk gelieferten Wasser. In den alten Bundesländern liegt dieser Anteil bei 1,1 % (vgl. Kap. 5.1.9). Die Belastung des Trinkwassers mit Eisen gehörte zu den ungelösten Problemen der Trinkwasserversorgung in der ehemaligen DDR (Grohmann 1992). Dabei ist jedoch anzumerken, daß erhöhte Eisenwerte zwar zu Trübungen und Färbung des Wassers führen, die seine Qualität in ästhetischer und technischer Hinsicht beeinträchtigen, die jedoch nicht von gesundheitlicher Bedeutung sind.

Personen mit einer Eigenversorgungsanlage entnehmen dem häuslichen Zapfhahn stärker eisenhaltiges Wasser als Personen, die von einem Wasserwerk versorgt werden (344 µg/l gegenüber 55 µg/l in der Spontanprobe). Besonders deutlich ist dieser Unterschied in den neuen Bundesländern, wo bei Eigenversorgern ein mittlerer Eisengehalt von 408 µg/l in der Spontanprobe vorliegt. Bei Eigenversorgern der neuen Bundesländer sind besonders häufig Eisen- bzw. verzinkte Stahlrohre vorhanden (vgl. Kap. 5.1.1), so daß dieses Ergebnis plausibel ist.

Die Tabelle 5.1.4.2 gibt die Ergebnisse für die Kinder wieder.



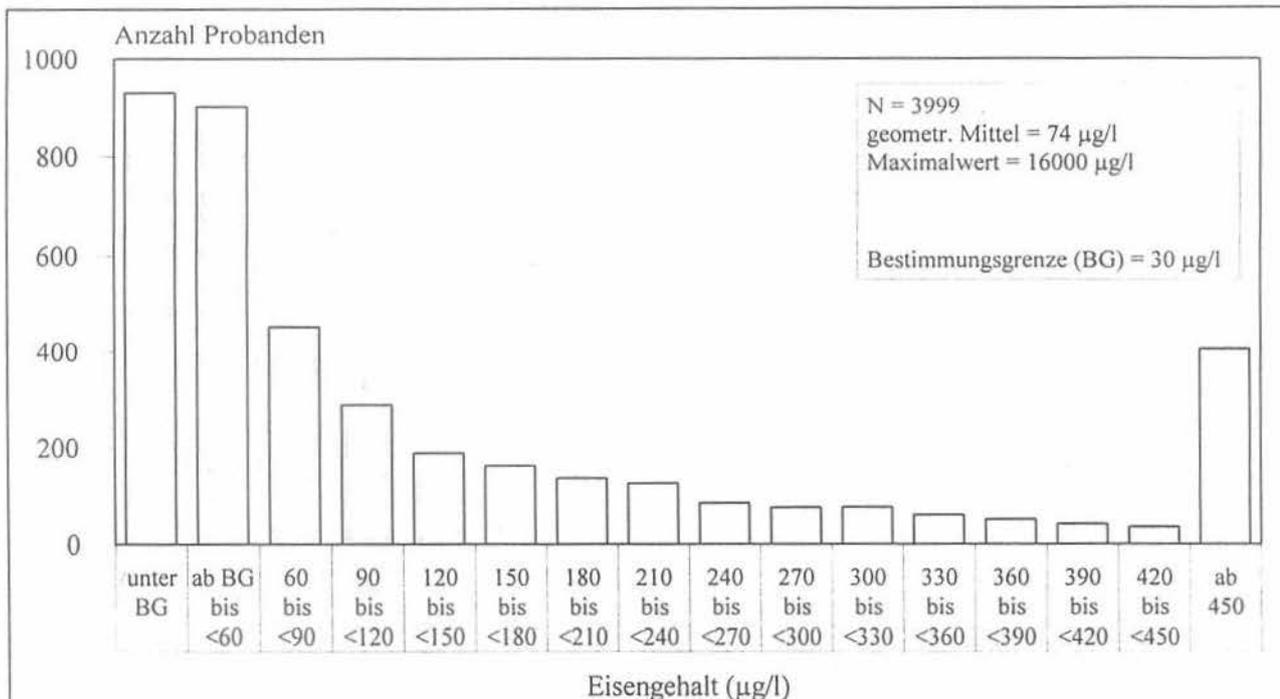


Abb. 5.1.4.3: Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung (Stagnationsprobe)

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

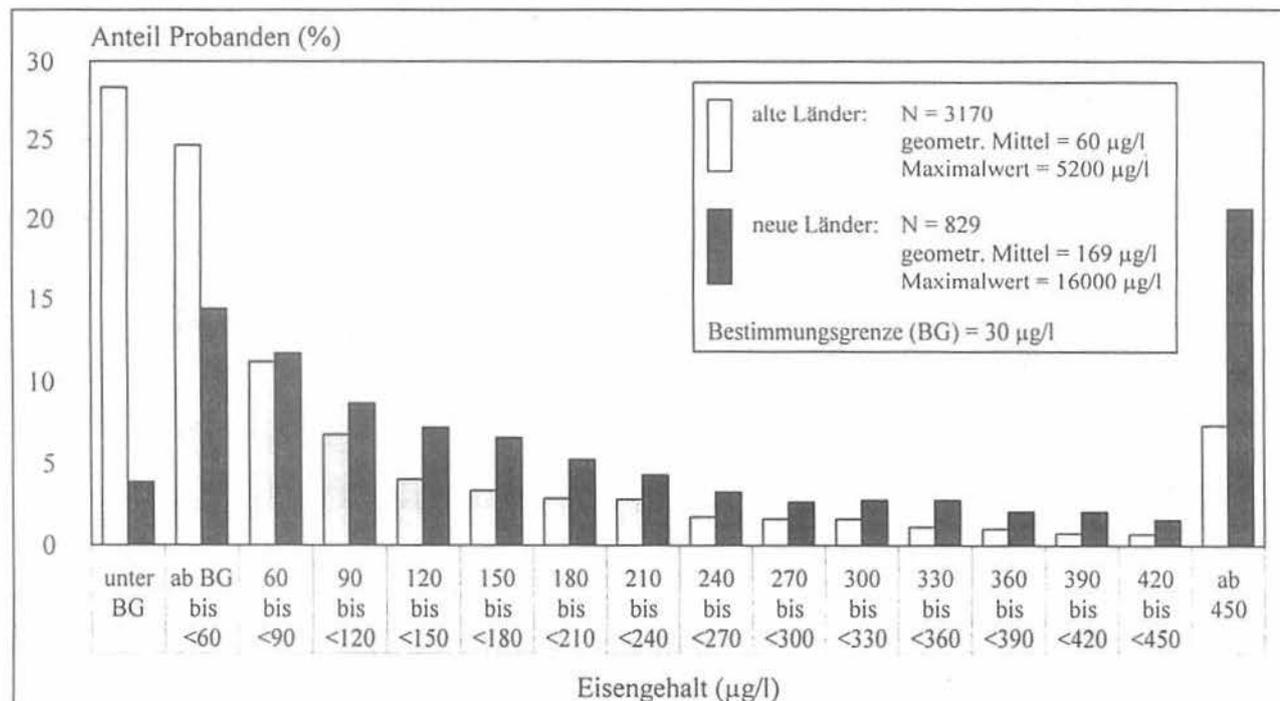


Abb. 5.1.4.4: Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Stagnationsprobe)

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.1.4.1: Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 30 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Probenart *											
Spontanprobe	3982	1008	<30	50	250	410	680	41000	129	56	54 - 58
Stagnationsprobe	3999	932	<30	60	450	720	1220	16000	187	74	71 - 77
Versorgungsart (Sp) *											
Wasserwerksversorgte	3905	1005	<30	50	240	380	620	41000	115	55	53 - 57
Eigenversorger	57	1	40	310	2810	3560	5840	11000	1065	344	221 - 536
Versorgungsart (St) *											
Wasserwerksversorgte	3923	928	<30	60	430	670	1110	16000	174	72	69 - 75
Eigenversorger	56	1	40	400	2660	3610	6140	11000	1022	360	233 - 556
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	1105	414	<30	30	130	210	380	2700	67	37	35 - 39
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1581	253	<30	80	350	550	960	41000	186	79	75 - 84
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	1108	449	<30	30	190	330	670	2700	86	39	37 - 42
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1587	179	<30	120	620	990	1680	11000	271	118	111 - 126
Alte Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	3156	943	<30	40	190	320	550	9000	91	47	46 - 49
Stagnationsprobe	3170	900	<30	50	350	550	880	5200	140	60	57 - 62
Versorgungsart (Sp) *											
Wasserwerksversorgte	3145	942	<30	40	190	320	530	9000	89	47	45 - 49
Eigenversorger	11	1	<30	100	2740			2800	783	176	48 - 650
Versorgungsart (St) *											
Wasserwerksversorgte	3160	899	<30	50	350	550	870	5200	139	60	57 - 62
Eigenversorger	10	1	<30	40	2100			2400	504	93	24 - 352
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	995	406	<30	30	120	170	260	2700	55	34	32 - 36
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1025	208	<30	60	270	430	660	2700	119	64	60 - 68
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	997	445	<30	30	150	260	530	1500	70	35	33 - 37
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1029	157	<30	90	480	760	1130	5200	204	93	86 - 100
Neue Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	826	65	30	100	450	790	1530	41000	272	109	101 - 118
Stagnationsprobe	829	32	40	160	830	1300	2380	16000	365	169	155 - 183
Versorgungsart (Sp) *											
Wasserwerksversorgte	761	63	30	100	380	590	960	41000	225	102	94 - 110
Eigenversorger	45	0	50	430	2970	3710	6620	11000	1137	408	254 - 655
Versorgungsart (St) *											
Wasserwerksversorgte	763	30	40	160	720	1120	1790	16000	320	159	147 - 173
Eigenversorger	46	0	60	510	2840	4290	6490	11000	1136	485	318 - 740
Material der Wasserleitungen¹ (Sp)											
nicht aus Eisen ²	109	8	30	90	350	540	1340	2300	172	93	77 - 113
ganz oder teilweise aus Eisen ²	556	45	30	110	500	840	1660	41000	308	116	105 - 128
Material der Wasserleitungen¹ (St)											
nicht aus Eisen ²	111	4	40	120	530	960	1250	2700	236	130	107 - 158
ganz oder teilweise aus Eisen ²	557	22	40	180	920	1470	2520	11000	395	184	166 - 204

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse bzw. Zweistichproben-t-Test; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Gliederung basiert auf subjektiven Angaben der Probanden; ² = oder verzinktem Stahlrohr

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.1.4.2: Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 30 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM	
Deutschland												
Probenart *												
Spontanprobe	726	195	<30	50	230	440	800	30000	174	54	49 - 58	
Stagnationsprobe	731	178	<30	60	430	610	890	16000	168	69	63 - 76	
Material der Wasserleitungen ¹ (Sp) *												
nicht aus Eisen ²	253	97	<30	50	230	440	800	780	57	35	32 - 39	
ganz oder teilweise aus Eisen ²	287	50	<30	70	390	630	1030	30000	307	75	65 - 86	
Material der Wasserleitungen ¹ (St) *												
nicht aus Eisen ²	254	106	<30	30	160	330	550	1010	77	38	34 - 43	
ganz oder teilweise aus Eisen ²	289	29	<30	100	560	660	930	3100	206	106	93 - 122	
Alte Bundesländer												
Probenart												
Spontanprobe	520	179	<30	40	160	250	480	1500	77	41	38 - 45	
Stagnationsprobe	524	170	<30	40	320	450	620	1790	108	50	45 - 55	
Material der Wasserleitungen ¹ (Sp) *												
nicht aus Eisen ²	223	92	<30	40	160	250	480	260	45	31	<30 - 35	
ganz oder teilweise aus Eisen ²	158	39	<30	50	200	460	710	1300	110	57	48 - 68	
Material der Wasserleitungen ¹ (St) *												
nicht aus Eisen ²	224	105	<30	30	140	160	340	550	54	32	<30 - 36	
ganz oder teilweise aus Eisen ²	161	24	<30	60	400	550	670	1000	149	78	65 - 93	
Neue Bundesländer												
Probenart *												
Spontanprobe	206	15	30	90	490	830	1250	30000	420	103	88 - 122	
Stagnationsprobe	207	9	40	150	630	880	1180	16000	319	155	133 - 181	
Material der Wasserleitungen ¹ (Sp)												
nicht aus Eisen ²	29	4	<30	90	490	830	1250	780	156	88	58 - 134	
ganz oder teilweise aus Eisen ²	129	10	30	80	590	840	1160	30000	548	105	84 - 130	
Material der Wasserleitungen ¹ (St)												
nicht aus Eisen ²	30	1	50	110	770	970		1010	245	147	101 - 214	
ganz oder teilweise aus Eisen ²	129	5	40	150	630	830	1110	3100	278	158	130 - 192	

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse bzw. Zweistichproben-t-Test; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Gliederung basiert auf subjektiven Angaben der Probanden; ² = oder verzinktem Stahlrohr

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 5.1.4.3: Eisengehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$) der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Vergleich zwischen Wasserwerks-, Spontan- und Stagnationsprobe
 [Bestimmungsgrenze: $30 \mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM	
Deutschland												
Wasserwerksprobe ¹	3894	2782	<30	<30	60	100	310	1300	45	<30		
Spontanprobe	3905	1005	<30	50	240	380	620	41000	115	55	53 - 57	
Stagnationsprobe	3923	928	<30	60	430	670	1110	16000	174	72	69 - 75	
Alte Bundesländer												
Wasserwerksprobe ¹	3134	2571	<30	<30	30	40	90	310	<30	<30		
Spontanprobe	3145	942	<30	40	190	320	530	9000	89	47	45 - 49	
Stagnationsprobe	3160	899	<30	50	350	550	870	5200	139	60	57 - 62	
Neue Bundesländer												
Wasserwerksprobe ¹	760	211	<30	40	160	1110	1200	1300	138	52		
Spontanprobe	761	63	30	100	380	590	960	41000	225	102	94 - 110	
Stagnationsprobe	763	30	40	160	720	1120	1790	16000	320	159	147 - 173	

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Eigenversorger sind bei allen drei Probenarten nicht erfaßt;
¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5.1.5 Kupfer

In den im Laufe des Tages als Spontanproben gewonnenen häuslichen Trinkwasserproben der 25- bis 69jährigen Bundesbürger wird ein mittlerer Kupfergehalt von 63 $\mu\text{g/l}$ ermittelt. In den nach nächtlicher Stagnation im Haushalt gewonnenen Proben wird mit 98 $\mu\text{g/l}$ ein statistisch signifikant höherer Kupfergehalt bestimmt (Tab. 5.1.5.1).

Bei Personen, die angaben, eine Kupferleitung in der häuslichen Wasserversorgung zu haben, liegen signifikant höhere Kupfergehalte in der Spontan- und Stagnationsprobe vor (135 $\mu\text{g/l}$ bzw. 226 $\mu\text{g/l}$).

Der Bevölkerung der alten Bundesländer steht - bezogen auf die Spontanprobe - ein stärker kupferhaltiges häusliches Trinkwasser (im Mittel 85 $\mu\text{g/l}$) zur Verfügung als der Bevölkerung der neuen Bundesländer mit weniger als 20 $\mu\text{g/l}$. Dies ist vor dem Hintergrund der signifikant häufigeren Verwendung von Kupferleitungen zur häuslichen Trinkwasserversorgung in den alten Bundesländern plausibel (Kap. 5.1.1).

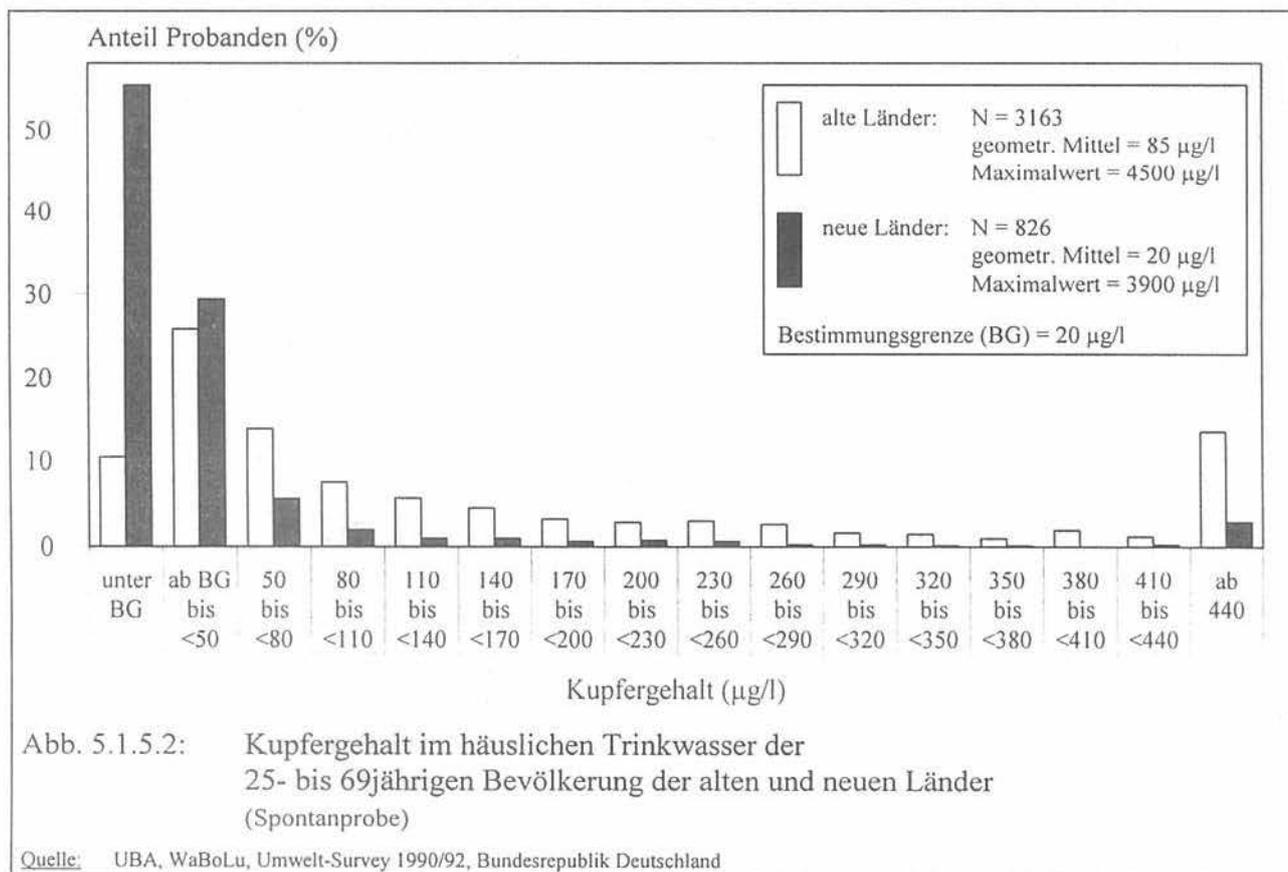
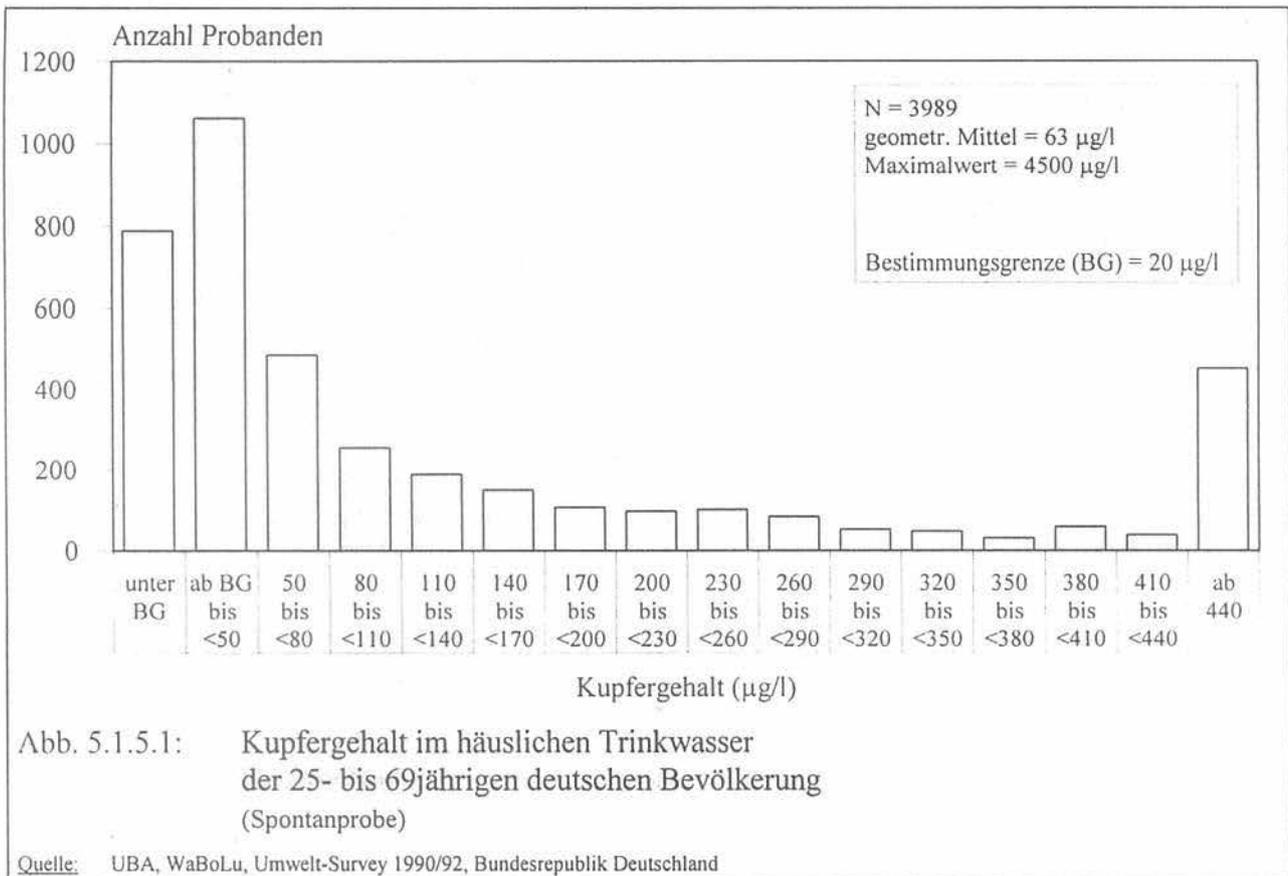
In der Tabelle 5.1.5.3 werden die Kupfergehalte im häuslichen Spontan- und Stagnationswasser der Bevölkerung den Gehalten im Wasserwerk gegenübergestellt. Der mittlere Kupfergehalt im Trinkwasser der Haushalte ist im Vergleich zu dem Gehalt im Wasserwerkswasser deutlich höher. Dies gilt vor allem in den alten Bundesländern.

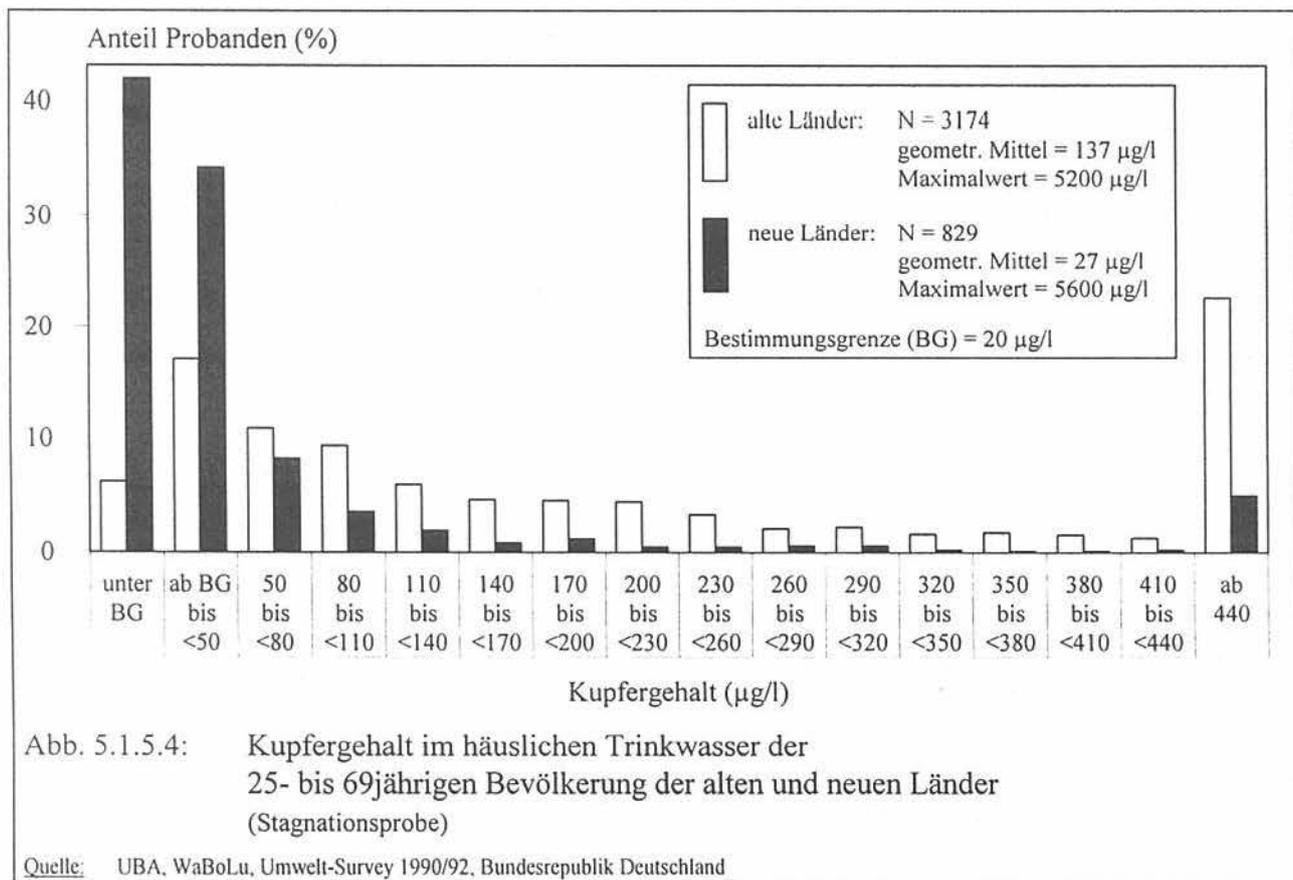
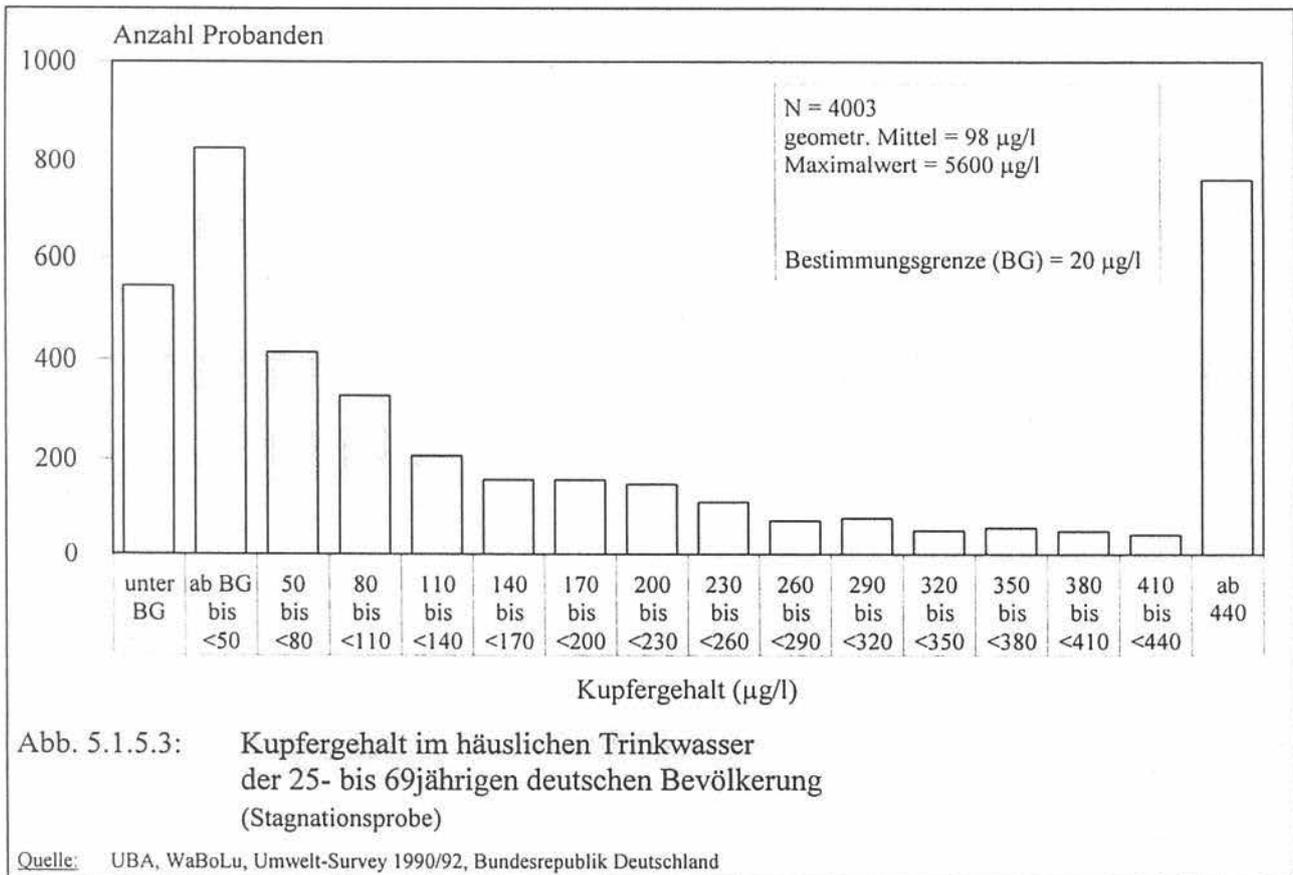
Der mittlere Kupfergehalt im häuslichen Trinkwasser aus Eigenversorgungsanlagen ist signifikant geringer als bei öffentlicher Trinkwasserversorgung. Dies gilt jedoch nicht bei getrennter Betrachtung der Situation in den alten und neuen Bundesländern. Von den im Umwelt-Survey beprobten Eigenversorgungsanlagen waren mehr als 75 % in den neuen Ländern. Da in den neuen Ländern unabhängig von der Versorgungsart weit seltener Kupferleitungen in der Hausinstallation vorhanden sind und somit geringere Kupfergehalte im häuslichen Trinkwasser gemessen werden, ist der beschriebene Befund durch diese Situation erklärbar.

Für die 6- bis 14jährigen Kinder ergibt sich hinsichtlich der häuslichen Trinkwasserbelastung mit Kupfer ein ähnliches Bild wie bei den Erwachsenen. Auch bei den Kindern sind höhere Gehalte in den alten Bundesländern und bei Vorhandensein von Kupferleitungen im Haushalt zu beobachten. Im einzelnen sind die Kupfergehalte der Tabelle 5.1.5.2 zu entnehmen.

Die in der vorliegenden Studie bestimmten Kupfergehalte liegen in der gleichen Größenordnung wie die im Rahmen vereinzelter Untersuchungen aus einigen Bundesländern ermittelten Daten. Für die Bundesländer Hessen, Rheinland-Pfalz und Thüringen wird ein mittlerer Kupfergehalt von 50 $\mu\text{g/l}$ berichtet. In Baden-Württemberg wurde bei der Untersuchung von Wasserwerkswasser und Wasser aus Einzelversorgungsanlagen ein mittlerer Kupfergehalt von unter 0,01 $\mu\text{g/l}$ (Median) ermittelt (MAGS 1996).

Moriske et al. (1989) konnten zeigen, daß besonders bei neu installierten Kupferleitungen nach nächtlicher Stagnation eine hohe Kupferbelastung des Trinkwassers besteht. Dabei ermittelten sie für diese Bedingungen Gehalte von bis zu einigen mg/l. Gehalte in dieser Größenordnung kommen auch in der vorliegenden Studie vor.





**Tab. 5.1.5.1: Kupfergehalt im häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 20 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Probenart *											
Spontanprobe	3989	788	<20	50	490	800	1310	4500	181	63	60 - 65
Stagnationsprobe	4003	544	<20	90	810	1300	1980	5600	292	98	93 - 103
Versorgungsart (Sp) *											
Wasserwerksversorgte	3911	741	<20	50	490	800	1320	4500	182	64	61 - 67
Eigenversorger	58	31	<20	<20	210	700	2180	2800	134	24	<20 - 34
Versorgungsart (St) *											
Wasserwerksversorgte	3924	501	<20	100	820	1300	1920	5600	294	100	96 - 105
Eigenversorger	58	28	<20	20	510	2800	3450	3500	268	32	21 - 50
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Kupfer	1515	474	<20	30	220	400	750	2710	93	35	33 - 38
ganz oder teilweise aus Kupfer	1173	81	20	150	830	1260	1690	4500	314	135	124 - 146
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Kupfer	1522	353	<20	50	380	650	1130	5600	152	53	49 - 57
ganz oder teilweise aus Kupfer	1175	37	30	240	1350	1880	2800	5200	511	226	209 - 245
Alte Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	3163	330	<20	80	570	880	1380	4500	212	85	81 - 89
Stagnationsprobe	3174	197	20	140	920	1390	2020	5200	340	137	131 - 144
Versorgungsart (Sp)											
Wasserwerksversorgte	3150	327	<20	70	560	870	1380	4500	211	85	81 - 89
Eigenversorger	13	2	<20	90	2050			2800	533	110	32 - 383
Versorgungsart (St)											
Wasserwerksversorgte	3162	194	20	140	920	1380	2010	5200	338	137	130 - 144
Eigenversorger	13	3	<20	360	3380			3500	945	197	50 - 778
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Kupfer	908	126	<20	50	310	530	880	2710	128	56	52 - 61
ganz oder teilweise aus Kupfer	1115	63	20	150	820	1250	1670	4500	313	139	129 - 151
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Kupfer	912	84	20	90	530	870	1320	4200	206	91	83 - 98
ganz oder teilweise aus Kupfer	1117	24	30	250	1330	1800	2720	5200	506	234	216 - 253
Neue Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	826	458	<20	<20	70	200	670	3900	60	<20	<20 - 21
Stagnationsprobe	829	347	<20	20	140	440	1250	5600	108	27	25 - 29
Versorgungsart (Sp)											
Wasserwerksversorgte	761	413	<20	<20	80	210	730	3900	63	20	<20 - 22
Eigenversorger	45	29	<20	<20	40	70	150	230	23	<20	<20 - <20
Versorgungsart (St)											
Wasserwerksversorgte	763	307	<20	20	160	470	1330	5600	112	28	25 - 30
Eigenversorger	46	25	<20	<20	60	90	1030	3400	80	<20	<20 - 26
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Kupfer	607	348	<20	<20	50	110	300	2400	40	<20	<20 - <20
ganz oder teilweise aus Kupfer	58	18	<20	50	1030	1570	2510	3900	326	69	43 - 111
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Kupfer	610	269	<20	20	100	220	670	5600	72	24	22 - 26
ganz oder teilweise aus Kupfer	58	13	<20	80	2170	2880	4380	5000	613	122	72 - 205

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse bzw. Zweistichproben-t-Test; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Gliederung basiert auf subjektiven Angaben der Probanden

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.1.5.2: Kupfergehalt im häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 20 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Probenart *											
Spontanprobe	727	142	<20	60	450	730	1290	1900	179	67	60 - 74
Stagnationsprobe	731	110	<20	120	830	1330	1890	4100	324	109	97 - 123
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Kupfer	260	96	<20	60	450	730	1290	1600	79	32	27 - 37
ganz oder teilweise aus Kupfer	281	11	30	200	720	1230	1590	1900	303	159	137 - 183
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Kupfer	263	82	<20	30	360	550	720	1280	123	45	38 - 54
ganz oder teilweise aus Kupfer	280	4	50	340	1380	1730	3210	4100	572	301	261 - 348
Alte Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	521	31	20	110	530	870	1320	1900	224	106	95 - 118
Stagnationsprobe	524	23	30	210	1020	1500	2720	4100	414	195	175 - 219
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Kupfer	119	14	<20	110	530	870	1320	770	120	66	54 - 81
ganz oder teilweise aus Kupfer	264	6	30	200	730	1230	1560	1900	303	163	141 - 188
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Kupfer	121	13	<20	150	540	650	1020	1280	217	117	93 - 146
ganz oder teilweise aus Kupfer	263	1	60	350	1350	1640	3200	4100	565	314	273 - 361
Neue Bundesländer											
Probenart											
Spontanprobe	206	111	<20	<20	100	340	610	1700	65	21	<20 - 24
Stagnationsprobe	207	88	<20	20	120	360	1280	3400	94	25	21 - 30
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Kupfer	141	82	<20	<20	100	340	610	1600	44	<20	<20 - 20
ganz oder teilweise aus Kupfer	17	5	<20	200	610	1320		1700	303	105	42 - 264
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Kupfer	142	69	<20	20	70	180	430	910	42	20	<20 - 24
ganz oder teilweise aus Kupfer	17	3	<20	190	2240	2390	3260	3400	674	162	57 - 466

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse bzw. Zweistichproben-t-Test; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Gliederung basiert auf subjektiven Angaben der Probanden

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 5.1.5.3: Kupfergehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$) der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Vergleich zwischen Wasserwerks-, Spontan- und Stagnationsprobe
 [Bestimmungsgrenze: 20 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM	
Deutschland												
Wasserwerksprobe ¹	3913	3417	<20	<20	20	30	160	240	<20	<20		
Spontanprobe	3911	741	<20	50	490	800	1320	4500	182	64	61 - 67	
Stagnationsprobe	3924	501	<20	100	820	1300	1940	5600	294	100	96 - 105	
Alte Bundesländer												
Wasserwerksprobe ¹	3134	2729	<20	<20	20	30	160	230	<20	<20		
Spontanprobe	3150	327	<20	70	560	870	1380	4500	211	85	81 - 89	
Stagnationsprobe	3162	194	20	140	920	1380	2010	5200	338	137	130 - 144	
Neue Bundesländer												
Wasserwerksprobe ¹	779	688	<20	<20	20	60	60	240	<20	<20		
Spontanprobe	761	413	<20	<20	80	210	730	3900	63	20	<20 - 22	
Stagnationsprobe	763	307	<20	20	160	470	1330	5600	112	28	25 - 30	

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Eigenversorger sind bei allen drei Probenarten nicht erfaßt;

¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5.1.6 Zink

Der mittlere Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser der deutschen 25- bis 69jährigen Bevölkerung beträgt 227 µg/l in der Spontanprobe und 461 µg/l in der Stagnationsprobe. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (Tab. 5.1.6.1).

Der Tabelle 5.1.6.1 ist außerdem zu entnehmen, daß bei Personen, die angaben, daß in ihrem Haus eine Wasserleitung aus Eisen oder verzinktem Stahl installiert ist, signifikant höhere Zinkgehalte in der Spontan- und Stagnationsprobe vorliegen (322 µg/l bzw. 609 µg/l) als bei anderen Personen (133 µg/l bzw. 306 µg/l).

Die Bevölkerung der neuen Bundesländer entnimmt dem häuslichen Zapfhahn stärker zinkhaltiges Wasser. Dies gilt für die Spontan- und Stagnationsprobe. Vor dem Hintergrund der häufigeren Verwendung von verzinktem Stahlrohr als Installationsmaterial ist dies plausibel (vgl. Kap. 5.1.1).

Eigenversorger entnehmen dem häuslichen Zapfhahn stärker zinkhaltiges Wasser als Personen, die von einem Wasserwerk versorgt werden (959 µg/l gegenüber 221 µg/l in der Spontanprobe) (Tab. 5.1.6.1). Da eine hohe Assoziation zwischen dem Installationsmaterial und der Versorgungsart festgestellt werden kann (bei Eigenversorgern ist häufiger eine Eisenleitung oder ein verzinktes Stahlrohr vorhanden), ist dies plausibel. Es ist auch denkbar, daß das Brunnenwasser in den neuen Bundesländern vor allem geogen bedingt mehr Zink enthält. Von Einfluß dürfte auch sein, daß der Anteil an Personen mit Eigenversorgungsanlagen in den neuen Bundesländern höher ist.

Für die 6- bis 14jährigen Kinder ergibt sich hinsichtlich der häuslichen Trinkwasserbelastung mit Zink ein ähnliches Bild wie bei den Erwachsenen. Auch bei den Kindern sind höhere Gehalte in den neuen Bundesländern und bei Vorhandensein von Eisenleitungen oder Leitungen aus verzinktem Stahlrohr zu beobachten. Im einzelnen sind die Zinkgehalte der Tabelle 5.1.6.2 zu entnehmen.

Betrachtet man die mittleren Zinkgehalte in den Proben aus den Wasserwerken (Tab. 5.1.6.3), so wird deutlich, daß die Bevölkerung der neuen Bundesländer bereits ab dem Wasserwerk mit stärker zinkhaltigem Wasser versorgt wird. Der geometrische Mittelwert des Trinkwassers im Wasserwerk ist in den neuen Bundesländern doppelt so hoch wie der in den alten Bundesländern (23 µg/l gegenüber 46 µg/l).

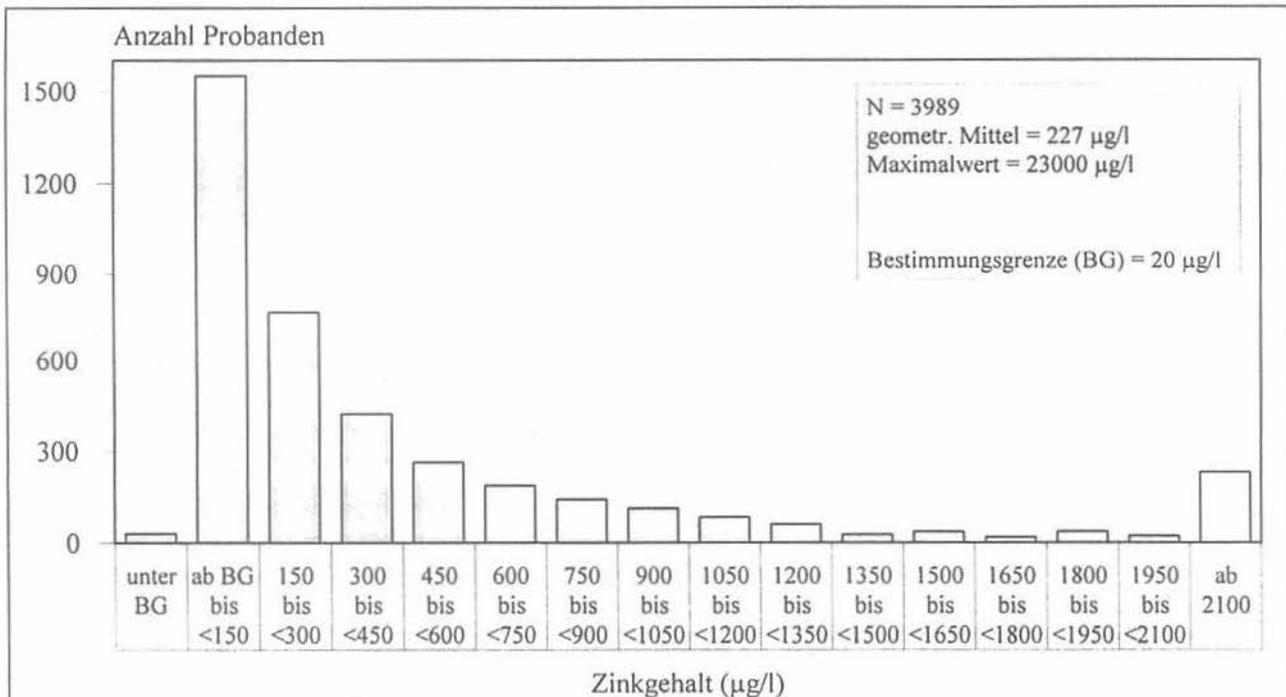


Abb. 5.1.6.1: Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung (Spontanprobe)

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

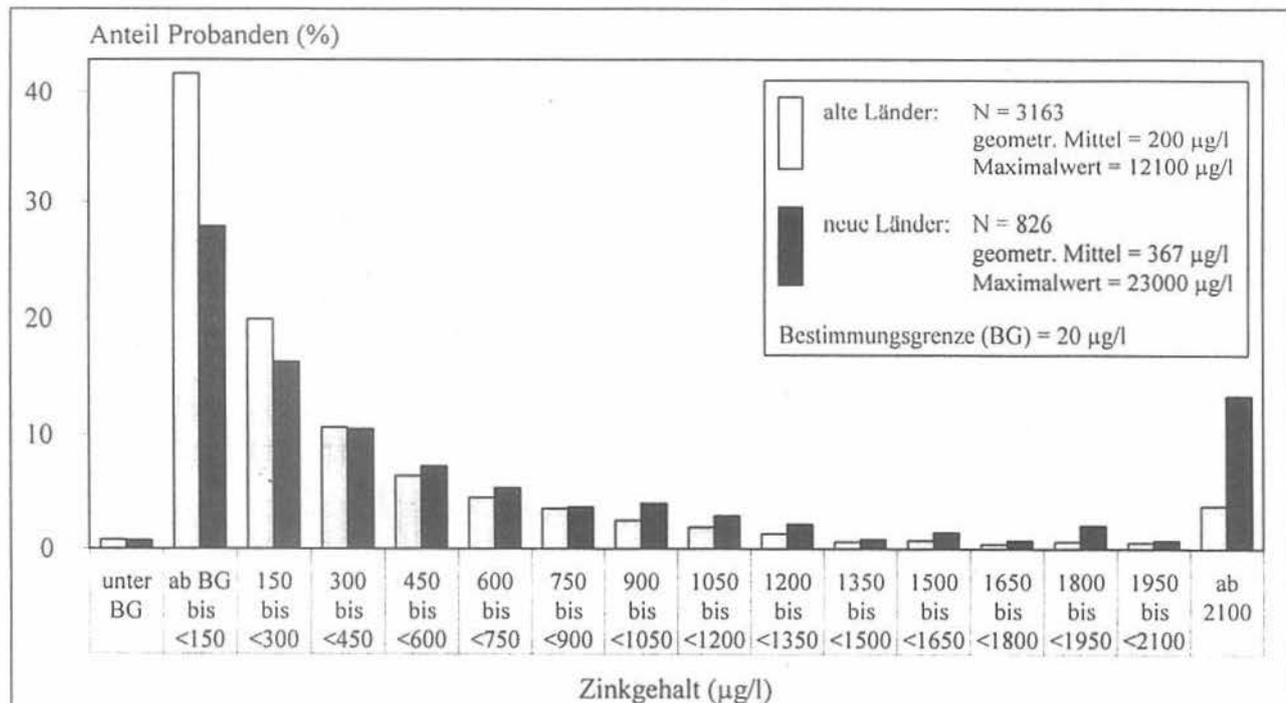


Abb. 5.1.6.2: Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Spontanprobe)

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

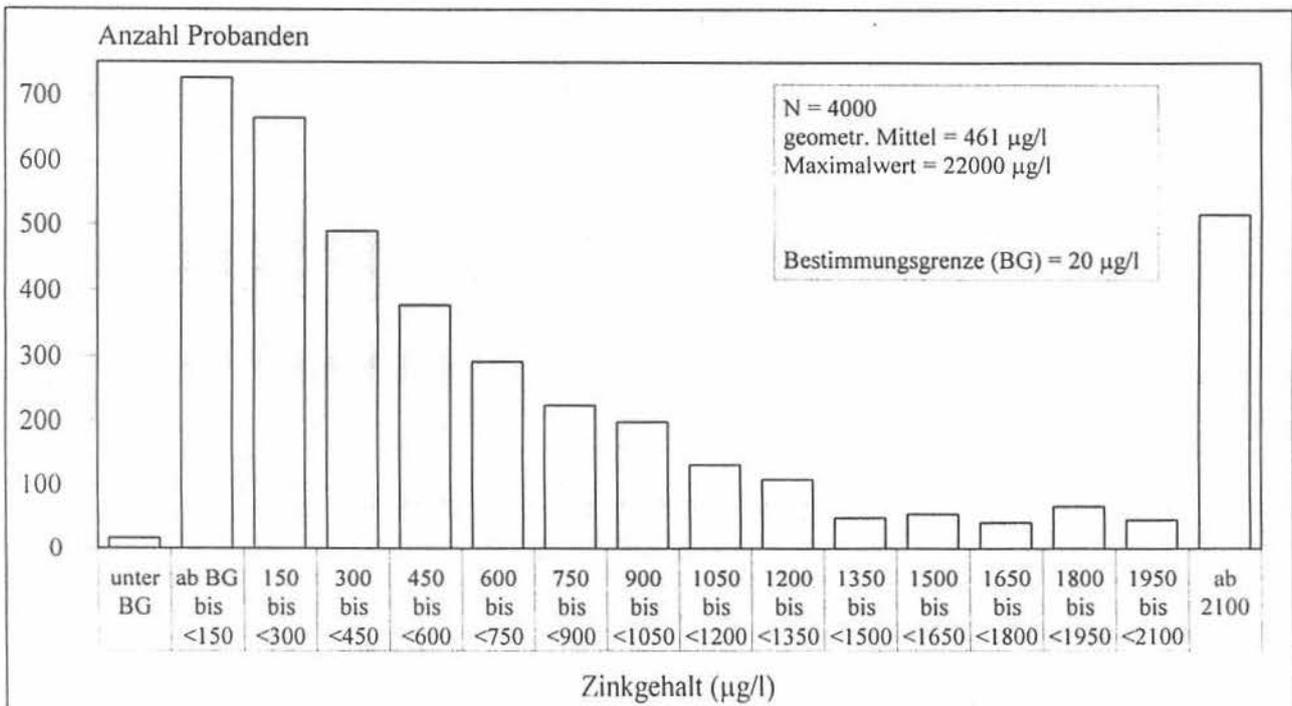


Abb. 5.1.6.3: Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung (Stagnationsprobe)

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

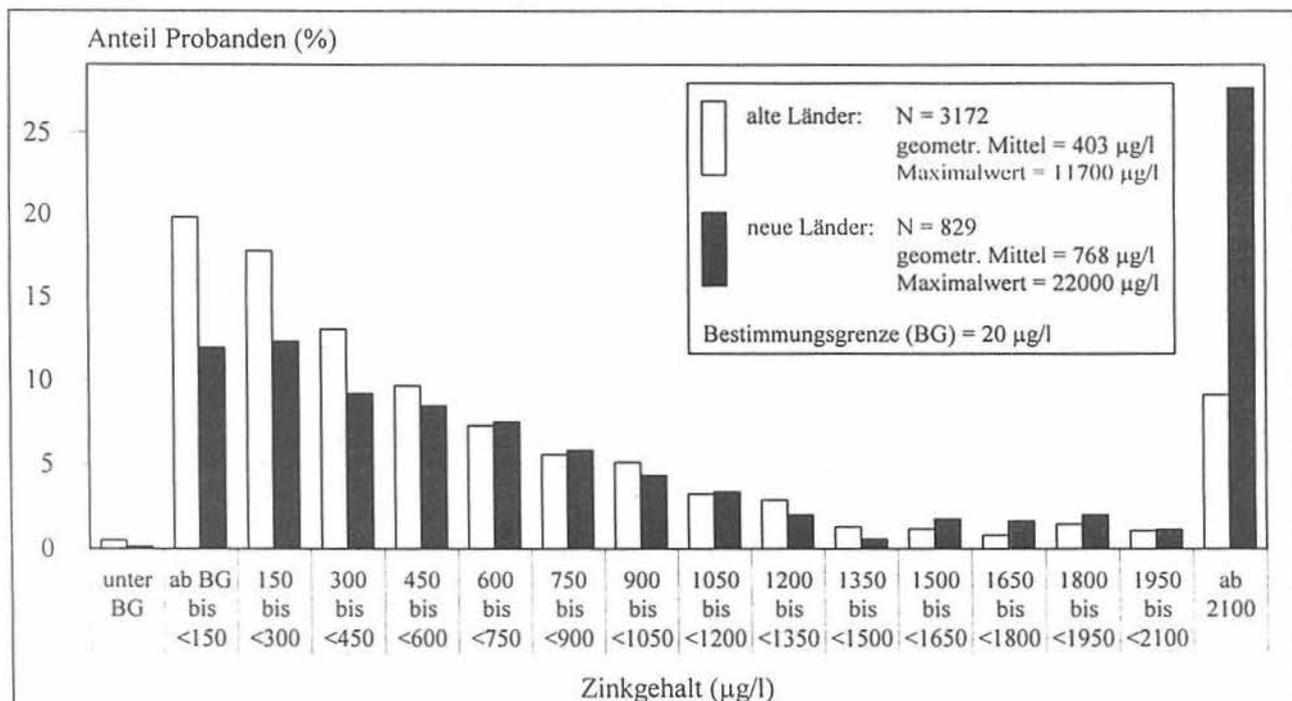


Abb. 5.1.6.4: Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Stagnationsprobe)

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.1.6.1: Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 20 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Probenart *											
Spontanprobe	3989	30	40	210	1260	2260	3750	23000	550	227	218 - 236
Stagnationsprobe	4000	17	90	480	2410	3430	5110	22000	962	461	443 - 479
Versorgungsart (Sp) *											
Wasserwerksversorgte	3911	30	40	200	1210	2190	3490	23000	525	221	212 - 230
Eigenversorger	58	0	140	1050	4740	8480	11700	16000	2001	959	681 - 1350
Versorgungsart (St) *											
Wasserwerksversorgte	3923	17	90	470	2360	3330	4920	22000	934	452	435 - 470
Eigenversorger	57	0	330	1510	5660	8860	16400	22000	2673	1420	1031 - 1956
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	1106	11	40	120	570	970	2010	9500	274	133	125 - 142
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1582	12	60	320	2000	3000	4700	23000	772	322	301 - 344
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	1108	2	70	310	1280	2160	3300	7900	579	306	286 - 328
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1587	8	110	630	3110	4450	7370	22000	1294	609	572 - 650
Alte Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	3163	25	40	190	1040	1720	2610	12100	434	200	192 - 209
Stagnationsprobe	3172	16	80	430	1990	2700	3640	11700	758	403	387 - 420
Versorgungsart (Sp)											
Wasserwerksversorgte	3150	25	40	190	1040	1720	2620	12100	435	200	191 - 209
Eigenversorger	13	0	90	230	730			1050	311	233	147 - 369
Versorgungsart (St)											
Wasserwerksversorgte	3160	16	80	430	1990	2690	3640	11700	758	403	386 - 420
Eigenversorger	11	0	80	420	2650			3400	832	455	204 - 1014
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	997	9	30	120	540	930	1600	4100	252	129	120 - 138
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1026	9	50	270	1370	2250	3010	12100	574	273	253 - 295
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	997	2	70	300	1220	2000	2910	5800	542	295	275 - 317
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1029	7	100	520	2400	3050	3920	11700	914	492	457 - 530
Neue Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	826	6	60	370	2660	4240	6570	23000	990	367	333 - 406
Stagnationsprobe	829	1	120	760	4370	6730	9930	22000	1743	768	700 - 843
Versorgungsart (Sp) *											
Wasserwerksversorgte	761	6	60	330	2400	3880	5550	23000	897	337	304 - 373
Eigenversorger	45	0	350	1780	5460	9020	13520	16000	2473	1425	1013 - 2005
Versorgungsart (St) *											
Wasserwerksversorgte	763	1	120	700	4160	6420	9390	22000	1665	728	660 - 802
Eigenversorger	46	0	620	2050	7140	9680	19920	22000	3127	1880	1378 - 2564
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	109	2	40	170	900	1760	4890	9500	480	184	145 - 234
ganz oder teilweise aus Eisen ²	556	3	60	450	3110	4580	7060	23000	1138	434	384 - 490
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	111	0	80	460	2680	3880	4960	7900	918	427	336 - 543
ganz oder teilweise aus Eisen ²	557	1	140	880	5040	7500	10960	22000	1995	904	807 - 1013

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse bzw. Zweistichproben-t-Test; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Gliederung basiert auf subjektiven Angaben der Probanden; ² = oder verzinktem Stahlrohr

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.1.6.2: Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 20 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Probenart *											
Spontanprobe	727	12	40	190	1460	3010	4420	23000	640	218	195 - 242
Stagnationsprobe	731	4	80	480	2850	3830	7830	22000	1124	483	438 - 533
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	254	6	40	190	1460	3010	4420	8700	321	121	103 - 141
ganz oder teilweise aus Eisen ²	287	4	50	430	2510	3780	5160	23000	945	386	327 - 454
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	254	2	70	300	1300	2140	3870	7900	605	293	253 - 340
ganz oder teilweise aus Eisen ²	289	0	130	740	3550	5210	8570	22000	1581	747	643 - 867
Alte Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	521	8	40	150	1170	1620	3070	5400	426	169	150 - 189
Stagnationsprobe	524	4	80	410	2170	2940	3830	5220	776	394	354 - 438
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	224	2	40	150	1170	1620	3070	2440	271	122	104 - 143
ganz oder teilweise aus Eisen ²	158	4	50	370	1340	2600	3660	5400	654	314	255 - 386
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	224	2	80	310	1190	1970	3590	4800	551	295	254 - 343
ganz oder teilweise aus Eisen ²	161	0	110	600	2820	3460	4530	5220	1087	605	502 - 728
Neue Bundesländer											
Probenart *											
Spontanprobe	206	4	40	490	3350	4690	6060	23000	1183	414	333 - 515
Stagnationsprobe	207	0	100	870	5050	8180	10900	22000	2005	811	664 - 991
Material der Wasserleitungen¹ (Sp) *											
nicht aus Eisen ²	29	4	<20	490	3350	4690	6060	8700	706	114	58 - 222
ganz oder teilweise aus Eisen ²	129	0	60	640	3650	4920	6240	23000	1301	496	383 - 643
Material der Wasserleitungen¹ (St) *											
nicht aus Eisen ²	30	0	40	250	2890	6960		7900	1007	282	157 - 506
ganz oder teilweise aus Eisen ²	129	0	180	950	5260	8400	11630	22000	2199	972	765 - 1234

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Sp = Spontanprobe; St = Stagnationsprobe; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse bzw. Zweistichproben-t-Test; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Gliederung basiert auf subjektiven Angaben der Probanden; ² = oder verzinktem Stahlrohr

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 5.1.6.3: Zinkgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$) der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Vergleich zwischen Wasserwerks-, Spontan- und Stagnationsprobe
 [Bestimmungsgrenze: 20 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Wasserwerksprobe ¹	3913	2254	<20	<20	80	150	250	2400	49	26	
Spontanprobe	3911	30	40	200	1210	2190	3490	23000	525	221	212 - 230
Stagnationsprobe	3923	17	90	470	2360	3330	4920	22000	934	452	435 - 470
Alte Bundesländer											
Wasserwerksprobe ¹	3134	2028	<20	<20	70	90	150	380	32	23	
Spontanprobe	3150	25	40	190	1040	1720	2620	12100	435	200	191 - 209
Stagnationsprobe	3160	16	80	430	1990	2690	3640	11700	758	403	386 - 420
Neue Bundesländer											
Wasserwerksprobe ¹	779	225	<20	40	180	280	2400	2400	116	46	
Spontanprobe	761	6	60	330	2400	3880	5550	23000	897	337	304 - 373
Stagnationsprobe	763	1	120	700	4160	6420	9390	22000	1665	728	660 - 802

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Eigenversorger sind bei allen drei Probenarten nicht erfaßt;
¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5.1.7 Calcium, Magnesium und Natrium

Die Mineralstoffe Calcium, Magnesium und Natrium wurden sowohl in den Wasserwerksproben als auch in den im Haushalt der Probanden gewonnenen Proben analysiert. Für die nachfolgende Deskription wird der jeweilige im Haushalt gemessene Gehalt als Mittelwert aus dem Gehalt in der Spontan- und Stagnationsprobe berechnet. Es ist davon auszugehen, daß sich die Gehalte an Calcium, Magnesium und Natrium auf dem Weg vom Wasserwerk zum Haushalt nicht wesentlich verändern und auch die Stagnationszeit in den häuslichen Leitungen keine wesentliche Veränderung der Konzentrationen hervorruft.

Im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik liegt ein mittlerer Calciumgehalt von 67,5 µg/l, ein mittlerer Magnesiumgehalt von 10,1 µg/l und ein mittlerer Natriumgehalt von 16,0 µg/l vor (Tab. 5.1.7.1, Tab. 5.1.7.3 und Tab. 5.1.7.5). Der Gehalt in dem den 6- bis 14jährigen Kindern zur Verfügung stehenden Trinkwasser ist den Tabellen 5.1.7.2, 5.1.7.4 und 5.1.7.6 zu entnehmen. Der Gehalt an Calcium und Magnesium ist Grundlage zur Berechnung der Härte des Wassers (Kap. 6.3).

Die Prüfung auf signifikante Unterschiede ergibt, daß der mittlere Magnesium- und Natriumgehalt im Trinkwasser der Bevölkerung der neuen Bundesländer höher ist. Die Differenz ist jedoch nicht von inhaltlicher Relevanz.

Eigenversorger weisen einen signifikant höheren Calciumgehalt im Trinkwasser auf. Besonders deutlich ist dies in den neuen Bundesländern, wo bei Eigenversorgung im Trinkwasser ein Gehalt von 115,9 µg/l vorliegt, bei Versorgung durch ein Wasserwerk hingegen ein Gehalt von 68,8 µg/l.

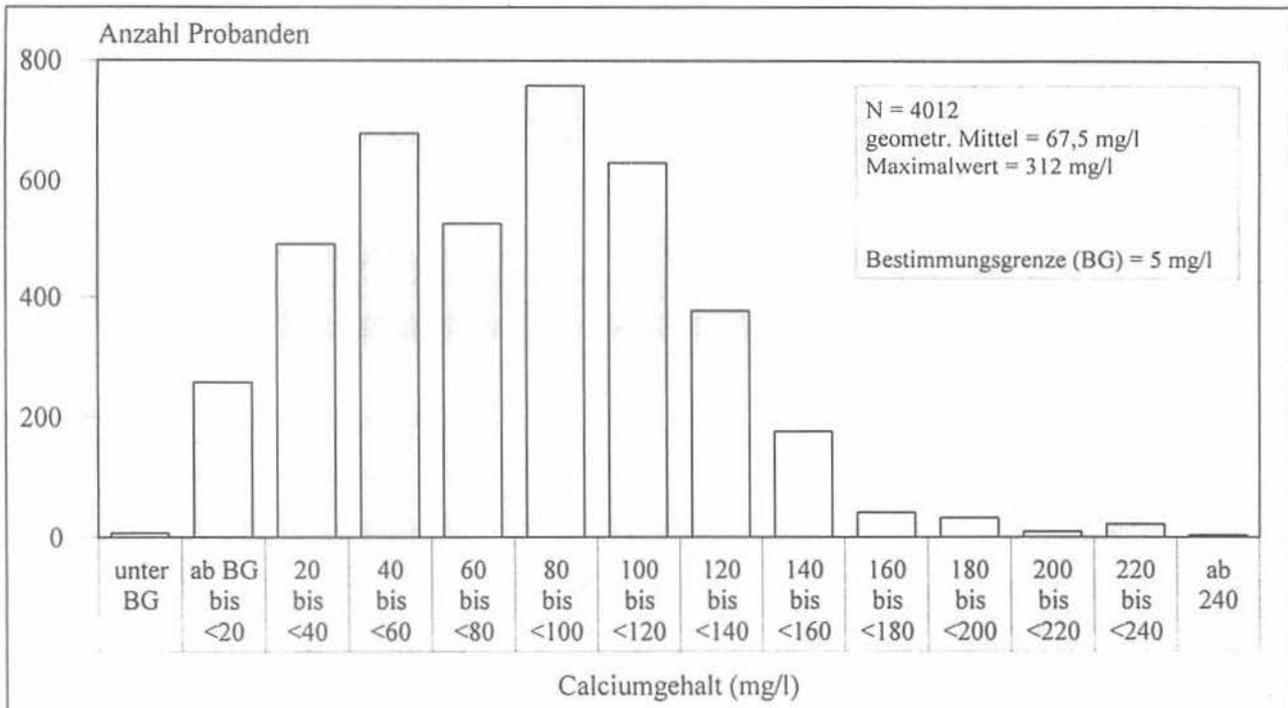


Abb. 5.1.7.1: Calciumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

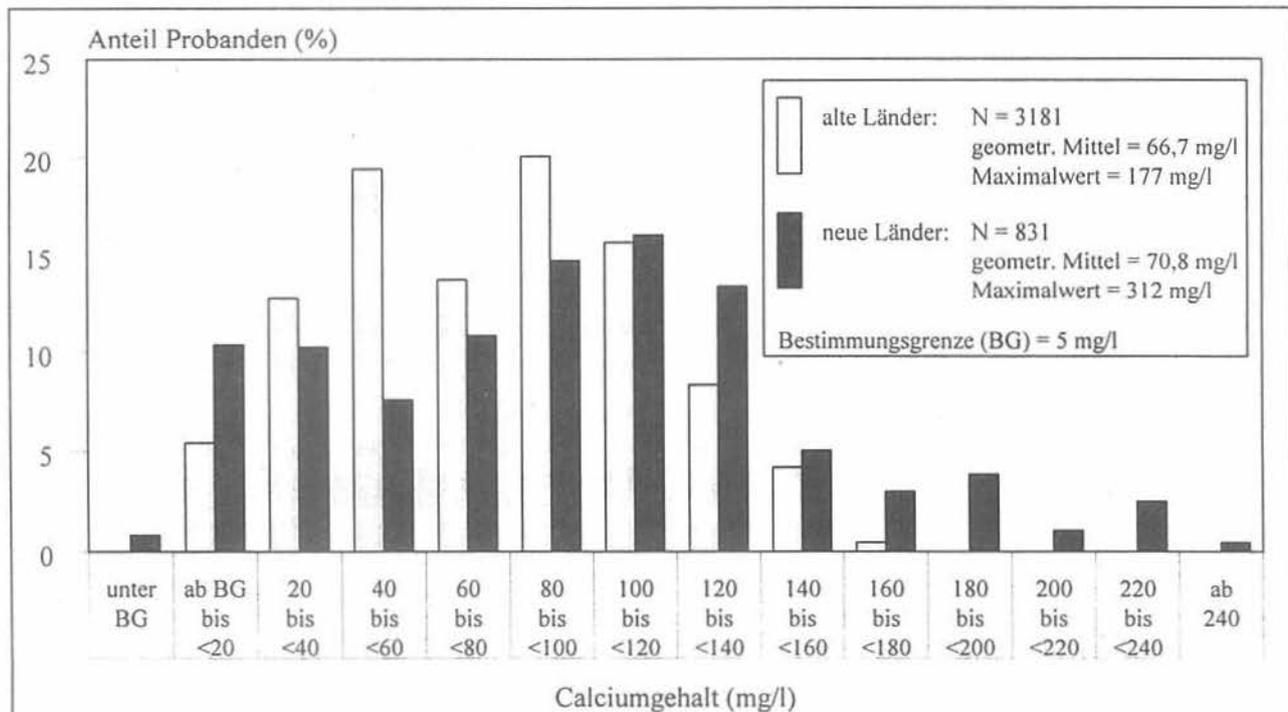
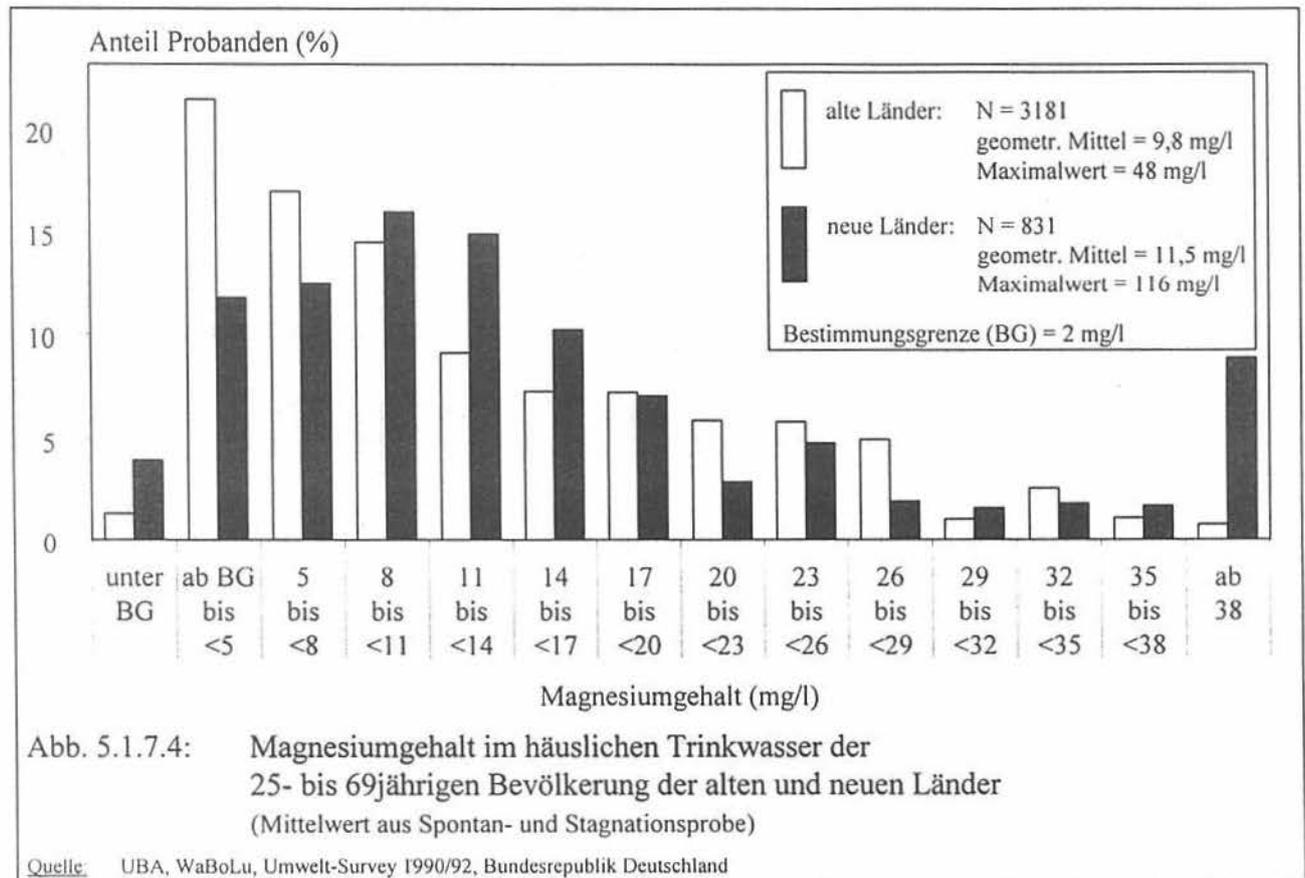
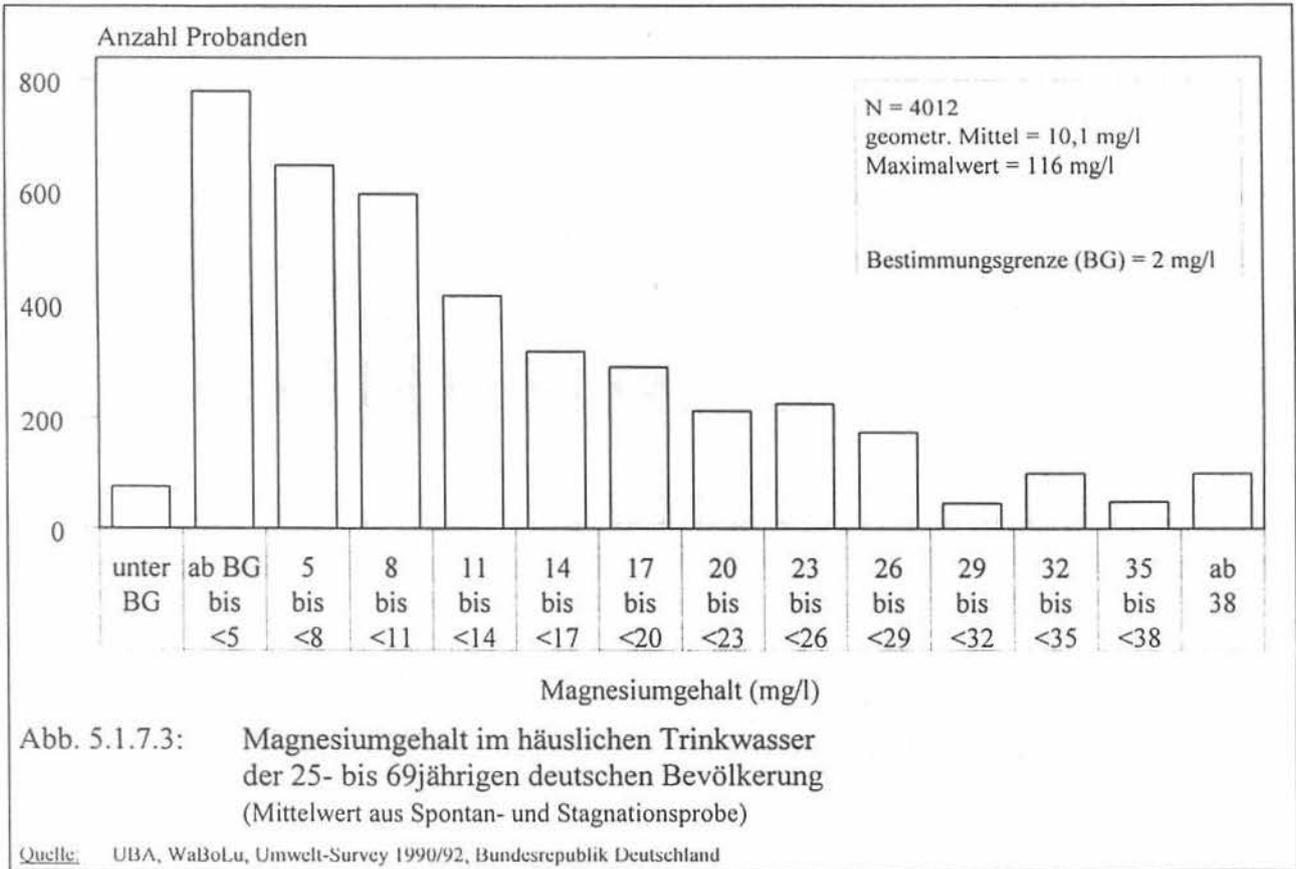
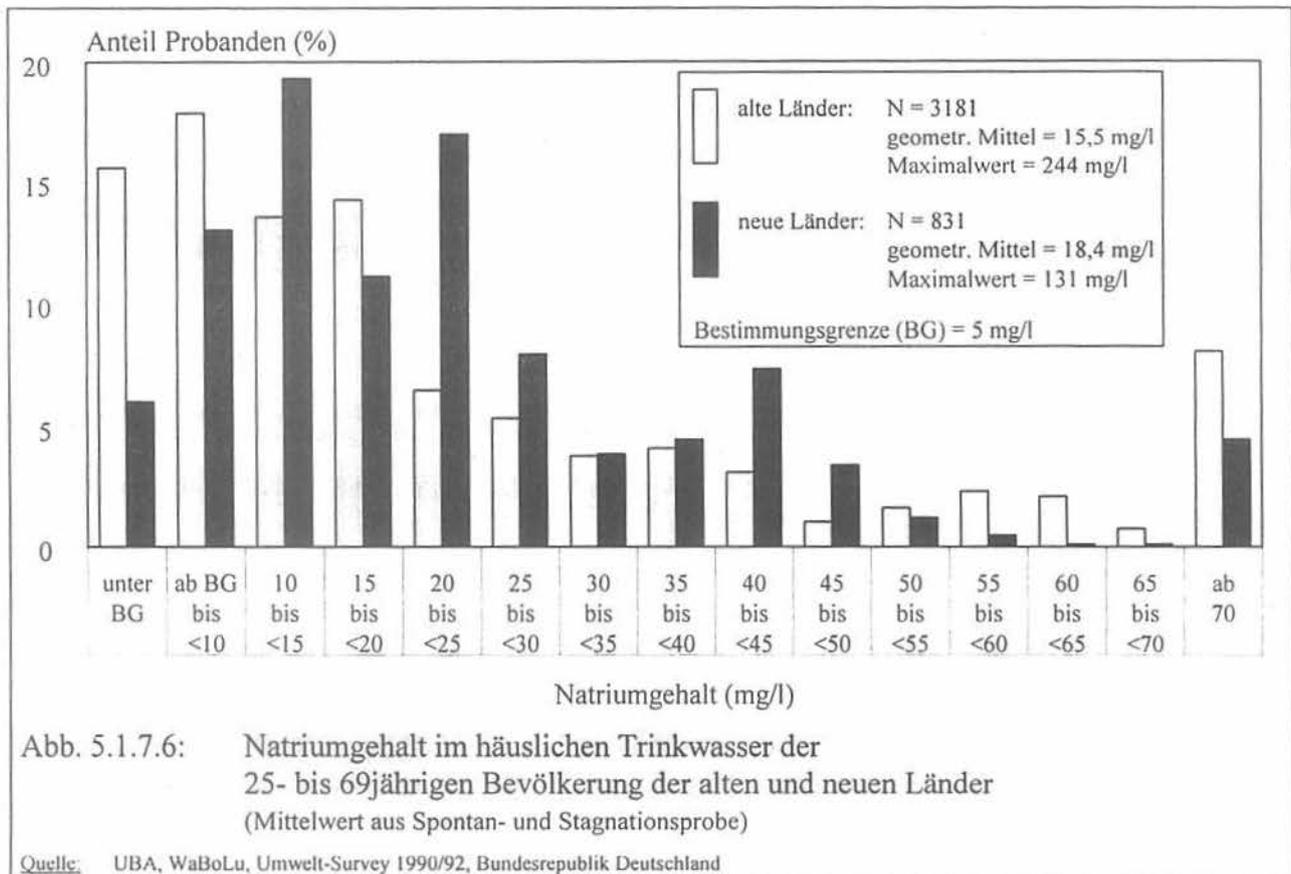
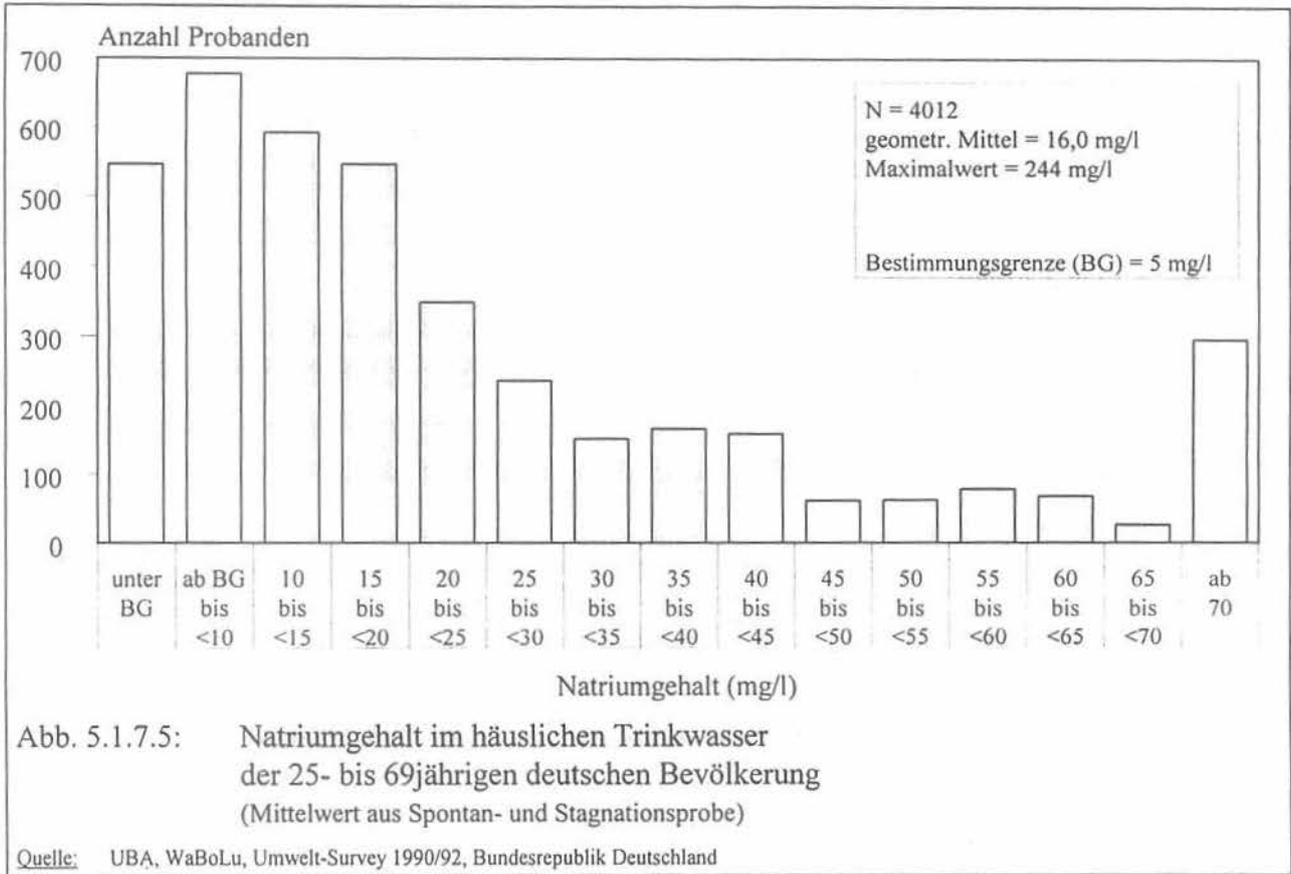


Abb. 5.1.7.2: Calciumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland





**Tab. 5.1.7.1: Calciumgehalt im häuslichen Trinkwasser (mg/l)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 5 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM	
Deutschland												
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	4012	7	25	81	132	146	174	312	80,2	67,5	66,2 - 68,9	
Versorgungsart *												
Wasserwerksversorgte	3932	7	24	81	131	145	172	266	79,7	67,1	65,7 - 68,4	
Eigenversorger	60	0	56	112	184	200	238	312	117,2	106,3	94,1 - 120,1	
Alte Bundesländer												
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	3181	0	27	78	126	139	149	177	76,9	66,7	65,4 - 68,1	
Versorgungsart												
Wasserwerksversorgte	3167	0	27	78	126	139	149	177	76,9	66,6	65,3 - 68,0	
Eigenversorger	14	0	37	83	123			151	87,8	80,3	61,4 - 105,0	
Neue Bundesländer												
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	831	7	18	94	171	194	229	312	93,0	70,8	66,7 - 75,1	
Versorgungsart *												
Wasserwerksversorgte	764	7	16	93	165	193	229	266	91,4	68,8	64,6 - 73,3	
Eigenversorger	46	0	71	119	191	202	270	312	126,2	115,9	101,6 - 132,2	

**Tab. 5.1.7.2: Calciumgehalt im häuslichen Trinkwasser (mg/l)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 5 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM	
Deutschland												
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	732	0	22	82	136	147	185	238	80,9	67,0	63,8 - 70,4	
Alte Bundesländer												
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	525	0	23	79	123	139	146	177	75,6	64,5	61,1 - 68,0	
Neue Bundesländer												
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	207	0	20	97	174	196	230	238	94,4	73,8	66,1 - 82,5	

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; * = Merkmal signifikant (p < 0,001) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Daten sind Mittelwerte aus Spontan- und Stagnationsprobe

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.1.7.3: Magnesiumgehalt im häuslichen Trinkwasser (mg/l)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 2 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	4012	55	3	10	27	34	40	116	13,6	10,1	9,9 - 10,4
Versorgungsart											
Wasserwerksversorgte	3932	55	3	10	27	34	39	116	13,5	10,0	9,8 - 10,3
Eigenversorger	60	0	5	13	30	58	88	101	17,6	12,8	10,6 - 15,6
Alte Bundesländer											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	3181	37	3	10	26	30	35	48	12,8	9,8	9,5 - 10,0
Versorgungsart											
Wasserwerksversorgte	3167	37	3	10	26	30	35	48	12,8	9,8	9,5 - 10,1
Eigenversorger	14	0	4	10	14			15	10,0	8,9	6,5 - 12,2
Neue Bundesländer											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	831	18	3	12	36	57	70	116	16,6	11,5	10,8 - 12,2
Versorgungsart											
Wasserwerksversorgte	764	18	3	12	36	57	69	116	16,2	11,2	10,5 - 11,9
Eigenversorger	46	0	6	13	39	75	90	101	19,9	14,4	11,4 - 18,1

**Tab. 5.1.7.4: Magnesiumgehalt im häuslichen Trinkwasser (mg/l)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 2 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	732	18	3	11	27	35	42	72	13,8	10,1	9,5 - 10,7
Alte Bundesländer											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	525	12	3	11	26	32	35	42	12,8	9,5	8,8 - 10,2
Neue Bundesländer											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	207	6	5	12	36	48	60	72	16,3	11,7	10,4 - 13,2

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; * = Merkmal signifikant (p < 0,001) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;

¹ = Daten sind Mittelwerte aus Spontan- und Stagnationsprobe

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 5.1.7.5: Natriumgehalt im häuslichen Trinkwasser (mg/l) der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung
[Bestimmungsgrenze: 5 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	4012	312	<5	17	59	82	109	244	25,4	16,0	15,6 - 16,5
Versorgungsart											
Wasserwerksversorgte	3932	312	<5	17	59	82	109	244	25,5	16,0	15,5 - 16,5
Eigenversorger	60	0	9	18	45	56	76	98	23,5	19,5	16,7 - 22,8
Alte Bundesländer											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	3181	276	<5	16	62	83	110	244	25,6	15,5	14,9 - 16,0
Versorgungsart											
Wasserwerksversorgte	3167	276	<5	16	63	83	110	244	25,5	15,4	14,9 - 16,0
Eigenversorger	14	0	12	23	55			61	28,4	24,6	17,9 - 33,9
Neue Bundesländer											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	831	37	7	20	45	59	104	131	24,9	18,4	17,5 - 19,5
Versorgungsart											
Wasserwerksversorgte	764	37	7	21	45	60	107	131	25,2	18,5	17,4 - 19,6
Eigenversorger	46	0	9	17	40	52	76	98	22,0	18,2	15,2 - 21,7

Tab. 5.1.7.6: Natriumgehalt im häuslichen Trinkwasser (mg/l) der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung
[Bestimmungsgrenze: 5 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	732	48	5	16	64	89	132	244	26,6	16,2	15,0 - 17,4
Alte Bundesländer											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	525	41	<5	15	71	90	157	244	27,4	15,6	14,2 - 17,0
Neue Bundesländer											
Spontan-/Stagnationsprobe ¹	207	7	6	18	45	84	109	123	24,5	17,8	15,9 - 19,8

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; * = Merkmal signifikant (p < 0,001) nach Varianzanalyse;

Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;

¹ = Daten sind Mittelwerte aus Spontan- und Stagnationsprobe

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5.1.8 Zeitlicher Vergleich in den alten Ländern

In der Tabelle 5.1.8.1 sind die Ergebnisse des 2. Umwelt-Surveys 1990/91 in den alten Bundesländern den Ergebnissen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 (Krause et al. 1991) gegenübergestellt. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse der beiden Umwelt-Surveys zu erreichen, wurden die Daten des 1. Umwelt-Surveys nachträglich der personenbezogenen Gewichtung auf der Basis des Mikrozensus 1991 unterzogen. Der Vergleich bezieht sich nur auf die Gehalte im Haushaltswasser der 25- bis 69jährigen Erwachsenen. Kinder sind von diesem Vergleich ausgenommen, da sie im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys nicht erfaßt wurden.

Die mittleren Blei- und Cadmiumgehalte im häuslichen Trinkwasser der Bevölkerung haben für den genannten Zeitraum sowohl in Bezug auf die Spontan- als auch auf die Stagnationsprobe signifikant abgenommen. Bei den Elementen Eisen und Kupfer ist hingegen eine signifikante Zunahme der Gehalte festzustellen. Für Zink liegt keine statistisch signifikante Veränderung vor.

Der Rückgang der Blei- und Cadmiumgehalte im Trinkwasser der Bevölkerung kann auf den Austausch der 1985/86 noch vorhandenen Bleirohre und der blei- und cadmiumhaltigen verzinkten Eisenrohre sowie den Ersatz cadmiumhaltiger Lötverbindungen zurückzuführen sein. In den letzten Jahren wurden Bleirohre neben verzinkten Eisenrohren vor allem durch Kupferrohre ersetzt. Nach erfolgter Neuinstallation von Kupferrohren wurden in den ersten Betriebsmonaten bis -jahren, insbesondere nach nächtlicher Stagnation, erhebliche, den Grenzwert der TrinkwV überschreitende Kupferabgaben beobachtet (Moriske et al. 1989).

In Bezug auf die mittleren Calcium- und Natriumgehalte kann eine statistisch signifikante Zunahme für den betrachteten Zeitraum festgestellt werden.

Tab. 5.1.8.1: Zeitlicher Vergleich der Elementgehalte im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten Bundesländer (1. Umwelt-Survey 1985/86 und 2. Umwelt-Survey 1990/91)

	BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Spontanprobe												
Blei (µg/l)*												
1. Umwelt-Survey	0,5	2709	251	1,0	2,0	7,0	12,0	29,4	122,0	4,05	2,03	1,95 - 2,12
2. Umwelt-Survey	0,05	2499	175	0,1	0,6	4,0	6,5	14,9	77,0	1,79	0,59	0,55 - 0,63
Cadmium (µg/l)*												
1. Umwelt-Survey	0,05	2709	426	<0,05	0,20	0,60	0,70	1,20	4,60	0,261	0,164	0,158 - 0,170
2. Umwelt-Survey	0,02	2499	418	<0,02	0,05	0,33	0,59	1,00	14,60	0,148	0,059	0,056 - 0,062
Eisen (µg/l)*												
1. Umwelt-Survey	20	2710	1145	<20	40	170	250	400	1740	73	34	33 - 36
2. Umwelt-Survey	30	2495	743	<30	40	190	320	550	9000	91	47	46 - 49
Kupfer (µg/l)*												
1. Umwelt-Survey	10	2710	623	<10	40	380	750	1200	4610	148	40	38 - 43
2. Umwelt-Survey	20	2500	260	<20	80	570	880	1380	4500	212	85	80 - 89
Zink (µg/l)												
1. Umwelt-Survey	10	2710	66	30	190	1230	1830	2860	9370	477	185	175 - 196
2. Umwelt-Survey	20	2500	20	40	190	1040	1720	2610	12100	434	200	191 - 210
Stagnationsprobe												
Blei (µg/l)*												
1. Umwelt-Survey	0,5	2578	217	1,0	3,0	10,0	17,0	38,0	200,0	5,37	2,56	2,45 - 2,67
2. Umwelt-Survey	0,05	2511	111	0,1	1,0	5,4	8,5	17,4	370,0	2,94	0,92	0,87 - 0,98
Cadmium (µg/l)*												
1. Umwelt-Survey	0,05	2578	251	0,10	0,20	0,70	1,00	1,50	7,90	0,336	0,208	0,200 - 0,216
2. Umwelt-Survey	0,02	2510	209	0,02	0,10	0,59	1,01	1,76	57,00	0,277	0,104	0,099 - 0,110
Eisen (µg/l)*												
1. Umwelt-Survey	20	2578	897	<20	60	340	520	860	4230	133	51	48 - 54
2. Umwelt-Survey	30	2508	714	<30	50	350	550	880	5200	140	60	57 - 63
Kupfer (µg/l)*												
1. Umwelt-Survey	10	2578	337	<10	60	650	1080	1760	5090	239	71	66 - 75
2. Umwelt-Survey	20	2511	156	20	140	920	1390	2020	5200	340	137	130 - 145
Zink (µg/l)												
1. Umwelt-Survey	10	2578	16	60	420	2010	2920	4350	12900	817	372	353 - 393
2. Umwelt-Survey	20	2509	13	80	430	1990	2700	3640	11700	758	403	385 - 423
Spontan-/Stagnationsprobe												
Calcium (mg/l)*												
1. Umwelt-Survey	5	2711	1	25	63	119	133	170	276	71,9	61,6	60,2 - 63,0
2. Umwelt-Survey	5	2519	0	27	78	126	139	149	177	76,9	66,7	65,2 - 68,2
Magnesium (mg/l)												
1. Umwelt-Survey	2	2711	6	3	9	26	29	33	41	12,3	9,4	9,1 - 9,7
2. Umwelt-Survey	2	2519	33	3	10	26	30	35	48	12,8	9,8	9,5 - 10,1
Natrium (mg/l)*												
1. Umwelt-Survey	5	2711	824	<5	11	44	59	96	297	18,4	10,5	10,1 - 10,9
2. Umwelt-Survey	5	2519	393	<5	16	62	83	111	244	25,5	15,5	14,9 - 16,1

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze (Nachweisgrenze im 1. Survey); N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; * = Geometrische Mittelwerte beider Surveys unterscheiden sich signifikant ($p < 0,001$); bei Ca, Mg und Na wurden gemittelte Gehalte aus Spontan- und Stagnationsprobe tabelliert; alle Daten wurden gewichtet nach Geschlecht, Alter und Gemeindegrößenklasse auf Basis des Mikrozensus 1991.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1985/86 und 1990/91, Bundesrepublik Deutschland

5.1.9 Bewertung anhand der Trinkwasserverordnung

Der Grenzwert für Blei der Trinkwasserverordnung beträgt 40 µg/l. Dieser Grenzwert wird bei 1,3 % (Spontanprobe) bzw. 2,2 % (Stagnationsprobe) der deutschen Bevölkerung überschritten (Tab. 5.1.9.1). In den neuen Bundesländern kommen Überschreitungen mit 5,9 % in der Spontanprobe und 7,7 % in der Stagnationsprobe häufiger vor als in den alten Bundesländern. In den alten Bundesländern ist bezogen auf die Stagnationsprobe der Anteil der Überschreiter seit 1985/86 (1. Umwelt-Survey) von 1,8 auf 0,8 % gesunken.

Tab. 5.1.9.1: Prozentuale Überschreitungen der Grenz- bzw. Richtwerte der Trinkwasserverordnung im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Zeitlicher und regionaler Vergleich

	Grenz-/ Richtwert in mg/l	1. Umwelt- Survey West 1985/86	2. Umwelt- Survey West 1990/91	Umwelt- Survey Ost 1991/92	Umwelt-Survey Deutschland 1990/92
Blei					
Spontanprobe	0,04	1,3 %	0,1 %	5,9 %	1,3 %
Stagnationsprobe	0,04	1,8 %	0,8 %	7,7 %	2,2 %
Cadmium					
Spontanprobe	0,005	0,0 %	0,1 %	0,5 %	0,2 %
Stagnationsprobe	0,005	0,1 %	0,2 %	0,7 %	0,3 %
Eisen					
Spontanprobe	0,2	6,8 %	9,3 %	25,4 %	12,6 %
Stagnationsprobe	0,2	18,5 %	18,7 %	41,9 %	23,5 %
Kupfer					
Stagnationsprobe	3	0,5 %	0,6 %	0,4 %	0,6 %
Zink					
Stagnationsprobe	5	1,2 %	0,6 %	8,1 %	2,1 %
Calcium	400	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Magnesium	50	0,0 %	0,0 %	6,0 %	1,2 %
Natrium	150	0,5 %	0,9 %	0,0 %	0,7 %

Anmerkungen: für Calcium, Magnesium und Natrium wurden die Mittelwerte aus Spontan- und Stagnationsprobe verwendet; bei Kupfer und Zink wird auf die für Stagnationsproben geltenden Richtwerte, ansonsten auf die Grenzwerte der TrinkwV vom 5.12.1990 Bezug genommen

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1985/86 und 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Die WHO definiert als Leitwert für Blei im Trinkwasser einen Wert von 10 µg/l (WHO 1992). Dieser Wert wird voraussichtlich in die Revision der EG-Richtlinie übernommen (EU 1995). Bei der erwachsenen Bevölkerung der Bundesrepublik wird gemäß der vorliegenden Ergebnisse in 5,5 % (Spontanprobe) bzw. 7,7 % (Stagnationsprobe) eine Überschreitung festgestellt. Der Anteil ist in den neuen Bundesländern deutlich höher (14,8 % gegenüber 3 % in der Spontanprobe und 20,8 % gegenüber 4,2 % in der Stagnationsprobe).

Überschreitungen des Grenzwertes für Cadmium von 5 µg/l kamen vergleichsweise seltener vor, aber ebenfalls häufiger in den neuen Bundesländern.

Eine Überschreitung des Grenzwertes für Eisen kommt bezogen auf die Spontanprobe bei 12,6 % und bezogen auf die Stagnationsprobe bei 23,5 % der Bevölkerung vor. In den neuen Bundesländern ist der Anteil der Bevölkerung mit einem den Grenzwert überschreitenden Eisengehalt besonders hoch (41,9 % bezogen auf die Stagnationsprobe).

Die in der TrinkwV definierten Richtwerte für Kupfer und Zink gelten für das Vorliegen von Stagnationsbedingungen. Trotz der 1990/91 deutlich erhöhten Gehalte an Kupfer in den alten Bundesländern (Tab. 5.1.8.1) hat der Anteil an Überschreitungen des Richtwertes seit 1985/86 von 0,5 % auf 0,6 % im Jahr 1990/92 kaum zugenommen. Legt man den in der Überarbeitung der EG-Richtlinie (EG 1980) definierten Wert von 2 mg/l als Richtwert zugrunde, so liegt der Anteil an Überschreitern in der Bundesrepublik ebenfalls bei 0,6 %.

Ähnlich wie bei Blei ist bei Zink in den neuen Bundesländern der Bevölkerungsanteil mit Gehalten im häuslichen Wasser, die den Richtwert überschreiten, deutlich höher als in den alten Bundesländern (8,1 % gegenüber 0,6 %).

Die TrinkwV gilt in den neuen Ländern seit dem 3. Oktober 1990. Für einige Parameter, unter anderem Cadmium, Blei und Eisen traten die gültigen Grenzwerte jedoch erst zu einem späteren Zeitpunkt in Kraft (Cadmium zum 1. Oktober 1993, Blei und Eisen zum 1. Oktober 1995). Seit dem 1. November 1995 ist die TrinkwV auch in den neuen Bundesländern ohne Ausnahmen gültig. Überschreitungen des Grenzwertes, vor allem für Blei, kommen aber wegen der vorhandenen Hausinstallationen noch immer vor (BMU 1996)

Die beobachteten Überschreitungen der Grenz- bzw. Richtwerte sind unter gesundheitlichen Aspekten im Falle von Blei, Cadmium und Kupfer von besonderer Bedeutung. Kupfergehalte im Trinkwasser über 3 mg/l sind zwar für den größten Teil der Bevölkerung gesundheitlich unbedenklich, werden aber im Zusammenhang mit dem Auftreten von frühkindlicher Leberzirrhose als Folge einer chronischen Kupferintoxikation über Eigenversorgungsanlagen diskutiert (Dieter und Seffner 1994, Eife et al. 1993).

Erhöhte Eisenwerte führen zu Trübungen und Färbung des Wassers, die seine Qualität in ästhetischer und technischer Hinsicht beeinträchtigen, nicht jedoch von gesundheitlicher Bedeutung sind. Ähnliches gilt für erhöhte Zinkgehalte.

Überschreitungen des Grenzwertes kommen für das Element Calcium nicht vor. In den neuen Bundesländern wird für 6 % der Bevölkerung der gültige Grenzwert für Magnesium überschritten. In den alten Bundesländern wird bei einem Anteil von 0,9 % der Bevölkerung der Grenzwert für Natrium der Trinkwasserverordnung nicht eingehalten.

5.2 Elemente (Al, Ba, B, K, Mn, Ni, P, Sr) im Trinkwasser (Wasserwerk)

Im folgenden werden die Aluminium-, Barium-, Bor-, Kalium-, Mangan-, Nickel-, Phosphor- und Strontiumgehalte im Trinkwasser in Text- und Tabellenform beschrieben. Die Bestimmung der Gehalte erfolgte im Wasser der Haushalte der Probanden beliefernden Wasserversorgungsanlagen (Wasserwerke oder Eigenversorgungsanlagen).

5.2.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik wird ein mittlerer **Aluminium**gehalt im Trinkwasser von 4 µg/l festgestellt (Tab. 5.2.5.1). In den neuen Bundesländern ist der mittlere Aluminiumgehalt mit 8,2 µg/l mehr als doppelt so hoch wie in den alten Bundesländern mit 3,3 µg/l.

Erhöhte Aluminiumkonzentrationen werden in Grund- und Oberflächenwasser mit geringer Pufferkapazität gefunden. So wurde z.B. bei den Untersuchungen bis 1992 der FKST ("Fachkommission Soforthilfe Trinkwasser" in den neuen Bundesländern) ermittelt, daß vor allem bei Talsperren in Sachsen hohe Aluminiumgehalte im Wasser vorkommen (Grohmann 1992).

Bei einer 1989 durchgeführten Bestandsaufnahme zur Grundwasserqualität in den alten Bundesländern lag der Median im Datenmaterial bei < 10 µg/l. Sechs der untersuchten 99 Wasserwerke berichteten einen Gehalt im Grundwasser oberhalb des Grenzwertes der TrinkwV von 0,2 mg/l. Von den Autoren der Studie wurde vermutet, daß dies auf den atmosphärischen Säureeintrag zurückzuführen ist (Schleyer und Kerndorff 1992).

Der mittlere **Barium**gehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik beträgt 47,4 µg/l (Tab. 5.2.5.3). In den alten Bundesländern beträgt der mittlere Bariumgehalt 44,2 µg/l und in den neuen Bundesländern 61,9 µg/l. Toxikologisch bedeutsame Bariummengen sind wegen der meist ausreichenden Anwesenheit von Sulfationen und der dadurch bedingten Ausfällung des Bariums als Bariumsulfat nur in wenigen Ausnahmefällen zu erwarten. Es wird angenommen, daß ca. 15 % der täglichen Gesamtaufnahme von Barium aus der Belastung des Trinkwassers resultiert (DVGW 1985).

Im Trinkwasser der erwachsenen Bevölkerung der Bundesrepublik beträgt der mittlere **Bor**gehalt 23,1 µg/l (Tab. 5.2.4.5). In den alten Bundesländern beträgt der mittlere Borgehalt 21,5 µg/l und in den neuen Bundesländern 30,7 µg/l. Bei einer Untersuchung oberflächennaher Grundwässer aus den alten Bundesländern wurde 1989 ein Median von 26 µg/l ermittelt (Schleyer und Kerndorff 1992). Kerndorff (1991) stellte fest, daß Borgehalte im Grundwasser in der Regel unterhalb von 250 µg/l, meist sogar unter 100 µg/l liegen, woraus sich keine gesundheitlichen Risiken erkennen ließen.

Der mittlere **Kalium**gehalt im Trinkwasser der erwachsenen deutschen Bevölkerung beträgt 2,5 mg/l (Tab. 5.2.5.7). In den alten Bundesländern beträgt der mittlere Kaliumgehalt 2,3 mg/l und in den neuen Bundesländern 3,6 mg/l. Schleyer und Kerndorff (1992) gaben für die Untersuchung von Grundwässern der alten Bundesländer Medianwerte zwischen 1,8 und 3,8 mg/l an. Für das westliche Europa berichtete Großklaus (1991a) über einen durchschnittlichen Kaliumgehalt im Trinkwasser von 5,7 mg/l. Kalium ist ein essentielles Element, wobei die Zufuhr über das Trinkwasser bei der Kaliumgesamtaufnahme zu vernachlässigen ist.

Mangan ist ein essentielles Spurenelement. Der Mangangehalt liegt nach der Trinkwasseraufbereitung in einem Wasserwerk meist unter 30 µg/l und trägt nur geringfügig zur Gesamtaufnahme der Erwachsenen bei (Dieter 1991). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde ein mittlerer Mangangehalt im Trinkwasser der erwachsenen Bevölkerung von 0,9 µg/l ermittelt (Tab. 5.2.5.9). In den neuen Bundesländern ist der Mangangehalt mit 7,9 µg/l deutlich höher als in den alten Bundesländern. Schleyer und Kerndorff (1992) ermittelten einen Wertebereich für Grundwässer der alten Bundesländer von < 10 µg/l bis 120 µg/l.

Nickel gehört ebenfalls zu den essentiellen Spurenelementen. Im Trinkwasser der erwachsenen bundesdeutschen Bevölkerung liegt ein mittlerer Nickelgehalt von 0,57 µg/l vor (Tab. 5.2.5.11). In den neuen Bundesländern ist der mittlere Nickelgehalt im Trinkwasser mit 1,16 µg/l deutlich höher als in den alten Bundesländern mit unter 0,5 µg/l. Roßkamp und Kölle (1991) stellten fest, daß typische Nickelgehalte unter 10 µg/l liegen, Schleyer und Kerndorff (1992) ermittelten für deutsche Grundwässer Medianwerte, die durchweg unter 1 µg/l lagen. Es kann davon ausgegangen werden, daß das Trinkwasser etwa 2 bis 20 % zur täglichen Gesamtzufuhr an Nickel beiträgt.

Phosphor ist ein essentielles Element. Im Trinkwasser weisen erhöhte Phosphatgehalte auf eine entsprechende Nachbehandlung bei der Trinkwasseraufbereitung hin (DVGW 1988). Eine solche zur Verhinderung von Korrosion erfolgende Phosphatdosierung wird jedoch selten durchgeführt. Im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik wird ein mittlerer Phosphorgehalt von unter 0,04 mg/l bestimmt (Tab. 5.2.5.13).

Der mittlere **Strontium**gehalt im Trinkwasser der erwachsenen Bevölkerung beträgt 233 µg/l (Tab. 5.2.5.15). In den alten Bundesländern beträgt der mittlere Strontiumgehalt 225 µg/l und in den neuen Bundesländern 266 µg/l. Schleyer und Kerndorff (1992) gaben für oberflächennahe Grundwasser aus Lockersedimenten einen geogenen Normalbereich von 100 bis 400 µg/l an.

Der Vergleich der Elementgehalte im Trinkwasser in den **alten und neuen Bundesländern** ergibt, daß in den neuen Bundesländern deutlich höhere mittlere Aluminium-, Mangan- und Nickelgehalte vorliegen. Auch die mittleren Barium-, Bor-, Kalium- und Strontiumgehalte sind in den neuen Bundesländern vergleichsweise höher. Die mittleren Phosphorgehalte bewegen sich in beiden Landesteilen unterhalb oder nahe der Bestimmungsgrenze.

Im häuslichen Trinkwasser von Personen mit Eigenversorgungsanlagen werden im Vergleich zum Trinkwasser von an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossenen Personen höhere mittlere

Gehalte an Barium, Kalium, Nickel und Phosphor gemessen sowie deutlich höhere Mangangehalte. Durch hauseigene Brunnen wird in der Regel Wasser aus weniger tief liegenden Grundwasserleitern gefördert. Diese sind anthropogenen Einflüssen wie dem Eintrag von Verunreinigungen in den Boden und der Bodenversauerung stärker ausgesetzt. Der bei Eigenversorgern vergleichsweise höhere Mangangehalt dürfte jedoch auf die fehlende Wasseraufbereitung - in der Regel ist bei Eigenversorgern keine mit der Enteisenung gekoppelte Entmanganung vorhanden - zurückzuführen sein.

Die Angaben für die entsprechenden Elementgehalte im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen Kinder sind den entsprechenden Tabellen (Kap. 5.2.5) zu entnehmen.

5.2.2 Zeitlicher Vergleich in den alten Ländern

Im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 wurden die Barium-, Bor-, Mangan- und Strontiumgehalte im Trinkwasser der Wasserwerke bestimmt (Krause et al. 1991). Eine entsprechende Gegenüberstellung der mittleren Gehalte dieser Elemente im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten Bundesländer für die Jahre 1985/86 bzw. 1990/91 zeigt die Tabelle 5.2.2.1. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse der beiden Umwelt-Surveys zu erreichen, wurden die Daten des 1. Umwelt-Surveys nachträglich der personenbezogenen Gewichtung auf der Basis des Mikrozensus 1991 unterzogen. Es wird deutlich, daß für keines der in den beiden Surveys untersuchten Elemente eine wesentliche Veränderung des mittleren Gehaltes zu beobachten ist.

Tab. 5.2.2.1: Zeitlicher Vergleich der Elementgehalte im Trinkwasser (Wasserwerk) der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten Bundesländer (1. Umwelt-Survey 1985/86 und 2. Umwelt-Survey 1990/91)

	BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Barium (µg/l)												
1. Umwelt-Survey	40	2711	1015	<40	43	172	265	327	558	71,6	47,5	46,0 - 49,0
2. Umwelt-Survey	0,5	2523	0	16	39	159	293	404	614	72,4	44,2	
Bor (µg/l)												
1. Umwelt-Survey	10	2711	605	<10	19	99	113	133	178	36,4	20,5	19,7 - 21,4
2. Umwelt-Survey	1	2523	64	6	26	80	107	152	1938	36,6	21,5	
Mangan (µg/l)												
1. Umwelt-Survey	5	2711	1461	<5	<5	10	15	21	527	6,1	<5	<5 - <5
2. Umwelt-Survey	0,1	2523	418	<0,1	0,3	6	10	30	748	3,5	0,5	
Strontium (µg/l)												
1. Umwelt-Survey	40	2711	119	60	230	640	740	950	2120	309	219	212 - 227
2. Umwelt-Survey	0,5	2523	0	60	230	580	810	1170	4820	321	225	

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze (Nachweisgrenze im 1. Survey); N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; beim 1. Umwelt-Survey wurden gemittelte Gehalte aus Spontan- und Stagnationsprobe und beim 2. Umwelt-Survey vom Wasserwerk hochgerechnete Gehalte tabelliert; da im Falle hochgerechneter Daten Stichprobenvarianzen nicht exakt berechenbar sind, fehlen Konfidenzintervalle für den 2. Umwelt-Survey sowie Signifikanzaussagen zum Mittelwertvergleich beider Surveys; alle Daten wurden gewichtet nach Geschlecht, Alter und Gemeindegrößenklasse auf Basis des Mikrozensus 1991

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1985/86 und 1990/91, Bundesrepublik Deutschland

5.2.3 Bewertung anhand der Trinkwasserverordnung

Die Tabelle 5.2.3.1 gibt den prozentualen Anteil der 25- bis 69jährigen Bevölkerung an, für den eine Überschreitung des jeweiligen Grenzwertes der Trinkwasserverordnung vorkommt. Dies sind bei Aluminium 2 %, bei Kalium 1,4 %, bei Mangan 6,5 % und bei Nickel 0,6 %. Im Falle von Barium und Bor treten Überschreitungen nicht auf.

Die Anteile an Überschreitungen der Grenzwerte sind in den neuen Bundesländern höher. Es wurde jedoch bereits mehrfach darauf hingewiesen, daß die TrinkwV erst seit November 1995 auch in den neuen Bundesländern ohne Ausnahmen in Kraft ist. Gemäß des 2. Berichtes der Bundesregierung an die EU (BMG 1996) waren Ende 1995 in den neuen Ländern noch 1,3 % der Bevölkerung von erhöhten Aluminiumgehalten, 0,3 % von erhöhten Kaliumgehalten, 6 % von erhöhten Mangangehalten und weniger als 0,1 % von erhöhten Barium- Nickel- und Borgehalten betroffen.

Neuere Erkenntnisse zur Toxikologie von Bor haben dazu geführt, daß der Entwurf der EU-Kommission der Trinkwasserrichtlinie 90/778 einen Grenzwert für Bor von 0,3 mg/l vorsieht (EU 1995). Weder in den alten noch in den neuen Bundesländern kommen Überschreitungen dieses Wertes vor.

Tab. 5.2.3.1: Prozentuale Überschreitungen der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung für Elemente im Trinkwasser (Wasserwerk) der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Zeitlicher und regionaler Vergleich

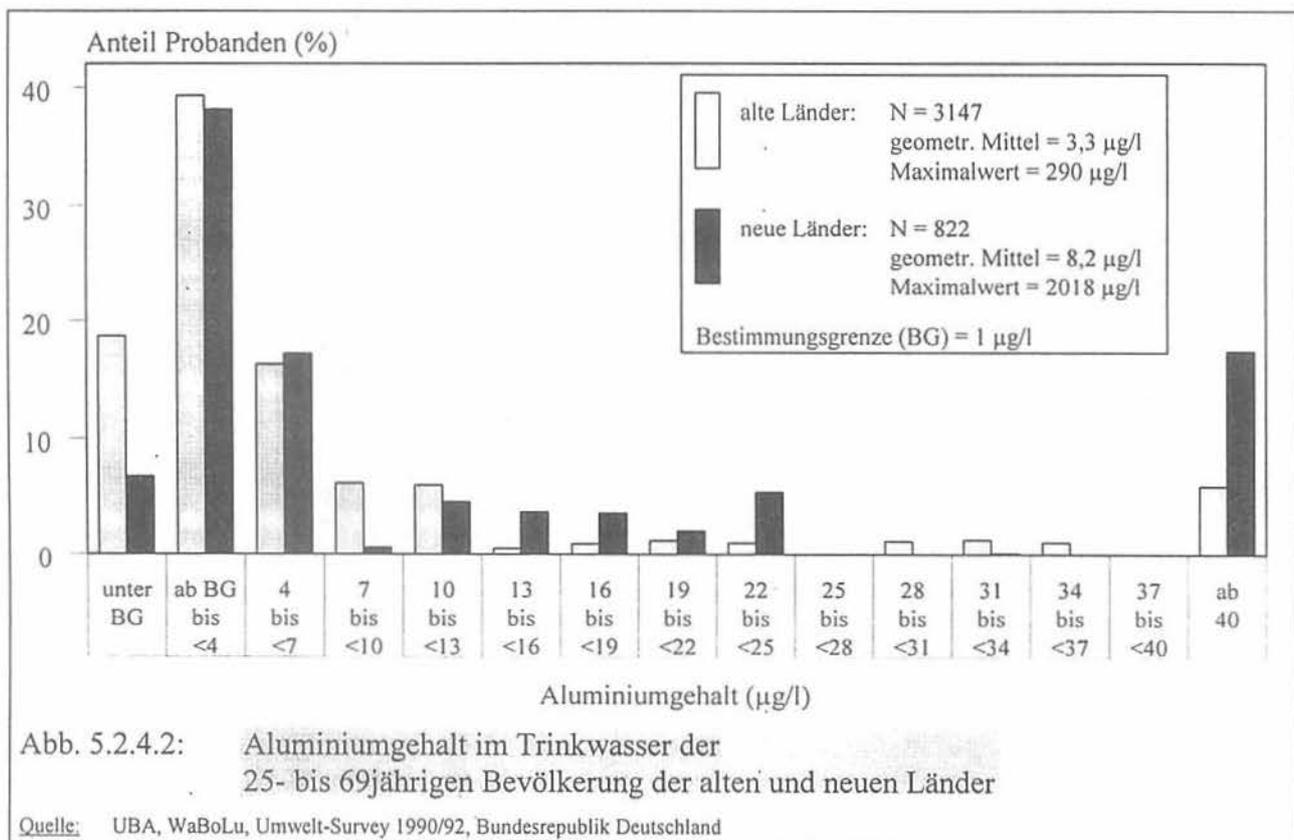
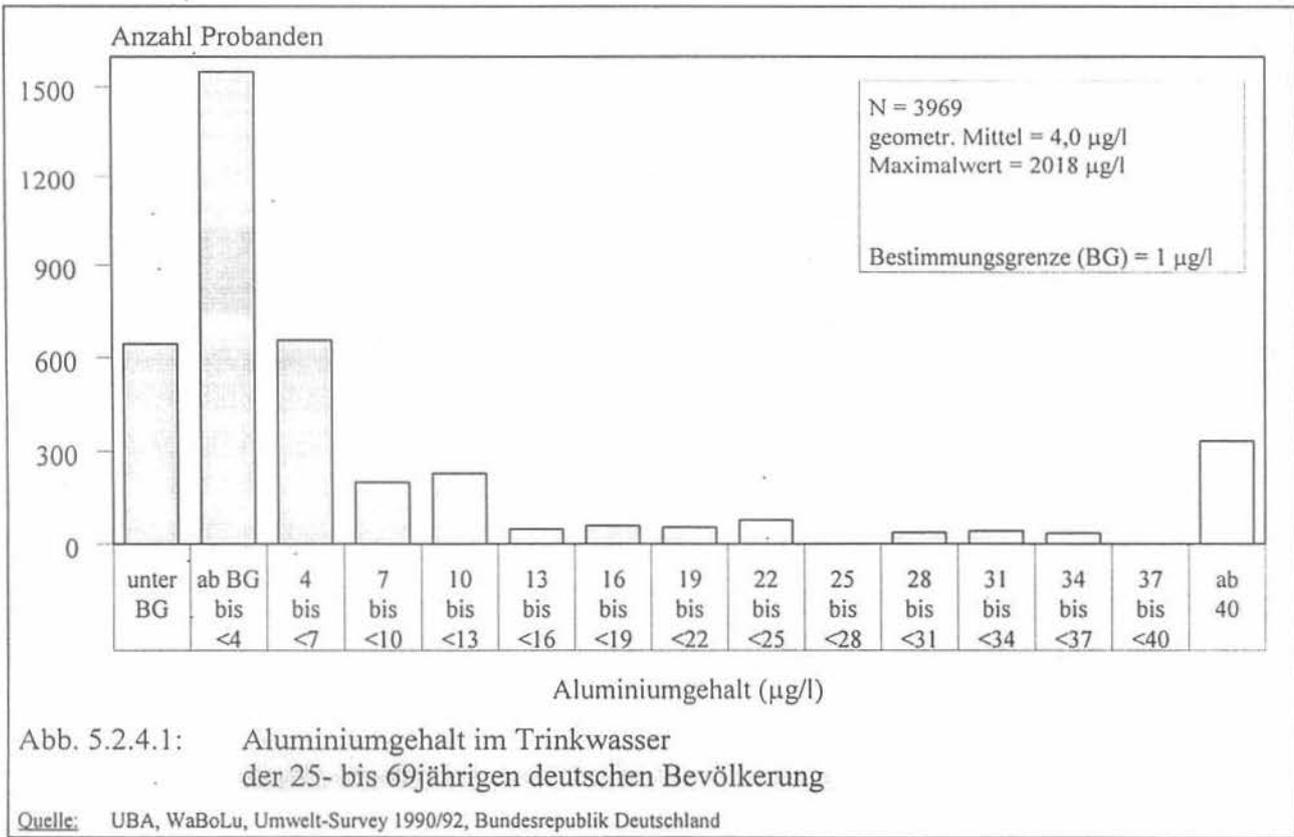
	Grenzwert in mg/l	1. Umwelt- Survey West 1985/86	2. Umwelt- Survey West 1990/91	Umwelt- Survey Ost 1991/92	Umwelt-Survey Deutschland 1990/92
Aluminium	0,2	/	0,0 %	9,5 %	2,0 %
Barium	1	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Bor	1	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Kalium	12	/	0,2 %	6,0 %	1,4 %
Mangan	0,05	0,7 %	1,7 %	24,6 %	6,5 %
Nickel	0,05	/	0,2 %	2,3 %	0,6 %
Phosphor	2,2	/	0,0 %	0,1 %	0,0 %

Anmerkungen: / = nicht gemessen; dem Umwelt-Survey 1985/86 liegen gemittelte Gehalte aus Spontan- und Stagnationsprobe und dem Umwelt-Survey 1990/92 vom Wasserwerk hochgerechnete Gehalte zugrunde; Grenzwerte der TrinkwV vom 5.12.1990; der Grenzwert für Phosphor ergibt sich aus dem Grenzwert zu PO_4^{3-} mittels Division durch 3,0662

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1985/86 und 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Der Tabelle 5.2.3.1 ist außerdem zu entnehmen, daß bei dem Vergleich der Ergebnisse des 2. Umwelt-Surveys 1990/91 in den alten Bundesländern mit den Ergebnissen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 für Mangan eine Zunahme des prozentualen Anteils an Überschreitungen des Grenzwertes von 0,7 auf 1,7 % festzustellen ist. Dabei ist anzumerken, daß zum einen der gültige Grenzwert für Mangan, ähnlich wie der des Eisens, keine gesundheitliche Begründung besitzt (Dieter 1991) und sich zum anderen die Situation seit dem Erhebungszeitraum deutlich verbessert hat (BMG 1996). Für Barium und Bor ist im betrachteten Zeitraum keine Veränderung eingetreten.

5.2.4 Abbildungen zu Kapitel 5.2



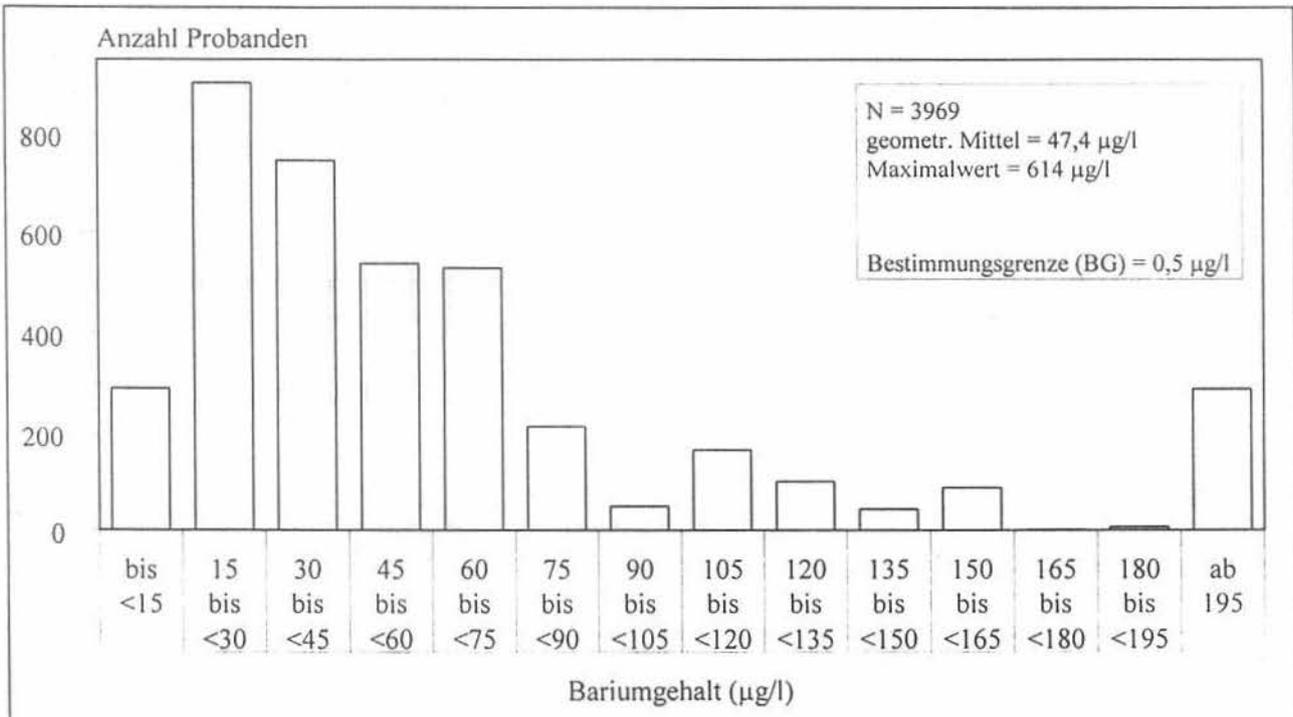


Abb. 5.2.4.3: Bariumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

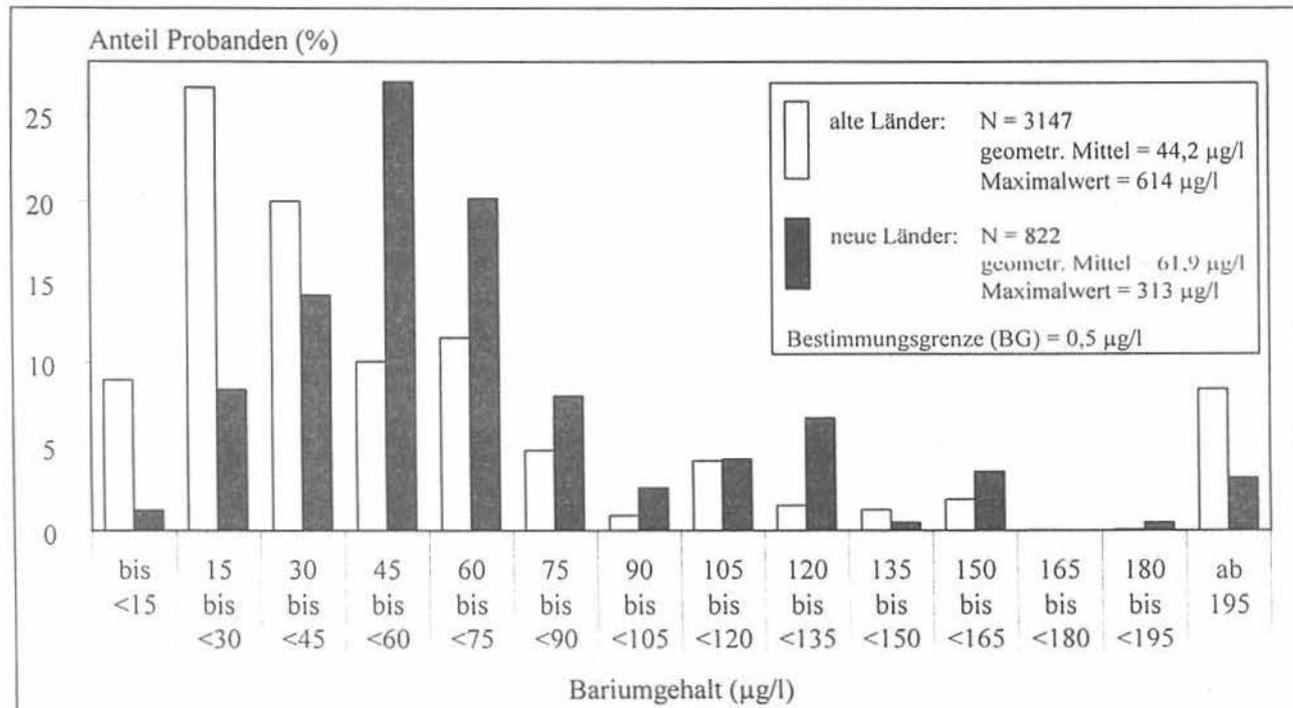


Abb. 5.2.4.4: Bariumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

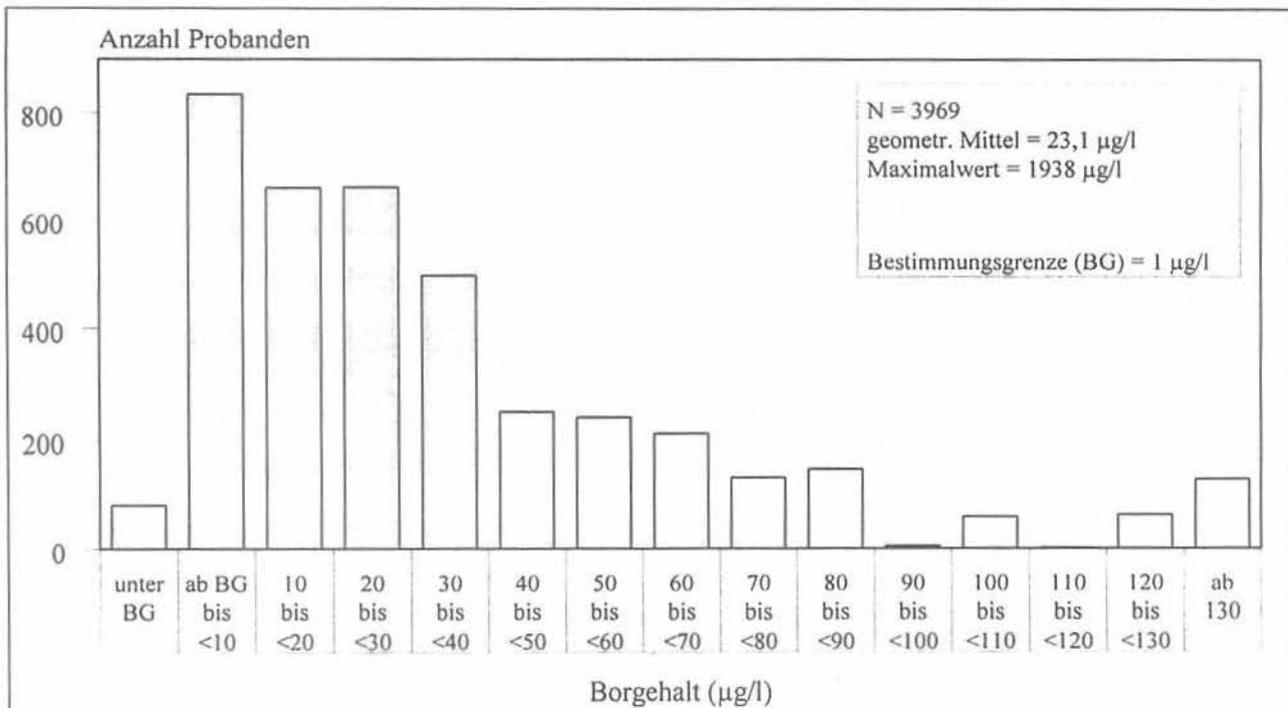


Abb. 5.2.4.5: Borgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

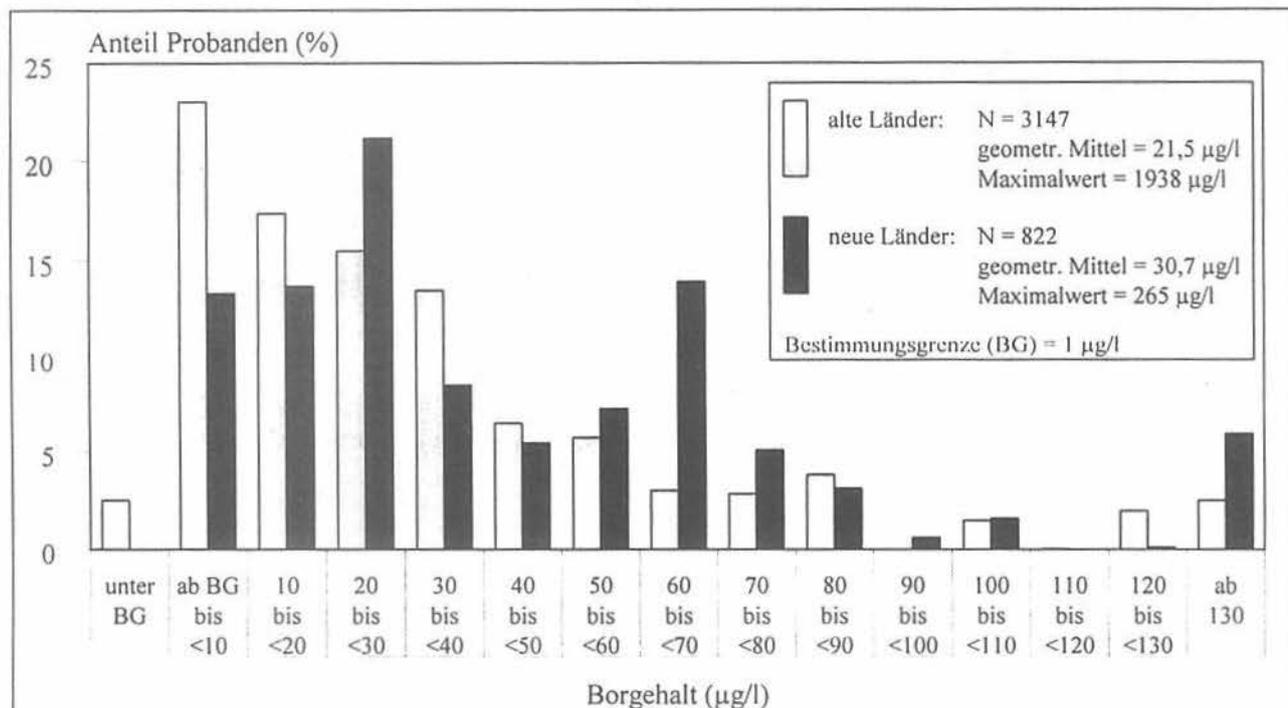


Abb. 5.2.4.6: Borgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

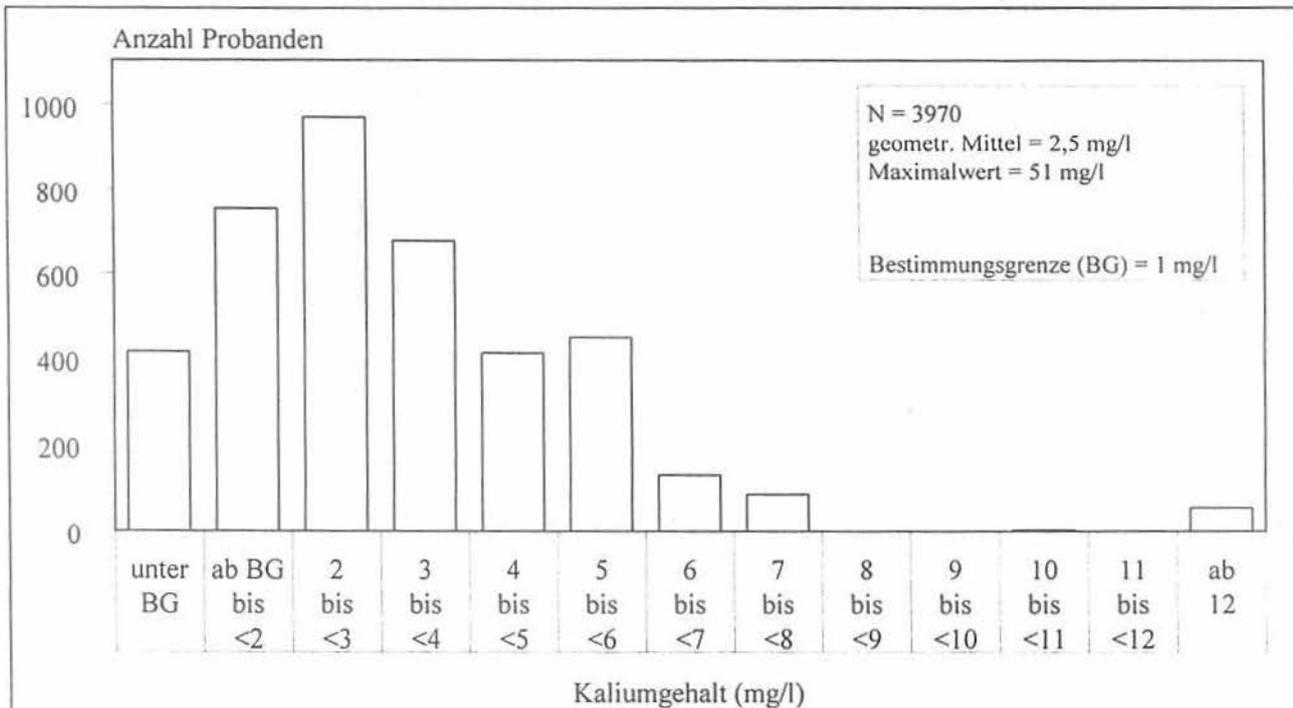


Abb. 5.2.4.7: Kaliumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

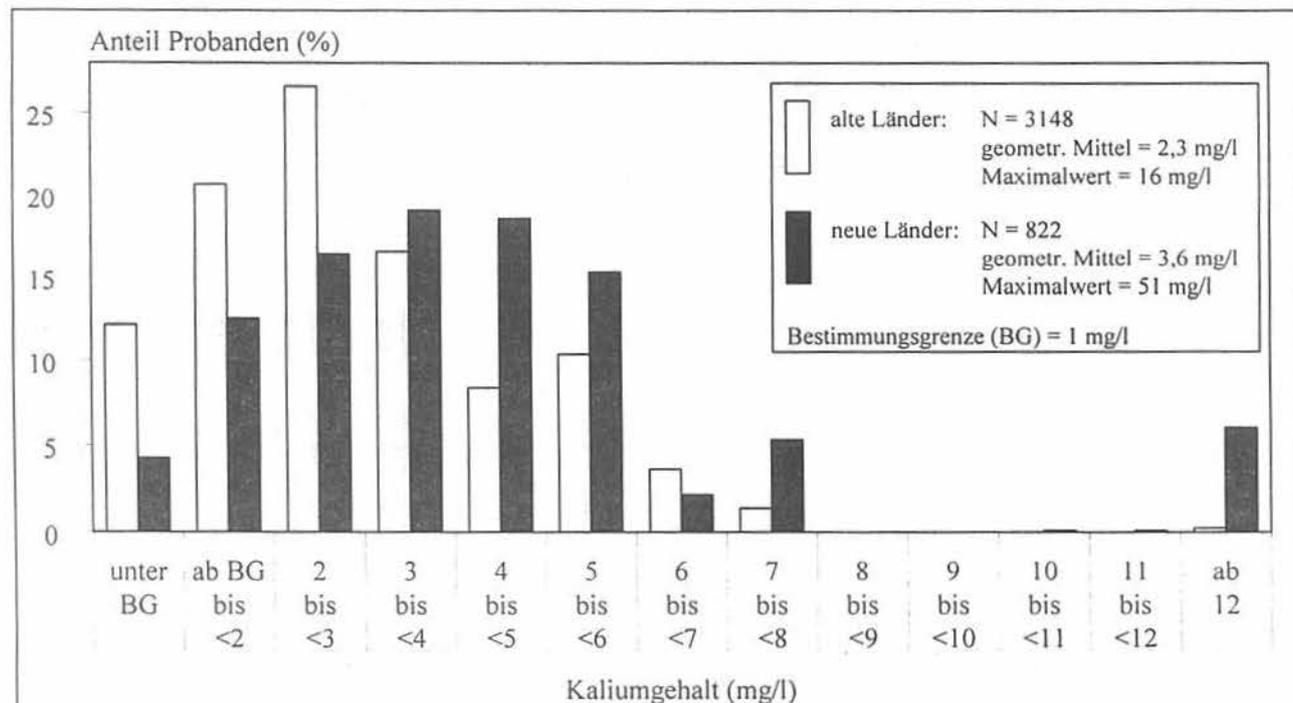


Abb. 5.2.4.8: Kaliumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

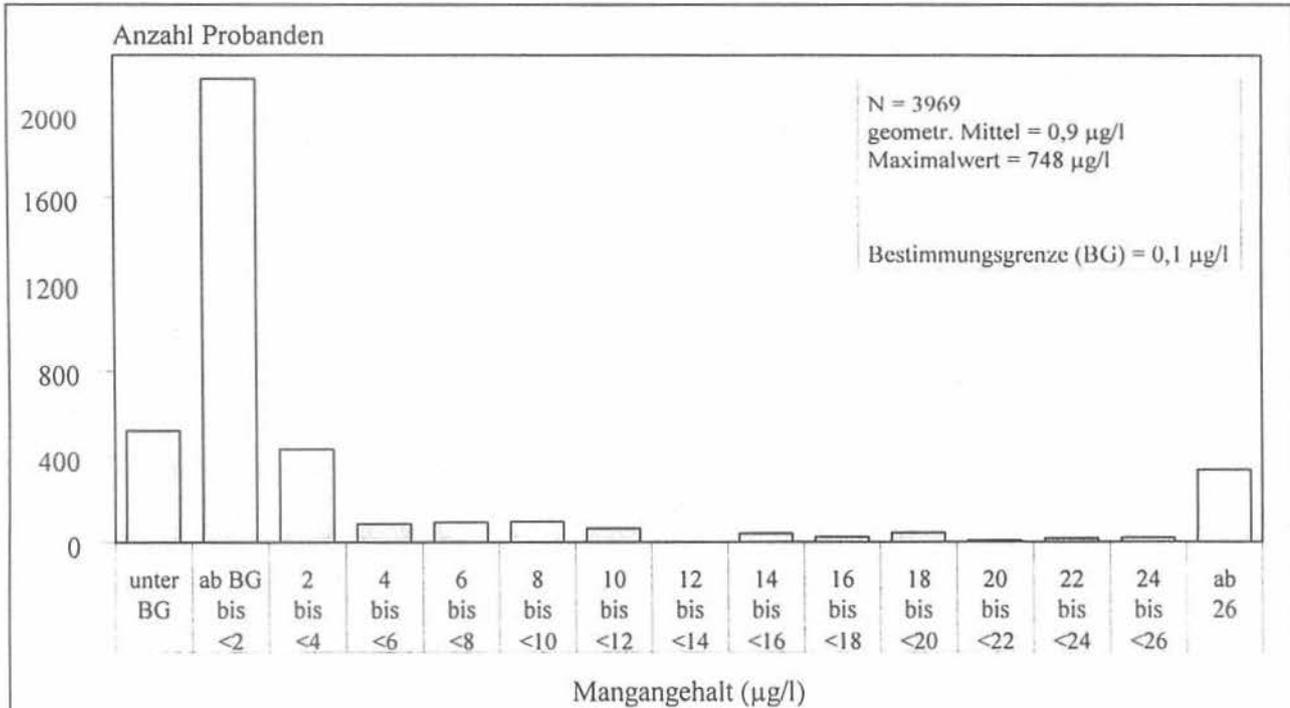


Abb. 5.2.4.9: Mangangehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

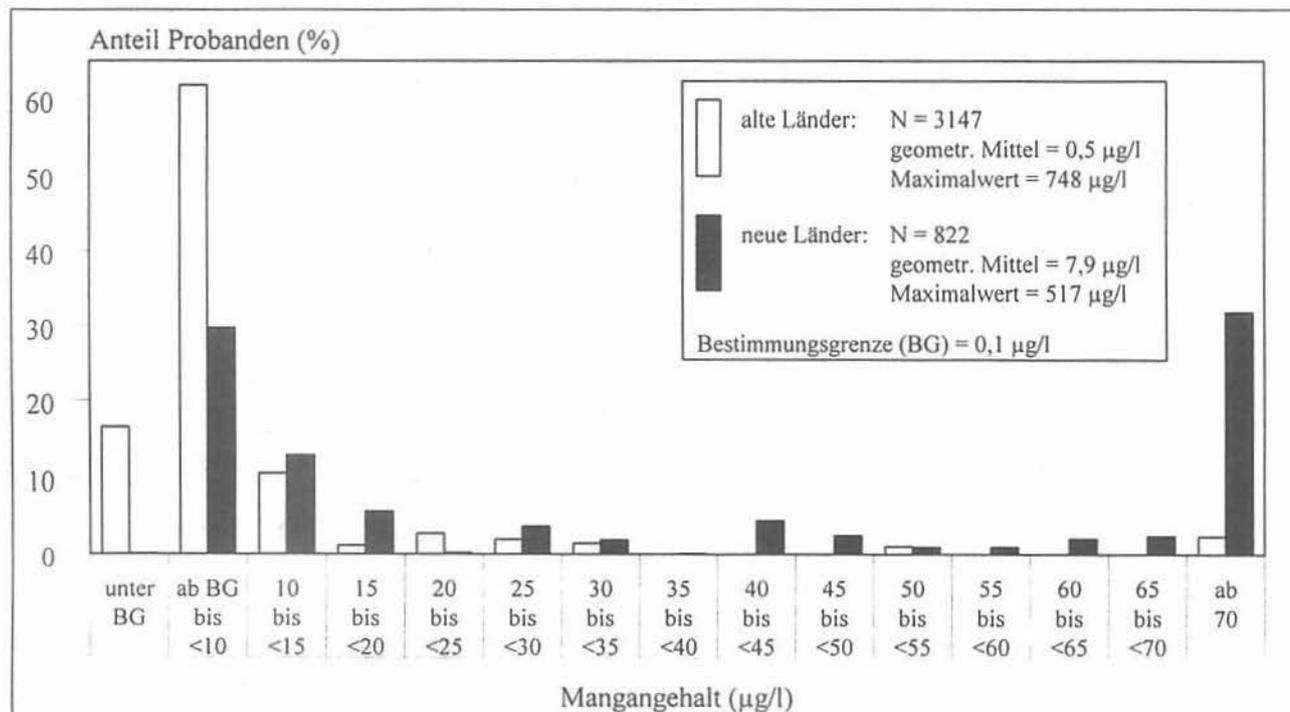


Abb. 5.2.4.10: Mangangehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

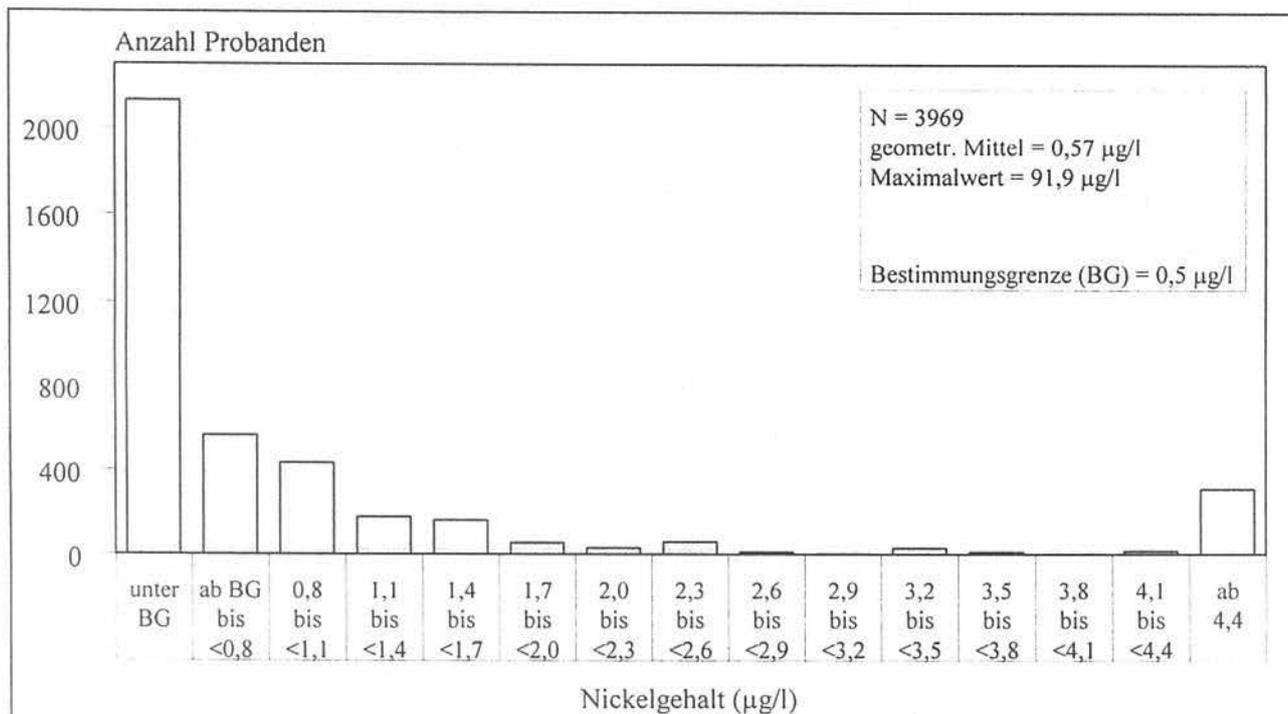


Abb. 5.2.4.11: Nickelgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

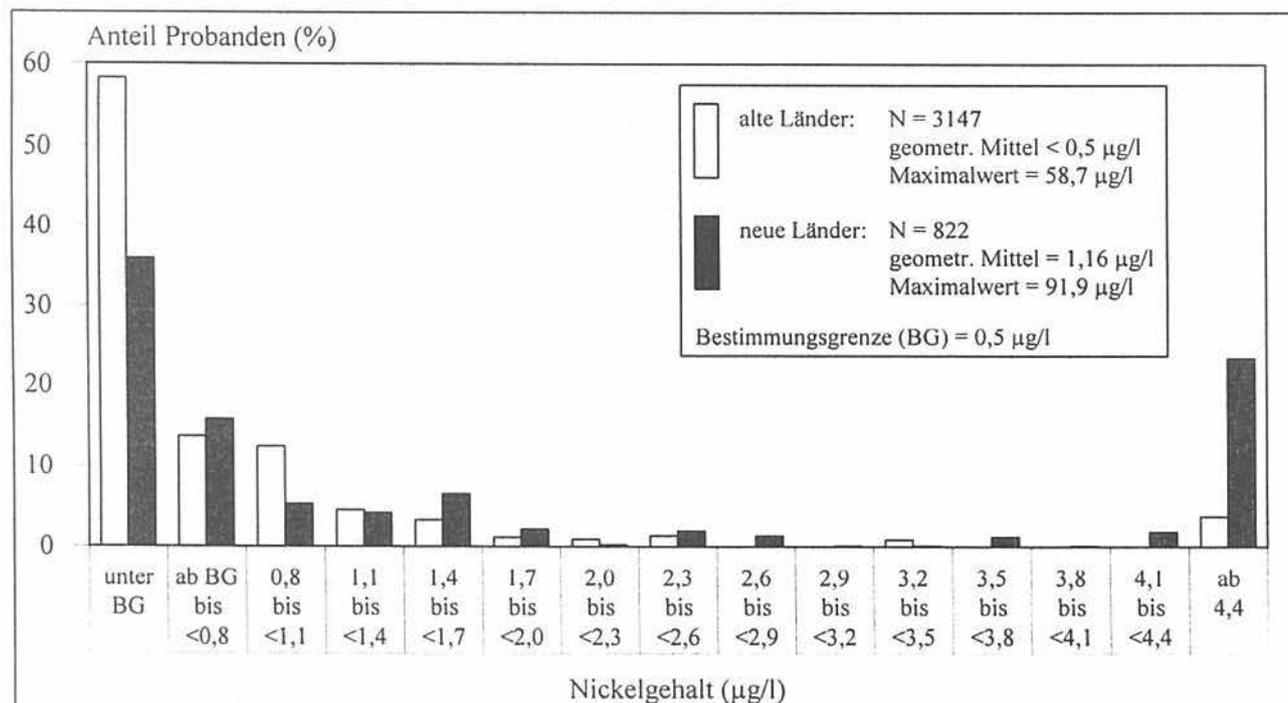


Abb. 5.2.4.12: Nickelgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

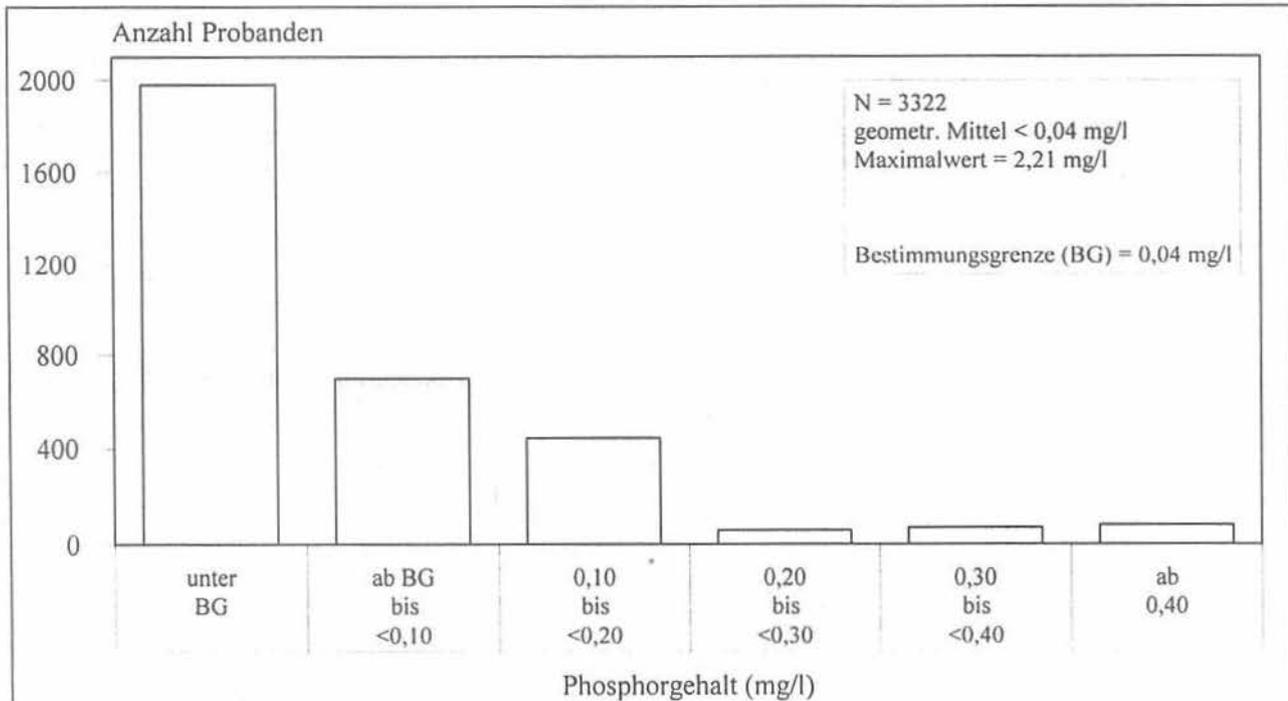


Abb. 5.2.4.13: Phosphorgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

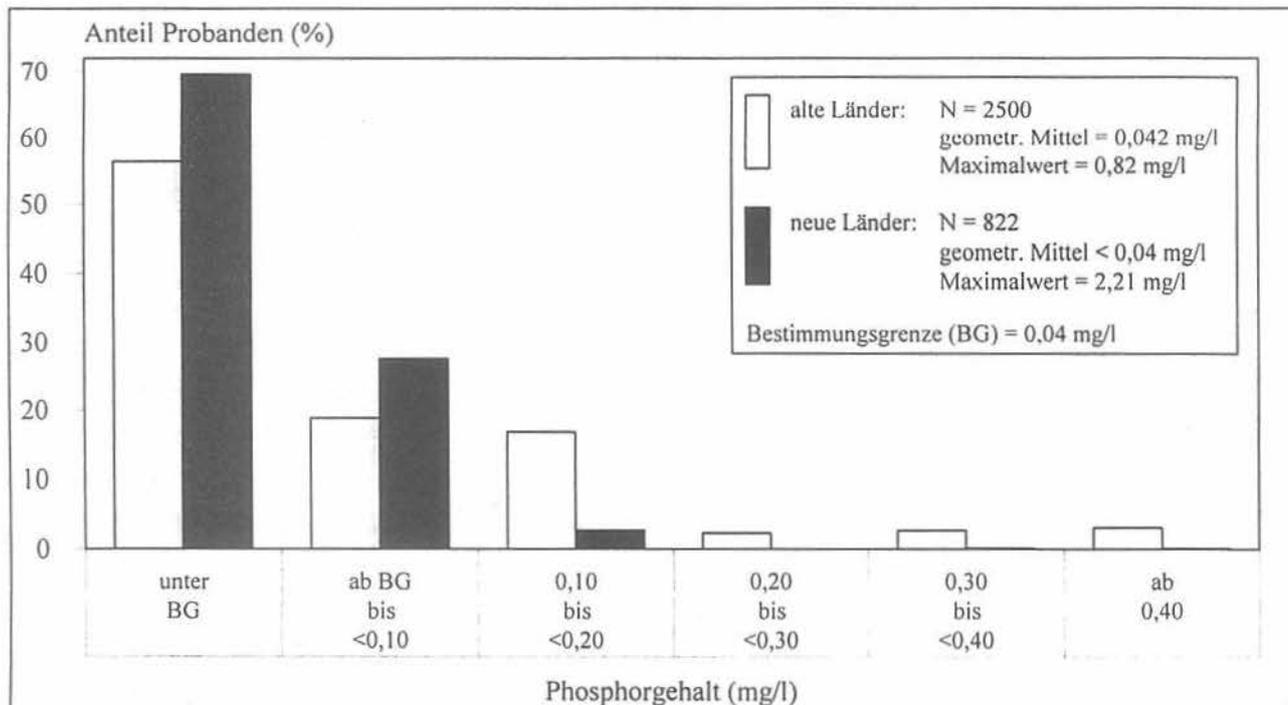
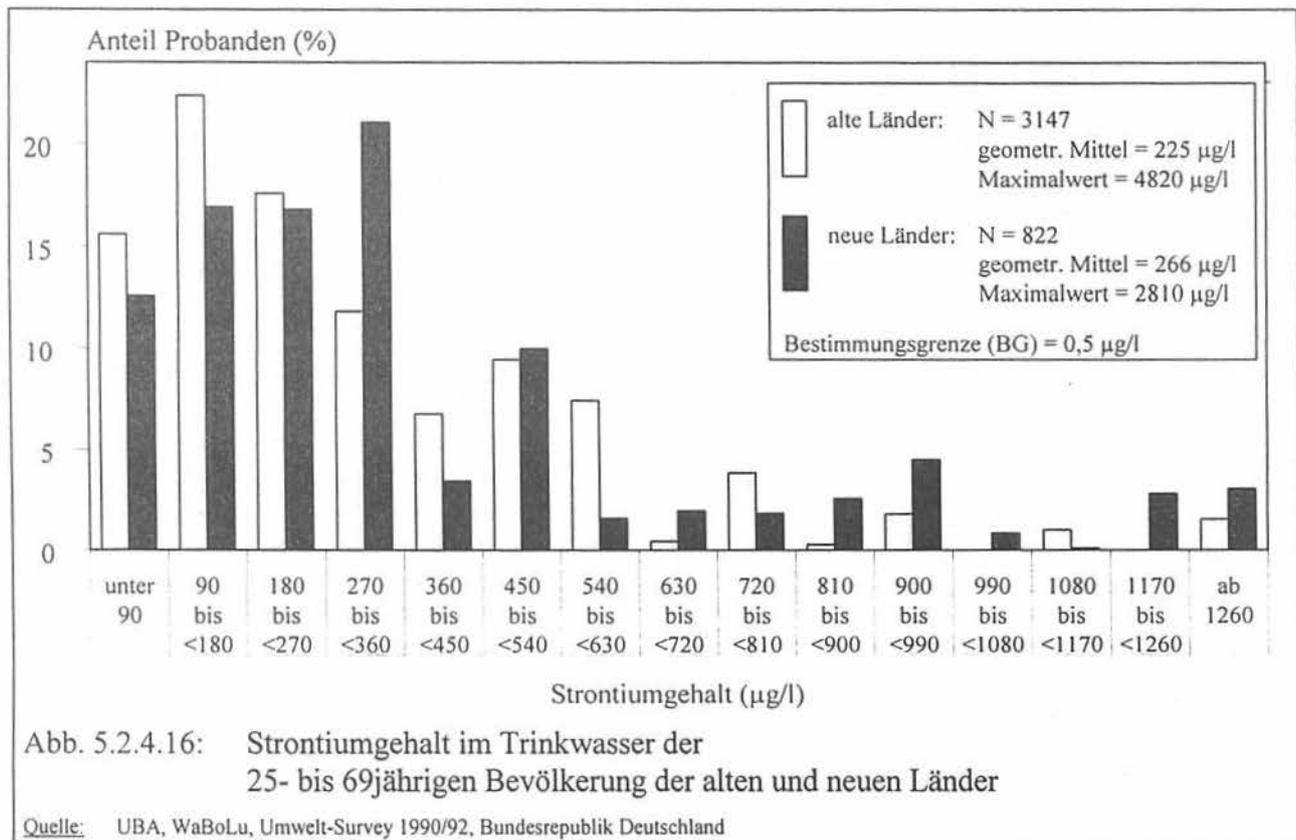
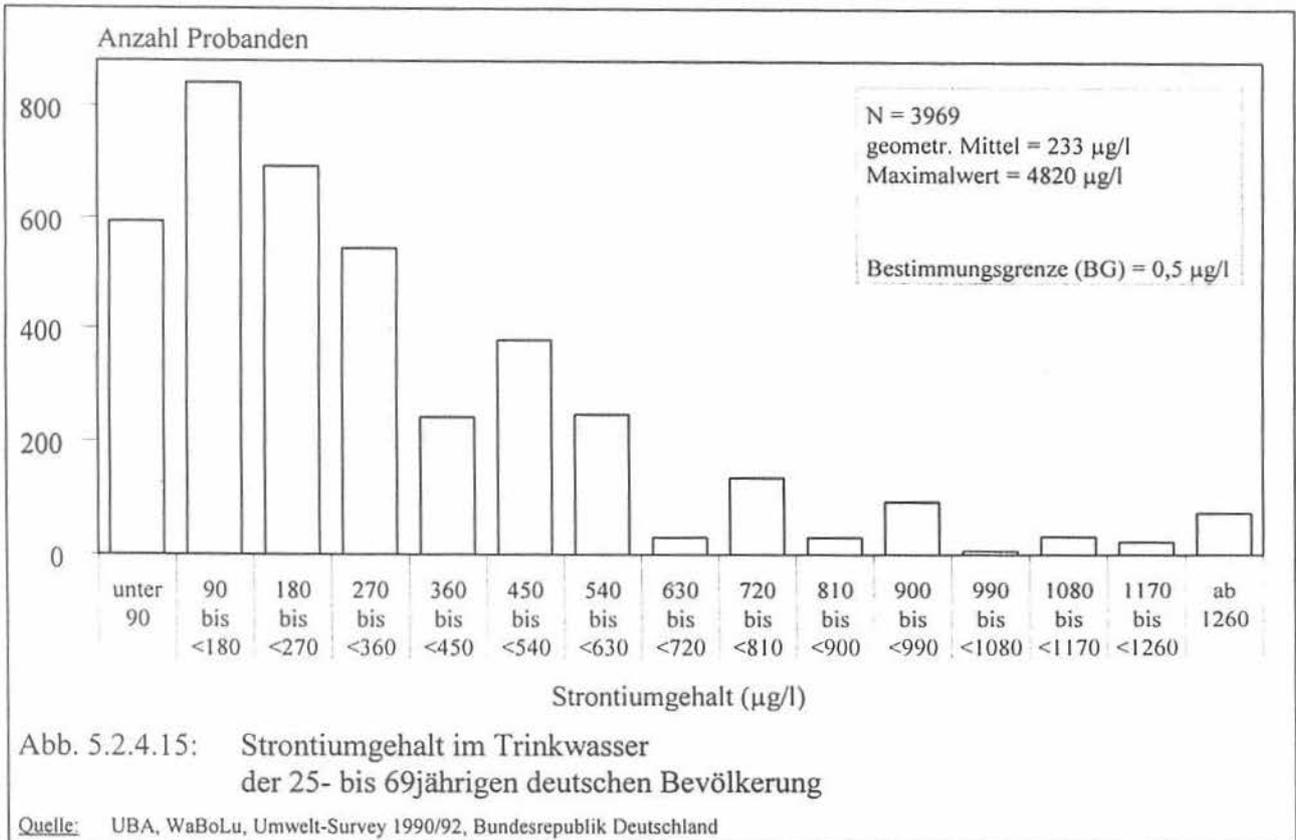


Abb. 5.2.4.14: Phosphorgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland



5.2.5 Kennwerttabellen zu Kapitel 5.2

**Tab. 5.2.5.1: Aluminiumgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	3969	644	<1	4	31	51	204	2018	24,8	4,0
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3913	643	<1	4	31	51	195	2018	24,9	4,0
Eigenversorger	55	1	2	4	12	26	207	290	13,1	4,6
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	3147	588	<1	3	25	46	100	290	9,8	3,3
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3134	588	<1	3	25	45	98	149	9,7	3,3
Eigenversorger	12	0	2	4	182		290	37,3	6,0	
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	822	56	2	4	135	415	1107	2018	82,0	8,2
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	779	55	2	5	206	416	1154	2018	86,2	8,5
Eigenversorger	43	1	3	4	10	17	37	81	6,2	4,3

**Tab. 5.2.5.2: Aluminiumgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	720	113	<1	4	33	51	407	2018	24,0	4,0
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	516	97	<1	3	18	45	63	142	8,3	3,1
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	204	17	2	4	130	414	713	2018	63,5	7,4

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang, n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;

¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.2.5.3: Bariumgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,5 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	3969	0	18	46	148	287	397	614	72,6	47,4
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3913	0	18	46	148	288	397	614	72,3	47,1
Eigenversorger	55	0	38	68	162	214	407	533	92,4	74,6
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	3147	0	16	39	159	293	404	614	72,4	44,2
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3134	0	16	39	157	293	403	614	72,1	44,0
Eigenversorger	12	0	28	100	375			533	149,5	98,4
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	822	0	32	59	127	157	237	313	73,4	61,9
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	779	0	30	59	126	160	239	313	73,2	61,6
Eigenversorger	43	0	38	66	127	146	166	214	75,9	68,9

**Tab. 5.2.5.4: Bariumgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,5 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	720	0	18	53	159	292	380	614	77,1	49,5
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	516	0	14	40	270	295	406	614	78,5	45,2
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	204	0	33	58	126	171	275	313	73,6	62,0

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt. Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1.

¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.2.5.5: Borgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	3969	80	6	27	81	108	155	1938	38,6	23,1
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3913	80	6	27	81	108	156	1938	38,6	23,1
Eigenversorger	55	0	8	19	102	126	135	222	36,1	21,2
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	3147	80	6	26	80	107	152	1938	36,6	21,5
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3134	80	6	26	80	107	152	1938	36,5	21,4
Eigenversorger	12	0	15	58	117			129	59,1	46,4
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	822	0	8	31	86	150	225	265	46,0	30,7
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	779	0	8	34	86	150	180	265	47,0	31,7
Eigenversorger	43	0	8	11	97	121	150	222	29,5	16,9

**Tab. 5.2.5.6: Borgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	720	17	6	27	81	128	188	276	39,0	22,9
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	516	17	6	27	80	124	162	276	35,4	20,0
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	204	0	11	31	88	148	246	265	48,0	32,4

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel;

Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;

¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.2.5.7: Kaliumgehalt im Trinkwasser (mg/l)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	3970	383	1	3	6	6	8	51	3,3	2,5
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3913	381	1	3	6	6	8	29	3,2	2,5
Eigenversorger	57	2	1	2	29	34	41	51	8,6	3,9
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	3148	350	<1	2	6	6	6	16	2,9	2,3
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3134	348	<1	2	6	6	6	16	2,9	2,3
Eigenversorger	14	2	<1	2	13			14	4,7	2,7
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	822	33	2	4	7	15	28	51	5,0	3,6
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	779	33	2	4	7	11	27	29	4,7	3,6
Eigenversorger	43	0	1	2	29	37	43	51	9,9	4,4

**Tab. 5.2.5.8: Kaliumgehalt im Trinkwasser (mg/l)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	720	72	1	3	6	6	8	29	3,3	2,5
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	516	70	<1	2	6	6	6	16	2,7	2,2
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	204	3	2	4	7	12	28	29	4,9	3,8

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile;
MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel;
Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;
¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.2.5.9: Mangengehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,1 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	3969	523	<0,1	1	20	77	234	748	15,0	0,9
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3913	523	<0,1	1	18	58	223	416	12,7	0,8
Eigenversorger	55	0	2	167	385	408	628	748	182,6	60,6
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	3147	522	<0,1	0,3	6	10	30	748	3,5	0,5
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3134	522	<0,1	0,3	6	9	26	105	3,0	0,5
Eigenversorger	12	0	1	23	580			748	144,5	23,1
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	822	1	0,3	8	232	331	399	517	59,1	7,9
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	779	1	0,3	6	223	326	395	416	51,7	6,9
Eigenversorger	43	0	3	196	383	436	492	517	193,7	80,1

**Tab. 5.2.5.10: Mangengehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,1 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	720	93	<0,1	1	23	89	240	416	16,2	0,9
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	516	93	<0,1	0,3	4	8	16	105	2,5	0,4
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	204	1	0,3	10	209	313	380	416	51,1	7,4

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile;

MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel;

Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;

¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.2.5.11: Nickelgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: $0,5 \mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	3969	2045	<0,5	<0,5	2,5	7,0	12,5	91,9	1,79	0,57
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3913	2041	<0,5	<0,5	2,2	6,7	11,5	91,9	1,69	0,56
Eigenversorger	55	4	0,8	7,9	14,4	15,4	37,8	58,7	8,21	4,68
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	3147	1766	<0,5	<0,5	1,6	2,7	6,7	58,7	0,94	<0,5
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3134	1763	<0,5	<0,5	1,6	2,5	6,2	54,2	0,91	<0,5
Eigenversorger	12	2	<0,5	4,2	34,8		58,7	9,64	2,88	
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	822	279	<0,5	0,8	8,9	15,8	68,2	91,9	5,02	1,16
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	779	278	<0,5	0,7	8,6	18,0	71,1	91,9	4,86	1,07
Eigenversorger ¹	43	1	0,9	8,1	14,0	15,0	18,1	22,7	7,80	5,38

**Tab. 5.2.5.12: Nickelgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: $0,5 \mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	720	403	<0,5	<0,5	2,5	7,2	12,5	91,9	1,61	0,55
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	516	329	<0,5	<0,5	1,5	2,5	5,5	54,2	0,87	<0,5
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	204	74	<0,5	0,7	8,4	13,1	28,1	91,9	3,50	1,03

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel;

Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;

¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.2.5.13: Phosphorgehalt im Trinkwasser (mg/l)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,04 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	3322	1979	<0,04	<0,04	0,14	0,24	0,51	2,21	0,067	<0,04
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3265	1955	<0,04	<0,04	0,14	0,23	0,57	0,70	0,066	<0,04
Eigenversorger	57	25	<0,04	0,04	0,12	0,37	1,58	2,21	0,111	0,045
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	2500	1409	<0,04	<0,04	0,16	0,29	0,64	0,82	0,078	0,042
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	2486	1398	<0,04	<0,04	0,16	0,29	0,63	0,70	0,078	0,042
Eigenversorger	14	10	<0,04	<0,04	0,44			0,82	0,110	<0,04
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	822	571	<0,04	<0,04	0,05	0,08	0,12	2,21	0,034	<0,04
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	779	556	<0,04	<0,04	0,05	0,07	0,11	0,12	0,030	<0,04
Eigenversorger	43	14	<0,04	0,05	0,11	0,17	1,82	2,21	0,111	0,048

**Tab. 5.2.5.14: Phosphorgehalt im Trinkwasser (mg/l)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,04 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	600	364	<0,04	<0,04	0,15	0,23	0,33	0,62	0,066	<0,04
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	396	207	<0,04	<0,04	0,19	0,29	0,55	0,62	0,083	0,046
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	204	157	<0,04	<0,04	0,05	0,09	0,13	0,33	0,031	<0,04

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze, N = Stichprobenumfang, n < BG = Anzahl Werte unter BG, 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile, MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;

¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.2.5.15: Strontiumgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,5 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	3969	0	60	240	710	930	1210	4820	339	233
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3913	0	60	240	700	930	1220	2810	337	232
Eigenversorger	55	0	150	230	1210	1600	3580	4820	479	297
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	3147	0	60	230	580	810	1170	4820	321	225
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3134	0	60	230	570	800	1140	1980	318	224
Eigenversorger	12	0	110	620	3240			4820	1165	586
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	822	0	60	290	950	1190	2110	2810	409	266
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	779	0	60	290	950	1200	2190	2810	416	267
Eigenversorger	43	0	160	230	430	590	1150	1210	281	244

**Tab. 5.2.5.16: Strontiumgehalt im Trinkwasser ($\mu\text{g/l}$)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 0,5 $\mu\text{g/l}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	720	0	60	240	770	960	1680	2810	356	234
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	516	0	50	220	750	880	1350	1980	324	216
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	204	0	90	290	950	1240	2310	2810	437	286

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile;
MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel;
Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;
¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5.3 Anionen (Chlorid, Nitrat, Sulfat) im Trinkwasser (Wasserwerk)

Dieses Kapitel enthält die Beschreibung der Chlorid-, Nitrat- und Sulfatgehalte in den Trinkwasserproben. Die Probenahme erfolgte aus der jeweiligen Wasserversorgungsanlage (Wasserwerke oder Eigenversorgungsanlagen).

Der Anionengehalt natürlicher Wässer wird durch Reaktion des Wassers mit Bodenmineralien verursacht. Hinzu kommen anthropogene Änderungen wie z.B. durch Auflösung von Düngemitteln oder durch Abwässer, die die natürliche Zusammensetzung zusätzlich beeinflussen können.

5.3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung wird für den **Chloridgehalt** ein geometrischer Mittelwert von 27,7 mg/l ermittelt (Tab. 5.3.5.1). In den alten Bundesländern beträgt der mittlere Chloridgehalt 26,4 mg/l und in den neuen Bundesländern 33,5 mg/l.

Der mittlere Chloridgehalt im Trinkwasser von Personen mit einer Eigenversorgungsanlage ist mit 50,7 mg/l gegenüber dem Trinkwasser der öffentlichen Wasserversorgung (27,5 mg/l) deutlich höher. Dies gilt sowohl für Probanden in den alten als auch in den neuen Ländern. Der höchste mittlere Gehalt (56,3 mg/l) wird bei Eigenversorgern in den neuen Ländern gefunden.

In den meisten Trinkwässern liegen die Chloridgehalte unter 50 mg/l (Frimmel 1989). Eine 1989 durchgeführte Datenerhebung (BIBIDAT) zeigte, daß 90 % der Trinkwässer der öffentlichen Trinkwasserversorgung in den alten Ländern einen Chloridgehalt bis 50 mg/l bei einem Mittelwert von 25,0 mg/l hatten (Großklaus 1991b). In der vorliegenden Studie liegen die ermittelten mittleren Chloridgehalte in der gleichen Größenordnung.

Der mittlere **Nitratgehalt** im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung beträgt 7,0 mg/l (Tab. 5.3.5.3). Der mittlere Nitratgehalt liegt mit 7,9 mg/l in den alten Ländern deutlich über dem mittleren Gehalt von 4,4 mg/l in den neuen Ländern.

Bei Personen mit einer Eigenversorgungsanlage wird im Vergleich zu wasserwerksversorgten Probanden ein geringerer mittlerer Nitratgehalt im Trinkwasser festgestellt. Das bestätigt sich gleichermaßen für die alten und die neuen Bundesländer. Die Häufigkeitsverteilungen sind jedoch unterschiedlich; auffällig sind extrem hohe Nitratgehalte bei Probanden mit Eigenversorgung in den neuen Bundesländern, die in einem Bereich über 100 mg/l liegen. Die Werte konnten einigen Erhebungspunkten in Sachsen zugeordnet werden.

Im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung liegt ein mittlerer **Sulfatgehalt** von 43,1 mg/l vor (Tab 5.3.5.5). Das geometrische Mittel für den Sulfatgehalt im Trinkwasser der Probanden in den alten Ländern beträgt 35,5 mg/l und liegt deutlich unter dem in den neuen Ländern mit 90,9 mg/l.

Bei Eigenversorgung liegt im Vergleich zur Versorgung durch ein Wasserwerk ein fast doppelt so hoher mittlerer Sulfatgehalt im Trinkwasser vor (83,8 mg/l gegenüber 42,7 mg/l).

Schleyer und Kerndorff (1992) gaben für den Sulfatgehalt von Grundwässern in den alten Ländern einen Median von 31,1 mg/l an. Im allgemeinen wird davon ausgegangen, daß in Trinkwässern die Sulfatgehalte meist unter 50 mg/l liegen (Frimmel 1989).

Bei den **6- bis 14jährigen Kindern** ergibt sich für die Anionengehalte im Trinkwasser die gleiche Tendenz wie bei den Erwachsenen (Tabellen 5.3.5.2, 5.3.5.4 und 5.3.5.6). Auch bei den Kindern sind höhere Chlorid- und Sulfatgehalte des Trinkwassers in den neuen Bundesländern zu beobachten. Der mittlere Nitratgehalt jedoch liegt, wie bei den Erwachsenen, in den alten Bundesländern etwas höher als in den neuen Bundesländern.

5.3.2 Zeitlicher Vergleich in den alten Ländern

In der Tabelle 5.3.2.1 sind die Ergebnisse des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 (Krause et al. 1991) und des 2. Umwelt-Surveys 1990/91 für die Anionengehalte im Trinkwasser der Erwachsenen der alten Bundesländer dargestellt. Um die Ergebnisse der beiden Umwelt-Surveys vergleichen zu können, wurden die Daten des 1. Umwelt-Surveys analog zu den Daten des 2. Umwelt-Surveys der personenbezogenen Gewichtung unterzogen (Kap. 4.1). Der Vergleich wird nur auf die Gehalte im Trinkwasser der Erwachsenen (25- bis 69jährig) bezogen, da Kinder im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys nicht untersucht wurden.

Wie aus der Tabelle 5.3.2.1 hervorgeht, haben die mittleren Gehalte aller aufgeführten Anionen in dem betrachteten Zeitraum deutlich zugenommen. 1990/92 hat im Vergleich zu 1985/86 der mittlere Chloridgehalt um 28 %, der Nitratgehalt um 44 % und der Sulfatgehalt um 18 % zugenommen.

Als mögliche Ursache für erhöhte Chloridgehalte im Trinkwasser können neben geogener Versalzung auch die vielfältigen anthropogenen Einträge, wie z.B. Sickerwässer aus Abfallablagerungen, Salzstreuung auf Straßen im Winter, Düngung, Kanalleckagen, salzhaltige Abraumhalden und Niederschläge angegeben werden. Das Chlorid-Ion ist geochemisch äußerst mobil und wird von den Bodenschichten in der Regel nicht zurückgehalten.

Die Belastung des Trinkwassers mit Nitrat ist von der Art der Nutzung des Bodens und vor allem von der aufgebrauchten Menge an Düngemitteln durch die Landwirtschaft (mineralische und organi-

sche Dünger, Gülle, Mist) abhängig. In vielen Trinkwässern haben in den letzten Jahren die Nitratgehalte erheblich zugenommen (Petri 1991, UBA 1994).

Tab. 5.3.2.1: Zeitlicher Vergleich der Anionengehalte im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten Bundesländer (1. Umwelt-Survey 1985/86 und 2. Umwelt-Survey 1990/91)

	BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Chlorid (mg/l)												
1. Umwelt-Survey	1	2700	22	6	20	59	87	112	677	30,6	20,7	20,0 - 21,4
2. Umwelt-Survey	1	2524	0	7	29	73	99	173	223	37,8	26,4	
Nitrat (mg/l)												
1. Umwelt-Survey	1	2700	443	<1	8	25	36	62	118	11,5	5,5	5,2 - 5,8
2. Umwelt-Survey	1	2524	167	1	11	30	35	42	62	13,2	7,9	
Sulfat (mg/l)												
1. Umwelt-Survey	1	2700	4	10	28	102	120	131	197	42,0	30,0	29,0 - 31,0
2. Umwelt-Survey	1	2524	3	13	38	95	110	137	195	47,8	35,5	

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze (Nachweisgrenze im 1. Survey); N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; beim 1. Umwelt-Survey wurden gemittelte Gehalte aus Spontan- und Stagnationsprobe und beim 2. Umwelt-Survey vom Wasserwerk hochgerechnete Gehalte tabelliert; da im Falle hochgerechneter Daten Stichprobenvarianzen nicht exakt berechenbar sind, fehlen Konfidenzintervalle für den 2. Umwelt-Survey sowie Signifikanzaussagen zum Mittelwertvergleich beider Surveys; alle Daten wurden gewichtet nach Geschlecht, Alter und Gemeindegrößenklasse auf Basis des Mikrozensus 1991

Quelle: UBA, WaBoL.u. Umwelt-Survey 1985/86 und 1990/91, Bundesrepublik Deutschland

Eine anthropogen bedingte Beeinflussung des Sulfatgehaltes im Trinkwasser kann durch Auswaschung von gedüngten Böden sowie durch die Sickerwässer von Abfalldeponien, insbesondere durch Bauschuttdeponien, geschehen. Sulfat wird häufig als Verschmutzungsindikator angesehen.

5.3.3 Bewertung anhand der Trinkwasserverordnung

Zur Bewertung der oben genannten Ergebnisse sind in der Tabelle 5.3.3.1 die prozentualen Anteile an Überschreitungen der entsprechenden Grenzwerte der TrinkwV angegeben.

Der Grenzwert für **Chlorid** beträgt nach der Trinkwasserverordnung 250 mg/l. In den alten Ländern lagen weder 1985/86 noch 1990/91 Überschreitungen des Chlorid-Grenzwertes vor. Etwa 0,5 % der Bevölkerung der neuen Länder werden mit einem Trinkwasser versorgt, dessen Chloridgehalt über dem zulässigen Grenzwert liegt.

Erhöhte Chloridgehalte sind gesundheitlich nicht von Bedeutung. Ab einem Chloridgehalt von etwa 280 mg/l (ca. 500 mg/l NaCl) wird der Geschmack des Trinkwassers als salzig empfunden (Frimmel 1989). Die Aufnahme des Chlorids als Anion des Natriums über das Trinkwasser ist gegenüber der Aufnahme aus festen Lebensmitteln zu vernachlässigen (Großklaus 1991b).

Der Anteil der deutschen Bevölkerung mit einem **Nitratgehalt** des Trinkwassers, der über dem zulässigen Grenzwert von 50 mg/l liegt, beträgt 0,4 %. In den alten Ländern sind in 1990/92 im Vergleich zu 1985/86 die Grenzwertüberschreitungen von 2,4 % auf 0,0 % zurückgegangen. 1990/92 treten Überschreitungen des Grenzwertes für Nitrat von 50 mg/l nur in den neuen Ländern auf (1,5 %). Diese Überschreitungen wurden vorwiegend bei Probanden mit einer Eigenversorgungsanlage ermittelt.

Tab. 5.3.3.1: Prozentuale Überschreitungen der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung für Anionen im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Zeitlicher und regionaler Vergleich

	Grenzwert in mg/l	1. Umwelt- Survey West 1985/86	2. Umwelt- Survey West 1990/91	Umwelt- Survey Ost 1991/92	Umwelt-Survey Deutschland 1990/92
Chlorid	250	0,0 %	0,0 %	0,5 %	0,1 %
Nitrat	50	2,4 %	0,0 %	1,5 %	0,4 %
Sulfat	240	0,0 %	0,0 %	11,2 %	2,3 %

Anmerkungen: Dem Umwelt-Survey 1985/86 liegen gemittelte Gehalte aus Spontan- und Stagnationsprobe und dem Umwelt-Survey 1990/92 vom Wasserwerk hochgerechnete Gehalte zugrunde; Grenzwerte der TrinkwV vom 5.12.1990

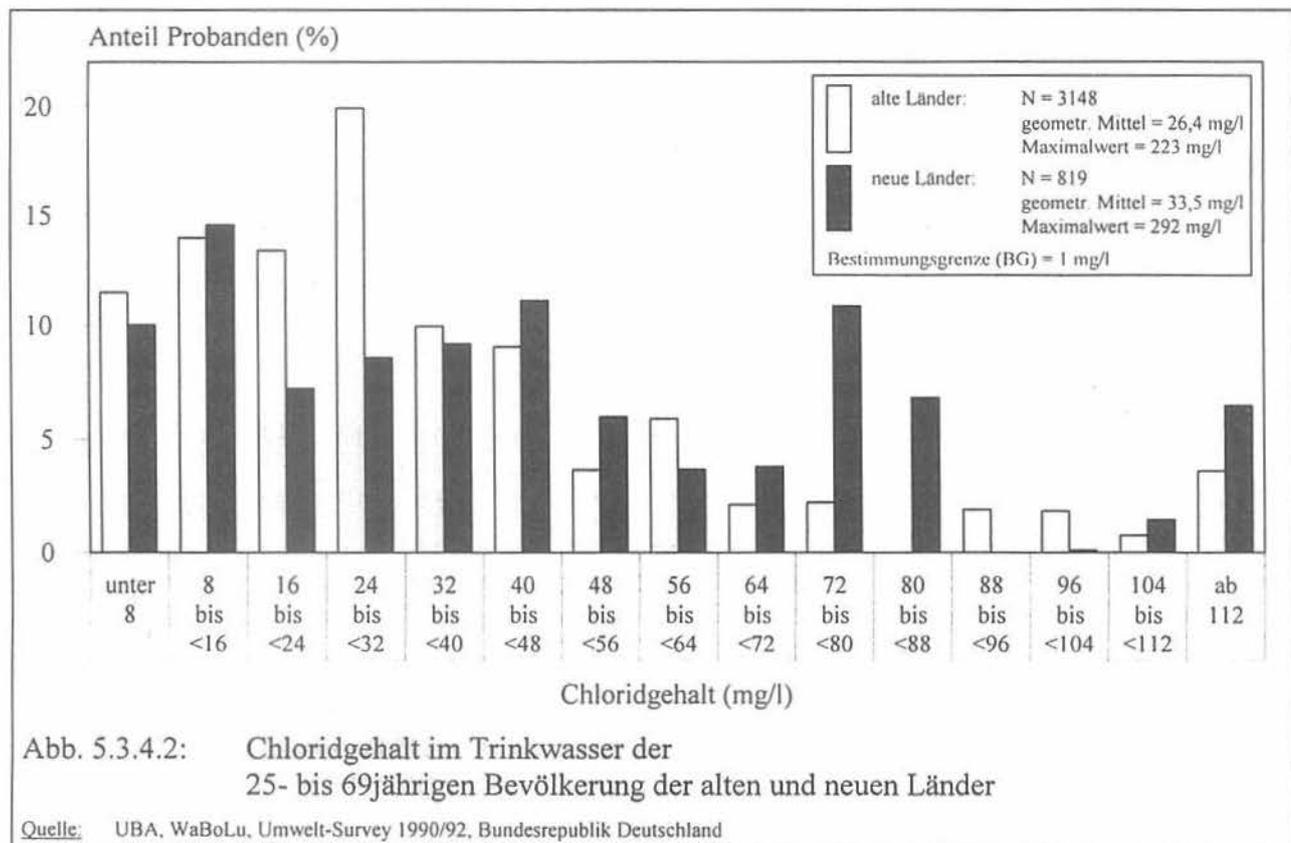
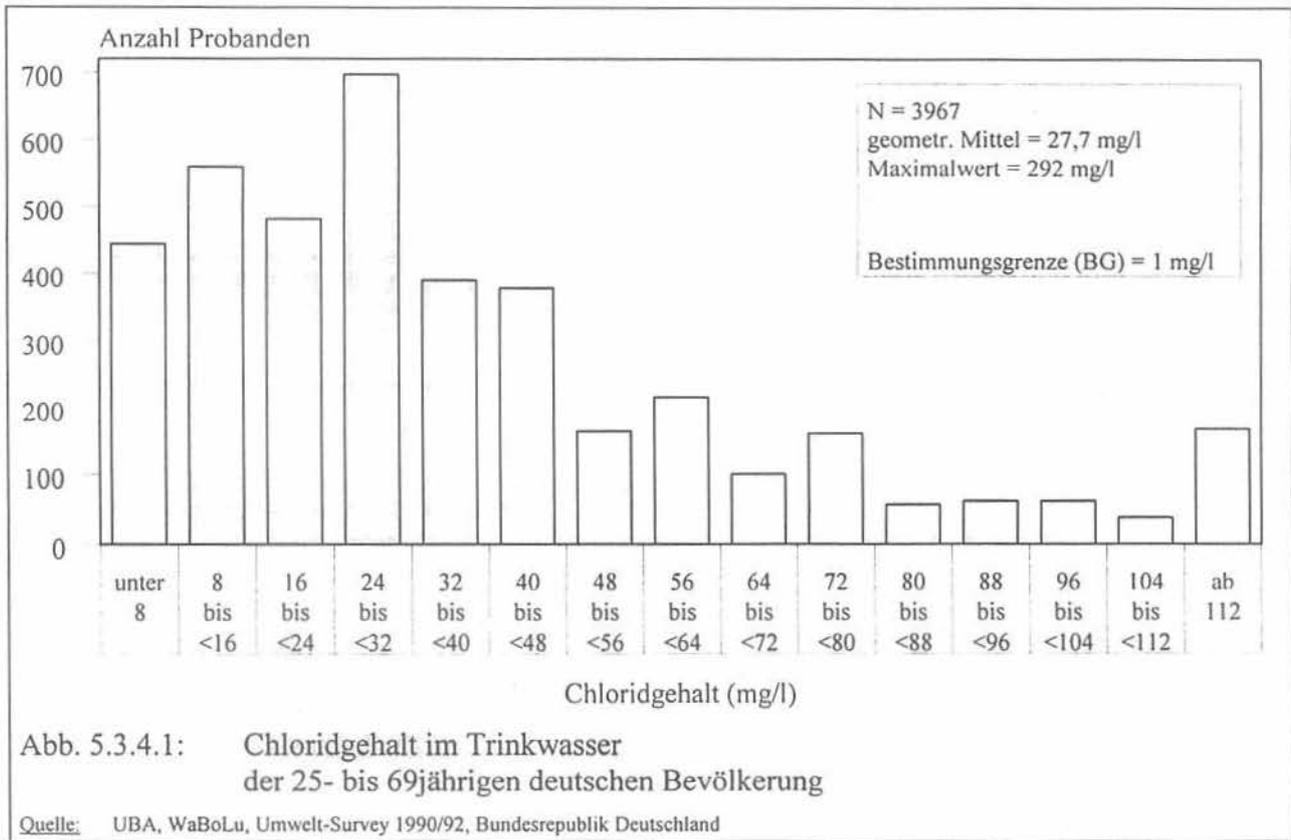
Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1985/86 und 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

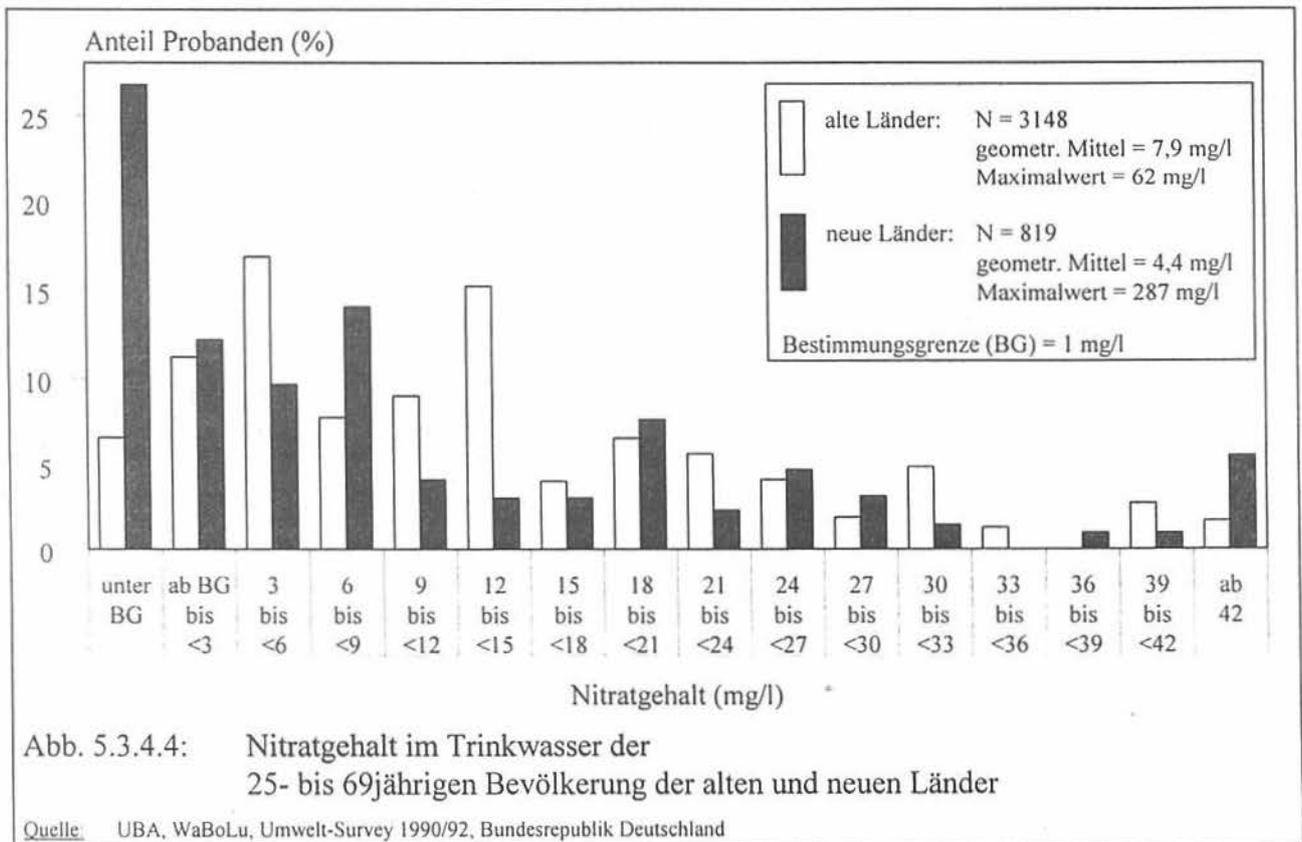
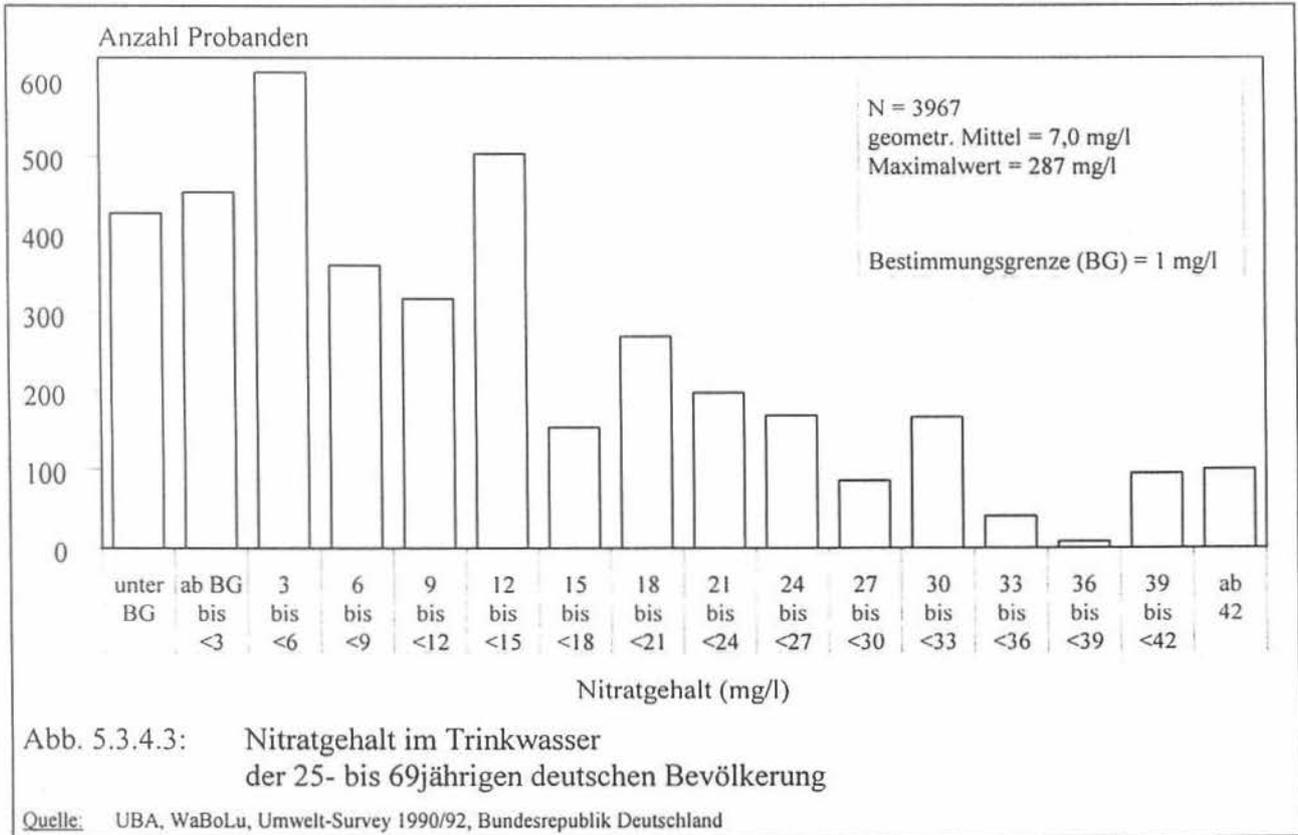
Bis zu 30 % der gesamten Nitrataufnahme des Menschen kann aus dem Trinkwasser erfolgen. Die toxikologische Bedeutung des Nitrats leitet sich von der möglichen Reduzierung zu Nitrit ab. Ab 50 mg/l Nitrat besteht die Gefahr der Met-Hämoglobinbildung (Methämoglobinämie) bei Säuglingen. Ein weiterer Aspekt, der auch für Erwachsene bedeutsam sein kann, ist die Bildung von N-Nitrosoverbindungen aus Nitrit und sekundären sowie tertiären Aminen und Amiden in saurem Milieu. N-Nitrosoverbindungen haben sich als kanzerogen, teratogen und mutagen erwiesen (Petri 1991).

Der Grenzwert für **Sulfat** im Trinkwasser von 240 mg/l wird nur in den neuen Ländern überschritten. Der Anteil beträgt 11,2 %.

Im Rahmen des 2. Berichtes der Bundesregierung an die EU wird festgestellt, daß Ende 1995 in den neuen Bundesländern 0,3 % der Bevölkerung von erhöhten Chloridkonzentrationen, 3,8 % von erhöhten Sulfatkonzentrationen und 0,6 % der Bevölkerung von erhöhten Nitratkonzentrationen betroffen waren (BMG 1996). Dies sind deutliche Verringerungen im Vergleich zu den in Erhebungszeitraum dieser Studie ermittelten Gehalten im Trinkwasser.

5.3.4 Abbildungen zu Kapitel 5.3





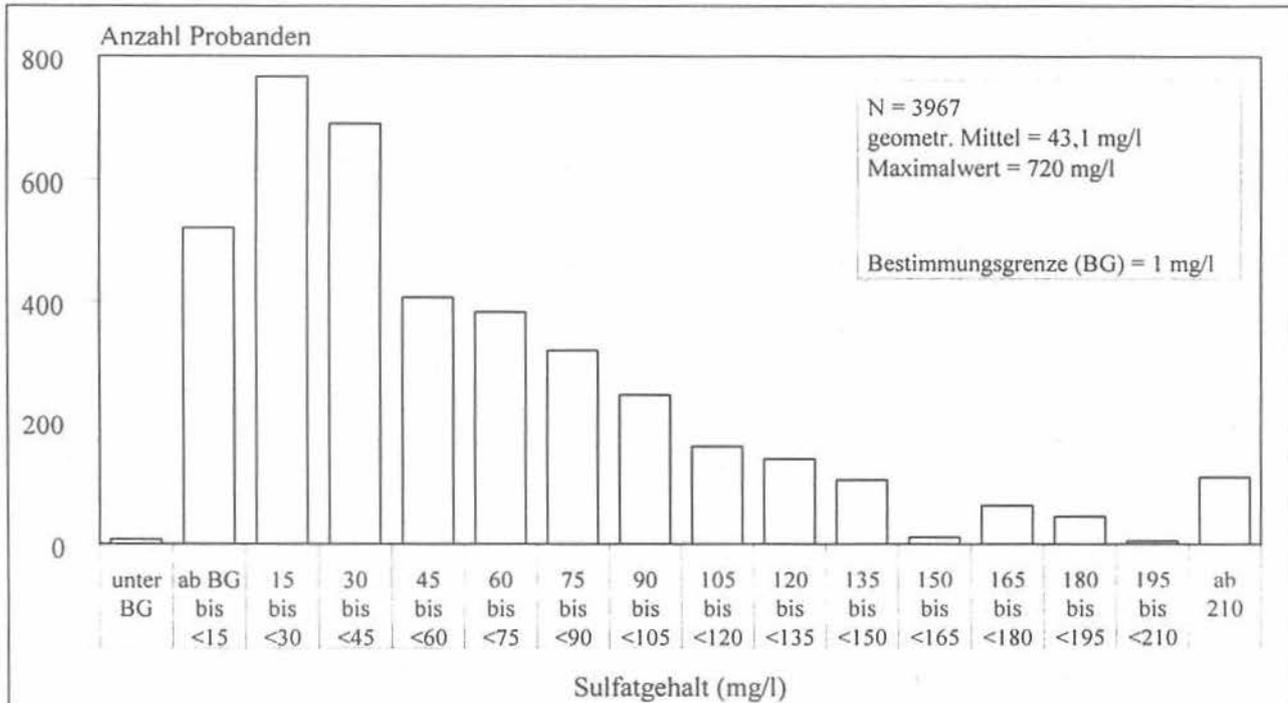


Abb. 5.3.4.5: Sulfatgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

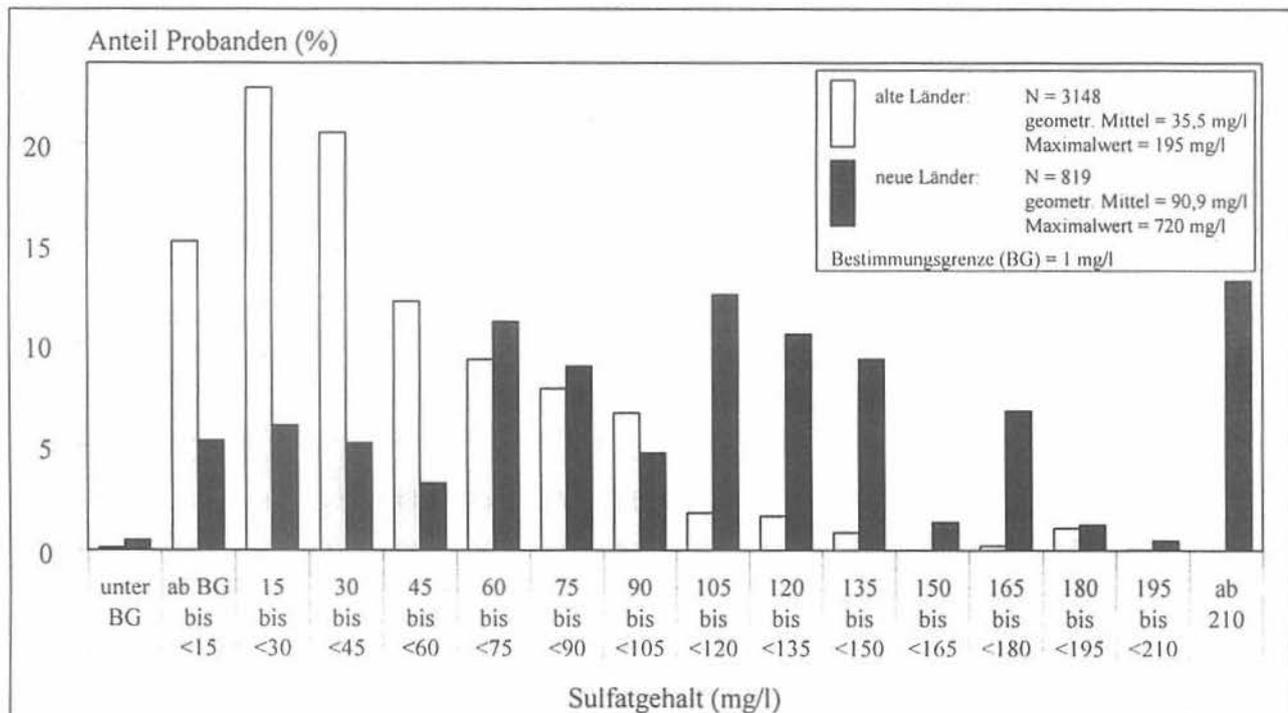


Abb. 5.3.4.6: Sulfatgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5.3.5 Kennwerttabellen zu Kapitel 5.3

**Tab. 5.3.5.1: Chloridgehalt im Trinkwasser (mg/l)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	3967	0	8	31	79	104	167	292	40,0	27,7
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3913	0	8	30	78	102	167	292	39,7	27,5
Eigenversorger	53	0	19	50	110	121	172	223	61,4	50,7
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	3148	0	7	29	73	99	173	223	37,8	26,4
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3134	0	7	29	73	99	174	223	37,8	26,4
Eigenversorger	14	0	16	38	69			93	42,1	37,4
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	819	0	8	41	85	126	168	292	48,5	33,5
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	779	0	8	38	83	130	167	292	47,5	32,6
Eigenversorger	40	0	28	61	115	124	199	223	68,1	56,3

**Tab. 5.3.5.2: Chloridgehalt im Trinkwasser (mg/l)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	720	0	8	29	74	87	167	292	37,2	25,7
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	516	0	7	28	62	73	157	223	33,5	24,0
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	204	0	8	37	82	123	209	292	46,5	30,6

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt. Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; ¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.3.5.3: Nitratgehalt im Trinkwasser (mg/l)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	3967	427	<1	10	30	38	43	287	13,0	7,0
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3913	396	<1	10	30	36	43	67	12,7	7,1
Eigenversorger	53	31	<1	<1	86	180	231	287	29,4	2,9
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	3148	209	1	11	30	35	42	62	13,2	7,9
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3134	204	1	11	30	35	42	45	13,2	7,9
Eigenversorger	14	5	<1	5	51			62	13,6	4,0
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	819	219	<1	6	28	43	47	287	12,1	4,4
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	779	192	<1	7	28	41	44	67	11,0	4,5
Eigenversorger	40	27	<1	<1	137	209	248	287	34,9	2,6

**Tab. 5.3.5.4: Nitratgehalt im Trinkwasser (mg/l)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	720	106	<1	10	30	40	43	60	12,7	6,4
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	516	50	1	13	31	39	42	45	13,8	7,8
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	204	56	<1	6	26	41	46	60	10,0	4,0

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG. 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;

¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

**Tab. 5.3.5.5: Sulfatgehalt im Trinkwasser (mg/l)
der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	3967	7	13	45	125	173	249	720	64,8	43,1
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3913	7	13	44	125	172	247	570	64,2	42,7
Eigenversorger	53	0	32	103	197	221	381	720	111,5	83,8
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	3148	4	13	38	95	110	137	195	47,8	35,5
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	3134	4	13	38	95	109	136	194	47,7	35,5
Eigenversorger	14	0	9	52	131			195	62,3	43,7
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	819	4	26	111	246	388	541	720	130,4	90,9
Versorgungsart										
Wasserwerksversorgte	779	4	25	111	248	393	542	570	130,5	90,2
Eigenversorger	40	0	57	110	203	274	433	720	128,6	105,0

**Tab. 5.3.5.6: Sulfatgehalt im Trinkwasser (mg/l)
der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung**
[Bestimmungsgrenze: 1 mg/l]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland										
Trinkwasserprobe ¹	720	1	12	50	135	179	345	570	68,9	42,3
Alte Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	516	0	12	34	86	100	113	194	42,3	31,2
Neue Bundesländer										
Trinkwasserprobe ¹	204	1	24	109	262	525		570	136,3	91,9

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile;
MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel;
Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;
¹ = Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5.4 Weitere Substanzen im Trinkwasser (Wasserwerk)

In diesem Kapitel werden die Gehalte weiterer Substanzen (Elemente, aromatische und halogenierte Kohlenwasserstoffe sowie Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM)) beschrieben. Die Bestimmung der Gehalte erfolgte im Wasser der Wasserversorgungsanlagen, welche die Haushalte der Probanden mit Trinkwasser belieferten.

5.4.1 Elemente (Ag, Be, Co, Cr, Cs, Li, Mo, Rb, Sb, Ti, Tl, U, V)

In der Tabelle 5.4.1.1 sind die im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung ermittelten Elementgehalte mit den entsprechenden statistischen Kennziffern dargestellt. In der Tabelle 5.4.1.2 finden sich die entsprechenden Angaben für die 6- bis 14jährigen Kinder. Es erfolgt auch eine für die alten und die neuen Bundesländer getrennte Darstellung der Daten. Sofern für die Elemente Grenz- oder Richtwerte gemäß der Trinkwasserverordnung vorliegen, wird der Anteil der Bevölkerung angegeben, der mit einem Trinkwasser versorgt wird, welches diese Werte überschreitet.

Im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung liegt der mittlere **Antimon**gehalt unter der Bestimmungsgrenze von $0,5 \mu\text{g/l}$. Kein Wert überschreitet den Grenzwert der TrinkwV von $10 \mu\text{g/l}$. Bei einer stichprobenartigen Untersuchung von 234 Grundwasserproben aus dem bayerischen Raum im Jahre 1985 lag der Antimongehalt ausnahmslos unter $1 \mu\text{g/l}$ (Thron 1991).

Der mittlere **Beryllium**gehalt im Trinkwasser der erwachsenen deutschen Bevölkerung beträgt $0,13 \mu\text{g/l}$. Der Gehalt ist in der Regel geogen bedingt.

Caesium wurde nur im Trinkwasser der erwachsenen deutschen Bevölkerung der neuen Bundesländer bestimmt. Der mittlere Gehalt liegt unterhalb der Bestimmungsgrenze von $0,1 \mu\text{g/l}$.

Der mittlere **Chrom**gehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen liegt unter der Bestimmungsgrenze von $0,5 \mu\text{g/l}$. Überschreitungen des in der TrinkwV festgelegten Grenzwertes von $50 \mu\text{g/l}$ kommen nicht vor. Frimmel (1989) stellte fest, daß die Gehalte für Gesamtchrom im Trinkwasser in der Regel um $1 \mu\text{g/l}$ liegen. Dies läßt sich durch die vorliegenden Daten bestätigen.

Im Trinkwasser der erwachsenen deutschen Bevölkerung wird ein mittlerer **Kobalt**gehalt von unter $0,1 \mu\text{g/l}$ gefunden.

Der mittlere **Lithium**gehalt im Trinkwasser der erwachsenen deutschen Bevölkerung beträgt weniger als $20 \mu\text{g/l}$.

Der mittlere **Molybdän**gehalt bei der erwachsenen Bevölkerung beträgt $0,25 \mu\text{g/l}$. Gelöstes Molybdän ist im Trinkwasser selten enthalten und kommt gewöhnlich in Konzentrationen unter $10 \mu\text{g/l}$ vor (WHO 1993).

Rubidium wurde nur im Trinkwasser der Bevölkerung der neuen Bundesländer bestimmt. Der mittlere Gehalt beträgt 2,2 µg/l.

Silber wird wegen seiner fungiziden und bakteriziden Wirkung in Sonderfällen zur Desinfektion von Trinkwässern eingesetzt (Sontheimer et al. 1980). Der in der TrinkwV festgelegte Grenzwert für Silber beträgt 10 µg/l. In den Trinkwässern der untersuchten Probanden liegen bei einem mittleren Gehalt unterhalb von 0,1 µg/l keine Überschreitungen dieses Grenzwertes vor. Schleyer und Kerndorff (1992) gaben für den Silbergehalt in Grundwässern der alten Bundesländer einen Mittelwert von weniger als 0,1 µg/l an.

Thallium kommt als Begleiter von Zink, Eisen, Blei und Kupfer in kleinen Konzentrationen ubiquitär vor. 93 % der gemessenen Werte lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l.

Der mittlere **Titangehalt** im Trinkwasser der erwachsenen Bevölkerung beträgt 1,9 µg/l. Er ist im wesentlichen geogen bedingt. In den neuen Bundesländern ist der mittlere Titangehalt im Trinkwasser mit 14,5 µg/l deutlich höher als in den alten Bundesländern mit 1,1 µg/l.

Der mittlere **Urangehalt** im Trinkwasser der erwachsenen deutschen Bevölkerung beträgt 0,30 µg/l. Der natürliche Urangehalt von Trinkwässern liegt meist zwischen 0,01 µg/l und 5 µg/l. Geologisch bedingt treten in seltenen Fällen auch bis zu 50 µg/l auf (DVGW 1985). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde ein Maximalwert von 48,4 µg/l ermittelt. Bei einem 98. Perzentil von 7,3 µg/l wird allerdings deutlich, daß so hohe Gehalte selten sind. Aus den USA wurde über mittlere Urangehalte im Trinkwasser von 0,15 µg/l berichtet (Mao et al. 1995).

In der vorliegenden Studie wird ein mittlerer Gehalt für **Vanadium** im Trinkwasser von weniger als 1,0 µg/l ermittelt. Der Maximalwert liegt bei 21 µg/l. Gemäß einiger Literaturangaben wurden z.B. im Trinkwasser der USA Vanadiumgehalte bis 70 µg/l gemessen (DVGW 1985). In den neuen Bundesländern ist der mittlere Vanadiumgehalt im Trinkwasser mit 2,05 µg/l deutlich höher als in den alten Bundesländern (< 1,0 µg/l).

Tab. 5.4.1.1: Spurenelemente im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

	BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland											
Antimon (µg/l)	0,5	3969	3636	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	1,1	8,9	<0,5	<0,5
Beryllium (µg/l)	0,1	3969	1915	<0,1	0,1	0,5	0,9	1,0	2,1	0,22	0,13
Caesium (µg/l)	0,1										
Chrom (µg/l)	0,5	3969	3589	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	1,3	2,6	<0,5	<0,5
Kobalt (µg/l)	0,1	3969	2289	<0,1	<0,1	0,3	0,4	0,8	6,7	0,15	<0,1
Lithium (µg/l)	20	3632	3503	<20	<20	<20	20	20	40	<20	<20
Molybdän (µg/l)	0,1	3969	932	<0,1	0,3	1,0	1,2	2,1	6,5	0,43	0,25
Rubidium (µg/l)	0,1										
Silber (µg/l)	0,1	3969	3702	<0,1	<0,1	<0,1	0,16	0,33	1,05	<0,1	<0,1
Thallium (µg/l)	0,1	3969	3694	<0,1	<0,1	<0,1	0,15	0,26	1,36	<0,1	<0,1
Titan (µg/l)	0,5	3969	539	<0,5	2	17	25	39	84	5,5	1,9
Uran (µg/l)	0,1	3969	1218	<0,1	0,3	2,1	4,7	7,3	48,4	1,02	0,30
Vanadium (µg/l)	1,0	3969	2223	<1,0	<1,0	3,3	4,8	5,8	21,3	1,42	<1,0
Alte Bundesländer											
Antimon (µg/l)	0,5	3147	2830	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	1,1	8,9	<0,5	<0,5
Beryllium (µg/l)	0,1	3147	1194	<0,1	0,2	0,6	0,9	1,0	1,1	0,25	0,15
Caesium (µg/l)	0,1	0									
Chrom (µg/l)	0,5	3147	2839	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	1,4	1,8	<0,5	<0,5
Kobalt (µg/l)	0,1	3147	2017	<0,1	<0,1	0,2	0,3	0,6	6,7	0,12	<0,1
Lithium (µg/l)	20	2810	2810	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Molybdän (µg/l)	0,1	3147	608	<0,1	0,3	1,1	1,2	2,1	6,5	0,45	0,26
Rubidium (µg/l)	0,1	0									
Silber (µg/l)	0,1	3147	2894	<0,1	<0,1	<0,1	0,18	0,34	1,05	<0,1	<0,1
Thallium (µg/l)	0,1	3147	2907	<0,1	<0,1	<0,1	0,17	0,26	1,36	<0,1	<0,1
Titan (µg/l)	0,5	3147	539	<0,5	1	3	4	5	22	1,6	1,1
Uran (µg/l)	0,1	3147	906	<0,1	0,3	1,8	3,5	5,3	48,4	0,84	0,30
Vanadium (µg/l)	1,0	3147	2046	<1,0	<1,0	2,3	2,9	4,4	15,8	1,04	<1,0
Neue Bundesländer											
Antimon (µg/l)	0,5	822	806	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	1,3	<0,5	<0,5
Beryllium (µg/l)	0,1	822	721	<0,1	<0,1	0,2	0,3	0,7	2,1	0,11	<0,1
Caesium (µg/l)	0,1	822	616	<0,1	<0,1	0,6	0,7	0,9	4,4	0,2	<0,1
Chrom (µg/l)	0,5	822	750	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	0,6	2,6	<0,5	<0,5
Kobalt (µg/l)	0,1	822	272	<0,1	0,1	0,6	1,0	2,2	4,2	0,28	0,14
Lithium (µg/l)	20	822	694	<20	<20	20	30	40	40	<20	<20
Molybdän (µg/l)	0,1	822	324	<0,1	0,2	0,8	1,2	2,6	3,7	0,37	0,19
Rubidium (µg/l)	0,1	822	0	0,5	2,2	9,2	17,9	19,5	58,2	3,97	2,20
Silber (µg/l)	0,1	822	808	<0,1	<0,1	0,16	0,18	0,18	0,19	<0,1	<0,1
Thallium (µg/l)	0,1	822	787	<0,1	<0,1	0,10	0,11	0,27	0,42	<0,1	<0,1
Titan (µg/l)	0,5	822	0	4	17	39	62	74	84	20,3	14,5
Uran (µg/l)	0,1	822	312	<0,1	0,2	5,6	8,7	14,4	20,5	1,69	0,32
Vanadium (µg/l)	1,0	822	176	<1,0	2,4	5,0	6,4	9,8	21,3	2,88	2,05

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92. Bundesrepublik Deutschland

Tab. 5.4.1.2: Spurenelemente im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung

	BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland											
Antimon (µg/l)	0,5	720	659	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	1,2	8,9	<0,5	<0,5
Beryllium (µg/l)	0,1	720	366	<0,1	<0,1	0,5	0,7	1,0	2,1	0,19	0,12
Caesium (µg/l)	0,1										
Chrom (µg/l)	0,5	720	641	<0,5	<0,5	0,5	0,8	1,4	1,8	<0,5	<0,5
Kobalt (µg/l)	0,1	720	386	<0,1	<0,1	0,3	0,4	0,8	6,7	0,16	<0,1
Lithium (µg/l)	20	644	615	<20	<20	<20	20	20	40	<20	<20
Molybdän (µg/l)	0,1	720	180	<0,1	0,3	1,0	1,2	1,8	6,5	0,41	0,23
Rubidium (µg/l)	0,1										
Silber (µg/l)	0,1	720	676	<0,1	<0,1	<0,1	0,16	0,36	1,05	<0,1	<0,1
Thallium (µg/l)	0,1	720	663	<0,1	<0,1	0,13	0,19	0,29	1,36	<0,1	<0,1
Titan (µg/l)	0,5	720	125	<0,5	2	22	30	56	77	7,0	2,1
Uran (µg/l)	0,1	720	249	<0,1	0,2	2,1	4,7	7,5	20,5	0,93	0,27
Vanadium (µg/l)	1,0	720	383	<1,0	<1,0	4,0	4,9	6,2	15,8	1,59	1,03
Alte Bundesländer											
Antimon (µg/l)	0,5	516	463	<0,5	<0,5	0,7	0,9	4,5	8,9	<0,5	<0,5
Beryllium (µg/l)	0,1	516	183	<0,1	0,2	0,6	0,8	1,0	1,1	0,24	0,15
Caesium (µg/l)	0,1	0									
Chrom (µg/l)	0,5	516	455	<0,5	<0,5	0,6	1,0	1,4	1,8	<0,5	<0,5
Kobalt (µg/l)	0,1	516	318	<0,1	<0,1	0,2	0,3	0,5	6,7	0,12	<0,1
Lithium (µg/l)	20	440	440	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Molybdän (µg/l)	0,1	516	101	<0,1	0,3	1,0	1,2	2,0	6,5	0,44	0,25
Rubidium (µg/l)	0,1	0									
Silber (µg/l)	0,1	516	477	<0,1	<0,1	<0,1	0,17	0,57	1,05	<0,1	<0,1
Thallium (µg/l)	0,1	516	472	<0,1	<0,1	0,13	0,18	0,33	1,36	<0,1	<0,1
Titan (µg/l)	0,5	516	125	<0,5	1	3	4	5	22	1,5	1,0
Uran (µg/l)	0,1	516	174	<0,1	0,2	1,7	2,8	4,8	7,2	0,68	0,25
Vanadium (µg/l)	1,0	516	336	<1,0	<1,0	2,8	2,9	4,0	15,8	1,08	<1,0
Neue Bundesländer											
Antimon (µg/l)	0,5	204	196	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,2	1,3	<0,5	<0,5
Beryllium (µg/l)	0,1	204	182	<0,1	<0,1	0,1	0,3	0,5	2,1	<0,1	<0,1
Caesium (µg/l)	0,1	204	147	<0,1	<0,1	0,6	0,7	0,9	1,6	0,2	<0,1
Chrom (µg/l)	0,5	204	186	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	0,6	0,8	<0,5	<0,5
Kobalt (µg/l)	0,1	204	68	<0,1	0,1	0,5	0,9	1,8	4,2	0,24	0,13
Lithium (µg/l)	20	204	175	<20	<20	20	20	30	40	<20	<20
Molybdän (µg/l)	0,1	204	80	<0,1	0,2	0,8	1,1	1,2	2,7	0,33	0,18
Rubidium (µg/l)	0,1	204	0	0,5	2,2	9,6	16,5	19,6	21,7	4,06	2,38
Silber (µg/l)	0,1	204	199	<0,1	<0,1	0,16	0,18	0,18	0,19	<0,1	<0,1
Thallium (µg/l)	0,1	204	191	<0,1	<0,1	0,16	0,20	0,33	0,42	<0,1	<0,1
Titan (µg/l)	0,5	204	0	4	17	42	73	77	77	21,2	14,9
Uran (µg/l)	0,1	204	75	<0,1	0,2	5,1	8,4	11,1	20,5	1,56	0,32
Vanadium (µg/l)	1,0	204	47	<1,0	2,3	5,2	6,4	9,8	15,5	2,88	1,98

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5.4.2 Aromaten und halogenierte Kohlenwasserstoffe

Die Kontamination des Trinkwassers mit Aromaten und halogenierten Kohlenwasserstoffen ist immer die Folge einer anthropogen bedingten Verunreinigung der aquatischen Umwelt mit diesen Stoffen. Die Gründe hierfür sind die weitverbreitete Anwendung dieser Stoffe, die schlechte bzw. fehlende biologische Abbaubarkeit sowie ihre Mobilität im Boden und im Grundwasser.

Die mittleren Gehalte der **aromatischen Kohlenwasserstoffe** (Benzol, Toluol, Xylole und Trimethylbenzol) im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung liegen stets unter der Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/l (Tab. 5.4.2.1). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Schleyer und Kerndorff (1992) bei der Grundwasseruntersuchung in den alten Ländern. Von 74 Messungen aus 18 Wasserwerken, bei denen jeweils Benzol, Toluol, Xylole und Ethylbenzol bestimmt wurden, lag kein Meßwert über der Nachweisgrenze von 0,1 µg/l.

In der Tabelle 5.4.2.1 sind für die o.g. Substanzgruppe einige Maximalwerte in den alten Ländern so auffällig hoch, daß eine Kontamination des Trinkwassers oder der gewonnenen Proben zu vermuten ist. Da bei der vorliegenden Studie einmalige Messungen erfolgten, läßt sich der Sachverhalt nicht aufklären.

Innerhalb der Gruppe der **Haloforme (Trihalogenmethane)** wurde mit 0,15 µg/l für Chloroform der höchste mittlere Gehalt gefunden, gefolgt von Bromdichlormethan mit 0,11 µg/l (Tab. 5.4.2.1). Die mittleren Gehalte für Bromoform und Dibromchlormethan liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l. Sofern die Bestimmungsgrenzen überschritten werden, liegen die Gehalte der Trihalogenmethane in den neuen Ländern höher als in den alten Ländern. Aufgrund der sehr hohen mikrobiologischen Belastung des Trinkwassers in den neuen Ländern waren höhere Dosiermengen an Chlor für Desinfektionszwecke erforderlich (Grohmann 1992), so daß das beschriebene Ergebnis plausibel ist.

Im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung liegen die mittleren Gehalte der **leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe** (Tetrachlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen (PER) und 1,1,2,2-Tetrachlorethan) unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l. Das gilt sowohl bei den Probanden in den alten als auch in den neuen Ländern (Tab. 5.4.2.1).

Als Verunreinigung von Grund- und Trinkwässern durch organische Lösemittel aus der Gruppe der leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe wurden besonders häufig Tri- und Tetrachlorethen nachgewiesen. Daneben traten seltener Dichlormethan und 1,1,1-Trichlorethan und nur vereinzelt Tetrachlormethan auf (Roßkamp 1991). Bei der vorliegenden Untersuchung können Tri- und Tetrachlorethen in immerhin knapp 10 % der Proben nachgewiesen werden.

Die Gehalte der Aromaten und halogenierten Kohlenwasserstoffe des Trinkwassers der untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder gibt die Tabelle 5.4.2.2 wieder.

Für Tetrachlormethan, das als potentiell kanzerogen gilt, ist in der TrinkwV ein Grenzwert von 3 µg/l festgelegt worden. Dieser wird weder in den alten noch in den neuen Bundesländern überschritten.

Die TrinkwV schreibt für die organischen Chlorverbindungen 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen und Dichlormethan einen Summengrenzwert von 10 µg/l vor.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden 1,1,1-Trichlorethan und Dichlormethan nicht untersucht, da sie nur selten im Trinkwasser vorkommen. Daher kann nur die Summe der Gehalte an Trichlorethen und Tetrachlorethen mit dem Summengrenzwert der TrinkwV verglichen werden. Dabei ergibt sich, daß weder in den alten noch in den neuen Ländern Überschreitungen dieses Summengrenzwertes vorkommen.

Der Summengrenzwert der TrinkwV für Trihalogenmethane (Chloroform, Bromoform, Dibromchlormethan und Bromdichlormethan) von 10 µg/l wird im Trinkwasser von 9,4 % der erwachsenen Bevölkerung in den neuen Ländern überschritten. In den alten Ländern kommen 0,1 % Überschreitungen vor. Wenn nur durch Einsatz einer erhöhten Chlorkonzentration von 6 mg/l die mikrobiologischen Anforderungen der TrinkwV erfüllt werden können, ist ein THM-Grenzwert von 25 µg/l zugelassen (Fußnote 2 zu Anlage 3 der TrinkwV). Dieser wird bei 3,8 % der erwachsenen Bevölkerung der neuen Bundesländer überschritten. In den alten Bundesländern kommen keine Überschreitungen dieses Grenzwertes vor.

Erwähnenswert ist an dieser Stelle, daß seit der Durchführung der vorliegenden Untersuchung in den Jahren 1991/92 gerade in den neuen Bundesländern durch Verbesserung der Dosiergenauigkeit und durch Sanierung von Rohrnetzen der Gehalt an Trihalogenmethanen deutlich verringert werden konnte (BMG 1996).

Tab. 5.4.2.1: Aromaten und halogenierte Kohlenwasserstoffe im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

	BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland											
Benzol (µg/l)	0,5	3632	3598	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	7,7	<0,5	<0,5
Toluol (µg/l)	0,5	3632	3595	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	8,0	<0,5	<0,5
o-Xylol (µg/l)	0,5	3236	3200	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,4	<0,5	<0,5
m- + p-Xylol (µg/l)	0,5	3236	3185	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	8,3	<0,5	<0,5
1,2,3-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	3236	3234	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	16,3	<0,5	<0,5
1,2,4-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	3236	3173	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	302,5	0,52	<0,5
1,3,5-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	3144	3110	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	16,3	<0,5	<0,5
Chloroform (µg/l)	0,1	3463	1763	<0,1	<0,1	0,9	3,2	7,5	26,0	0,76	0,15
Bromoform (µg/l)	0,1	3460	2504	<0,1	<0,1	0,6	0,7	1,5	2,3	0,18	<0,1
Dibromchlormethan (µg/l)	0,1	3463	2476	<0,1	<0,1	0,7	1,0	1,3	6,0	0,24	<0,1
Bromdichlorethan (µg/l)	0,1	3463	2393	<0,1	<0,1	1,1	1,9	3,1	10,1	0,38	0,11
Tetrachlormethan (µg/l)	0,1	3463	3377	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	1,2	<0,1	<0,1
Trichlorethen (TRI) (µg/l)	0,1	3463	2927	<0,1	<0,1	0,1	0,4	0,8	6,5	0,14	<0,1
Tetrachlorethen (PER) (µg/l)	0,1	3463	2830	<0,1	<0,1	0,4	0,7	1,2	4,2	0,16	<0,1
1,1,2,2-Tetrachlorethan (µg/l)	0,1	3447	3433	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
Alte Bundesländer											
Benzol (µg/l)	0,5	2880	2846	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	7,7	<0,5	<0,5
Toluol (µg/l)	0,5	2880	2853	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	8,0	<0,5	<0,5
o-Xylol (µg/l)	0,5	2484	2448	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,4	<0,5	<0,5
m- + p-Xylol (µg/l)	0,5	2484	2448	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	8,3	<0,5	<0,5
1,2,3-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	2484	2482	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	16,3	<0,5	<0,5
1,2,4-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	2484	2421	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,1	302,5	0,60	<0,5
1,3,5-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	2484	2482	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	16,3	<0,5	<0,5
Chloroform (µg/l)	0,1	2746	1395	<0,1	<0,1	0,9	2,7	3,2	5,6	0,37	0,13
Bromoform (µg/l)	0,1	2743	1959	<0,1	<0,1	0,4	0,6	1,9	2,3	0,17	<0,1
Dibromchlormethan (µg/l)	0,1	2746	1973	<0,1	<0,1	0,6	1,0	1,1	3,7	0,19	<0,1
Bromdichlormethan (µg/l)	0,1	2746	1941	<0,1	<0,1	0,7	1,5	1,9	4,0	0,24	<0,1
Tetrachlormethan (µg/l)	0,1	2746	2675	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	1,2	<0,1	<0,1
Trichlorethen (TRI) (µg/l)	0,1	2746	2383	<0,1	<0,1	0,1	0,3	0,5	1,3	<0,1	<0,1
Tetrachlorethen (PER) (µg/l)	0,1	2746	2185	<0,1	<0,1	0,4	0,7	1,2	1,8	0,14	<0,1
1,1,2,2-Tetrachlorethan (µg/l)	0,1	2743	2742	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Neue Bundesländer											
Benzol (µg/l)	0,5	752	752	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Toluol (µg/l)	0,5	752	742	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	<0,5
o-Xylol (µg/l)	0,5	752	752	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
m- + p-Xylol (µg/l)	0,5	752	737	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	0,6	<0,5	<0,5
1,2,3-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	752	752	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,2,4-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	752	752	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,3,5-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	660	628	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3,7	5,0	<0,5	<0,5
Chloroform (µg/l)	0,1	717	368	<0,1	<0,1	7,5	11,5	21,1	26,0	2,27	0,29
Bromoform (µg/l)	0,1	717	546	<0,1	<0,1	0,6	1,2	1,5	1,9	0,20	<0,1
Dibromchlormethan (µg/l)	0,1	717	503	<0,1	<0,1	1,0	2,8	5,1	6,0	0,40	0,11
Bromdichlormethan (µg/l)	0,1	717	452	<0,1	<0,1	3,0	6,1	8,6	10,1	0,95	0,16
Tetrachlormethan (µg/l)	0,1	717	702	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1
Trichlorethen (TRI) (µg/l)	0,1	717	544	<0,1	<0,1	0,3	1,2	5,0	6,5	0,37	<0,1
Tetrachlorethen (PER) (µg/l)	0,1	717	645	<0,1	<0,1	0,1	0,4	4,2	4,2	0,21	<0,1
1,1,2,2-Tetrachlorethan (µg/l)	0,1	703	691	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 5.4.2.2: Aromaten und halogenierte Kohlenwasserstoffe im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung

	BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Deutschland											
Benzol (µg/l)	0,5	659	652	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	7,7	<0,5	<0,5
Toluol (µg/l)	0,5	659	650	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,6	<0,5	<0,5
o-Xylol (µg/l)	0,5	580	570	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,4	<0,5	<0,5
m- + p-Xylol (µg/l)	0,5	580	567	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	8,3	<0,5	<0,5
1,2,3-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	580	580	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,2,4-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	580	567	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,1	2,6	<0,5	<0,5
1,3,5-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	553	547	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5,0	<0,5	<0,5
Chloroform (µg/l)	0,1	638	339	<0,1	<0,1	2,4	3,5	7,5	21,1	0,74	0,15
Bromoform (µg/l)	0,1	636	472	<0,1	<0,1	0,4	0,6	1,5	1,9	0,15	<0,1
Dibromchlormethan (µg/l)	0,1	638	462	<0,1	<0,1	0,7	1,0	1,1	5,1	0,21	<0,1
Bromdichlormethan (µg/l)	0,1	638	446	<0,1	<0,1	1,1	1,9	3,0	8,6	0,38	0,10
Tetrachlormethan (µg/l)	0,1	638	625	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	1,2	<0,1	<0,1
Trichlorethen (TRI) (µg/l)	0,1	638	549	<0,1	<0,1	0,1	0,3	1,2	6,5	0,14	<0,1
Tetrachlorethen (PER) (µg/l)	0,1	638	522	<0,1	<0,1	0,3	0,5	1,6	4,2	0,15	<0,1
1,1,2,2-Tetrachlorethan (µg/l)	0,1	634	632	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
Alte Bundesländer											
Benzol (µg/l)	0,5	473	466	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	7,7	<0,5	<0,5
Toluol (µg/l)	0,5	473	465	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,6	<0,5	<0,5
o-Xylol (µg/l)	0,5	394	384	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,4	2,4	<0,5	<0,5
m- + p-Xylol (µg/l)	0,5	394	384	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	8,3	8,3	<0,5	<0,5
1,2,3-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	394	394	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,2,4-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	394	380	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,3	2,6	<0,5	<0,5
1,3,5-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	394	394	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Chloroform (µg/l)	0,1	457	241	<0,1	<0,1	0,9	1,0	2,7	5,6	0,32	0,12
Bromoform (µg/l)	0,1	456	325	<0,1	<0,1	0,4	0,6	1,5	1,9	0,16	<0,1
Dibromchlormethan (µg/l)	0,1	457	332	<0,1	<0,1	0,6	1,0	1,0	1,3	0,18	<0,1
Bromdichlormethan (µg/l)	0,1	457	331	<0,1	<0,1	0,6	1,3	1,9	1,9	0,22	<0,1
Tetrachlormethan (µg/l)	0,1	457	451	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,2	<0,1	<0,1
Trichlorethen (TRI) (µg/l)	0,1	457	411	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,4	1,3	<0,1	<0,1
Tetrachlorethen (PER) (µg/l)	0,1	457	358	<0,1	<0,1	0,4	0,5	1,6	1,8	0,15	<0,1
1,1,2,2-Tetrachlorethan (µg/l)	0,1	456	456	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1
Neue Bundesländer											
Benzol (µg/l)	0,5	186	186	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Toluol (µg/l)	0,5	186	185	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	<0,5
o-Xylol (µg/l)	0,5	186	186	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
m- + p-Xylol (µg/l)	0,5	186	183	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,6	<0,5	<0,5
1,2,3-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	186	186	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,2,4-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	186	186	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,3,5-Trimethylbenzol (µg/l)	0,5	159	153	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3,7	5,0	<0,5	<0,5
Chloroform (µg/l)	0,1	181	99	<0,1	<0,1	4,8	8,2	21,1	21,1	1,81	0,26
Bromoform (µg/l)	0,1	181	146	<0,1	<0,1	0,3	1,0	1,5	1,9	0,15	<0,1
Dibromchlormethan (µg/l)	0,1	181	129	<0,1	<0,1	0,8	1,0	2,8	5,1	0,30	0,10
Bromdichlormethan (µg/l)	0,1	181	115	<0,1	<0,1	2,4	5,1	8,6	8,6	0,78	0,15
Tetrachlormethan (µg/l)	0,1	181	174	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1
Trichlorethen (TRI) (µg/l)	0,1	181	138	<0,1	<0,1	0,3	1,2	5,0	6,5	0,31	<0,1
Tetrachlorethen (PER) (µg/l)	0,1	181	164	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	4,2	4,2	0,18	<0,1
1,1,2,2-Tetrachlorethan (µg/l)	0,1	178	177	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelsorgern.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

5.4.3 Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM)

Die zunehmende Intensivierung der Landwirtschaft hat zu einem ständig steigenden Einsatz einer großen Anzahl chemisch unterschiedlicher Verbindungen als Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM) geführt. Dem Verbleib dieser biologisch aktiven Substanzen einschließlich ihrer Metabolite in der Umwelt wird aus diesem Grunde seit einigen Jahren verstärkt Bedeutung beigemessen. Die Belastungen des Trinkwassers mit PBSM werden mittlerweile weltweit nachgewiesen (Mathys 1996).

In diesem Kapitel werden die Gehalte von organisch-chemischen Stoffen zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung einschließlich ihrer Abbauprodukte (PBSM) im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung in den neuen Bundesländern beschrieben (Tab. 5.4.3.1).

Diese Daten sind nur für die neuen Länder vorhanden, da es sich hierbei um eine zusätzliche Untersuchung im Zeitraum von April 1992 bis Januar 1993 handelt. Die Datenerhebung erfolgte in Anknüpfung an das Untersuchungsprogramm der FKST in den neuen Ländern bezüglich der Belastung des Trinkwassers mit Pestiziden und ähnlichen Produkten.

Mit Ausnahme der Stoffgehalte von Ametryn (0,048 µg/l) und Lindan (0,003 µg/l) liegen die mittleren Gehalte der analysierten PBSM unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze.

In der TrinkwV ist für organisch-chemische Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung einschließlich ihrer toxischen Hauptabbauprodukte ein Grenzwert von 0,1 µg/l für die einzelne Substanz und von 0,5 µg/l für die Summe der Substanzen festgelegt.

Abgesehen von einigen Ausnahmen kommen für die Mehrzahl der analysierten Substanzen Überschreitungen des Grenzwertes nicht vor. In der Tabelle 5.4.3.3 sind nur diejenigen Substanzen aufgeführt, für die Grenzwertüberschreitungen vorkommen. Für die Einschätzung der vorkommenden Häufigkeiten der Überschreitungen ist zu berücksichtigen, daß sich z.B. hinter der Angabe von 2 % Überschreitungen bei Desisopropylatrazin bei Wasserwerksversorgten, die Analyse des Wassers nur eines Wasserwerkes verbirgt, welches allerdings 16 der Probanden versorgte. Auch bei Bewertung der Überschreitungen der Grenzwerte für Eigenversorger ist die geringe Fallzahl zu berücksichtigen.

Bei Trinkwasserversorgung durch ein Wasserwerk kommen bei 29 % der erwachsenen Bevölkerung der neuen Bundesländer Überschreitungen des Grenzwertes für Ametryn vor. Bei 2 % wird der Grenzwert für Simazin überschritten und bei 2 % der Grenzwert für Desisopropylatrazin, einem Metaboliten des Atrazins. Bei 1 % wird der Grenzwert für die Summe der Verbindungen überschritten.

Tab. 5.4.3.1: Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel ($\mu\text{g/l}$) im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der neuen Bundesländer

	BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Neue Bundesländer											
Desisopropylatrazin	0,015	803	786	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	0,150	0,190	<0,015	<0,015
Desethylatrazin	0,030	803	797	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,510	<0,030	<0,030
Atraton	0,025	803	800	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,026	<0,025	<0,025
Simazin	0,025	803	734	<0,025	<0,025	<0,025	0,033	0,160	0,350	<0,025	<0,025
Atrazin	0,018	803	757	<0,018	<0,018	<0,018	0,018	0,029	2,500	<0,018	<0,018
Propazin	0,015	803	677	<0,015	<0,015	0,031	0,037	0,050	0,120	<0,015	<0,015
Terbutylazin	0,050	803	803	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Sebuthylazin	0,022	803	803	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022
Desmetryn	0,022	803	803	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022
Methylparathion	0,030	803	803	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Ametryn	0,013	803	97	<0,013	0,052	0,150	0,180	0,210	0,490	0,073	0,048
Prometryn	0,013	803	788	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013	0,036	<0,013	<0,013
Terbutryn	0,015	803	803	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Ethylparathion	0,030	803	803	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Pendimethalin	0,038	803	803	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038
Methoprotryn	0,030	803	787	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,039	0,051	<0,030	<0,030
Trifluralin	0,012	803	803	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
α -HCH	0,007	803	764	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,014	0,020	<0,007	<0,007
Hexachlorbenzol	0,003	803	803	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
β -HCH	0,005	803	803	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Lindan (γ -HCH)	0,003	803	378	<0,003	0,003	0,007	0,014	0,047	0,056	0,005	0,003
Heptachlor	0,005	803	803	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ethylparathion/Aldrin	0,008	803	754	<0,008	<0,008	<0,008	0,012	0,061	0,070	<0,008	<0,008
Heptachlorepoxyd	0,005	803	778	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,010	0,080	<0,005	<0,005
α -Endosulfan	0,012	803	803	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
p,p'-DDE	0,005	803	803	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Dieldrin	0,005	803	803	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Endrin	0,005	803	792	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,007	<0,005	<0,005
β -Endosulfan	0,019	803	803	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019
Methoxychlor	0,021	803	803	<0,021	<0,021	<0,021	<0,021	<0,021	<0,021	<0,021	<0,021
p,p'-DDT	0,005	803	803	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PBSM (Summe)		803		0,021	0,063	0,191	0,290	0,356	3,464	0,105	0,057

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; PBSM (Summe) = Summe aller PBSM-Meßwerte \geq BG; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1991/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 5.4.3.2: Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (µg/l) im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen Bevölkerung der neuen Bundesländer

	BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Neue Bundesländer											
Desisopropylatrazin	0,015	198	194	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	0,144	0,150	<0,015	<0,015
Desethylatrazin	0,030	198	197	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,034	<0,030	<0,030
Atraton	0,025	198	197	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,026	<0,025	<0,025
Simazin	0,025	198	183	<0,025	<0,025	<0,025	0,045	0,160	0,350	<0,025	<0,025
Atrazin	0,018	198	187	<0,018	<0,018	<0,018	0,023	0,069	0,069	<0,018	<0,018
Propazin	0,015	198	170	<0,015	<0,015	0,031	0,035	0,050	0,068	<0,015	<0,015
Terbuthylazin	0,050	198	198	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Sebuthylazin	0,022	198	198	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022
Desmetryn	0,022	198	198	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022
Methylparathion	0,030	198	198	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Ametryn	0,013	198	32	<0,013	0,042	0,150	0,180	0,201	0,480	0,071	0,045
Prometryn	0,013	198	193	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013	0,036	0,036	<0,013	<0,013
Terbutryn	0,015	198	198	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Ethylparathion	0,030	198	198	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Pendimethalin	0,038	198	198	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038	<0,038
Methoprotryn	0,030	198	190	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,051	0,051	<0,030	<0,030
Trifluralin	0,012	198	198	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
α-HCH	0,007	198	184	<0,007	<0,007	<0,007	0,014	0,018	0,020	<0,007	<0,007
Hexachlorbenzol	0,003	198	198	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
β-HCH	0,005	198	198	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Lindan (γ-HCH)	0,003	198	91	<0,003	0,003	0,013	0,029	0,047	0,056	0,006	0,004
Heptachlor	0,005	198	198	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ethylparathion/Aldrin	0,008	198	179	<0,008	<0,008	<0,008	0,061	0,061	0,070	<0,008	<0,008
Heptachlorepoxyd	0,005	198	191	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,026	0,058	<0,005	<0,005
α-Endosulfan	0,012	198	198	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
p,p'-DDE	0,005	198	198	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Dieldrin	0,005	198	198	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Endrin	0,005	198	197	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,007	<0,005	<0,005
β-Endosulfan	0,019	198	198	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019
Methoxychlor	0,021	198	198	<0,021	<0,021	<0,021	<0,021	<0,021	<0,021	<0,021	<0,021
p,p'-DDT	0,005	198	198	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PBSM (Summe)		198		0,020	0,063	0,191	0,291	0,372	0,640	0,105	0,054

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter BG; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; PBSM (Summe) = Summe aller PBSM-Meßwerte ≥ BG; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1991/92, Bundesrepublik Deutschland

Im Trinkwasser aus Eigenversorgungsanlagen wurden häufiger Überschreitungen des jeweiligen PBSM-Grenzwertes ermittelt. Es kommen zusätzlich auch Überschreitungen des Grenzwertes von Atrazin (3 %), Propazin (3 %) und Desethylatrazin (3 %) vor. Dies kann damit zusammenhängen, daß Eigenversorgungsanlagen häufiger in ländlichen Regionen liegen, in denen intensive Landwirtschaft mit entsprechender PBSM-Anwendung betrieben wird.

Die Grenzwertüberschreitungen bei Ametryn sind allerdings gering. Sie konnten zudem bei einer Nachuntersuchung, d.h. nach erneuter Probenahme in den Wasserwerken nach 1 bis 1,5 Jahren, nicht bestätigt werden. Der hohe Anteil von 29 % bzw. 44 % Überschreitungen des Grenzwertes war 1990/91 möglicherweise auf den Einsatz von ametrynhaltigen Präparaten aus den Altbeständen der DDR zurückzuführen. Ametryn gehört zu der Stoffgruppe der Herbizide (S-Triazine) und war in den DDR-Handelspräparaten Doruplant und Plantulin enthalten, die vorwiegend bei Kartoffel-, Gemüse- und Winterweizenkulturen zum Einsatz kamen (Stottmeister et al. 1993).

Tab. 5.4.3.3: Prozentuale Überschreitungen der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung für PBSM im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der neuen Bundesländer

Substanz	Grenzwert (µg/l)	Wasserwerksversorgte (N = 760)	Eigenversorger (N = 43)
Desisopropylatrazin	0,1	2 %	1 %
Desethylatrazin	0,1	0 %	3 %
Simazin	0,1	2 %	6 %
Atrazin	0,1	0 %	3 %
Propazin	0,1	0 %	3 %
Ametryn	0,1	29 %	44 %
PBSM (Summe)	0,5	1 %	3 %

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; PBSM (Summe) = Summe aller PBSM-Meßwerte \geq BG; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern; Grenzwerte sind aus der Trinkwasserverordnung von 1990

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1991/92, Bundesrepublik Deutschland

Auffällig ist darüber hinaus ein Maximalwert von 2,5 µg/l für Atrazin. Dieser hohe Wert gab dazu Anlaß, das zuständige Gesundheitsamt zu benachrichtigen, um die Bereitstellung dieses Wassers für Trink- und Kochzwecke einstellen zu lassen.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie die bereits in einigen Veröffentlichungen angegebenen Beobachtungen, daß von den untersuchten PBSM in den meisten Fällen die Herbizide nachgewiesen werden. Am häufigsten werden die Herbizide aus der Gruppe der Triazine gefunden (DFG 1990, Grohmann 1992, Mathys 1996, Müller-Wegener und Milde 1991, Schleyer und Kerndorff 1992).

Es ist anzunehmen, daß die Belastung des Trinkwassers der Bevölkerung mit PBSM in den neuen Ländern seit 1991/92 stark gesunken ist, da die belasteten Brunnen vielfach außer Betrieb genommen wurden (BMG 1996).

6 Deskription der Merkmale zur Beschreibung der Wasserqualität

Dieses Kapitel enthält die Beschreibung einiger physikalisch-chemischer Parameter des Trinkwassers (Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert) und der chemischen Parameter Säure- bzw. Basekapazität und Wasserhärte. Außerdem erfolgt die Bewertung der Wasserqualität hinsichtlich dieser Parameter anhand der Trinkwasserverordnung.

Für die Probanden, die mit Trinkwasser aus einem Wasserwerk versorgt wurden, erfolgte die Bestimmung der Parameter in Proben, die im beliefernden Wasserwerk entnommen wurden. Für Probanden, die ihr Trinkwasser aus Eigenversorgungsanlagen bezogen, wurden die Parameter in entsprechenden Proben bestimmt.

6.1 Temperatur, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt

Die allgemeine Anforderung an die Trinkwasserqualität ist in den Leitsätzen der DIN 2000 formuliert. Die **Temperatur** von Trinkwasser soll danach zwischen 5 und 15 °C liegen und keine kurzzeitigen Schwankungen aufweisen. Althaus und Schlösser (1991) geben einen Bereich zwischen 8° C und 12 °C als optimal an. In der TrinkwV ist ein Wert von 25 °C als Grenzwert definiert.

Tab. 6.1.1: Temperatur (°C) im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Gesamt	3970	8	11	15	16	17	21	10,9	10,5
alte/neue Bundesländer									
alte Bundesländer	3148	7	11	15	16	16	19	10,7	10,4
neue Bundesländer	822	9	11	15	17	20	21	11,4	11,1
Versorgungsart									
Wasserwerksversorgte	3913	8	11	15	16	17	21	10,8	10,5
Eigenversorger	57	8	14	15	15	18	20	12,6	12,4
Gemeindegrößenklasse									
unter 20 000 Einwohner	1707	7	10	12	14	17	21	10,2	10,0
20 000 bis unter 100 000 Einw.	1016	7	12	16	16	16	19	12,0	11,6
100 000 und mehr Einwohner	1247	8	11	13	16	19	19	10,8	10,5

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Werte aus Wasserwerksproben bzw. Werte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92. Bundesrepublik Deutschland

Die ermittelte durchschnittliche Temperatur im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung beträgt 10,9 °C (Tab. 6.1.1) und liegt damit unterhalb des Grenzwertes der TrinkwV und im nach DIN 2000 empfohlenen Bereich. Die mittleren Temperaturen im Trinkwasser der alten und der neuen Ländern unterscheiden sich nicht wesentlich. Im Trinkwasser der Eigenversorger ist

die durchschnittliche Temperatur zwar etwas höher (12,6 °C gegenüber 10,8 °C bei Versorgung durch ein Wasserwerk), liegt jedoch auch im optimalen Bereich.

Die spezifische elektrische **Leitfähigkeit** kann als Maß für den Gesamtsalzgehalt eines Wassers herangezogen werden und eignet sich somit als Leit- und Summenparameter zur Ermittlung zeitlicher und räumlicher Änderungen des Salzgehaltes. Gemäß der TrinkwV soll die Leitfähigkeit im Trinkwasser nicht höher als 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sein.

Tab. 6.1.2: Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$) im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Gesamt	3970	250	560	940	990	1250	1950	571	504
alte/neue Bundesländer									
alte Bundesländer	3148	250	550	840	960	990	1270	544	492
neue Bundesländer	822	160	650	1150	1380	1530	1950	674	556
Versorgungsart									
Wasserwerksversorgte	3913	250	560	940	990	1250	1840	567	501
Eigenversorger	57	450	710	1360	1740	1930	1950	814	746
Gemeindegrößenklasse									
unter 20 000 Einwohner	1707	220	540	860	1030	1380	1950	550	467
20 000 bis unter 100 000 Einw.	1016	310	470	960	1050	1270	1840	544	491
100 000 und mehr Einwohner	1247	320	600	970	970	1110	1270	622	572

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Werte aus Wasserwerksproben bzw. Werte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Die durchschnittliche Leitfähigkeit im Trinkwasser der erwachsenen deutschen Bevölkerung beträgt 571 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tab. 6.1.2). Im Trinkwasser der Probanden der neuen Bundesländer liegt die Leitfähigkeit mit 674 $\mu\text{S}/\text{cm}$ etwas höher als bei den Probanden der alten Ländern (544 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Insgesamt liegen keine Überschreitungen des Grenzwertes vor.

Natürlich reines Trinkwasser soll gemäß der DIN 2000 ausreichend hohe **Sauerstoffgehalte** aufweisen (Sontheimer 1980). In der Tabelle 6.1.3 sind die mittleren Sauerstoffgehalte im Trinkwasser der erwachsenen deutschen Bevölkerung dargestellt. Der durchschnittliche Sauerstoffgehalt im Trinkwasser der Probanden in den neuen Ländern ist mit 6,35 g/m^3 geringer als im Trinkwasser der alten Länder (7,68 g/m^3). Besonders gering ist der Sauerstoffgehalt mit 2,37 g/m^3 bei Eigenversorgungsanlagen. Vor dem Hintergrund, daß bei Eigenversorgungsanlagen in der Regel das Trinkwasser ohne Aufbereitung genutzt wird, ist dieses Ergebnis plausibel. Es ist darauf hinzuweisen, daß derart niedrige Sauerstoffgehalte anaerobe Prozesse verursachen können, die von gesundheitlicher Bedeutung sind.

Tab. 6.1.3: Sauerstoffgehalt (g/m^3) im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Gesamt	3937	3,5	8,0	10,6	11,1	11,6	12,8	7,41	6,48
alte/neue Bundesländer									
alte Bundesländer	3148	4,0	8,2	10,6	11,3	11,6	12,8	7,68	6,94
neue Bundesländer	789	1,3	7,4	9,7	10,3	10,7	11,3	6,35	4,94
Versorgungsart									
Wasserwerksversorgte	3881	3,6	8,0	10,6	11,2	11,6	12,8	7,49	6,70
Eigenversorger	56	0,1	0,3	7,7	8,4	9,5	10,1	2,37	0,65
Gemeindegrößenklasse									
unter 20 000 Einwohner	1674	4,0	8,8	10,7	11,1	11,5	12,8	7,88	6,85
20 000 bis unter 100 000 Einw.	1016	3,2	7,4	10,8	11,6	11,6	11,6	6,86	5,54
100 000 und mehr Einwohner	1247	4,6	7,9	10,1	10,6	11,3	11,3	7,24	6,84

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

6.2 pH-Wert, Säure- und Basekapazität

Im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung wird ein durchschnittlicher pH-Wert von 7,66 ermittelt (Tab. 6.2.1). Die mittleren pH-Werte im Trinkwasser in den alten und neuen Ländern und in den drei Gemeindegrößenklassen liegen in der gleichen Größenordnung. Das Trinkwasser aus Eigenversorgungsanlagen weist im Vergleich zum Wasser aus einem Wasserwerk einen etwas geringeren mittleren pH-Wert auf (pH = 7,24 gegenüber pH = 7,67).

Die TrinkwV setzt einen tiefsten pH-Wert (pH = 6,5), der nicht unterschritten werden darf, und einen höchsten pH-Wert (pH = 9,5), der nicht zu überschreiten ist, fest. Bei insgesamt 1 % der erwachsenen deutschen Bevölkerung hat das Trinkwasser einen pH-Wert, der kleiner ist als 6,5. Unterschreitungen des unteren pH-Grenzwertes treten mit 4,9 % ausschließlich im Trinkwasser der Probanden aus den neuen Länder auf. 2,7 % der erwachsenen Bevölkerung steht ein Trinkwasser mit einem pH-Wert zur Verfügung, welcher die oberer Grenze der Trinkwasserverordnung überschreitet (3,5 % in den neuen Ländern und 2,5 % in den alten Ländern).

Zur Bestimmung des Kohlensäuresystems (Pufferung) wird die Säurekapazität bis pH 4,3 ($K_{S\ 4,3}$) und die Basekapazität bis pH 8,2 ($K_{B\ 8,2}$) nach DIN 38409/Teil 7 angewandt. Die Pufferung ($K_{S\ 4,3}$, $K_{B\ 8,2}$) und der pH-Wert sind wesentliche Parameter zur Beschreibung der Eigenschaften eines Wassers in korrosionschemischer Hinsicht. Besonders problematisch sind weiche, schwach gepufferte Wässer mit einem niedrigen pH-Wert. In solchen Wässern können sich keine schützenden Deckschichten ausbilden. Je geringer die Pufferkapazität ist, desto stärker werden Metallionen aus dem Rohrmaterial gelöst.

Tab. 6.2.1: pH-Wert im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM
Gesamt	3970	7,2	7,5	8,3	9,0	9,6	10,0	7,66	7,64
alte/neue Bundesländer									
alte Bundesländer	3148	7,2	7,5	8,3	9,0	9,5	9,7	7,68	7,66
neue Bundesländer	822	6,9	7,4	9,3	9,5	9,9	10,0	7,57	7,53
Versorgungsart									
Wasserwerksversorgte	3913	7,2	7,5	8,3	9,0	9,7	10,0	7,67	7,64
Eigenversorger	57	6,7	7,3	7,8	7,8	8,0	8,0	7,24	7,23
Gemeindegrößenklasse									
unter 20 000 Einwohner	1707	7,1	7,5	9,0	9,0	9,5	10,0	7,69	7,66
20 000 bis unter 100 000 Einw.	1016	7,2	7,6	8,1	8,6	8,8	9,9	7,65	7,64
100 000 und mehr Einwohner	1247	7,2	7,5	8,0	9,3	9,7	9,7	7,62	7,60

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Werte aus Wasserwerksproben bzw. Werte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

In den Tabellen 6.2.2 bis 6.2.7 sind pH-Werte in Kombination mit den $K_{S\ 4,3}$ - und $K_{B\ 8,2}$ -Werten im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung dargestellt. Es wird deutlich, daß die erwachsene Bevölkerung der neuen Länder öfter saure und schwach gepufferte Trinkwässer erhält als die Probanden der alten Länder in der vergleichbaren Klasse (z.B. pH-Wert unter 7 und $K_{S\ 4,3}$ unter 2 mmol/l). Diese "agressiven" Eigenschaften des Wassers begründen, warum im Trinkwasser der Bevölkerung der neuen Länder häufiger höhere Metallgehalte zu finden sind als im Trinkwasser der alten Länder (vgl. Kap. 5.1 und 5.2).

Tab. 6.2.2: Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Säurekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung (N=3970)

pH	Säurekapazität bis pH 4,3						Gesamt
	0 bis 1 mmol/l	>1 bis 2 mmol/l	>2 bis 3 mmol/l	>3 bis 4 mmol/l	>4 bis 5 mmol/l	>5 mmol/l	
pH < 6,5	1,0%						1,0%
pH 6,5 bis <7,0	0,3%	0,7%			0,2%	0,7%	1,9%
pH 7,0 bis <7,5	0,3%	2,9%	5,9%	9,0%	10,5%	16,9%	45,6%
pH 7,5 bis <8,2	0,9%	7,8%	14,2%	8,8%	4,3%	2,8%	38,8%
pH 8,2 bis <8,9	0,5%	4,1%	0,3%	0,1%			5,0%
pH 8,9 bis 9,5	4,9%						4,9%
pH >9,5	2,0%	0,7%					2,7%
Gesamt	9,9%	16,2%	20,4%	18,0%	15,0%	20,4%	100,0%

Anmerkungen: Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 6.2.3: Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Säurekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten Bundesländer (N=3148)

pH	Säurekapazität bis pH 4,3						Gesamt
	0 bis 1 mmol/l	>1 bis 2 mmol/l	>2 bis 3 mmol/l	>3 bis 4 mmol/l	>4 bis 5 mmol/l	>5 mmol	
pH < 6,5							0,0%
pH 6,5 bis <7,0		0,1%					0,1%
pH 7,0 bis <7,5		2,5%	6,6%	9,6%	11,7%	16,9%	47,3%
pH 7,5 bis <8,2		8,8%	15,9%	7,3%	4,9%	3,3%	40,3%
pH 8,2 bis <8,9	0,1%	5,1%	0,3%	0,2%			5,8%
pH 8,9 bis 9,5	4,1%						4,1%
pH >9,5	1,6%	0,9%					2,5%
Gesamt	5,8%	17,4%	22,9%	17,1%	16,6%	20,2%	100,0%

Anmerkungen: Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/91, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 6.2.4: Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Säurekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der neuen Bundesländer (N=822)

pH	Säurekapazität bis pH 4,3						Gesamt
	0 bis 1 mmol/l	>1 bis 2 mmol/l	>2 bis 3 mmol/l	>3 bis 4 mmol/l	>4 bis 5 mmol/l	>5 mmol/l	
pH < 6,5	4,8%						4,8%
pH 6,5 bis <7,0	1,6%	3,1%	0,1%		1,0%	3,2%	9,0%
pH 7,0 bis <7,5	1,5%	4,7%	3,2%	6,6%	5,9%	17,3%	39,2%
pH 7,5 bis <8,2	4,1%	3,6%	7,8%	14,6%	2,1%	0,9%	33,1%
pH 8,2 bis <8,9	1,8%	0,3%					2,1%
pH 8,9 bis 9,5	8,2%						8,2%
pH >9,5	3,5%						3,5%
Gesamt	25,6%	11,8%	11,1%	21,2%	9,0%	21,3%	100,0%

Anmerkungen: Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1991/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 6.2.5: Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Basekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung (N=3950)

pH	Basekapazität bis pH 8,2						Gesamt
	<0 mmol/l	0 bis 0,25 mmol/l	>0,25 bis 0,50 mmol/l	>0,50 bis - 0,75 mmol/l	>0,75 bis 1,00 mmol/l	>1,00 mmol/l	
pH < 6,5		0,2%	0,2%	0,2%		0,3%	1,0%
pH 6,5 bis <7,0			1,0%			0,9%	1,9%
pH 7,0 bis <7,5		5,5%	18,8%	9,1%	4,9%	7,5%	45,9%
pH 7,5 bis <8,2		32,3%	4,7%	1,5%			38,5%
pH 8,2 bis <8,9	5,0%						5,0%
pH 8,9 bis 9,5	5,0%						5,0%
pH >9,5	2,7%						2,7%
Gesamt	12,7%	38,1%	24,7%	10,8%	5,0%	8,7%	100,0%

Anmerkungen: Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 6.2.6: Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Basekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten Bundesländer (N=3148)

pH	Basekapazität bis pH 8,2						Gesamt
	<0 mmol/l	0 bis 0,25 mmol/l	>0,25 bis 0,50 mmol/l	>0,50 bis - 0,75 mmol/l	>0,75 bis 1,00 mmol/l	>1,00 mmol/l	
pH < 6,5							0,0%
pH 6,5 bis <7,0						0,1%	0,1%
pH 7,0 bis <7,5		5,6%	20,4%	9,7%	5,7%	5,9%	47,3%
pH 7,5 bis <8,2		33,5%	4,9%	1,8%			40,3%
pH 8,2 bis <8,9	5,8%						5,8%
pH 8,9 bis 9,5	4,1%						4,1%
pH >9,5	2,5%						2,5%
Gesamt	12,3%	39,1%	25,3%	11,5%	5,7%	6,0%	100,0%

Anmerkungen: Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/91, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 6.2.7: Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Basekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der neuen Bundesländer (N=802)

pH	Basekapazität bis pH 8,2						Gesamt
	<0 mmol/l	0 bis 0,25 mmol/l	>0,25 bis 0,50 mmol/l	>0,50 bis - 0,75 mmol/l	>0,75 bis 1,00 mmol/l	>1,00 mmol/l	
pH < 6,5		1,0%	1,2%	1,2%		1,5%	4,9%
pH 6,5 bis <7,0		0,1%	4,7%		0,2%	4,1%	9,2%
pH 7,0 bis <7,5		5,3%	12,3%	6,7%	2,0%	13,9%	40,2%
pH 7,5 bis <8,2		27,6%	3,9%				31,5%
pH 8,2 bis <8,9	2,2%						2,2%
pH 8,9 bis 9,5	8,5%						8,5%
pH >9,5	3,6%						3,6%
Gesamt	14,2%	34,0%	22,1%	7,9%	2,3%	19,5%	100,0%

Anmerkungen: Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1991/92, Bundesrepublik Deutschland

6.3 Wasserhärte

Im Zusammenhang mit der Wasserhärte werden verschiedene Angaben verwendet, die in Tabelle 6.3.1 gegenübergestellt sind.

Tab. 6.3.1: Angaben der Wasserhärte

Härtebereich	Gesamthärte in mmol/l	Härtegrad in °dH	Bezeichnung des Härtebereichs
1	bis 1,3	0 - 7	weich
2	1,3 - 2,5	7 - 14	mittel
3	2,5 - 3,8	14 - 21	hart
4	über 3,8	über 21	sehr hart

Für die folgenden Auswertungen wurden für die Berechnungen der Wasserhärte die ermittelten Calcium- und Magnesiumkonzentrationen in den häuslichen Trinkwässern (Mittelwerte aus Spontan- und Stagnationsprobe) zugrunde gelegt.

Im Trinkwasser der erwachsenen deutschen Bevölkerung beträgt die mittlere Gesamthärte 2,17 mmol/l (Tab. 6.3.2). Die berechneten mittleren Gesamthärten in den alten und den neuen Ländern liegen in der gleichen Größenordnung. Eigenversorger erhalten im Vergleich zu wasserwerksversorgten Probanden signifikant härteres Trinkwasser. Ebenso ist eine Erhöhung der Härte in Abhängigkeit von der Gemeindegrößenklasse statistisch nachweisbar. Mit steigender Einwohnerzahl in der Gemeinde nimmt die Härte des Trinkwassers zu.

Der Tabelle 6.3.3 ist zu entnehmen, daß in den Haushalten von ca. 50 % der erwachsenen deutschen Bevölkerung hartes bis sehr hartes Trinkwasser (Härtebereich 3 und 4) zur Verfügung steht. In den neuen Ländern ist der Anteil mit ca. 62 % höher als in den alten Bundesländern (46 %).

Die Tabelle 6.3.4 zeigt die von der Korrosion beeinflussten Elementgehalte (Blei, Cadmium, Eisen, Kupfer, Zink) sowie die Calcium-, Magnesium- und Natriumgehalte im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung in Abhängigkeit vom Härtebereich.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß mit zunehmender Härte auch die Metallgehalte im Trinkwasser ansteigen. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht durch den Gehalt an Härtebildnern (Ca und Mg) zu erklären, sondern mit dem Pufferungsvermögen des jeweiligen Wassers (Säure-/Basekapazität). Der Zusammenhang ist nur indirekt bedingt, da in natürlichen Wässern Kohlensäure und entsprechende Anionen überwiegend an die Kationen Calcium und Magnesium gebunden sind, so daß mit zunehmender Härte in der Regel auch die Pufferung (zunehmende Säure-/Basekapazität) zunimmt. Daraus folgt, daß harte Wässer gleichzeitig auch gut gepufferte Wässer sind. Analog stellen weiche Wässer schwach gepufferte Wässer dar.

Die Calcium- und Magnesiumgehalte steigen mit zunehmender Härte an. In natürlichen Wässern steigt geogen bedingt der Natriumgehalt im Wasser analog zum Gehalt an Härtebildner (Ca und Mg), so daß ein Zusammenhang zwischen der Höhe des Natriumgehaltes und dem Härtebereich ebenfalls zu erwarten ist.

Der genannte Zusammenhang ist für die im Wasser der Wasserwerke gemessenen Elemente in Tabelle 6.3.5 dargestellt.

Tab. 6.3.2: Gesamthärte (mmol/l) im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	4012	0,9	2,5	4,2	4,8	5,5	11,0	2,56	2,17	2,13 - 2,21
alte/neue Bundesländer										
alte Bundesländer	3181	0,9	2,4	3,9	4,5	4,9	5,7	2,45	2,14	2,09 - 2,18
neue Bundesländer	831	0,7	2,9	5,4	6,7	8,5	11,0	3,00	2,30	2,18 - 2,44
Versorgungsart *										
Wasserwerksversorgte	3932	0,9	2,5	4,1	4,7	5,4	10,0	2,54	2,15	2,11 - 2,20
Eigenversorger	60	1,7	3,3	5,9	7,9	9,8	11,0	3,65	3,27	2,90 - 3,69
Gemeindegrößenklasse *										
unter 20 000 Einwohner	1725	0,7	2,5	4,8	5,1	7,2	11,0	2,66	2,09	2,01 - 2,16
20 000 bis unter 100 000 Einw.	1027	1,0	2,3	3,8	4,3	4,6	7,9	2,35	2,11	2,05 - 2,18
100 000 und mehr Einwohner	1260	1,4	2,8	3,7	4,0	4,5	6,4	2,60	2,34	2,27 - 2,41

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 6.3.3: Härtebereiche im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung (Angaben in %)

	N	Härtebereich 1	Härtebereich 2	Härtebereich 3	Härtebereich 4
Gesamt	4012	18,2 %	32,1 %	34,8 %	14,9 %
alte/neue Bundesländer *					
alte Bundesländer	3181	17,7 %	35,8 %	34,3 %	12,2 %
neue Bundesländer	831	20,2 %	17,7 %	37,0 %	25,1 %

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) abhängig von der Zielvariablen nach Pearsons χ^2 -Test für Kontingenztafeln; die Summe der Prozentzahlen ist in jeder Zeile 100

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 6.3.4: Elementgehalte im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, nach Härtebereichen unterteilt

	N	Härtebereich 1		Härtebereich 2		Härtebereich 3		Härtebereich 4	
		GM	(N)	GM	(N)	GM	(N)	GM	(N)
Spontanprobe									
Blei (µg/l)*	3983	0,66	(725)	0,56	(1275)	0,73	(1392)	1,17	(591)
Cadmium (µg/l)	3983	0,060	(725)	0,060	(1275)	0,064	(1392)	0,056	(591)
Eisen (µg/l)*	3978	43	(725)	48	(1272)	65	(1391)	80	(590)
Kupfer (µg/l)*	3985	34	(725)	78	(1275)	74	(1394)	55	(591)
Zink (µg/l)*	3985	89	(725)	175	(1275)	348	(1394)	460	(591)
Stagnationsprobe									
Blei (µg/l)*	4000	0,92	(727)	0,87	(1283)	1,35	(1396)	1,76	(594)
Cadmium (µg/l)*	3999	0,089	(727)	0,095	(1283)	0,124	(1395)	0,113	(594)
Eisen (µg/l)*	3995	60	(724)	58	(1283)	89	(1396)	108	(592)
Kupfer (µg/l)*	4000	47	(727)	120	(1283)	125	(1396)	86	(594)
Zink (µg/l)*	3997	185	(724)	338	(1283)	722	(1396)	952	(594)
Spontan-/Stagnationsprobe									
Calcium (mg/l)*	4011	22,1	(729)	60,1	(1286)	98,9	(1400)	139,4	(596)
Magnesium (mg/l)*	4011	3,9	(729)	8,1	(1286)	13,5	(1400)	26,6	(596)
Natrium (mg/l)*	4011	8,9	(729)	17,5	(1286)	18,9	(1400)	18,4	(596)

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; GM = geometrisches Mittel; * = Unterschiede der geometrischen Mittelwerte der Elementgehalte zwischen den Härtebereichen sind signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 6.3.5: Substanzgehalte im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, nach Härtebereichen unterteilt

	N	Härtebereich 1		Härtebereich 2		Härtebereich 3		Härtebereich 4	
		GM	(N)	GM	(N)	GM	(N)	GM	(N)
Elemente									
Aluminium (µg/l)	3968	13,7	(860)	2,8	(1297)	2,8	(1348)	3,3	(463)
Barium (µg/l)	3968	32,9	(860)	35,0	(1297)	59,9	(1348)	109,2	(463)
Bor (µg/l)	3968	13,1	(860)	26,6	(1297)	26,5	(1348)	30,1	(463)
Kalium (µg/l)	3969	2,1	(860)	2,4	(1298)	2,7	(1348)	3,3	(463)
Mangan (µg/l)	3968	1,8	(860)	0,7	(1297)	0,5	(1348)	1,5	(463)
Nickel (µg/l)	3968	0,70	(860)	0,48	(1297)	0,57	(1348)	0,69	(463)
Phosphor (µg/l)	3322	43	(857)	45	(1073)	<40	(1013)	<40	(379)
Strontium (µg/l)	3968	73	(860)	258	(1297)	321	(1348)	589	(463)
Anionen									
Chlorid (mg/l)	3966	14,4	(860)	22,4	(1298)	40,4	(1348)	56,4	(460)
Nitrat (mg/l)	3966	5,9	(860)	4,9	(1298)	9,2	(1348)	12,3	(460)
Sulfat (mg/l)	3966	21,3	(860)	37,2	(1298)	56,0	(1348)	113,8	(460)

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; GM = geometrisches Mittel; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelversorgern

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

7 Ergänzende Auswertungen

Im diesem Kapitel werden die Ergebnisse einiger ergänzender Auswertungen beschrieben. Diese betreffen zunächst die Abschätzungen der konsumierten Trinkwasservolumina aus Fragebogenangaben, die, multipliziert mit den gemessenen Stoffgehalten im Trinkwasser, eine Abschätzung der Stoffzufuhren ermöglichen. Außerdem wurden Auswertungen der Probandenangaben zur Wasserhärte, zur Trinkwasserqualität und zur Verwendung von Ersatzwasser durchgeführt. Alle Auswertungen beziehen sich auf die 25- bis 69jährigen Erwachsenen der Bundesrepublik.

7.1 Abschätzung der konsumierten Trinkwasservolumina

Die im folgenden deskribierten Trinkwasservolumina wurden aus den Fragebogenangaben (Umwelt-Fragebogen) der Probanden ermittelt. Diese sollten die folgende Frage beantworten:

Welche Menge Leitungswasser nehmen Sie im Durchschnitt an einem Tag in den folgenden Formen zu sich ?

Bei der Beantwortung der Frage sollte nach Wasser aus Leitungen des Haushaltes und aus anderen Leitungen unterschieden werden.

Als Anwendungsformen wurden vorgegeben:

Tassen Kaffee, Tassen/Gläser Tee, Gläser Saft aus Leitungswasser und Saftkonzentrat oder ähnliche Zubereitungen, Tassen/Teller Suppe und Gläser pures Leitungswasser.

Für die Auswertung der Volumina wurden diesen Angaben bestimmte Portionsgrößen zugeordnet. Eine Tasse Kaffee bzw. eine Tasse/ein Glas Tee wurden mit einem Füllvolumen von 125 ml, ein Glas Saft bzw. ein Glas pures Leitungswasser mit 150 ml und eine Tasse/Teller Suppe mit 250 ml berücksichtigt. Angaben von weniger als einem Glas/Tasse/Teller (z.B. für die Einnahme von Medikamenten) wurden bei der Berechnung als halbes Glas/Tasse/Teller berücksichtigt. Bei zwei Probanden lagen unglaubliche Angaben (z.B. 23 Teller Suppe) vor, diese wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Die Definition der Gefäßvolumina wurde aus Angaben anderer Studien und aus der Literatur unter Berücksichtigung der damit verbundenen Erfahrungen, insbesondere zu Füllvolumina, festgelegt.

In den Tabellen sind die Verteilungen der konsumierten Volumina aus Leitungen des eigenen Haushaltes (Tab. 7.1.1), Leitungen außerhalb des eigenen Haushaltes (Tab. 7.1.2) und die Verteilung der resultierenden Gesamtvolumina (Tab. 7.1.3) dargestellt.

**Tab. 7.1.1: Konsumierte Trinkwasservolumina aus Leitungen des Haushalts
(ml pro Tag) - 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung**

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM	KI AM
Deutschland	4018	250	630	1250	1500	1880	5050	715	700 - 729
Alte/Neue Bundesländer *									
Alte Bundesländer	3186	250	630	1300	1630	2050	5050	732	715 - 749
Neue Bundesländer	833	250	630	1030	1250	1450	3000	649	627 - 671
Geschlecht *									
Männer	1962	250	630	1250	1500	1880	4000	677	657 - 698
Frauen	2057	250	650	1250	1550	2000	5050	750	730 - 770
Lebensalter *									
25-29 Jahre	541	130	500	1190	1500	1750	2530	595	558 - 632
30-39 Jahre	955	250	630	1280	1630	2050	4000	701	670 - 732
40-49 Jahre	834	250	630	1250	1500	2050	3750	701	668 - 734
50-59 Jahre	948	250	630	1250	1500	1750	5050	738	710 - 766
60-69 Jahre	740	380	750	1250	1500	1830	4500	805	774 - 836
Berufstätigkeit *									
berufstätig	2638	250	590	1250	1500	1800	4000	660	643 - 677
nicht berufstätig	1238	380	750	1380	1630	2050	5050	829	802 - 855

Anmerkungen: N – Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 – Perzentile; MAX – Maximalwert; AM – arithmetisches Mittel; KI AM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für AM; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1;

zur Abschätzung der konsumierten Trinkwasservolumina siehe Kap. 7.1
Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.1.2: Konsumierte Trinkwasservolumina aus Leitungen außerhalb des Haushalts (ml pro Tag) - 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM	KI AM
Deutschland	4018	<10	130	630	750	1000	3000	205	196 - 214
Alte/Neue Bundesländer									
Alte Bundesländer	3186	<10	130	630	800	1200	3000	211	200 - 222
Neue Bundesländer	833	<10	130	500	630	750	1880	183	167 - 199
Geschlecht *									
Männer	1962	<10	130	750	880	1250	3000	254	240 - 269
Frauen	2057	<10	<10	500	630	880	1630	158	148 - 169
Lebensalter *									
25-29 Jahre	541	<10	250	690	880	1250	2250	278	251 - 305
30-39 Jahre	955	<10	250	750	1000	1250	1880	285	264 - 307
40-49 Jahre	834	<10	250	630	750	1000	3000	252	230 - 273
50-59 Jahre	948	<10	<10	500	630	880	1880	155	140 - 171
60-69 Jahre	740	<10	<10	250	380	630	1250	60	49 - 71
Berufstätigkeit *									
berufstätig	2638	<10	250	750	880	1250	3000	281	268 - 293
nicht berufstätig	1238	<10	<10	250	380	500	1200	64	56 - 71

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; KI AM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für AM; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; zur Abschätzung der konsumierten Trinkwasservolumina siehe Kap. 7.1

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.1.3: Konsumierte Trinkwasservolumen aus Leitungen des Haushalts und anderen Leitungen (ml pro Tag) - 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM	KI AM
Deutschland	4018	380	830	1530	1880	2450	5240	920	903 - 936
Alte/Neue Bundesländer *									
Alte Bundesländer	3186	380	880	1630	2000	2500	5240	943	923 - 962
Neue Bundesländer	833	500	750	1250	1480	1750	3000	832	808 - 855
Geschlecht									
Männer	1962	380	880	1630	1900	2500	4000	932	907 - 956
Frauen	2057	380	810	1500	1830	2330	5240	908	886 - 930
Lebensalter *									
25-29 Jahre	541	250	750	1530	2000	2500	4000	873	826 - 921
30-39 Jahre	955	380	880	1750	2130	2690	4000	986	949 - 1023
40-49 Jahre	834	380	880	1630	1950	2500	3810	953	915 - 991
50-59 Jahre	948	380	800	1500	1750	2130	5240	893	863 - 924
60-69 Jahre	740	380	750	1380	1680	2150	4500	865	832 - 898
Berufstätigkeit									
berufstätig	2638	380	880	1630	1930	2500	4000	941	920 - 962
nicht berufstätig	1238	380	780	1500	1750	2250	5240	892	864 - 920

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; KI AM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für AM; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; zur Abschätzung der konsumierten Trinkwasservolumina siehe Kap. 7.1

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Im eigenen Haushalt nehmen 25- bis 69jährige Personen gemäß ihren Angaben im Fragebogen im Mittel täglich 715 ml Leitungswasser zu sich (Tab. 7.1.1). Erwachsene der alten Bundesländer nehmen ein signifikant größeres Volumen zu sich als Erwachsene der neuen Bundesländer (732 ml/Tag gegenüber 649 ml/Tag).

Frauen konsumieren im eigenen Haushalt ein signifikant größeres Volumen als Männer (750 ml/Tag gegenüber 677 ml/Tag). Außerdem nimmt der Verzehr von Leitungswasser mit dem Lebensalter zu. Berufstätige konsumieren im Vergleich zu Nichtberufstätigen deutlich weniger Trinkwasser im eigenen Haushalt (660 ml/Tag gegenüber 829 ml/Tag).

In der untersuchten Population sind Frauen weniger häufig berufstätig (Anhang 10.2). Untersucht man den Zusammenhang zwischen dem verzehrten Trinkwasservolumen im eigenen Haushalt und dem Geschlecht jeweils in den Teilpopulationen der Berufstätigen und der Nichtberufstätigen, so ist das Geschlecht kein signifikantes Gliederungsmerkmal. Mit zunehmendem Alter nimmt die Häufigkeit der Berufstätigkeit ab. Die Zunahme der verzehrten Trinkwasservolumina im eigenen Haushalt mit dem Lebensalter dürfte somit auf die mit dem Lebensalter abnehmende Häufigkeit der Berufstätigkeit zurückzuführen sein. Die in den alten und neuen Bundesländern unterschiedlichen Trinkwasservolumina sind möglicherweise ebenfalls durch den jeweiligen Anteil an berufstätigen Frauen zu erklären, da zum Zeitpunkt der Erhebung Frauen der alten Bundesländer weniger häufig berufstätig waren als Frauen der neuen Bundesländer (58,8 % gegenüber 65,0 % der erwachsenen Bevölkerung).

Kein Zusammenhang ergibt sich zwischen dem konsumierten Trinkwasservolumen im eigenen Haushalt und der Versorgungsart, der Beurteilung der Wasserqualität, der Gemeindegrößenklasse und dem Wohngebiet.

Außerhalb des eigenen Haushaltes wird von der Bevölkerung im Mittel ein Trinkwasservolumen von 205 ml/Tag zu sich genommen (Tab. 7.1.2). Frauen verzehren außerhalb des Hauses signifikant weniger Trinkwasser als Männer und Nichtberufstätige signifikant weniger als Berufstätige. Erwachsene der alten und der neuen Bundesländer nehmen außerhalb des Hauses keine deutlich unterschiedliche Trinkwassermenge zu sich.

Das tägliche durchschnittliche Trinkwasservolumen, welches **innerhalb und außerhalb des Haushaltes** zu sich genommen wird, beträgt 920 ml (Tab. 7.1.3). Probanden der alten Bundesländern geben im Vergleich zu Probanden der neuen Bundesländer einen höheren Konsum an. Für Männer und Frauen sowie für Berufstätige und Nichtberufstätige ergibt sich kein stark unterschiedlicher täglicher Trinkwasserkonsum. Von der Altersklasse der 30- bis 39jährigen wird der höchste Verbrauch angegeben.

Im Rahmen des Umwelt-Surveys wurde bei einem Subkollektiv von 318 Probanden der alten Bundesländer eine Ernährungserhebung durchgeführt. Diese bestand aus einem **Diet History-Interview** und einer **24h-Duplikatstudie** mit zugehöriger 24h-Protokollierung (Becker et al. 1996). Das Interview bezog sich auf den durchschnittlichen Nahrungsmittelkonsum einschließlich der Getränke

innerhalb der letzten 4 Wochen. Die verschiedenen Lebensmittel und Getränke wurden auf individueller Ebene nach dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS) codiert. Die den Trinkwasserkonsum betreffenden Angaben (Codes) wurden zusammengefaßt. Es ergibt sich in Bezug auf die Dietary History-Befragung eine mittlere Trinkwasserzufuhr von 660 ml/Tag. Die in gleicher Weise durchgeführte Auswertung der 24h-Duplikaterhebung ergab eine mittlere Zufuhr von 732 ml/Tag.

Nach den Angaben derselben 318 Probanden auf die Frage des Umwelt-Fragebogens des Umwelt-Surveys: *"Welche Menge Leitungswasser nehmen Sie im Durchschnitt an einem Tag zu sich?"* ergibt sich eine mittlere Trinkwasserzufuhr von 926 ml/Tag, die sich zwar nicht wesentlich von der Angabe des Gesamtkollektivs (N= 4018) mit 920 ml/Tag unterscheidet, aber gegenüber dem Ergebnis der Dietary History- bzw. der Duplikaterhebung deutlich höher ausfällt.

Zur Auswertung stand außerdem eine Frage aus dem Gesundheitsfragebogen des Umwelt-Surveys zur Verfügung. Dort wurde nach der durchschnittlichen täglichen Aufnahme von verschiedenen Getränken, u.a. Kaffee und Tee, gefragt. Als Antwortmöglichkeiten waren verschiedene Kategorien vorgegeben (< 1 Tasse, 1-2 T., 3-4 T., 5-6 T., > 6 Tassen). Um diese Angaben in Mengen umzurechnen, mußten nicht nur wie im Umweltfragebogen Portionsgrößen definiert werden (z.B. 1 Tasse=150 ml), sondern zusätzlich den Kategorien selbst eindeutige Anzahlenmengen zugeordnet werden. In der ersten Variante wurde als Anzahl die Klassenmitte angesetzt (0,5 für <1 Tasse), in der zweiten die Klassenobergrenze (2 für 1-2 Tassen).

Für die Probanden der Duplikatstudie (n=318) kann festgestellt werden, daß die Angaben zum Tee- und Kaffeekonsum bei den unterschiedlichen Formen der Erhebungen zu einem ähnlichen Ergebnis führen (Duplikaterhebung: 229 ml/Tag, Diet-History: 187 ml/Tag, Umwelt-Fragebogen: 248 ml/Tag und Gesundheitsfragebogen: 208 ml bzw. 256 ml je nach Umrechnung der kategorisierten Angaben).

Beim Kaffeekonsum ergibt sich für die 318 Probanden der Duplikatstudie das folgende Ergebnis: Duplikaterhebung: 464 ml/Tag, Diet-History: 450 ml/Tag, Umwelt-Fragebogen: 523 ml/Tag und Gesundheitsfragebogen: 356 ml bzw. 430 ml je nach Umrechnung der kategorisierten Angaben. Die Angabe aus dem Umwelt-Fragebogen fällt deutlich höher aus als die Angaben der anderen Erhebungsmethoden. Kategorisiert man die Angaben aus dem Umwelt-Fragebogen genauso wie im Gesundheitsfragebogen (< 1 Tasse, 1-2 T., 3-4 T., 5-6 T., > 6 Tassen), so sind die Klassen mit hohem Kaffeekonsum im Umwelt-Fragebogen deutlich stärker besetzt als im Gesundheitsfragebogen. Dies läßt die Vermutung zu, daß im Umweltfragebogen der eigene Kaffeekonsum von den Probanden überschätzt wird. Ein Grund dafür kann in der Frage vorgenommene Unterscheidung zwischen zu Hause und außer Haus konsumierten Kaffees bestehen.

Die Zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien (ZEBS) geht bei Zufuhrberechnungen von einem täglichen Trinkwasserkonsum von 0,65 l/Tag für Männer bzw. 0,55 l/Tag für Frauen aus (ZEBS 1990). Diese Volumina liegen eher in der Größenordnung, wie sie in der Dietary History-Befragung und der Auswertung der 24h-Protokolle ermittelt wurden.

Insgesamt zeigen die vorliegenden Ergebnisse, daß weiterer Forschungsbedarf zur Erfassung der von der Bevölkerung konsumierten Trinkwassermenge besteht, insbesondere im Hinblick auf die Expositionsabschätzung zu Stoffzufuhren über den Trinkwasserpfad.

7.2 Abschätzung der Stoffzufuhr durch das häusliche Trinkwasser

Zur Abschätzung der mit dem häuslichen Trinkwasser zugeführten Stoffmengen wurden die von dem Probanden im Umwelt-Fragebogen angegebenen Trinkwasservolumina (Kap. 7.1) mit dem analytisch ermittelten Stoffgehalt in seinem häuslichen Trinkwasser multipliziert.

Für die Berechnungen wurde bei den im Haushalt bestimmten Elementen (Blei, Cadmium, Kupfer, Eisen und Zink) der Mittelwert der Stoffgehalte von Spontan- und Stagnationsprobe herangezogen. Die Auswertung wurde auf die aus toxikologischer Sicht interessierenden Elemente Aluminium, Nickel und Mangan sowie auf Nitrat ausgedehnt, die im Wasser der Wasserwerke bestimmt wurden.

Zunächst ist darauf hinzuweisen, daß diese Abschätzung nur für das häusliche Trinkwasser gültig ist und die Exposition über das gesamte zugeführte Trinkwasser nicht erfaßt wird. Die der Abschätzung zugrunde gelegte Berechnung, d.h. die Mittelwertbildung aus Spontan- und Stagnationsprobe, ist bei dem vorliegenden Datenmaterial die zu bevorzugende Methode. Zum einen wird der „worst-case“-Fall der Stagnation und zum anderen werden mit der Spontanprobe die Entnahmegewohnheiten der Probanden berücksichtigt.

Zur Beschreibung der mittleren Aufnahmemengen wird im folgenden der Median verwendet. Eine Berechnung des geometrischen Mittelwertes ist wegen der häufigen Angabe eines Konsums von 0 ml Leitungswasser nicht möglich, und der arithmetische Mittelwert würde zu einer Überschätzung der aufgenommenen Schadstoffmenge führen.

Für die 25- bis 69jährige Bevölkerung der Bundesrepublik ergibt sich nach der oben beschriebenen Vorgehensweise eine mittlere Blei-, Cadmium-, Eisen-, Kupfer- und Zinkzufuhr (Median) mit dem häuslichen Trinkwasser von 0,6 µg/Tag, 0,06 µg/Tag, 40 µg/Tag, 50 µg/Tag und 220 µg/Tag (Tab. 7.2.1 bis 7.2.5). Die mittlere Zufuhr an Aluminium beträgt 2 µg/Tag, an Nickel <0,5 µg/Tag, an Mangan 0,4 µg/Tag und an Nitrat 5 mg/Tag (Tab. 7.2.6 bis 7.2.9).

Wesentliche Zusammenhänge ergeben sich zwischen den ermittelten Zufuhren und dem jeweiligen Material der Hausinstallationen. Ist z.B. Blei als Installationsmaterial im Haushalt vorhanden, so ergibt sich für dieses Metall eine Zufuhr von 4,9 µg/Tag im Vergleich zu 0,6 µg/Tag für Personen, in deren Haushalten keine Bleirohre vorhanden sind. Ein Effekt in die gleiche Richtung ergibt sich für die Kupferzufuhr bei Installationsmaterialien aus Kupfer und für Cadmium-, Eisen- und Zinkzufuhr bei Verwendung von Eisen- oder verzinkten Stahlrohren im Wasserleitungssystem. Personen, die ihr Trinkwasser aus einem eigenen Brunnen beziehen (Eigenversorger), weisen gegenüber Personen, die über die Wasserwerke versorgt werden, eine deutlich höhere Eisen- und Zinkzufuhr auf.

In den neuen Bundesländern ergeben sich im Vergleich zu den alten Bundesländern höhere Blei-, Eisen- und Zinkzufuhren sowie eine geringere mittlere Kupfer- und Nitratzufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser. Auch die resultierenden Aluminium- und Manganzufuhren sind in den neuen

Bundesländern höher. Diese Tendenzen entsprechen, vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Stoffgehalte im Trinkwasser der alten und der neuen Bundesländer, den Erwartungen.

Nichtberufstätige nehmen mehr häusliches Trinkwasser auf, so daß die höheren Stoffzufuhren bei diesen Personen plausibel erscheinen. Für alle hier behandelten Stoffe liegt eine mit dem Lebensalter zunehmende Zufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser vor. Auch das ist vor dem Hintergrund, daß mit zunehmendem Alter das zugeführte Trinkwasservolumen im Haushalt ansteigt, plausibel (vgl. Kap. 7.1)

Tab. 7.2.1: Tägliche Bleizufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser (μg pro Tag)

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM
Deutschland	4009	0,1	0,6	4,4	9,4	26,1	2525,0	5,36
Alte/Neue Bundesländer								
Alte Bundesländer	3179	0,1	0,6	3,1	5,5	12,1	332,6	1,76
Neue Bundesländer	831	0,2	1,1	15,1	61,9	195,2	2525,0	19,14
Berufstätigkeit								
berufstätig	2632	0,1	0,6	4,1	8,7	24,4	943,4	3,54
nicht berufstätig	1236	0,1	0,7	4,7	10,6	30,4	2525,0	7,04
Berufstätigkeit (alte Bundesländer)								
berufstätig	2103	0,1	0,5	3,0	5,5	11,8	82,3	1,56
nicht berufstätig	1015	0,1	0,6	3,3	5,4	14,2	332,6	2,22
Berufstätigkeit (neue Bundesländer)								
berufstätig	529	0,1	1,0	13,7	48,8	121,2	943,4	11,40
nicht berufstätig	221	0,2	1,5	22,0	76,8	294,0	2525,0	29,14
Geschlecht								
Männer	1957	0,1	0,6	4,5	11,0	26,1	2525,0	5,63
Frauen	2052	0,1	0,6	4,4	8,1	28,2	1955,0	5,11
Geschlecht (alte Bundesländer)								
Männer	1558	0,1	0,5	3,0	5,3	14,2	332,6	1,81
Frauen	1621	0,1	0,6	3,2	5,5	10,7	82,3	1,72
Geschlecht (neue Bundesländer)								
Männer	400	0,2	1,2	17,4	63,1	165,1	2525,0	20,52
Frauen	431	0,2	1,0	12,7	56,3	206,9	1955,0	17,86
Lebensalter								
25-29 Jahre	540	0,1	0,6	3,7	7,9	33,9	130,3	2,63
30-39 Jahre	953	0,1	0,6	4,6	10,5	22,1	2518,7	5,86
40-49 Jahre	832	0,1	0,6	4,9	8,9	28,7	603,4	4,63
50-59 Jahre	946	0,1	0,6	4,0	8,8	17,9	943,4	4,22
60-69 Jahre	739	0,1	0,7	4,7	11,9	48,9	2525,0	9,02
Material der Wasserleitungen ¹								
nicht aus Blei	2508	0,1	0,6	3,8	6,6	15,1	2525,0	4,12
ganz oder teilweise aus Blei	192	0,3	4,9	74,1	197,7	523,4	2518,7	44,56
Versorgungsart								
Wasserwerksversorgte	3929	0,1	0,6	4,4	9,3	25,6	2525,0	5,40
Eigenversorger	60	0,2	0,8	4,7	14,2	24,5	56,3	2,91

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; Zielvariable ist der gemittelte Bleigehalt aus Spontan- und Stagnationsprobe. Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1. zur Abschätzung der konsumierten Trinkwassermenge siehe Kap. 7.1.

¹ = Gliederung basiert auf nicht nachgeprüften Angaben der Probanden

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.2.2: Tägliche Cadmiumzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser (μg pro Tag)

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM
Deutschland	4009	<0,02	0,06	0,36	0,63	1,01	44,75	0,168
Alte/Neue Bundesländer								
Alte Bundesländer	3179	<0,02	0,05	0,34	0,58	0,96	44,75	0,161
Neue Bundesländer	831	<0,02	0,06	0,46	0,82	1,21	7,70	0,194
Berufstätigkeit								
berufstätig	2632	<0,02	0,05	0,32	0,56	1,01	44,75	0,162
nicht berufstätig	1236	<0,02	0,07	0,43	0,69	1,09	4,98	0,172
Berufstätigkeit (alte Bundesländer)								
berufstätig	2103	<0,02	0,05	0,31	0,52	0,96	44,75	0,159
nicht berufstätig	1015	<0,02	0,06	0,43	0,65	0,95	4,98	0,167
Berufstätigkeit (neue Bundesländer)								
berufstätig	529	<0,02	0,05	0,40	0,74	1,11	7,02	0,173
nicht berufstätig	221	<0,02	0,07	0,50	0,82	1,18	4,01	0,196
Geschlecht								
Männer	1957	<0,02	0,05	0,35	0,55	1,01	7,02	0,150
Frauen	2052	<0,02	0,06	0,39	0,68	1,05	44,75	0,185
Geschlecht (alte Bundesländer)								
Männer	1558	<0,02	0,05	0,32	0,50	0,90	4,18	0,137
Frauen	1621	<0,02	0,06	0,36	0,64	1,01	44,75	0,184
Geschlecht (neue Bundesländer)								
Männer	400	<0,02	0,06	0,44	0,81	1,53	7,02	0,200
Frauen	431	<0,02	0,06	0,49	0,83	1,12	7,70	0,189
Lebensalter								
25-29 Jahre	540	<0,02	0,05	0,41	0,77	1,14	44,75	0,242
30-39 Jahre	953	<0,02	0,05	0,35	0,58	1,11	7,02	0,164
40-49 Jahre	832	<0,02	0,05	0,31	0,52	1,01	7,70	0,142
50-59 Jahre	946	<0,02	0,05	0,37	0,65	1,13	4,18	0,159
60-69 Jahre	739	<0,02	0,06	0,42	0,67	0,85	4,01	0,160
Material der Wasserleitungen ¹								
nicht aus Eisen ²	1109	<0,02	0,05	0,31	0,58	1,01	7,70	0,150
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1591	<0,02	0,06	0,40	0,69	1,11	7,02	0,169
Versorgungsart								
Wasserwerksversorgte	3929	<0,02	0,06	0,36	0,63	1,01	44,75	0,167
Eigenversorger	60	<0,02	0,06	0,39	0,53	0,81	3,69	0,187

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; Zielvariable ist der gemittelte Cadmiumgehalt aus Spontan- und Stagnationsprobe; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; zur Abschätzung der konsumierten Trinkwassermenge siehe Kap. 7.1; ¹ = Gliederung basiert auf nicht nachgeprüften Angaben der Probanden; ² = oder verzinktem Stahlrohr

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.2.3: Tägliche Eisenzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser (μg pro Tag)

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM
Deutschland	4008	<30	40	240	400	750	25630	115
Alte/Neue Bundesländer								
Alte Bundesländer	3178	<30	30	190	310	520	5180	84
Neue Bundesländer	831	<30	80	440	750	1310	25630	234
Berufstätigkeit								
berufstätig	2631	<30	30	200	330	530	25630	92
nicht berufstätig	1236	<30	50	310	510	930	12380	155
Berufstätigkeit (alte Bundesländer)								
berufstätig	2102	<30	<30	160	260	430	2360	68
nicht berufstätig	1015	<30	40	260	430	780	5180	115
Berufstätigkeit (neue Bundesländer)								
berufstätig	529	<30	70	350	560	1050	25630	186
nicht berufstätig	221	<30	140	610	1060	2660	12380	339
Geschlecht								
Männer	1957	<30	40	230	380	700	12380	104
Frauen	2051	<30	40	250	430	750	25630	126
Geschlecht (alte Bundesländer)								
Männer	1558	<30	30	190	290	490	2360	78
Frauen	1620	<30	30	200	340	600	5180	89
Geschlecht (neue Bundesländer)								
Männer	400	<30	80	450	730	1250	12380	203
Frauen	431	<30	80	430	750	1720	25630	263
Lebensalter								
25-29 Jahre	540	<30	40	190	270	460	1570	77
30-39 Jahre	953	<30	<30	200	290	500	15180	90
40-49 Jahre	832	<30	40	220	350	570	3600	97
50-59 Jahre	945	<30	40	300	490	930	25630	150
60-69 Jahre	739	<30	50	340	530	910	11400	151
Material der Wasserleitungen ¹								
nicht aus Eisen ²	1109	<30	<30	110	190	350	1890	55
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1591	<30	60	340	520	920	25630	167
Versorgungsart								
Wasserwerksversorgte	3929	<30	40	230	380	630	25630	104
Eigenversorger	58	<30	230	2180	2950	5220	12380	844

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; Zielvariable ist der gemittelte Eisengehalt aus Spontan- und Stagnationsprobe; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; zur Abschätzung der konsumierten Trinkwassermenge siehe Kap. 7.1;
¹ = Gliederung basiert auf nicht nachgeprüften Angaben der Probanden; ² = oder verzinktem Stahlrohr

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.2.4: Tägliche Kupferzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser (μg pro Tag)

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM
Deutschland	4009	<20	50	440	740	1240	5910	166
Alte/Neue Bundesländer								
Alte Bundesländer	3179	<20	70	500	830	1310	5910	194
Neue Bundesländer	831	<20	<20	70	190	570	4500	58
Berufstätigkeit								
berufstätig	2632	<20	50	450	790	1310	5910	172
nicht berufstätig	1236	<20	50	450	700	1070	3540	164
Berufstätigkeit (alte Bundesländer)								
berufstätig	2103	<20	70	510	880	1380	5910	200
nicht berufstätig	1015	<20	70	510	780	1070	3540	188
Berufstätigkeit (neue Bundesländer)								
berufstätig	529	<20	<20	70	200	650	4500	61
nicht berufstätig	221	<20	<20	60	110	500	2910	53
Geschlecht								
Männer	1957	<20	40	410	700	1070	5910	152
Frauen	2052	<20	50	470	790	1430	4500	180
Geschlecht (alte Bundesländer)								
Männer	1558	<20	60	460	750	1100	5910	175
Frauen	1621	<20	80	540	880	1550	3540	213
Geschlecht (neue Bundesländer)								
Männer	400	<20	<20	70	240	750	3250	61
Frauen	431	<20	<20	80	180	460	4500	55
Lebensalter								
25-29 Jahre	540	<20	30	410	900	1200	2390	155
30-39 Jahre	953	<20	50	560	850	1380	5910	196
40-49 Jahre	832	<20	50	460	790	1240	4500	180
50-59 Jahre	946	<20	40	370	590	1190	2620	145
60-69 Jahre	739	<20	40	350	640	1060	2990	147
Material der Wasserleitungen ¹								
nicht aus Kupfer	1525	<20	20	190	390	690	4500	86
ganz oder teilweise aus Kupfer	1175	<20	130	770	1100	1790	5910	296
Versorgungsart								
Wasserwerksversorgte	3929	<20	50	440	740	1230	5910	167
Eigenversorger	60	<20	<20	450	980	2350	2350	170

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; Zielvariable ist der gemittelte Kupfergehalt aus Spontan- und Stagnationsprobe; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; zur Abschätzung der konsumierten Trinkwassermenge siehe Kap. 7.1;

¹ = Gliederung basiert auf nicht nachgeprüften Angaben der Probanden

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.2.5: Tägliche Zinkzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser (μg pro Tag)

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM
Deutschland	4009	40	220	1190	1930	3130	17850	508
Alte/Neue Bundesländer								
Alte Bundesländer	3179	30	190	940	1460	2470	17850	405
Neue Bundesländer	831	60	350	2190	3540	5880	16750	899
Berufstätigkeit								
berufstätig	2632	30	200	1080	1690	2880	14920	461
nicht berufstätig	1236	50	240	1410	2150	3520	17850	575
Berufstätigkeit (alte Bundesländer)								
berufstätig	2103	30	180	890	1400	2360	4960	373
nicht berufstätig	1015	50	220	1070	1710	2850	17850	478
Berufstätigkeit (neue Bundesländer)								
berufstätig	529	50	330	1890	3280	5380	14920	809
nicht berufstätig	221	60	400	2590	4310	6640	11500	1021
Geschlecht								
Männer	1957	30	210	1130	1840	3120	17850	493
Frauen	2052	40	220	1280	1970	3250	16750	521
Geschlecht (alte Bundesländer)								
Männer	1558	30	180	870	1370	2310	17850	381
Frauen	1621	40	200	1010	1550	2530	13300	429
Geschlecht (neue Bundesländer)								
Männer	400	60	370	2190	3720	6640	14920	930
Frauen	431	50	340	2190	3470	5490	16750	870
Lebensalter								
25-29 Jahre	540	30	230	1060	1510	3070	11500	483
30-39 Jahre	953	30	230	1430	2360	3650	16750	573
40-49 Jahre	832	30	190	1110	1800	2850	17850	455
50-59 Jahre	946	40	220	1150	1780	3090	14920	482
60-69 Jahre	739	50	230	1310	1960	3260	13300	533
Material der Wasserleitungen ¹								
nicht aus Eisen ²	1109	30	150	740	1060	1600	7950	303
ganz oder teilweise aus Eisen ²	1591	50	290	1620	2610	4430	17850	678
Versorgungsart								
Wasserwerksversorgte	3929	40	210	1160	1870	3030	17850	493
Eigenversorger	60	130	790	3600	5550	6640	9250	1374

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang, 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; Zielvariable ist der gemittelte Zinkgehalt aus Spontan- und Stagnationsprobe; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; zur Abschätzung der konsumierten Trinkwassermenge siehe Kap. 7.1;

¹ = Gliederung basiert auf nicht nachgeprüften Angaben der Probanden; ² = oder verzinktem Stahlrohr

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.2.6: Tägliche Aluminiumzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem Trinkwasser (μg pro Tag)

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM
Deutschland	3966	<1	2	22	50	184	1847	16,8
Alte/Neue Bundesländer								
Alte Bundesländer	3144	<1	2	16	35	77	420	8,4
Neue Bundesländer	822	<1	3	61	287	672	1847	49,0
Berufstätigkeit								
berufstätig	2600	<1	2	21	47	153	1847	14,6
nicht berufstätig	1224	<1	2	22	51	246	1665	19,3
Berufstätigkeit (alte Bundesländer)								
berufstätig	2080	<1	2	14	35	64	356	7,3
nicht berufstätig	1004	<1	2	18	38	126	420	10,6
Berufstätigkeit (neue Bundesländer)								
berufstätig	520	<1	3	69	256	510	1847	43,8
nicht berufstätig	220	<1	4	100	394	788	1665	59,4
Geschlecht								
Männer	1935	<1	2	23	51	168	1766	16,6
Frauen	2031	<1	2	20	47	203	1847	17,1
Geschlecht (alte Bundesländer)								
Männer	1540	<1	2	16	36	89	420	8,5
Frauen	1604	<1	2	14	34	73	356	8,4
Geschlecht (neue Bundesländer)								
Männer	395	<1	3	69	256	672	1766	48,2
Frauen	427	<1	3	52	295	672	1847	49,8
Lebensalter								
25-29 Jahre	534	<1	2	16	35	131	1343	11,2
30-39 Jahre	942	<1	2	24	61	168	1847	19,2
40-49 Jahre	823	<1	2	20	46	230	1021	16,3
50-59 Jahre	936	<1	2	23	51	205	1343	17,0
60-69 Jahre	731	<1	3	22	39	238	1665	18,4
Versorgungsart								
Wasserwerksversorgte	3911	<1	2	22	50	181	1847	16,9
Eigenversorger	55	1	2	13	16	290	290	11,2

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnen bei Eigenversorgern; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; zur Abschätzung der konsumierten Trinkwassermenge siehe Kap. 7.1

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.2.7: Tägliche Nickelzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem Trinkwasser (μg pro Tag)

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM
Deutschland	3966	<0,5	<0,5	2,0	4,7	9,4	132,1	1,31
Alte/Neue Bundesländer								
Alte Bundesländer	3144	<0,5	<0,5	1,2	2,2	5,7	111,0	0,71
Neue Bundesländer	822	<0,5	<0,5	7,0	11,7	57,4	132,1	3,59
Berufstätigkeit								
berufstätig	2600	<0,5	<0,5	1,7	3,8	7,8	126,3	1,15
nicht berufstätig	1224	<0,5	<0,5	2,8	6,5	10,9	132,1	1,63
Berufstätigkeit (alte Bundesländer)								
berufstätig	2080	<0,5	<0,5	1,1	1,9	4,2	111,0	0,63
nicht berufstätig	1004	<0,5	<0,5	1,6	3,4	7,0	27,1	0,89
Berufstätigkeit (neue Bundesländer)								
berufstätig	520	<0,5	<0,5	5,7	10,1	48,2	126,3	3,23
nicht berufstätig	220	<0,5	0,8	9,0	15,1	71,2	132,1	5,00
Geschlecht								
Männer	1935	<0,5	<0,5	1,8	4,3	8,7	132,1	1,14
Frauen	2031	<0,5	<0,5	2,2	5,3	10,4	111,0	1,47
Geschlecht (alte Bundesländer)								
Männer	1540	<0,5	<0,5	1,1	2,0	4,3	21,8	0,59
Frauen	1604	<0,5	<0,5	1,4	2,5	6,2	111,0	0,83
Geschlecht (neue Bundesländer)								
Männer	395	<0,5	<0,5	6,2	10,0	45,9	132,1	3,29
Frauen	427	<0,5	<0,5	7,5	13,9	57,4	110,3	3,86
Lebensalter								
25-29 Jahre	534	<0,5	<0,5	1,4	3,5	8,7	111,0	1,22
30-39 Jahre	942	<0,5	<0,5	1,8	4,4	9,3	94,2	1,21
40-49 Jahre	823	<0,5	<0,5	1,9	4,2	7,3	132,1	1,08
50-59 Jahre	936	<0,5	<0,5	2,2	5,3	10,2	126,3	1,46
60-69 Jahre	731	<0,5	<0,5	2,9	6,2	12,0	103,4	1,57
Versorgungsart								
Wasserwerksversorgte	3911	<0,5	<0,5	1,8	4,4	9,1	132,1	1,25
Eigenversorger	55	<0,5	4,1	10,4	13,9	29,3	36,9	5,57

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnen bei Einzelversorgern; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; zur Abschätzung der konsumierten Trinkwassermenge siehe Kap. 7.1

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.2.8: Tägliche Manganzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem Trinkwasser (μg pro Tag)

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM
Deutschland	3966	<0,1	0,4	13	52	162	1143	10,5
Alte/Neue Bundesländer								
Alte Bundesländer	3144	<0,1	0,2	3	8	27	336	3,0
Neue Bundesländer	822	0,2	4	142	232	323	1143	39,3
Berufstätigkeit								
berufstätig	2600	<0,1	0,3	11	37	123	572	8,7
nicht berufstätig	1224	<0,1	0,5	14	71	208	1143	12,9
Berufstätigkeit (alte Bundesländer)								
berufstätig	2080	<0,1	0,2	3	8	24	336	2,7
nicht berufstätig	1004	<0,1	0,3	4	8	34	237	3,6
Berufstätigkeit (neue Bundesländer)								
berufstätig	520	0,2	3	107	208	286	572	32,9
nicht berufstätig	220	0,3	8	208	286	378	1143	55,3
Geschlecht								
Männer	1935	<0,1	0,3	12	52	144	598	9,9
Frauen	2031	<0,1	0,4	14	51	182	1143	11,1
Geschlecht (alte Bundesländer)								
Männer	1540	<0,1	0,2	3	8	32	336	3,2
Frauen	1604	<0,1	0,3	3	8	24	206	2,8
Geschlecht (neue Bundesländer)								
Männer	395	0,2	4	127	208	286	598	36,2
Frauen	427	0,2	4	162	243	323	1143	42,2
Lebensalter								
25-29 Jahre	534	<0,1	0,2	8	27	123	383	7,6
30-39 Jahre	942	<0,1	0,4	16	60	150	457	10,7
40-49 Jahre	823	<0,1	0,3	13	41	121	598	8,9
50-59 Jahre	936	<0,1	0,4	16	70	201	572	12,1
60-69 Jahre	731	<0,1	0,5	11	63	187	1143	12,2
Versorgungsart								
Wasserwerksversorgte	3911	<0,1	0,4	11	36	124	598	8,8
Eigenversorger	55	1	96	291	378	429	1143	128,9

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnen bei Einzelversorgern; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1; zur Abschätzung der konsumierten Trinkwassermengen siehe Kap. 7.1

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.2.9: Tägliche Nitratzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem Trinkwasser (mg pro Tag)

	N	10	50	90	95	98	MAX	AM
Deutschland	3964	<1	5	21	29	41	179	8,9
Alte/Neue Bundesländer								
Alte Bundesländer	3145	<1	6	21	28	41	168	9,1
Neue Bundesländer	819	<1	3	22	29	44	179	8,0
Berufstätigkeit								
berufstätig	2600	<1	4	20	26	37	179	8,0
nicht berufstätig	1222	<1	7	24	34	49	159	10,7
Berufstätigkeit (alte Bundesländer)								
berufstätig	2082	<1	5	20	26	39	168	8,3
nicht berufstätig	1004	1	8	24	32	48	89	10,8
Berufstätigkeit (neue Bundesländer)								
berufstätig	518	<1	3	18	26	33	179	6,9
nicht berufstätig	218	<1	4	27	41	64	159	10,5
Geschlecht								
Männer	1934	<1	5	20	28	40	168	8,3
Frauen	2030	<1	6	22	29	43	179	9,4
Geschlecht (alte Bundesländer)								
Männer	1541	<1	5	20	28	40	168	8,4
Frauen	1604	<1	7	21	29	42	89	9,8
Geschlecht (neue Bundesländer)								
Männer	393	<1	3	22	29	41	99	8,0
Frauen	426	<1	3	22	31	45	179	8,0
Lebensalter								
25-29 Jahre	534	<1	4	19	27	40	78	7,3
30-39 Jahre	943	<1	5	20	28	41	168	8,7
40-49 Jahre	822	<1	5	21	28	40	84	8,2
50-59 Jahre	935	<1	5	21	30	42	179	9,2
60-69 Jahre	730	<1	8	23	30	46	159	10,7
Versorgungsart								
Wasserwerksversorgte	3911	<1	5	21	28	41	168	8,8
Eigenversorger	53	<1	<1	59	84	159	179	16,9

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang, 10, 50, 90, 95, 98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel.
 Daten sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnen bei
 Eigenversorgern. Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 11.1. zur Abschätzung der konsumierten
 Trinkwassermengen siehe Kap. 7.1

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

7.3 Probandenangaben zur Wasserhärte

Im Kapitel 6.3 wurden die Kenndaten der Verteilung der Härte des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen Bevölkerung vorgestellt. Es hat sich dabei ergeben, daß bei 18,2 % der Bevölkerung der Härtebereich 1 vorliegt. 32,1 % verwenden ein häusliches Trinkwasser mit dem Härtebereich 2, 34,8 % mit dem Härtebereich 3 und 14,9 % mit dem Härtebereich 4.

Im Fragebogen wurde die Frage nach dem Härtebereich des vom Probanden verwendeten häuslichen Trinkwassers gestellt. 47,4 % der Befragten antworteten mit „weiß nicht“. Der Vergleich der subjektiven Angaben mit den gemessenen Härtebereichen ergibt, daß 32,3 % der 25- bis 69jährigen Bundesbürger den Härtebereich ihres häuslichen Trinkwassers richtig angeben und 20,3 % ihn nicht richtig angeben können (Tab. 7.3.1).

Tab. 7.3.1: Angaben (in %) zur Kenntnis des Härtebereichs im häuslichen Trinkwasser bei der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

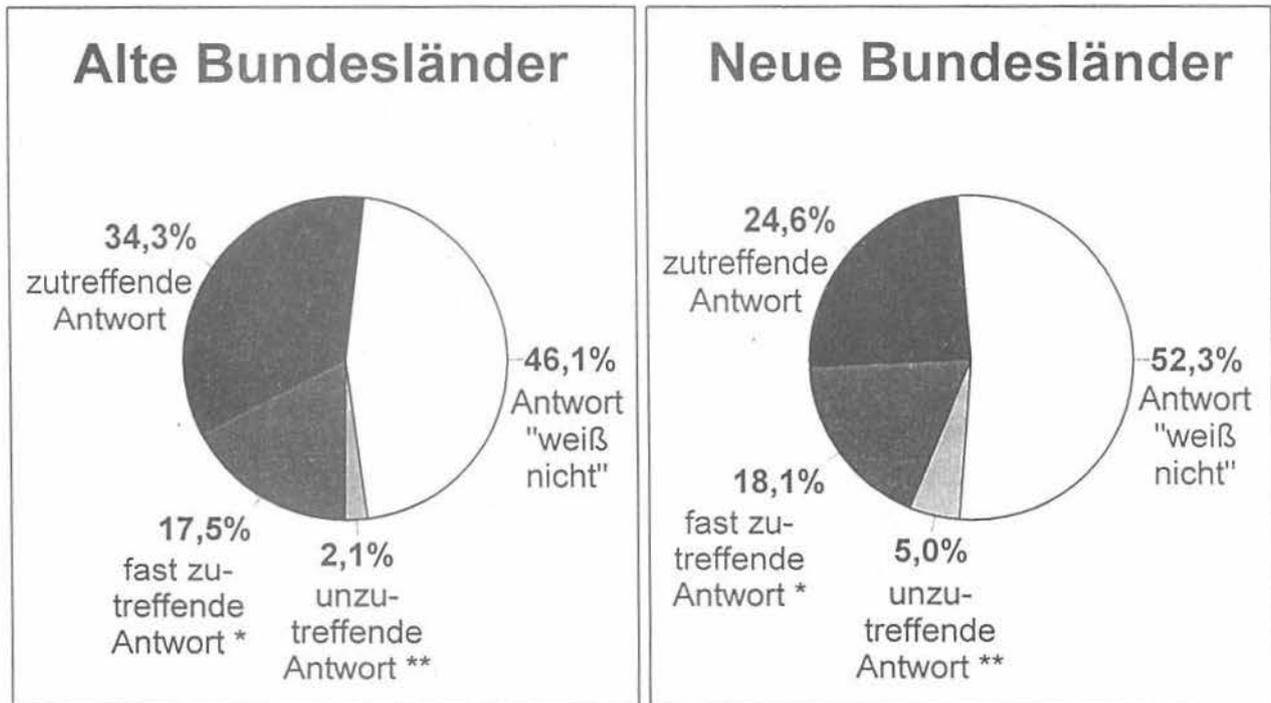
	N	Härtebereich richtig angegeben	Härtebereich nicht richtig angegeben	Härtebereich nicht gewußt
Gesamt	4004	32,3 %	20,3 %	47,4 %
alte/neue Bundesländer *				
alte Bundesländer	3173	34,3 %	19,6 %	46,1 %
neue Bundesländer	831	24,6 %	23,1 %	52,3 %
Wohngebiet *				
Land/ländlich	1415	33,3 %	19,2 %	47,5 %
vorstädtisch	1362	34,1 %	17,9 %	48,0 %
städtisch	1188	29,3 %	24,2 %	46,5 %
Eigentümer des Hauses/ der Wohnung *				
nein	2211	28,2 %	20,8 %	51,0 %
ja	1793	37,3 %	19,7 %	43,0 %

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang ; * = Merkmal signifikant ($p < 0,001$) abhängig von der Zielvariablen nach Pearsons χ^2 -Test für Kontingenztafeln ; Prozenze beziehen sich nur auf die Probanden, die die Frage zum Härtebereich im Fragebogen beantwortet haben, wobei die Antwort „weiß nicht“ zugelassen war; die Summe der Prozentzahlen ist in jeder Zeile 100

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

In den alten Bundesländern wird der Härtebereich häufiger richtig angegeben als in den neuen Bundesländern. Der Anteil derjenigen Probanden, die ihren Härtebereich nicht wissen, ist in den neuen Bundesländern mit 52,3 % höher als in den alten Bundesländern mit 46,1 % (Abb. 7.3.1).

Von in Städten lebenden Probanden werden häufiger Angaben zum Härtebereich gemacht, die aber auch häufiger falsch sind. Wohnungs- bzw. Hauseigentümer geben den Härtebereich des ihnen zur Verfügung stehenden Trinkwassers im Vergleich zu Nichteigentümern häufiger richtig an (Tab. 7.3.1).



* Abweichung um einen Härtebereich ** Abweichung um 2 oder 3 Härtebereiche

Anmerkungen: Auswertung von Frage 66 des Umwelt-Fragebogens: „Welchen Härtebereich hat Ihr Wasser?“ Die Angabe des Probanden wurde dem im Haushaltswasser gemessenen Härtebereich gegenübergestellt. Die Prozentwerte wurden ohne die Probanden berechnet, die keine Angabe machten und/oder von denen keine Messung des Härtebereichs ihres Haushaltswassers vorlag (15 Probanden aus den alten und 2 Probanden aus den neuen Ländern).

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Abb. 7.3.1: Angaben der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung zum Härtebereich ihres Trinkwassers (N=4004)

7.4 Beurteilung der Trinkwasserqualität

Die Bewertung der Qualität des Trinkwassers erfolgte durch die Befragten anhand einer 5-stufigen Benotungsskala (1=sehr gut bis 5=mangelhaft). Dabei wurde um die Einschätzung der Trinkwasserqualität in drei unterschiedlichen Bereichen gebeten: in den alten Ländern (Survey-West) bzw. in den neuen Ländern (Survey-Ost), im persönlichen Lebensraum (Wohnumgebung) und in der eigenen Wohnung bzw. im eigenen Haus.

Die Abbildung 7.4.1 verdeutlicht, daß sich mit zunehmender Nähe des zu bewertenden Bereichs zum Probanden die Einschätzung zu einer besseren Bewertung hin verschiebt. Der eigene Erfahrungsbereich (persönlicher Lebensraum und eigene Wohnung/eigenes Haus) wird demnach besser beurteilt als der Bereich, der den Probanden weniger direkt berührt.

Die Angaben zu den drei Bewertungsbereichen sind signifikant korreliert. Zwischen den Angaben zur Qualität des Trinkwassers im persönlichen Lebensraum und in der Wohnung/im Haus besteht ein besonders deutlicher Zusammenhang.

Die Abbildung macht außerdem deutlich, daß generell von den Probanden aus den neuen Bundesländern schlechtere Noten vergeben werden. Dies spiegelt sich auch in der durchschnittlichen Benotung wieder (Tab. 7.4.1).

Tab. 7.4.1: Bewertung der Wasserqualität durch die Probanden anhand der gemittelten vergebenen Note

Beurteilte Region	Befragte Population		
	Deutschland	Alte Länder	Neue Länder
Alte bzw. neue Länder*	3,0	2,9	3,2
Persönlicher Lebensraum	2,6	2,5	2,8
Wohnung/Haus	2,6	2,5	2,8

Anmerkungen: *: Alte Länder bzw. Umwelt-Survey-West: Frage nach der Trinkwassersituation in den alten Ländern; neue Länder bzw. Umwelt-Survey-Ost: Frage nach der Trinkwassersituation in den neuen Ländern

Die Auswertungen ergaben, daß Männer und ältere Personen die Trinkwasserqualität für die drei abgefragten Bewertungsbereiche besser bewerten als Frauen und jüngere Personen.

Bei Betrachtung der vergebenen Benotungen des Trinkwassers im persönlichen Lebensraum und der Wasserversorgung in der Wohnung/dem Haus zeigt sich zusätzlich ein Einfluß der Schulbildung und der Wohnumgebung. Personen mit höherer Schulbildung und Personen aus städtischem Lebensraum vergeben die schlechteren Noten.

Diejenigen Personen, welche die **Trinkwasserqualität in ihrer Wohnung/ihrem Haus mit 4 oder 5** bewertet haben, sollten Gründe für die mangelhafte Qualität angeben. Zur Auswertung der Antworten wurden aus den freien Angaben 8 Kategorien gebildet (Tab. 7.4.2).

45,4 % der Probanden nannten die Wasserhärte als Grund für die schlechte Benotung der Wasserqualität. Der Anteil war mit 54 % in den alten Bundesländern signifikant höher als in den neuen Bundesländern mit 19,9 %. Eisen, Rost und Verfärbung des Wassers wurden hingegen in den neuen Bundesländern mit 29,3 % häufiger als in den alten Bundesländern mit 18,9 % als Grund genannt. Außerdem wurde von Probanden aus den neuen Bundesländern häufiger angegeben, daß ihr Trinkwasser aus verschmutzten Gewässern stamme oder unzureichend gereinigt würde. Auch der Grund, daß alte Leitungen vorhanden seien, wurde in den neuen Bundesländern häufiger genannt.

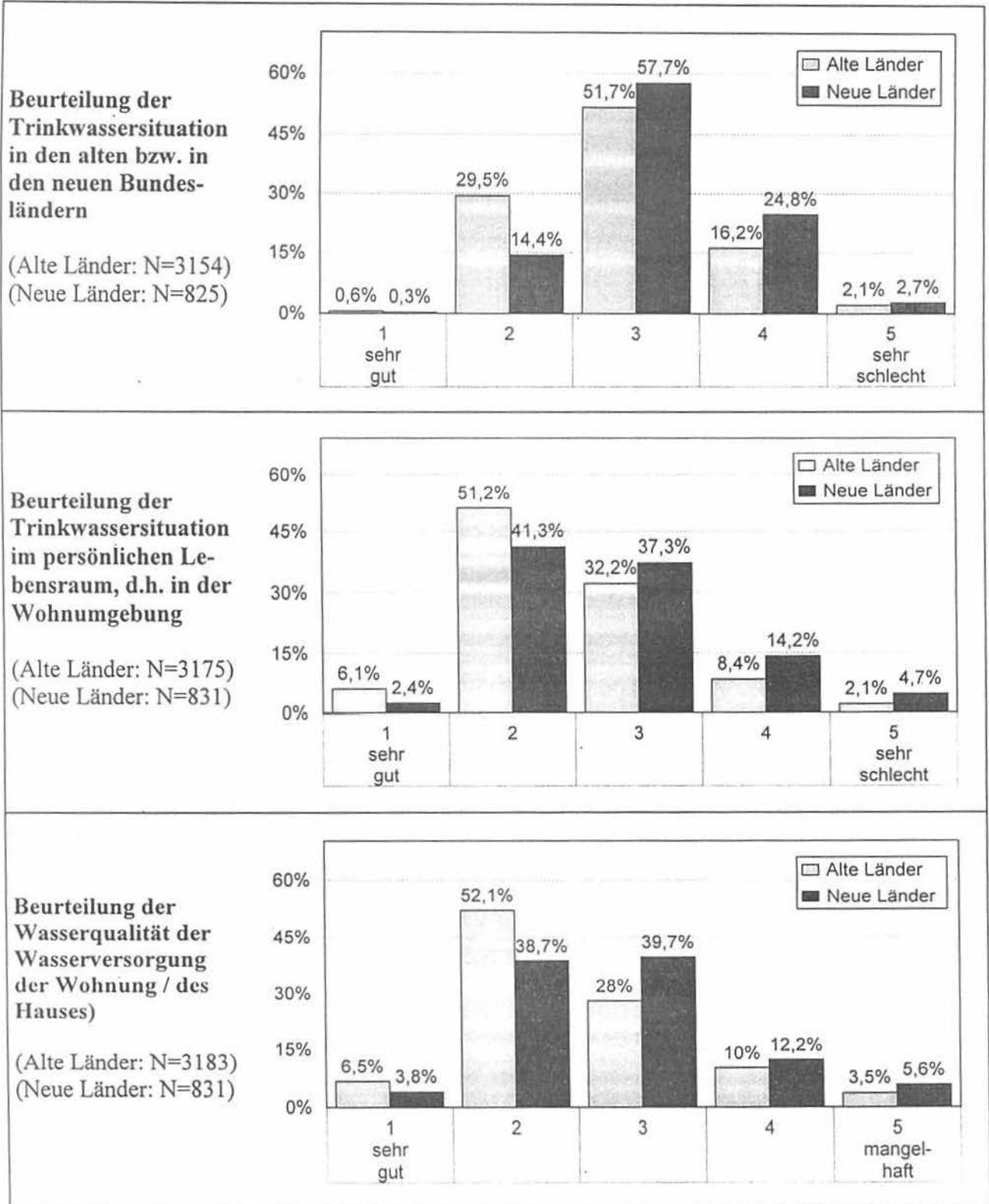
Zur Abschätzung der **Validität der Gründe für eine schlechte Wasserqualität** wurden die subjektiven Einschätzungen der Probanden mit gemessenen Größen/Stoffgehalten in Beziehung gesetzt. Dieses Vorgehen war für die folgenden Gründe möglich:

- Wasserhärte (Vergleich mit dem im Haushalt gemessenem Härtegrad, dem Calcium- und Magnesiumgehalt, Tab. 7.4.3 und 7.4.4),
- Vorkommen von Rost/Eisen (Vergleich mit dem gemessenen Eisengehalt in der Spontan- und Stagnationsprobe, Tab. 7.4.5),
- Landwirtschaft (Vergleich mit dem gemessenen Nitratgehalt in der Wasserwerksprobe, Tab. 7.4.6).

Für jede Belastung läßt sich ein Zusammenhang erkennen, der mindestens auf dem 1 % Niveau signifikant ist. Bei denjenigen Probanden, die angaben, daß die Wasserhärte ein Grund für die schlechte Wasserqualität in ihrem häuslichen Trinkwasser sei, liegt mit 3,40 mmol/l ein höherer mittlerer Härtegrad vor als bei Probanden, die einen anderen Grund angaben (2,62 mmol/l). Bei denjenigen, die ihrem Trinkwasser eine gute Qualität (Note 1 bis 3) zusprechen, ist der mittlere Härtegrad mit 2,06 mmol/l noch geringer (Tab. 7.4.3). Ähnliche Zusammenhänge werden für die Gründe Eisen/Rost bzw. Landwirtschaft deutlich (Tab. 7.4.5 und Tab. 7.4.6), d.h. es werden auch höhere Gehalte an Eisen und Nitrat bei entsprechender Beanstandung gemessen.

Bei hartem Trinkwasser müssen/sollten verwendete Haushaltsgeräte häufiger entkalkt werden. Vor diesem Hintergrund wurde die Frage nach der **Häufigkeit des Entkalkens von Haushaltsgeräten** ausgewertet. Diejenigen Probanden, die nach eigenen Angaben ein hartes Wasser zur Verfügung haben, entkalken ihre Haushaltsgeräte häufiger. Dies gilt auch für Probanden, deren gemessener Härtebereich hoch ist. Insgesamt ergibt sich folgendes Bild: 17,7 % der erwachsenen deutschen Bevölkerung geben an, ihre Haushaltsgeräte häufig zu entkalken. Der Anteil der angibt, dies selten bzw. nie zu tun, beträgt 55,9 % bzw. 26,4 % (Tab. 7.4.7).

Die Häufigkeit des Entkalkens ist in den alten Bundesländern signifikant höher, obwohl der Härtegrad des Wassers nicht höher ist (vgl. Kap. 6.3).



Anmerkungen: Auswertung der Fragen 20 und 69a des Umwelt-Fragebogens; die Prozentwerte wurden ohne die 43, 15 bzw. 7 Probanden berechnet, die keine Angabe machten. Bei der zuerst dargestellten Frage wurden Probanden aus den alten Ländern um eine Beurteilung der Trinkwassersituation in den alten Ländern gebeten, während Probanden aus den neuen Ländern die Trinkwassersituation in den neuen Ländern beurteilen sollten.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Abb. 7.4.1: Beurteilung der Trinkwasserqualität durch die 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung

Tab. 7.4.2: Gründe für die schlechte Wasserqualität der Wasserversorgung der Wohnung - Fragebogenangaben der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

	Deutsch- land	Alte Länder	Neue Länder	N (Deutsch- land)	N (Alte Länder)	N (Neue Länder)
Wasserhärte * (Nennungen z.B. kalkhaltig, zu hart, zuviel Calcium, zuviel Magnesium)	45,4 %	54,0 %	19,9 %	258	229	29
Rost ° (Nennungen z.B. Eisen, Rost, Verfärbung des Wassers)	21,5 %	18,9 %	29,3 %	122	80	42
Landwirtschaft (Nennungen z.B. Salze, Nitrate, Nitrit, Atrazin, Landwirtschaft)	10,3 %	10,1 %	10,8 %	58	43	16
Wassergewinnung ° (Nennungen z.B. unsauberes Wasser, Wasser aus verschmutzten Flüssen oder Seen, Wassergewinnung mangelhaft, Wasserreinigung unzureichend)	14,7 %	12,1 %	22,5 %	84	51	32
Alte Leitungen *	12,7 %	7,3 %	28,5 %	72	31	41
Chlor	11,1 %	9,9 %	14,6 %	63	42	21
Schlechter Geruch, Geschmack	18,6 %	18,7 %	18,2 %	106	79	26
Sonstige Gründe (Nennungen z.B. Schwermetalle, Chemikalien, Bakterien, vom Gebrauch wird abgeraten, darf aufgrund von Anordnungen nicht verwendet werden)	11,6 %	9,7 %	17,1 %	66	41	24

Anmerkungen: Basis dieser Auswertung sind die 568 Probanden, welche die Wasserqualität (Frage 69a) mit 4 oder 5 benotet und mindestens einen Grund dafür genannt haben; Mehrfachnennungen waren möglich; N = Stichprobenumfang; * = signifikanter ($p < 0,001$) Ost-West-Unterschied; ° = signifikanter ($p < 0,01$) Ost-West-Unterschied. Der Ost-West-Unterschied in der Häufigkeit der Nennung eines Grundes wurde mit Pearsons- χ^2 -Test für Kontingenztafeln auf Signifikanz geprüft.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.4.3: Härtegrad, Calcium und Magnesium im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, gegliedert nach der subjektiven Beurteilung der Wasserqualität

Beurteilung der Wasserqualität der Wasserversorgung der Wohnung	N	Härtegrad	Ca	Mg
		(mmol/l) GM	(mg/l) GM	(mg/l) GM
Schlechte Wasserqualität wegen Wasserhärte	258	3,40	104,0	18,1
Schlechte Wasserqualität aus anderen Gründen	309	2,62	80,1	13,6
Gute Wasserqualität	3433	2,06	64,4	9,4

Anmerkungen: Es bestehen signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) der geometrischen Mittel (GM) zwischen den Probanden, welche die Wasserqualität aufgrund der Wasserhärte als schlecht beurteilen, und denjenigen, welche die Wasserqualität aus anderen Gründen als schlecht beurteilen. Zur Frage nach der Wasserqualität (Frage 69a) s. Anhang 11.1.

Tab. 7.4.4: Härtebereich des häuslichen Trinkwassers der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, gegliedert nach der subjektiven Beurteilung der Wasserqualität

Beurteilung der Wasserqualität der Wasserversorgung der Wohnung	eingeschätzter Härtebereich					tatsächlicher Härtebereich				
	N	1 (weich)	2 (mittel)	3 (hart)	4 (sehr hart)	N	1 (weich)	2 (mittel)	3 (hart)	4 (sehr hart)
Schlechte Wasserqualität wegen Wasserhärte	169	1,1 %	2,5 %	30,8 %	65,6 %	258	1,2 %	12,4 %	52,0 %	34,5 %
Schlechte Wasserqualität aus anderen Gründen	171	9,4 %	21,5 %	29,0 %	40,2 %	309	11,4 %	23,6 %	39,9 %	25,1 %
Gute Wasserqualität	1763	20,9 %	33,9 %	27,0 %	18,3 %	3433	20,1 %	34,3 %	33,2 %	12,5 %

Anmerkungen: Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen Probanden, welche die Wasserqualität aufgrund der Wasserhärte als schlecht beurteilen, und derjenigen, welche die Wasserqualität aus anderen Gründen als schlecht beurteilen, sowohl bezüglich des tatsächlichen als auch des eingeschätzten Härtebereichs ($p < 0,001$; Pearsons- χ^2 -Test für Kontingenztafeln). Die Prozentangaben für alle 4 Härtebereiche addieren sich zu 100 %. Probanden, die keinen Härtebereich nannten bzw. bei denen kein Härtebereich gemessen wurde, bleiben unberücksichtigt. Zur Frage nach der Wasserqualität (Frage 69a) s. Anhang 11.1.

Tab. 7.4.5: Eisen im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, gegliedert nach der subjektiven Beurteilung der Wasserqualität

Beurteilung der Wasserqualität der Wasserversorgung der Wohnung	Eisen ($\mu\text{g/l}$) (Spontanprobe)		Eisen ($\mu\text{g/l}$) (Stagnationsprobe)	
	N	GM	N	GM
Schlechte Wasserqualität wegen Rost	121	94	120	156
Schlechte Wasserqualität aus anderen Gründen	443	66	445	89
Gute Wasserqualität	3405	54	3423	70

Anmerkungen: Es bestehen signifikante Unterschiede der geometrischen Mittel (GM) zwischen denjenigen Probanden, welche die Wasserqualität aufgrund von Rost als schlecht beurteilen, und derjenigen, welche die Wasserqualität aus anderen Gründen als schlecht beurteilen (Stagnationsprobe $p < 0,001$; Spontanprobe $p < 0,01$). Zur Frage nach der Wasserqualität (Frage 69a) s. Anhang 11.1.

Tab. 7.4.6: Nitrat im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, gegliedert nach der subjektiven Beurteilung der Wasserqualität

Beurteilung der Wasserqualität der Wasserversorgung der Wohnung	Nitrat (mg/l)	
	N	GM
Schlechte Wasserqualität wegen Landwirtschaft	59	16,1
Schlechte Wasserqualität aus anderen Gründen	503	8,8
Gute Wasserqualität	3391	6,7

Anmerkungen: Es besteht ein signifikanter Unterschied des geometrischen Mittels (GM) zwischen denjenigen Probanden, welche die Wasserqualität aufgrund der Landwirtschaft als schlecht beurteilen, und derjenigen, welche die Wasserqualität aus anderen Gründen als schlecht beurteilen ($p < 0,01$). Zur Frage nach der Wasserqualität (Frage 69a) s. Anhang 11.1. Die Nitratwerte sind auf die Probanden hochgerechnete Gehalte aus Wasserwerksproben bzw. Gehalte aus Hausbrunnenproben bei Einzelsorgern.

Tab. 7.4.7: Häufigkeit des Entkalkens von Haushaltsgeräten durch die 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung

	N	häufig	selten	nie
Deutschland	4006	17,7 %	55,9 %	26,4 %
Alte/Neue Länder *				
Alte Länder	3178	18,2 %	57,0 %	24,8 %
Neue Länder	828	15,9 %	51,7 %	32,5 %
Vom Probanden angegebener Härtebereich *				
1 (weich)	384	1,8 %	37,8 %	60,3 %
2 (mittel)	638	8,7 %	66,2 %	25,2 %
3 (hart)	580	25,4 %	61,5 %	13,1 %
4 (sehr hart)	500	41,5 %	46,6 %	11,9 %
weiß nicht	1894	15,3 %	56,9 %	27,8 %
Gemessener Härtebereich *				
1 (weich)	726	3,0 %	36,7 %	60,3 %
2 (mittel)	1283	9,4 %	65,9 %	24,7 %
3 (hart)	1397	25,0 %	59,3 %	15,7 %
4 (sehr hart)	593	36,2 %	50,5 %	13,2 %
Beurteilung der Wasserqualität *				
gute Wasserqualität	3432	14,5 %	57,1 %	28,4 %
schlechte Wasserqualität	571	37,1 %	48,7 %	14,2 %
... wg. Wasserhärte	257	53,3 %	40,6 %	6,1 %
... aus anderen Gründen	307	23,9 %	55,1 %	21,0 %

Anmerkungen: Auswertung von Frage 70 des Umwelt-Fragebogens. Die Prozente beziehen sich auf alle Probanden, welche die hier tabellierte(n) Frage(n) beantwortet haben. Die Prozentangaben einer Zeile der Tabelle addieren sich zu 100 %. * = signifikante Abhängigkeit von Gliederungsmerkmal und Zielvariable ($p < 0,001$) nach Pearsons- χ^2 -Test für Kontingenztafeln. Anmerkungen zu den Gliederungsmerkmalen s. Anhang 11.1

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

7.5 Verwendung von Ersatzwasser

In der Bundesrepublik gibt ein Anteil von 3,5 % der 25- bis 69jährigen Bevölkerung an, für Koch- und Trinkzwecke auch Ersatzwasser zu verwenden (Tab. 7.5.1). Der Anteil unterscheidet sich in den alten und neuen Bundesländern nicht signifikant. Bei Beurteilung der eigenen Wasserqualität mit der Note 4 oder 5 (vgl. Kap. 7.4) ist die Häufigkeit des Verwendens von Ersatzwasser mit 11,7 % deutlich höher als bei selbsteingeschätzter guter Wasserqualität (2,1 %). Es wird also deutlich, daß versucht wird, den nach subjektiver Einschätzung vorliegenden Mangel auszugleichen.

In den alten Bundesländern ist der Anteil der Bevölkerung, der bei selbsteingeschätzter schlechter Wasserqualität auch Ersatzwasser verwendet, mit 13,2 % deutlich höher als in den neuen Bundesländern mit 7,1 %.

20,6 % der Probanden, in deren Haushalt auch Säuglinge leben, geben an, zur Zubereitung von Säuglingsnahrung auch Ersatzwasser zu verwenden (Tab. 7.5.2). Die Anteile unterscheiden sich in West- und Ostdeutschland nicht signifikant. Jedoch ist die Häufigkeit bei selbsteingeschätzter schlechter Wasserqualität signifikant höher als bei besserer Benotung.

Tab. 7.5.1: Verwendung von Ersatzwasser durch die 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung

	N	ja	nein
Deutschland	3999	3,5 %	96,5 %
Alte/Neue Länder			
Alte Länder	3173	3,8 %	96,2 %
Neue Länder	826	2,1 %	97,9 %
Beurteilung der Wasserqualität *			
gute Wasserqualität	3423	2,1 %	97,9 %
schlechte Wasserqualität	572	11,7 %	88,3 %
Beurteilung der Wasserqualität (Alte Bundesländer) *			
gute Wasserqualität	2744	2,4 %	97,6 %
schlechte Wasserqualität	426	13,2 %	86,8 %
Beurteilung der Wasserqualität (Neue Bundesländer) *			
gute Wasserqualität	679	1,0 %	99,0 %
schlechte Wasserqualität	147	7,1 %	92,9 %

Anmerkungen: Auswertung von Frage 71A des Umwelt-Fragebogens: „Wie häufig benutzen Sie zum Kochen oder zur Kaffee- bzw. Teezubereitung auch abgepacktes oder Ersatzwasser?“ Die Antworten „häufig“ und „selten“ wurden zu „ja“ zusammengefaßt. Die Prozente beziehen sich auf alle Probanden, welche die hier tabellierte(n) Frage(n) beantwortet haben. Die Prozentangaben einer Zeile der Tabelle addieren sich zu 100 %. * = signifikante Abhängigkeit von Gliederungsmerkmal und Zielvariable ($p < 0,001$) nach Pearsons- χ^2 -Test für Kontingenztafeln. Anmerkungen zu den Gliederungsmerkmalen s. Anhang 11.1

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 7.5.2: Verwendung von Ersatzwasser zur Zubereitung von Säuglingsnahrung durch die 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung

	N	ja	nein
Deutschland	261	20,6 %	79,4 %
Alte/Neue Länder			
Alte Länder	235	20,5 %	79,5 %
Neue Länder	26	21,4 %	78,6 %
Beurteilung der Wasserqualität °			
gute Wasserqualität	220	17,2 %	82,8 %
schlechte Wasserqualität	41	39,1 %	60,9 %

Anmerkungen: Auswertung der Frage 71B des Umwelt-Fragebogens: „Wie häufig benutzen Sie für die Zubereitung von Säuglingsnahrung auch abgepacktes oder Ersatzwasser?“. Die Antworten „häufig“ und „selten“ wurden zu „ja“ zusammengefaßt. Diese Auswertung umfaßt alle 25- bis 69jährigen Probanden, bei denen ein Säugling im Haushalt lebt und die die hier tabellierte(n) Frage(n) beantwortet haben. Die Prozentangaben einer Zeile summieren sich zu 100 %. ° = signifikante Abhängigkeit von Gliederungsmerkmal und Zielvariable ($p < 0,01$) nach Pearsons- χ^2 -Test für Kontingenztafeln. Anmerkungen zu den Gliederungsmerkmalen s. Anhang 11.1 UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Quelle:

8 Literatur

- Althaus, H., Schössner, H.: Temperatur, in: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lange-Asschenfeldt, H., Steuer, W. (Hrsg.): Die Trinkwasserverordnung, Einführungen und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 3. Auflage 1991, 336-337
- Becker, K., Nöllke, P., Hermann-Kunz, E., Krause, C., Schenker, D., Schulz, C.: Umwelt-Survey 1990/91 Band III: Zufuhr von Spurenelementen und Schadstoffen mit der Nahrung (Duplikate und Diet History) in den alten Ländern, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, WaBoLu-Hefte 3, 1996
- BMG (Bundesministerium für Gesundheit): Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland an die Europäischen Gemeinschaften, Bonn, 1992
- BMG (Bundesministerium für Gesundheit): 2. Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland an die Europäische Kommission, Bonn, 1996
- Breslow, N.E., Day, N.E.: Statistical methods in cancer research, International Agency for Research on Cancer, Lyon, 1980
- DEV: Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN und Fachgruppe Wasserchemie der GDCh (Hrsg.): Deutsche Einheitsverfahren (DEV) zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 36. Lieferung 1996
- DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft): Pflanzenschutzmittel im Trinkwasser, Mitteilung XVI der Kommission für Pflanzenschutz-, Pflanzenbehandlungs- und Vorratsschutzmittel, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1990
- Dieter, H. H., Seffner, W.: Kupfer und frühkindliche Leberzirrhose, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, WaBoLu-Hefte 9, 1994
- Dieter, H.H.: Vorkommen und gesundheitliche Bedeutung von Mangan im Trinkwasser, in: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lange-Asschenfeldt, H., Steuer, W. (Hrsg.): Die Trinkwasserverordnung, Einführungen und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 3. Auflage 1991, 398-409
- Dieter, H. H., Möller, R., Meyer, E.: Kupfer -Vorkommen, Bedeutung und Nachweis, in: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lange-Asschenfeldt, H., Steuer, W. (Hrsg.): Die Trinkwasserverordnung, Einführungen und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 3. Auflage 1991, 472-491
- DIN 2000: Zentrale Trinkwasserversorgung; Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau und Betrieb der Anlagen, Ausgabe November 1973, Beuth Verlag, Berlin
- DIN 50930, Teil 1 bis 5: Korrosion metallischer Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer, Ausgabe Februar 1993, Beuth Verlag Berlin
- DVGW: Daten und Informationen zu Wasserinhaltsstoffen, DVGW Schriftenreihe Wasser Nr. 48 (1985)

- DVGW: Daten und Informationen zu Wasserinhaltsstoffen, DVGW Schriftenreihe Wasser Nr. 48 Teil 2.(1988)
- EG, Europäische Gemeinschaft, Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (80/778/EWG), Amtsbl. EG L 229/11-29
- EG-Recht-Überleitungsverordnung vom 18.12.1990, BGBl. I, S. 2915 (in Kapitel II der Anlage 3 zu § 2.Nr. 2)
- Eife, R., Weiß, M., Reiter, K., Sigmund, B., Schramel, P., Müller-Höcker, J.: Zur Diagnostik der chronischen Kupfer-Vergiftung über das Leitungswasser, in: Dörner, K. (Hrsg.): Akute und chronische Toxizität von Spurenelementen, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1993
- Einigungsvertragsgesetz vom 23.09.1990, BGBl. II, S. 885 (Anlage I Kap. X Sachgebiet D, Abschnitt II Nr. 5)
- Elliot, D.: Weighting for non-response, a survey research guide, Office of Population Censuses and Surveys, London, 1991
- Englert, N., Höring, H.: Lead concentration in tap-water and blood of selected schoolchildren in Southern Saxonia, Toxicology Letters 72 (1994) 325-331
- EU: Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. C 131 (1995) 5-24
- FKST (Fachkommission Soforthilfe Trinkwasser des Bundesministers für Gesundheit): Merkblatt Trinkwasser Hausinstallationen und pH-Wert, 1993
- Frimmel, F.H.: Praktische Aspekte anorganischer Inhaltsstoffe, in: DVGW-Fortbildungskurse Wasserversorgungstechnik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Kurs 5: Wasserchemie für Ingenieure, DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 205 (1989) 14, 1-13
- Grohmann, A.: Erste Ergebnisse der Trinkwasseruntersuchungen in den neuen Bundesländern Teil II: Auswertung von Analyseergebnissen, Bundesgesundhbl. 6 (1992) 286-293
- Großklaus, R.: Vorkommen, Bedeutung und Bestimmung von Kalium, in: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lange-Asschenfeldt, H., Steuer, W. (Hrsg.): Die Trinkwasserverordnung, Einführungen und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 3. Auflage 1991a, 387-392
- Großklaus, R.: Vorkommen, Bedeutung und Bestimmung von Natrium und Chlorid, in: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lange-Asschenfeldt, H., Steuer, W. (Hrsg.): Die Trinkwasserverordnung, Einführungen und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 3. Auflage 1991b, 410-419
- Hoffmeister, H., Bellach, B.-M. (Hrsg.): Die Gesundheit der Deutschen. Ein Ost-West-Vergleich von Gesundheitsdaten, Robert Koch-Institut, Bundesinstitut für Infektionskrankheiten und nicht übertragbare Krankheiten, RKI-Hefte 7, 1995

- Hoffmeister, H., Thefeld, W., Stolzenberg, H., Schön, D.: Nationaler Gesundheits-Survey 1984-86, Untersuchungsbefunde und Laborwerte, Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie, Schriftenreihe des Bundesgesundheitsamtes 1, 1992
- Kerndorff, H.: Vorkommen, Bedeutung und Bestimmung von Bor, in: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lange-Asschenfeldt, H., Steuer, W. (Hrsg.): Die Trinkwasserverordnung, Einführungen und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 3. Auflage 1991, 374-382
- Krause, C., Babisch, W., Becker, K., Bernigau, W., Hoffmann, K., Nöllke, P., Schulz, C., Schwabe, R., Seiwert, M., Thefeld, W.: Umwelt-Survey 1990/92, Band Ia: Studienbeschreibung und Human-Biomonitoring: Deskription der Spurenelementgehalte im Blut und Urin der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, WaBoLu-Hefte 1, 1996
- Krause, C., Chutsch, M., Henke, M., Leiske, M., Meyer, E., Schulz, C., Schwarz, E., Wolter, R.: Umwelt-Survey Band IIIb Wohninnenraum: Trinkwasser, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, WaBoLu-Hefte 3, 1991
- Kreuter, H., Klaes, L., Hoffmeister, H., Laaser, U.: Prävention von Herz-Kreislaufkrankheiten, Juventa-Verlag GmbH, Weinheim, 1995
- Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz (LMBG) vom 15. 08. 1974, BGBl. I, S. 1945.
- MAGS: Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg (Hrsg.): Gesundheit in Baden-Württemberg, 1. Gesundheitsrahmenbericht 1996, Stuttgart, 1996
- Mao, Y., Desmeules, M., Schaubel, D., Berube, D., Dyck, R., Brule, D., Thomas, B.: Inorganic components of drinking water and microalbuminuria, Environ. Res. 71 (1995) 135-140
- Mathys, W.: Untersuchungen zur Pestizid- und Nitratbelastung bei Eigenwasserversorgungsanlagen im Münsterland, Forum Städte-Hygiene 47 (1996) 75-83
- Meyer, E.: Beeinträchtigung der Trinkwassergüte durch Anlagenteile der Hausinstallation - Bestimmung des Schwermetalleintrages in das Trinkwasser durch Korrosionsvorgänge in metallischen Rohren, DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 23 (1980a) 113-131
- Meyer, E.: Zum Übergang von Schwermetallen aus der Hausinstallation in Trinkwasser in Abhängigkeit von Wasserbeschaffenheit und den Betriebsbedingungen, Gas-Wasser-Abwasser 60 (1980b) 353-361
- Meyer, E.: Gesetzmäßigkeiten des Eintrags von Schwermetallen in das Trinkwasser durch Rohrwerkstoffe bei unterschiedlicher Wasserbeschaffenheit, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 52 (1981) 9-30
- Meyer, E.: Beeinträchtigung der Trinkwassergüte durch Korrosionsvorgänge in Abhängigkeit vom Rohrmaterial und der Wasserbeschaffenheit, in: Kruse, C.-L., (Hrsg.): Korrosion in Kalt- und Warmwassersystemen der Hausinstallationen. Deutsche Gesellschaft für Metallkunde e.V., Oberursel, 1984, 203-232

- Meyer, E.: Blei im Trinkwasser und Abhilfestrategien, in: Lahman, E. und Jander, K. (Hrsg.): Schwermetalle in der Umwelt, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Nr. 74. G. Fischer Verlag, Stuttgart 1987, 53-69
- Meyer, E.: Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes bei Abweichungen des pH-Wertes von den Vorschriften der Trinkwasserverordnung, in: Wasserfachliche Aussprachetagung Essen 1990. DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 86 (1994) 201-221
- Miettinen, O.S.: Theoretical epidemiology, John Wiley & Sons, New York, 1985
- Moriske, H.-J., Kneiseler, R., Trauer, I., Rüdén, H.: Kupferbelastung im Trinkwasser nach Neuinstallation einer Wasserversorgungsleitung, *Gesundh. Ing. Haustechnik-Bauphysik-Umwelttechnik* 110, 3 (1989) 133-134
- Müller, L.: Belastung der Umweltmedien, Teil 3: Trinkwasser, in: Beyer, A. Eis, D. (Hrsg.): *Praktische Umweltmedizin*, Springer Verlag Berlin (Loseblattsammlung), Stand April 1994
- Müller-Wegener, U., Milde, G.: Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel im Grundwasser, in: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lange-Asschenfeldt, H., Steuer, W. (Hrsg.): *Die Trinkwasserverordnung, Einführungen und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden*, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 3. Auflage 1991, 310-317
- Ott, W.R.: A physical explanation of the lognormality of pollutant concentrations, *J. Air Waste Management Assoc.* 40 (1990) 1378-1383
- Petri, H.: Nitrat und Nitrit (einschl. N-Nitroso-Verbindungen), in: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lange-Asschenfeldt, H., Steuer, W. (Hrsg.): *Die Trinkwasserverordnung, Einführungen und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden*, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 3. Auflage 1991, 221-258
- Richtlinie des Rates vom 15.06.1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (80/778/EWG)
- Roßkamp, E.: Biologische Relevanz der Trihalogenmethane und leichtflüchtiger Chlorkohlenwasserstoffe, in: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lange-Asschenfeldt, H., Steuer, W. (Hrsg.): *Die Trinkwasserverordnung, Einführungen und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden*, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 3. Auflage 1991, 285-297
- Roßkamp, E., Kölle, W.: Vorkommen, Bedeutung und Nachweis von Nickel, in: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lange-Asschenfeldt, H., Steuer, W. (Hrsg.): *Die Trinkwasserverordnung, Einführungen und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden*, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 3. Auflage 1991, 215-220
- Schleyer, R., Kerndorff, H.: *Die Grundwasserqualität westdeutscher Trinkwasserressourcen*, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1992
- Schmidt, M., Geue, S., Pörs, Y., Süßenbach, B.: Gesundheitliche Risiken bei Trinkwasserhausinstallationen aus Metall und Kunststoff, in: Friedhelm, D. (Hrsg.): *Innenraum-Belastungen*. Bauverlag, Wiesbaden, 1993

- Sontheimer, H., Spindler, P., Rohman, U.: Wasserchemie für Ingenieure, ZfGW-Verlag Frankfurt/Main, 1980
- SPSS: SPSS Base System Syntax Reference Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 1993
- Stottmeister, E., Hendel, P., Hermenau, H., Geier, I.: Querschnittsstudie zur Bestimmung von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM) im Trinkwasser der neuen Bundesländer, in: Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.): Trinkwasser, Vorkommen von PBSM im Trinkwasser der neuen Länder, Berichtsband zur Tagung vom 12. Oktober, Berlin, 1993
- Strepel, M.L., Müller, L.: Bleibelastung des Trinkwassers durch Leitungsmaterialien in öffentlichen Gebäuden - Blei-Meßprogramm Bremen, Forum Städte-Hygiene 46 (1995) 259-264
- Thron, H.L.: Vorkommen, Bedeutung und Nachweis von Antimon, in: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lange-Asschenfeldt, H., Steuer, W. (Hrsg.): Die Trinkwasserverordnung, Einführungen und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 3. Auflage 1991, 318-324
- UBA (Umweltbundesamt): Daten zur Umwelt 1992/93. Umweltbundesamt (Hrsg.), Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1994
- Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung - TrinkwV) vom 5. Dezember 1990, BGBl. I, S. 2612
- Wagner, I.: Werkstoffe und Trinkwasserbeschaffenheit, in: DVGW-Fortbildungskurse Wasserversorgungstechnik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Kurs 5: Wasserchemie für Ingenieure, DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 205 (1989) 15, 1-12
- Wagner, I.: Werkstoffeinflüsse auf die Trinkwasserqualität in der Hausinstallation, in: Wassergüte Wasseraufbereitung, Wasserfachliche Aussprachetagung Essen 1990, DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 67 (1991) 257-265
- WHO (Weltgesundheitsorganisation): Guidelines for Drinking Water Quality, Revision of the 1984 Guidelines, Final Task Group Meeting, Geneva, 21.-25. September 1992
- WHO (Weltgesundheitsorganisation): Guidelines for Drinking Water Quality. 2nd Edition, Geneva, 1993, 51-52
- ZEBS: Zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien des Bundesgesundheitsamtes: Bleigehalte in und auf Lebensmitteln, ZEBS Hefte 2/1990

9 Verzeichnisse

9.1 Verzeichnis der Abkürzungen

AAS	Atomabsorptionsspektrometrie
Abb.	Abbildung
Ag	Silber
Al	Aluminium
AM	Arithmetischer Mittelwert
B	Bor
Ba	Barium
Be	Beryllium
BG	Bestimmungsgrenze
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Cd	Cadmium
Cl ⁻	Chlorid
Co	Kobalt
Cr	Chrom
Cs	Caesium
Cu	Kupfer
d	Tag
DEV	Deutsche Einheitsverfahren
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DHP	Deutsche Herz-Kreislauf-Präventionsstudie
DIN	Deutsches Institut für Normung
EC	European Community
ECD	Elektroneneinfangdetektor
EFB	Epidemiologische Forschung Berlin
EG	Europäische Gemeinschaft
Einw.	Einwohner
EU	Europäische Union
Fa	Firma
Fe	Eisen
FKST	Fachkommission Soforthilfe Trinkwasser
FID	Flammenionisationsdetektor
GC	Gaschromatographie
GM	Geometrischer Mittelwert
IC	Ionenchromatographie
ICP-MS	Massenselektive Plasmaemissionspektroskopie
ICP-OES	Induktiv gekoppelte Plasmaemissionspektroskopie
K	Kalium
k.a.	keine Angabe
Kap.	Kapitel
K _B	Basekapazität
KI	Konfidenzintervall
K _S	Säurekapazität
Li	Lithium
LMBG	Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz
MAGS	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung
MAX	Maximalwert
Mn	Mangan

Mo	Molybdän
MSD	Massenselektiver Detektor
n	Anzahl von Probanden
N	Stichprobenumfang
Ni	Nickel
NO ₃ ⁻	Nitrat
n.s.	nicht signifikant
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
P	Phosphor
Pb	Blei
PBSM	Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel
PER	Trichlorethen
Rb	Rubidium
RKI	Robert Koch-Institut
s	Standardabweichung
Sb	Antimon
SE	Standardfehler
SO ₄ ²⁻	Sulfat
Sp	Spontanprobe
Sr	Strontium
St	Stagnationsprobe
SWA	Sollwertabweichung
Tab.	Tabelle
THM	Trihalogenmethan
Ti	Titan
Tl	Thallium
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
U	Uran
UBA	Umweltbundesamt
V	Vanadium
vgl.	vergleiche
VK	Variationskoeffizient
WaBoLu	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WW	Wasserwerk
ZEBS	Zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien
ZEG	Zentrum für Epidemiologie und Gesundheitsforschung
Zn	Zink

9.2 Tabellenverzeichnis

Tab. Z1:	Elemente und Anionen im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	4
Tab. Z2:	Elemente und Anionen im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Kinder	5
Tab. Z3:	Konsumierte Trinkwasservolumina der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	6
Tab. Z4:	Tägliche Zufuhr von Elementen und Anionen mit dem Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	6
Tab. S1:	Elements and anions in drinking water of the German population (25 to 69 years of age)	10
Tab. S2:	Elements and anions in drinking water of the German population (6 to 14 years of age)	11
Tab. S3:	Intake of drinking water by the German population (25 to 69 years)	12
Tab. S4:	Daily intake of elements and anions by the German population (25 to 69 years of age) via drinking water	12
Tab. 2.1.1:	Anteile der verfügbaren Trinkwasserproben bezogen auf die jeweiligen Nettostichproben	16
Tab. 3.1:	Interne Qualitätskontrolle für die Analyse von Blei, Cadmium, Eisen, Kupfer und Zink im Trinkwasser	19
Tab. 3.2:	Interne Qualitätskontrolle für die Analyse von Calcium, Magnesium und Natrium im häuslichen Trinkwasser	20
Tab. 3.3:	Interne Qualitätskontrolle für die Analyse von Spurenelementen im Trinkwasser aus den Wasserwerken	21
Tab. 4.5.1:	Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen	29
Tab. 5.1.1.1:	Verwendungshäufigkeit von Werkstoffen in der Hausinstallation bei der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	34
Tab. 5.1.2.1:	Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	42
Tab. 5.1.2.2:	Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	43
Tab. 5.1.2.3:	Bleigehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Vergleich zwischen Wasserwerks-, Spontan- und Stagnationsprobe	44
Tab. 5.1.3.1:	Cadmiumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	48
Tab. 5.1.3.2:	Cadmiumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	49
Tab. 5.1.3.3:	Cadmiumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Vergleich zwischen Wasserwerks-, Spontan- und Stagnationsprobe	50
Tab. 5.1.4.1:	Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	54
Tab. 5.1.4.2:	Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	55
Tab. 5.1.4.3:	Eisengehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Vergleich zwischen Wasserwerks-, Spontan- und Stagnationsprobe	56
Tab. 5.1.5.1:	Kupfergehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	61
Tab. 5.1.5.2:	Kupfergehalt im häuslichen Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	62
Tab. 5.1.5.3:	Kupfergehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Vergleich zwischen Wasserwerks-, Spontan- und Stagnationsprobe	63

Tab. 5.1.6.1:	Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	67
Tab. 5.1.6.2:	Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	68
Tab. 5.1.6.3:	Zinkgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung: Vergleich zwischen Wasserwerks-, Spontan- und Stagnationsprobe	69
Tab. 5.1.7.1:	Calciumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	74
Tab. 5.1.7.2:	Calciumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	74
Tab. 5.1.7.3:	Magnesiumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	75
Tab. 5.1.7.4:	Magnesiumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	75
Tab. 5.1.7.5:	Natriumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	76
Tab. 5.1.7.6:	Natriumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	76
Tab. 5.1.8.1:	Zeitlicher Vergleich der Elementgehalte im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten Bundesländer (1. Umwelt-Survey 1985/86 und 2. Umwelt-Survey 1990/91)	78
Tab. 5.1.9.1:	Prozentuale Überschreitungen der Grenz- bzw. Richtwerte der Trinkwasserverordnung im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung: Zeitlicher und regionaler Vergleich	79
Tab. 5.2.2.1:	Zeitlicher Vergleich der Elementgehalte im Trinkwasser (Wasserwerk) der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten Bundesländer (1. Umwelt-Survey 1985/86 2. Umwelt-Survey 1990/91)	83
Tab. 5.2.3.1:	Prozentuale Überschreitungen der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung im Trinkwasser (Wasserwerk) der 25- bis 69jährigen Bevölkerung: Zeitlicher und regionaler Vergleich	84
Tab. 5.2.5.1:	Aluminiumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	93
Tab. 5.2.5.2:	Aluminiumgehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	93
Tab. 5.2.5.3:	Bariumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	94
Tab. 5.2.5.4:	Bariumgehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	94
Tab. 5.2.5.5:	Borgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	95
Tab. 5.2.5.6:	Borgehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	95
Tab. 5.2.5.7:	Kaliumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	96
Tab. 5.2.5.8:	Kaliumgehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	96
Tab. 5.2.5.9:	Mangangehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	97
Tab. 5.2.5.10:	Mangangehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	97
Tab. 5.2.5.11:	Nickelgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	98
Tab. 5.2.5.12:	Nickelgehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	98
Tab. 5.2.5.13:	Phosphorgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	99
Tab. 5.2.5.14:	Phosphorgehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	99
Tab. 5.2.5.15:	Strontiumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	100
Tab. 5.2.5.16:	Strontiumgehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	100
Tab. 5.3.2.1:	Zeitlicher Vergleich der Anionengehalte im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten Bundesländer (1. Umwelt-Survey 1985/86 und 2. Umwelt-Survey 1990/91)	103
Tab. 5.3.3.1:	Prozentuale Überschreitungen der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung für im Anionen im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung: Zeitlicher und regionaler Vergleich	104

Tab. 5.3.5.1:	Chloridgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	108
Tab. 5.3.5.2:	Chloridgehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	108
Tab. 5.3.5.3:	Nitratgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	109
Tab. 5.3.5.4:	Nitratgehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	109
Tab. 5.3.5.5:	Sulfatgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	110
Tab. 5.3.5.6:	Sulfatgehalt im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	110
Tab. 5.4.1.1:	Spurenelemente im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	113
Tab. 5.4.1.2:	Spurenelemente im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	114
Tab. 5.4.2.1:	Aromaten und halogenierte Kohlenwasserstoffe im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	117
Tab. 5.4.2.2:	Aromaten und halogenierte Kohlenwasserstoffe im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung	118
Tab. 5.4.3.1:	Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung der neuen Bundesländer	120
Tab. 5.4.3.2:	Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel im Trinkwasser der 6- bis 14jährigen deutschen Bevölkerung der neuen Bundesländer	121
Tab. 5.4.3.3:	Prozentuale Überschreitungen der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung für PBSM im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der neuen Bundesländer	122
Tab. 6.1.1:	Temperatur im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	123
Tab. 6.1.2:	Leitfähigkeit im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	124
Tab. 6.1.3:	Sauerstoffgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	125
Tab. 6.2.1:	pH-Wert im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	126
Tab. 6.2.2:	Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Säurekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	126
Tab. 6.2.3:	Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Säurekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung der alten Bundesländer	127
Tab. 6.2.4:	Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Säurekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung der neuen Bundesländer	127
Tab. 6.2.5:	Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Basekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	127
Tab. 6.2.6:	Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Basekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung der alten Bundesländer	128
Tab. 6.2.7:	Prozentuale Häufigkeit der pH-Werte und Basekapazitäten des Trinkwassers der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung der neuen Bundesländer	128
Tab. 6.3.1:	Angaben der Wasserhärte	129
Tab. 6.3.2:	Gesamthärte im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	130
Tab. 6.3.3:	Härtebereiche im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	130
Tab. 6.3.4:	Elementgehalte im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, nach Härtebereichen unterteilt	131
Tab. 6.3.5:	Substanzgehalte im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, nach Härtebereichen unterteilt	131
Tab. 7.1.1:	Konsumierte Trinkwassermenge aus Leitungen des Haushaltes - 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung	134
Tab. 7.1.2:	Konsumierte Trinkwassermenge aus Leitungen außerhalb des Haushaltes - 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung	135

Tab. 7.1.3:	Konsumierte Trinkwassermenge aus Leitungen des Haushaltes und anderen Leitungen - 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung	136
Tab. 7.2.1:	Tägliche Bleizufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser	141
Tab. 7.2.2:	Tägliche Cadmiumzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser	142
Tab. 7.2.3:	Tägliche Eisenzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser	143
Tab. 7.2.4:	Tägliche Kupferzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser	144
Tab. 7.2.5:	Tägliche Zinkzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser	145
Tab. 7.2.6:	Tägliche Aluminiumzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser	146
Tab. 7.2.7:	Tägliche Nickelzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser	147
Tab. 7.2.8:	Tägliche Manganzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser	148
Tab. 7.2.9:	Tägliche Nitratzufuhr der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung mit dem häuslichen Trinkwasser	149
Tab. 7.3.1:	Angaben zur Kenntnis des Härtebereiches im häuslichen Trinkwasser bei der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	150
Tab. 7.4.1:	Bewertung der Wasserqualität durch die Probanden anhand der gemittelten vergebenen Note	152
Tab. 7.4.2:	Gründe für die schlechte Wasserqualität der Wasserversorgung der Wohnungs-Fragebogenangaben der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung	155
Tab. 7.4.3:	Härtegrad, Calcium und Magnesium im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, gegliedert nach der subjektiven Beurteilung der Wasserqualität	155
Tab. 7.4.4:	Härtebereich im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, gegliedert nach der subjektiven Beurteilung der Wasserqualität	156
Tab. 7.4.5:	Eisen im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, gegliedert nach der subjektiven Beurteilung der Wasserqualität	156
Tab. 7.4.6:	Nitrat im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung, gegliedert nach der subjektiven Beurteilung der Wasserqualität	156
Tab. 7.4.7:	Häufigkeit des Entkalkens von Haushaltsgeräten durch die 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung	157
Tab. 7.5.1:	Verwendung von Ersatzwasser durch die 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung	158
Tab. 7.5.2:	Verwendung von Ersatzwasser zur Zubereitung von Säuglingsnahrung durch die 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung	159
Tab. 10.2.1:	Zusammenhänge zwischen Gliederungsmerkmalen, 25- bis 69jährige deutsche Allgemeinbevölkerung	177
Tab. 10.2.2:	Zusammenhänge zwischen Gliederungsmerkmalen, 25- bis 69jährige Allgemeinbevölkerung der alten und neuen Bundesländer	178

9.3 Abbildungsverzeichnis

Abb. 5.1.2.1:	Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Spontanprobe)	40
Abb. 5.1.2.2:	Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Spontanprobe)	40
Abb. 5.1.2.3:	Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Stagnationsprobe)	41
Abb. 5.1.2.4:	Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Stagnationsprobe)	41
Abb. 5.1.3.1:	Cadmiumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Spontanprobe)	46
Abb. 5.1.3.2:	Cadmiumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Spontanprobe)	46
Abb. 5.1.3.3:	Cadmiumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Stagnationsprobe)	47
Abb. 5.1.3.4:	Cadmiumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Stagnationsprobe)	47
Abb. 5.1.4.1:	Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Spontanprobe)	52
Abb. 5.1.4.2:	Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Spontanprobe)	52
Abb. 5.1.4.3:	Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Stagnationsprobe)	53
Abb. 5.1.4.4:	Eisengehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Stagnationsprobe)	53
Abb. 5.1.5.1:	Kupfergehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Spontanprobe)	59
Abb. 5.1.5.2:	Kupfergehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Spontanprobe)	59
Abb. 5.1.5.3:	Kupfergehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Stagnationsprobe)	60
Abb. 5.1.5.4:	Kupfergehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Stagnationsprobe)	60
Abb. 5.1.6.1:	Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Spontanprobe)	65
Abb. 5.1.6.2:	Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Spontanprobe)	65
Abb. 5.1.6.3:	Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Stagnationsprobe)	66
Abb. 5.1.6.4:	Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Stagnationsprobe)	66
Abb. 5.1.7.1:	Calciumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	71
Abb. 5.1.7.2:	Calciumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	71
Abb. 5.1.7.3:	Magnesiumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	72
Abb. 5.1.7.4:	Magnesiumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	72

Abb. 5.1.7.5:	Natriumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	73
Abb. 5.1.7.6:	Natriumgehalt im häuslichen Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	73
Abb. 5.2.4.1:	Aluminiumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung	85
Abb. 5.2.4.2:	Aluminiumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder	85
Abb. 5.2.4.3:	Bariumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung	86
Abb. 5.2.4.4:	Bariumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder	86
Abb. 5.2.4.5:	Borgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung	87
Abb. 5.2.4.6:	Borgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder	87
Abb. 5.2.4.7:	Kaliumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung	88
Abb. 5.2.4.8:	Kaliumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder	88
Abb. 5.2.4.9:	Mangangehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung	89
Abb. 5.2.4.10:	Mangangehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder	89
Abb. 5.2.4.11:	Nickelgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung	90
Abb. 5.2.4.12:	Nickelgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder	90
Abb. 5.2.4.13:	Phosphorgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung	91
Abb. 5.2.4.14:	Phosphorgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder	91
Abb. 5.2.4.15:	Strontiumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung	92
Abb. 5.2.4.16:	Strontiumgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder	92
Abb. 5.3.4.1:	Chloridgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung	105
Abb. 5.3.4.2:	Chloridgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder	105
Abb. 5.3.4.3:	Nitratgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung	106
Abb. 5.3.4.4:	Nitratgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder	106
Abb. 5.3.4.5:	Sulfatgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung	107
Abb. 5.3.4.6:	Sulfatgehalt im Trinkwasser der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der alten und neuen Länder	107
Abb. 7.3.1:	Angaben der 25- bis 69jährigen deutschen Bevölkerung zum Härtebereich ihres Trinkwassers	151
Abb. 7.4.1:	Beurteilung der Trinkwasserqualität durch die 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung	154

10 Anhang

10.1 Erläuterung der Gliederungsmerkmale

Soziodemographische Variablen

- 1) **Geschlecht:** Geschlecht des Probanden
Ausprägungen: Männer, Frauen (bei Erwachsenen)
verwendet in: Kapitel 7.1 (Trinkwasservolumen), 7.2 (Stoffzufuhr mit dem Trinkwasser)
- 2) **Lebensalter:** Lebensalter des Probanden
Ausprägungen: 25-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69 Jahre
verwendet in: Kapitel 7.1 (Trinkwasservolumen), 7.2 (Stoffzufuhr mit dem Trinkwasser)
- 3) **Berufstätigkeit:** Berufstätigkeits-Situation des Probanden zum Zeitpunkt der Befragung
Ausprägungen: berufstätig, nicht berufstätig
verwendet in: Kapitel 7.1 (Trinkwasservolumen), 7.2 (Stoffzufuhr mit dem Trinkwasser)

Wohnort und Wohnung

- 4) **Alte/neue Bundesländer:** Wohnortlage bezogen auf Bundesländer
Ausprägungen: alte Bundesländer, neue Bundesländer
verwendet in: Kapitel 5.1 (Metalle), 5.2 (Elemente), 5.3 (Anionen), 6.1 (Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt), 6.2 (pH-Wert, Säure- und Basekapazität), 6.3 (Wasserhärte), 7.3 (Probandenangaben zur Wasserhärte), 7.4 (Trinkwasserqualität), 7.5 (Ersatzwasser)
- 5) **Gebietstyp:** Art des Wohngebiets nach Einschätzung des Interviewers
Ausprägungen: Land/ländlich, vorstädtisch, städtisch
verwendet in: Kapitel 7.3 (Probandenangaben zur Wasserhärte)
- 6) **Gemeindegrößenklasse**(politische Gemeindegrößenklasse): Einwohnerzahl der Gemeinde, zu der die Wohnung zählt, unterschieden nach drei Klassen
Ausprägungen: unter 20 000, 20 000 bis unter 100 000, 100 000 und mehr Einwohner
verwendet in: Kapitel 6.1 (Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt), 6.2 (pH-Wert, Säure- und Basekapazität), 6.3 (Wasserhärte)
- 7) **Eigentümer des Hauses/ der Wohnung:** Proband ist Eigentümer des Hauses, in dem er wohnt, bzw. Eigentümer der von ihm genutzten Wohnung
Ausprägungen: nein, ja
verwendet in: Kapitel 7.3 (Probandenangaben zur Wasserhärte)

Variablen zur Trinkwasserversorgung

- 8) **Probenart:** Art der genommenen Trinkwasserprobe im Haushalt des Probanden
Ausprägungen: Spontanprobe, Stagnationsprobe
verwendet in: Kapitel 5.1 (Metalle), 6.3 (Wasserhärte)

- 9) **Versorgungsart:** Art der Trinkwasserversorgung für den Haushalt, in dem der Proband lebt
Ausprägungen: Wasserwerksversorgte, Eigenversorger
verwendet in: Kapitel 5.1 (Metalle), 5.2 (Elemente), 5.3 (Anionen), 6.1 (Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt), 6.2 (pH-Wert, Säure- und Basekapazität), 6.3 (Wasserhärte)
- 10) **Material der Wasserleitungen:** ausschließlich oder teilweise verwendetes Material für die in der Wohnung bzw. im Haus des Probanden installierten Wasserrohre
Bemerkung: Es handelt sich hier um die Antwort des Probanden auf Frage 68 des Fragebogens „Umwelt und Gesundheit in Deutschland“, also um die subjektive Einschätzung der Probanden.
Ausprägungen: a) nicht aus Blei, ganz oder teilweise aus Blei
 b) nicht aus Kupfer, ganz oder teilweise aus Kupfer
 c) nicht aus Eisen und nicht aus verzinktem Stahlrohr, ganz oder teilweise aus Eisen oder verzinktem Stahlrohr
verwendet in: Kapitel 5.1 (Metalle)
- 11) **Beurteilung der Wasserqualität:** Beurteilung der Wasserqualität bei der Wasserversorgung der selbst genutzten Wohnung bzw. des selbst genutzten Hauses
Bemerkung: Es handelt sich hier um die Antwort des Probanden auf die geschlossene Frage 69A des Fragebogens „Umwelt und Gesundheit in Deutschland“, der eine Skala von 1 (sehr gut) bis 5 (mangelhaft) zugrunde liegt.
Ausprägungen: gute Wasserqualität (Beurteilungsstufen 1, 2 und 3)
 schlechte Wasserqualität (Beurteilungsstufen 4 und 5)
verwendet in: Kapitel 7.4 (Trinkwasserqualität), 7.5 (Ersatzwasser)
- 12) **Vom Probanden angegebener Härtebereich:** Härtebereich des Haushaltswassers nach Einschätzung des Probanden
Bemerkung: Es handelt sich hier um die Antwort des Probanden auf die Frage 66 des Fragebogens „Umwelt und Gesundheit in Deutschland“.
Ausprägungen: Härtebereich 1 (weich: bis 7°dH), Härtebereich 2 (mittel: über 7 bis 14°dH), Härtebereich 3 (hart: über 14 bis 21°dH), Härtebereich 4 (sehr hart: über 21°dH)
verwendet in: Kapitel 7.4 (Trinkwasserqualität)
- 13) **Gemessener Härtegrad bzw. -bereich:** Härtebereich des Haushaltswassers nach Berechnung
Bemerkung: Der Härtegrad eines Wassers berechnet sich als Summe von Magnesiumionen und Calciumionen und wird in mmol/l angegeben, bei der Angabe des Härtebereichs werden vier Meßbereiche unterschieden.
Ausprägungen: Härtebereich 1 (weich: bis 1,3 mmol/l), Härtebereich 2 (mittel: über 1,3 bis 2,5 mmol/l), Härtebereich 3 (hart: über 2,5 bis 3,8 mmol/l), Härtebereich 4 (sehr hart: über 3,8 mmol/l)
verwendet in: Kapitel 7.4 (Trinkwasserqualität)

10.2 Zusammenhänge zwischen Gliederungsmerkmalen

Tab. 10.2.1: Zusammenhänge zwischen Gliederungsmerkmalen, 25- bis 69jährige deutsche Allgemeinbevölkerung (aus: Krause et al. 1996)

Deutschland	Ost/West	Geschlecht	Lebensalter	Gemeindegrößenkl.	Schulabschluß	Berufstätigkeit	Rauchstatus	Alkoholmenge
Ost/West	13	n.s.	n.s.	0,07	0,21	n.s.	0,07	0,10
Geschlecht	n.s.	14	n.s.	n.s.	0,10	0,21	0,31	0,33
Lebensalter	n.s.	n.s.	16	n.s.	0,24	0,60	0,17	0,07
Gemeindegrößenkl.	Ost: Anteil kleinerer Gemeinden höher	n.s.	n.s.	5	0,15	n.s.	n.s.	n.s.
Schulabschluß	Ost: Abiturrate geringer, mittlere Reife häufiger	Frauen: Anteil der Abiturienten geringer	Jüngere Personen haben höhere Schulbildung	Großstadtbewohner haben höhere Schulbildung	10	0,23	n.s.	0,08
Berufstätigkeit	n.s.	Frauen: Anteil der Berufstätigen geringer	Jüngere Personen sind häufiger berufstätig	n.s.	Personen mit höh. Bildung sind häufiger berufstätig	13	0,13	0,13
Rauchstatus	Ost: Raucheranteil geringer	Frauen: Raucheranteil geringer	Jüngere Personen: Raucheranteil höher	n.s.	n.s.	Berufstätige: Raucheranteil höher	13	0,12
Alkoholmenge	Ost: Anteil der Abstinenzler geringer	Frauen: Anteil der Abstinenzler höher	Personen mittl. Alters trinken mehr Alkohol	n.s.	Personen mit höh. Bildung sind seltener Abstinenzler	Berufstätige trinken mehr Alkohol	Nichtraucher trinken weniger Alkohol	16

Anmerkungen:

Bei signifikanter Abhängigkeit ($p \leq 0,001$) ist oberhalb der Diagonale das Cramérsche Assoziationsmaß angegeben und unterhalb der Diagonale der Zusammenhang verbal beschrieben. Nicht signifikante Abhängigkeiten sind durch n.s. gekennzeichnet. In der Diagonalen ist die Anzahl der Kriterien (von 19 im Berichtsband tabellierten Zielgrößen) angegeben, für die das entsprechende Gliederungsmerkmal im Rahmen der einfaktoriellen Varianzanalyse signifikant ist.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 5.5.2: Zusammenhänge zwischen Gliederungsmerkmalen, 25- bis 69jährige Allgemeinbevölkerung der alten und neuen Bundesländer (aus: Krause et al. 1996)

OST WEST	Geschlecht	Lebens- alter	Gemeinde- größenkl.	Schul- abschluß	Berufs- tätigkeit	Rauch- status	Alkohol- menge
Geschlecht	16 12	n.s.	n.s.	n.s.	0,15	0,38	0,43
Lebens- alter	n.s.	14 15	n.s.	0,35	0,75	0,19	0,09.
Gemeinde- größenkl.	n.s.	n.s.	1 5	0,14	n.s.	n.s.	n.s.
Schul- abschluß	0,12	0,19	0,15	14 10	0,43	n.s.	n.s.
Berufs- tätigkeit	0,25	0,53	n.s.	0,13	12 12	0,17	0,18
Rauch- status	0,27	0,16	n.s.	n.s.	0,12	11 13	0,15
Alkohol- menge	0,28	n.s.	n.s.	0,08	0,10	0,11	11 9

Anmerkungen:

Bei signifikanter Abhängigkeit ($p \leq 0,001$) ist oberhalb der Diagonalen die Assoziation (Cramérs V) in der Ost-Teilstichprobe und unterhalb der Diagonalen die in der West-Teilstichprobe angegeben. Nicht signifikante Abhängigkeiten sind durch n.s. gekennzeichnet. In der Diagonalen ist die Anzahl der Kriterien (von 19 im Berichtsband tabellierten Zielgrößen) angegeben, bei denen das Gliederungsmerkmal einen signifikanten Zusammenhang mit der Zielgröße jeweils ermittelt im Rahmen der Varianzanalyse bezogen auf die neuen bzw. alten Bundesländer ist.

Quelle: UBA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland