
WaBoLu Hefte

Institut für
Wasser-,
Boden- und
Lufthygiene

WaBoLu

2

96

ISSN
0175-4211

Umwelt-Survey 1990/92

Band Ib:

Human- Biomonitoring

Deskription der Spurenelementgehalte
im Haar der Bevölkerung in
der Bundesrepublik Deutschland

Umwelt
Bundes
Amt

WaBoLu

2

96

ISSN
0175-4311

Umwelt-Survey 1990/92

Band 1b:

**Human-
Biomonitoring**

Deskription der Spurenelementgehalte
im Haar der Bevölkerung in
der Bundesrepublik Deutschland

von

**Christian Krause, Christine Schulz,
Kerstin Becker, Wolfgang Bernigau,
Kurt Hoffmann, Peter Nöllke,
Rudolf Schwabe, Margarete Seiwert**

Die diesem Berichtsband zugrunde liegenden
Arbeiten wurden im Rahmen der vom
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit geförderten
Forschungsvorhaben "Umwelt-Survey
in der Bundesrepublik Deutschland 1990/92"
(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, November 1997

C. Krause, C. Schulz, K. Becker, W. Bernigau, K. Hoffmann,
P. Nöllke, R. Schwabe, M. Seiwert

Umwelt-Survey 1990/92
Band Ib:
Human-Biomonitoring:

**Deskription der Spurenelementgehalte im Haar
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 Gesundheitsforschung, München,
Zentrum für Epidemiologie und Gesundheitsforschung, Berlin
- Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
- Projektleitung: Dr. C. Krause / C. Schulz
- Berichtersteller: C. Krause, C. Schulz, K. Becker, W. Bernigau, K. Hoffmann,
P. Nöllke, R. Schwabe, M. Seiwert
- unter weiterer Mitarbeit von: V. Aglaster, E. Berchem-Nickel, M. Doberschütz, L. Donner, M. Drews,
N. Englert, C. Fleischer, M. Gabriel, I. Hahn, M. Heiss, M. Kapst,
U. Kortwich, E. Kraubmann, U. Lippold, E. Meyer, B. Raffius, W. Rotard,
W. Schimmelpfennig, R. Schleyer, B. Seifert, E. Stottmeister, E. Utesch,
I. Vorweg, L. Windmüller, D. Wintermeyer, C. Woodgett
Feldteams der Gesundheits-Surveys,
Infratest Gesundheitsforschung,
Epidemiologische Forschung Berlin,
Zentrum für Epidemiologie und Gesundheitsforschung und
Institut für Gesundheitswissenschaften der Universität Rostock
Hygieneinstitut Sachsen-Anhalt (ehemals Landeshygieneinstitut
Magdeburg)
- 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 in den neuen Bundesländern² durchgeführt. 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 Niederschlagsproben (Außenluft, Bergerhoff-Gerät), die in den Erhebungspunkten gewonnen wurden. Ferner wurden u.a. zur Interpretation der Meßdaten parallel Fragebogenerhebungen zu umwelt-/gesundheitsrelevanten Verhaltensweisen und belastungsrelevanten Bedingungen der Haushalte und des Wohnumfeldes durchgeführt.

Der vorliegende Berichtsband basiert auf den Daten der Umwelt-Surveys 1990/92 (alte Bundesländer 1990/91 und neue Bundesländer 1991/92) und stellt den zweiten Teil der Auswertungen zum Human-Biomonitoring dar. Er beinhaltet die deskriptive Auswertung der Kopfhhaaranalysen der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre und 6 bis 14 Jahre) sowie der Altersklassen 15 bis 24 Jahre und 70 bis 79 Jahre, die nur im Umwelt-Survey 1991/92 (neue Bundesländer) untersucht wurden.

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

¹ Die Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91 wurden an jeweils der Hälfte der Stichproben der Nationalen Gesundheits-Surveys der Deutschen Herzkreislauf-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. 1992a).

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

Vorwort

- Band IIc: Umwelt-Survey 1991/92. Bewertung der Exposition am Arbeitsplatz in den neuen Bundesländern
- 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

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Summary	7
1 Einleitung	13
2 Studiendesign	17
2.1 Stichproben	17
2.2 Untersuchungsinstrumentarium	18
2.3 Durchführung der Felduntersuchung	19
3 Analytik und Qualitätskontrolle	21
3.1 Probenaufbereitung und Analysenmethoden	21
3.2 Kappungs- und Bestimmungsgrenzen	22
3.3 Qualitätskontrolle	24
3.4 Folgerungen aus der Qualitätskontrolle für die tabellarische Auswertung	26
4 Statistische Methoden und Aufbau der Tabellen	27
4.1 Datengewichtung	27
4.2 Tabellierte Kennwerte	28
4.3 Tabellenfolge	30
4.4 Auswahl der Gliederungsmerkmale	30
4.5 Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen	32
4.6 Zusammenhänge zwischen den Gehalten im Haar	32
4.7 Intervalle für Populationsperzentile	34
5 Deskription der Substanzgehalte im Haar	35
5.1 Hinweise zu Gliederungsmerkmalen	36
5.2 Aluminium	41
5.2.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	41
5.2.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	41
5.2.1.1.1 Geschlecht	41
5.2.1.1.2 Alte/neue Bundesländer	41
5.2.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)	41
5.2.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	41
5.2.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	41
5.2.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	42
5.2.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	43
5.2.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	43
5.2.2.1.1 Geschlecht	43
5.2.2.1.2 Alte/neue Bundesländer	43

5.2.2.1.3	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	43
5.2.2.1.4	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	43
5.2.2.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	43
5.2.2.3	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	44
5.2.3	Zusammenfassung und Diskussion	44
5.2.4	Tabellen zum Literaturvergleich	47
5.2.5	Abbildungen	48
5.2.6	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	49
5.3	Barium	53
5.3.1	Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	53
5.3.1.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	53
5.3.1.1.1	Geschlecht	53
5.3.1.1.2	Alte/neue Bundesländer	53
5.3.1.1.3	Chemische Haarbehandlung (Frauen)	53
5.3.1.1.4	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	53
5.3.1.1.5	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	53
5.3.1.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	54
5.3.2	Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	54
5.3.2.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	54
5.3.2.1.1	Geschlecht	54
5.3.2.1.2	Alte/neue Bundesländer	55
5.3.2.1.3	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	55
5.3.2.1.4	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	55
5.3.2.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	55
5.3.2.3	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	56
5.3.3	Zusammenfassung und Diskussion	56
5.3.4	Tabellen zum Literaturvergleich	60
5.3.5	Abbildungen	61
5.3.6	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	63
5.4	Blei	67
5.4.1	Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	67
5.4.1.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	67
5.4.1.1.1	Geschlecht	67
5.4.1.1.2	Alte/neue Bundesländer	67
5.4.1.1.3	Chemische Haarbehandlung (Frauen)	67
5.4.1.1.4	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	67
5.4.1.1.5	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	67
5.4.1.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	68
5.4.2	Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	70
5.4.2.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	70
5.4.2.1.1	Geschlecht	70

5.4.2.1.2	Alte/neue Bundesländer	70
5.4.2.1.3	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	70
5.4.2.1.4	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	70
5.4.2.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	70
5.4.2.3	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	72
5.4.3	Zusammenfassung und Diskussion	72
5.4.4	Tabellen zum Literaturvergleich	79
5.4.5	Abbildungen	83
5.4.6	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	85
5.5	Cadmium	91
5.5.1	Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	91
5.5.1.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	91
5.5.1.1.1	Geschlecht	91
5.5.1.1.2	Alte/neue Bundesländer	91
5.5.1.1.3	Chemische Haarbehandlung (Frauen)	91
5.5.1.1.4	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	91
5.5.1.1.5	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	91
5.5.1.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	92
5.5.2	Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	93
5.5.2.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	93
5.5.2.1.1	Geschlecht	93
5.5.2.1.2	Alte/neue Bundesländer	93
5.5.2.1.3	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	93
5.5.2.1.4	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	93
5.5.2.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	94
5.5.2.3	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	94
5.5.3	Zusammenfassung und Diskussion	94
5.5.4	Tabellen zum Literaturvergleich	100
5.5.5	Abbildungen	103
5.5.5	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	105
5.6	Calcium	109
5.6.1	Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	109
5.6.1.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	109
5.6.1.1.1	Geschlecht	109
5.6.1.1.2	Alte/neue Bundesländer	109
5.6.1.1.3	Chemische Haarbehandlung (Frauen)	109
5.6.1.1.4	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	109
5.6.1.1.5	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	109
5.6.1.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	110
5.6.2	Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	110
5.6.2.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	110

5.6.2.1.1	Geschlecht	110
5.6.2.1.2	Alte/neue Bundesländer	110
5.6.2.1.3	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	110
5.6.2.1.4	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	111
5.6.2.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	111
5.6.2.3	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	111
5.6.3	Zusammenfassung und Diskussion	112
5.6.4	Tabellen zum Literaturvergleich	115
5.6.5	Abbildungen	117
5.6.6	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	119
5.7	Chrom	123
5.7.1	Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	123
5.7.1.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	123
5.7.1.1.1	Geschlecht	123
5.7.1.1.2	Alte/neue Bundesländer	123
5.7.1.1.3	Chemische Haarbehandlung (Frauen)	123
5.7.1.1.4	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	123
5.7.1.1.5	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	123
5.7.1.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	124
5.7.2	Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	124
5.7.2.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	124
5.7.2.1.1	Geschlecht	124
5.7.2.1.2	Alte/neue Bundesländer	124
5.7.2.1.3	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	124
5.7.2.1.4	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	125
5.7.2.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	125
5.7.2.3	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	125
5.7.3	Zusammenfassung und Diskussion	125
5.7.4	Tabellen zum Literaturvergleich	128
5.7.5	Abbildungen	130
5.7.6	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	131
5.8	Kupfer	135
5.8.1	Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	135
5.8.1.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	135
5.8.1.1.1	Geschlecht	135
5.8.1.1.2	Alte/neue Bundesländer	135
5.8.1.1.3	Chemische Haarbehandlung (Frauen)	135
5.8.1.1.4	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	135
5.8.1.1.5	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	135
5.8.1.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	136

5.8.2	Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	137
5.8.2.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	137
5.8.2.1.1	Geschlecht	137
5.8.2.1.2	Alte/neue Bundesländer	137
5.8.2.1.3	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	137
5.8.2.1.4	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	137
5.8.2.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	138
5.8.2.3	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	138
5.8.3	Zusammenfassung und Diskussion	138
5.8.4	Tabellen zum Literaturvergleich	142
5.8.5	Abbildungen	145
5.8.6	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	147
5.9	Magnesium	151
5.9.1	Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	151
5.9.1.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	151
5.9.1.1.1	Geschlecht	151
5.9.1.1.2	Alte/neue Bundesländern	151
5.9.1.1.3	Chemische Haarbehandlung (Frauen)	151
5.9.1.1.4	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	151
5.9.1.1.5	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	151
5.9.1.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	152
5.9.2	Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	152
5.9.2.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	152
5.9.2.1.1	Geschlecht	152
5.9.2.1.2	Alte/neue Bundesländer	152
5.9.2.1.3	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	153
5.9.2.1.4	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	153
5.9.2.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	153
5.9.2.3	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	153
5.9.3	Zusammenfassung und Diskussion	154
5.9.4	Tabellen zum Literaturvergleich	157
5.9.5	Abbildungen	159
5.9.6	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	161
5.10	Phosphor	165
5.10.1	Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	165
5.10.1.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	165
5.10.1.1.1	Geschlecht	165
5.10.1.1.2	Alte/neue Bundesländer	165
5.10.1.1.3	Chemische Haarbehandlung (Frauen)	165
5.10.1.1.4	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	165
5.10.1.1.5	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	165

5.10.1.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	166
5.10.2	Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	166
5.10.2.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	166
5.10.2.1.1	Geschlecht	166
5.10.2.1.2	Alte/neue Bundesländer	166
5.10.2.1.3	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	166
5.10.2.1.4	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	166
5.10.2.2	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	167
5.10.3	Zusammenfassung und Diskussion	167
5.10.4	Tabellen zum Literaturvergleich	169
5.10.5	Abbildungen	170
5.10.6	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	171
5.11	Strontium	175
5.11.1	Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	175
5.11.1.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	175
5.11.1.1.1	Geschlecht	175
5.11.1.1.2	Alte/neue Bundesländer	175
5.11.1.1.3	Chemische Haarbehandlung (Frauen)	175
5.11.1.1.4	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	175
5.11.1.1.5	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	175
5.11.1.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	176
5.11.2	Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	176
5.11.2.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	176
5.11.2.1.1	Geschlecht	176
5.11.2.1.2	Alte/neue Bundesländer	177
5.11.2.1.3	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	177
5.11.2.1.4	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	177
5.11.2.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	177
5.11.2.3	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	178
5.11.3	Zusammenfassung und Diskussion	178
5.11.4	Tabellen zum Literaturvergleich	181
5.11.5	Abbildungen	182
5.11.5	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	183
5.12	Zink	187
5.12.1	Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	187
5.12.1.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	187
5.12.1.1.1	Geschlecht	187
5.12.1.1.2	Alte/neue Bundesländer	187
5.12.1.1.3	Chemische Haarbehandlung (Frauen)	187
5.12.1.1.4	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	187
5.12.1.1.5	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	187

5.12.1.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	188
5.12.2	Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	188
5.12.2.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	188
5.12.2.1.1	Geschlecht	188
5.12.2.1.2	Alte/neue Bundesländer	188
5.12.2.1.3	Haarfarbe (unbehandeltes Haar)	189
5.12.2.1.4	Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)	189
5.12.2.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	189
5.12.2.3	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	189
5.12.3	Zusammenfassung und Diskussion	189
5.12.4	Tabellen zum Literaturvergleich	193
5.12.5	Abbildungen	196
5.12.6	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	197
5.13	Weitere Elemente	201
5.13.1	Bor	201
5.13.2	Cäsium	202
5.13.3	Palladium	203
5.13.4	Platin	204
5.13.5	Thallium	205
5.13.6	Uran	206
5.13.7	Vanadium	207
5.14	Nikotin	211
5.14.1	Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	211
5.14.1.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	211
5.14.1.1.1	Alte/neue Bundesländer	211
5.14.1.1.2	Rauchstatus	211
5.14.1.1.3	Rauchstatus x Geschlecht	212
5.14.1.1.4	Rauchstatus x Lebensalter	212
5.14.1.1.5	Rauchdauer (Raucher)	212
5.14.1.1.6	Tägliche Zigarettenzahl (Zigarettenraucher)	212
5.14.1.1.7	Färbung/Tönung (Raucherinnen)	212
5.14.1.2	Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen	212
5.14.2	Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	213
5.14.2.1	Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	213
5.14.2.2	Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	214
5.14.3	Zusammenfassung und Diskussion	214
5.14.4	Tabelle zum Literaturvergleich	219
5.14.5	Abbildungen	221
5.14.6	Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen	223

5.15 Cotinin	227
5.15.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)	227
5.15.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen	227
5.15.1.1.1 Alte/neue Bundesländer	227
5.15.1.1.2 Rauchstatus	227
5.15.1.1.3 Rauchstatus x Geschlecht	227
5.15.1.1.4 Rauchstatus x Lebensalter	228
5.15.1.1.5 Rauchdauer (Raucher)	228
5.15.1.1.6 Tägliche Zigarettenzahl (Zigarettenraucher)	228
5.15.1.1.7 Färbung/Tönung (Raucherinnen)	228
5.15.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)	229
5.15.2.2 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung	230
5.15.3 Zusammenfassung und Diskussion	230
5.15.4 Tabelle zum Literaturvergleich	232
5.15.5 Abbildungen	233
6 Basisdaten für Referenzwerte der deutschen Bevölkerung (6 bis 14 und 25 bis 69 Jahre)	237
7 Literatur	239
8 Verzeichnisse	245
8.1 Abkürzungsverzeichnis	245
8.2 Tabellenverzeichnis	247
8.3 Abbildungsverzeichnis	251
9 Anhang	253
9.1 Statistische Kennwerte für die Randaltersklassen	253
9.2 Erläuterung der Gliederungsmerkmale	255
9.3 Prozentuale Angaben zu den Haarmerkmalen (Erwachsene, unterteilt nach Geschlecht und Alter)	265
9.4 Prozentuale Angaben zu den Haarmerkmalen (Kinder, unterteilt nach Geschlecht und Alter)	266
9.5 Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen (Erwachsene, 25 bis 69 Jahre)	267
9.6 Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen (Kinder, 6 bis 14 Jahre)	268

Zusammenfassung

Zur Ermittlung und Aktualisierung repräsentativer Daten über die bestehenden Substanzgehalte im Kopfhhaar der deutschen Wohnbevölkerung wurden im Rahmen der Umwelt-Surveys 1990/92 (alte Bundesländer 1990/91 und neue Bundesländer 1991/92) bei Erwachsenen im Alter von 25 bis 69 Jahren und bei 6- bis 14jährigen Kindern Kopfhhaarproben gewonnen und analysiert. Ausdrücklich wird darauf hingewiesen, daß mit der im Rahmen der Umwelt-Surveys durchgeführten Haaranalyse ausschließlich die Möglichkeit genutzt werden sollte, mit modernsten Methoden aktuelle Vergleichs- und Referenzwerte für Spurenelemente und Mineralstoffe im Kopfhhaar zu schaffen. Ableitungen aus diesen Daten hinsichtlich medizinischer Diagnosen, Therapie- oder Ernährungsempfehlungen sind wissenschaftlich nicht vertretbar.

Nach mehrfach geschichteten zweistufigen Auswahlverfahren wurden Querschnittsstichproben (alte und neue Bundesländer) nach den Merkmalen Gemeindegrößenklasse, Geschlecht und Alter zufällig gezogen. In den alten Bundesländern nahmen 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 aus 50 Erhebungspunkten (46 Gemeinden) 1763 Personen im Alter von 18 bis 79 Jahren (Ausschöpfungsrate: 69 %) bzw. bei den 25- bis 69jährigen 1497. Ferner wurden 453 Kinder im Alter von 6 bis 14 Jahren (West) sowie 359 Kinder/Jugendliche im Alter von 6 bis 17 Jahren (Ost) bzw. 283 sechs- bis 14jährige in die Umwelt-Surveys einbezogen. Von insgesamt 4869 Probanden liegen Haarproben mit einer ausreichenden Einwaage (45 mg) vor.

Der vorliegende Berichtsband enthält die deskriptive Auswertung der Kopfhhaaranalysen (Al, Ba, Pb, Cd, Ca, Cr, Cu, Mg, P, Sr, Zn, Cotinin, Nikotin und bei Unterkollektiven B, Cs, Pd, Pt, Tl, U und V) der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland 1990/92. Hierzu werden die gemessenen Gehalte im Haar in Tabellenform unter Angabe diverser Kennwerte in den Gesamtpopulationen und stratifiziert nach sozio-demographischen sowie substanzspezifischen Merkmalen wiedergegeben. Die Ergebnisse werden textlich dargestellt, interpretiert und mit Daten aus der Literatur verglichen. Die gewählte Darstellungsform ermöglicht eine Übersicht über die Substanzgehalte im Kopfhhaar der deutschen Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland 1990/92 und damit eine Einordnung und Bewertung anderer Studienergebnisse auf nationaler und internationaler Ebene.

Die Verteilungen der gemessenen Gehalte in den Altersgruppen 25 bis 69 und 6 bis 14 Jahre sind in den Übersichtstabellen Z1 und Z2 am Ende dieser Zusammenfassung wiedergegeben.

Der Vergleich der Substanzgehalte im Kopfhhaar der Erwachsenen in den alten mit denen in den neuen Bundesländern ergab (vgl. Tab. Z3), daß in den neuen Ländern die Aluminium-, Barium-, Cadmium- und Bleigehalte im Kopfhhaar signifikant ($p \leq 0,001$) höher sind als in den alten Ländern. Hingegen sind die Chrom-, Kupfer-, Phosphor-, Bor-, Platin- und Thalliumgehalte im Haar der Erwachsenen der neuen Länder signifikant ($p \leq 0,001$) niedriger als in den alten Ländern. Der Vergleich der Substanzgehalte im Kopfhhaar der ost- und westdeutschen Kinder ergab insgesamt ein etwas anderes Bild (vgl. Tab. Z3). Zwar sind wieder die Aluminium-, Barium- und Cadmiumgehalte im Kopfhhaar in den neuen Ländern signifikant ($p \leq 0,001$) höher als in den alten Ländern, aber auch die Chrom-, Nikotin- und Phosphorgehalte. Auch die Bleigehalte im Haar der Kinder in Ostdeutschland sind höher als in Westdeutschland, das Signifikanzniveau von $p \leq 0,001$ wird

jedoch knapp verfehlt. Die Bor-, Platin- und Thalliumgehalte im Haar der Kinder sind wie bei den Erwachsenen in den neuen Ländern signifikant niedriger ($p \leq 0,001$) als in den alten Ländern.

Stärke und Richtung des bivariaten Zusammenhanges zwischen Geschlecht und Substanzgehalt im Haar sind für die einzelnen Elemente sehr unterschiedlich. Bei den Frauen finden sich höhere Gehalte im Haar an essentiellen Spurenelementen (Barium, Calcium, Kupfer, Magnesium und Strontium). Bis auf Kupfer gilt dies auch für die Mädchen im Vergleich zu den Jungen. Bei den Frauen kann dies bei den Elementen Barium, Kupfer und Strontium auf die chemische Haarbehandlung zurückgeführt werden, da bei diesen Elementen in unbehandelten Haaren kein signifikanter Zusammenhang mit dem Geschlecht bzw. ein geringerer Effekt nachgewiesen werden kann. Bei den Männern (Jungen) werden höhere Aluminium-, Blei-, Cadmium- und Chromgehalte ermittelt. Ein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem Phosphor- und Zinkgehalt im Haar konnte nicht festgestellt werden.

Bei den Calcium-, Kupfer-, Strontium- und Zinkgehalten im Haar der 25- bis 69jährigen Erwachsenen wird eine signifikante Abnahme mit zunehmendem Lebensalter beobachtet. Beim Aluminiumgehalt ist hingegen eine Zunahme feststellbar. Bei den 6- bis 14jährigen Kindern nehmen die Calcium-, Magnesium-, Strontium- und Zinkgehalte im Haar mit dem Lebensalter zu und die Aluminium-, Blei- und Chromgehalte hingegen ab.

In dauergewelltem Haar werden bei der Mehrzahl der Elemente höhere Gehalte im Haar festgestellt. Dies gilt für Aluminium, Barium, Blei, Cadmium, Calcium, Chrom, Magnesium, Strontium und Zink. Die Dauerwelle hat keinen Effekt auf die Kupfer- und Phosphorgehalte im Haar. Ein Zusammenhang zwischen einer Färbung/Tönung und den Gehalten im Haar ist in der Regel weniger deutlich. Dennoch können höhere Barium-, Calcium-, Magnesium-, Phosphor- und Strontiumgehalte im gefärbten/getönten Haar beobachtet werden.

Graues Haar weist häufig die geringsten Elementgehalte auf. Dies gilt für Barium, Calcium, Kupfer, Magnesium, Strontium und Zink. Im Haar der Kinder wird eine Zunahme der Calcium-, Phosphor- und Zinkgehalte von blond zu braun nachgewiesen.

Für einige Elemente ist der Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und dem Zeitpunkt der Probenahme von Bedeutung und führt, je länger die letzte Haarwäsche zurückliegt, zu geringeren Gehalten (Barium, Calcium, Kupfer, Magnesium, Strontium und Zink, bei den Kindern bei Calcium, Kupfer und Strontium). Nur beim Aluminium- und Bleigehalt zeigt sich ein signifikant gegenteiliger Effekt.

Zusammenhänge zwischen dem Elementgehalt im Haar und im Trinkwasser bzw. dem Material der Rohrleitungen ergaben sich bei Blei, Cadmium, Calcium, Kupfer, Magnesium, Strontium und Zink.

Der Rauchstatus ist für den Cadmium-, Blei-, Nikotin- und Cotiningehalt im Haar ein signifikantes Merkmal und vor allem für Cadmium weniger deutlich als erwartet. Für Raucher werden mit zunehmender Anzahl der gerauchten Zigaretten signifikant höhere Blei-, Nikotin- und Cotiningehalte im Haar ermittelt. Es sei aber erwähnt, daß nur bei etwa der Hälfte der Raucher (überwiegend bei starken Rauchern) Cotinin im Haar bestimmbar war. Anhand des Nikotiningehaltes im Haar können drei Gruppen von Nichtrauchern signifikant unterschieden werden: Nicht-Passivrauch-Exponierte, schwache und starke Passivrauch-Exponierte

(geometrische Mittelwerte: 0,62 µg/g, 1,14 µg/g bzw. 1,74 µg/g). Der Nikotingehalt im Haar ist damit ein geeigneter Indikator für unterschiedlich starke aktive und passive Tabakrauchbelastungen, wohingegen der Cotiningehalt lediglich ein geeigneter Indikator für starkes aktives Rauchen darstellt.

Bei der vorliegenden Auswertung liefert das Merkmal **Staubbelastung am Arbeitsplatz** (gemessen an der subjektiven Angabe zur Häufigkeit von Schmutz an der (Arbeits-)Kleidung) einen Hinweis auf Arbeitsplatzbelastungen. Auch für das Merkmal **Schulbildung** wurden Zusammenhänge gefunden, die gleichfalls diesen Belastungspfad beschreiben dürften, da davon auszugehen ist, daß mit zunehmendem Schulabschluß eine geringere Staubbelastung am Arbeitsplatz anzutreffen ist. Beide Merkmale ergaben eine Signifikanz für die Elemente Aluminium, Cadmium, Kupfer. Bei Barium und Zink waren nur der Schulabschluß, bei Chrom nur die Staubbelastung am Arbeitsplatz, beim Blei die Berufstätigkeit und die Staubbelastung am Arbeitsplatz und beim Kupfer die Schulbildung und die Berufstätigkeit signifikant.

Weitere signifikante Zusammenhänge ergeben sich zwischen den Aluminium-, Blei- und Cadmium-Niederschlägen im Innenraum (Hausstaub) und den Elementgehalten im Haar der Erwachsenen. Bei den Kindern konnte dieser Zusammenhang für die Elemente Barium und Blei aufgezeigt werden. Selbstverständlich bildet dieses Merkmal auch die Belastung der Region ab, da die Einträge für diese Elemente weniger durch wohnungsinterne Quellen als durch Einträge von außen (Fenster, Bodenstaub) bestimmt sein dürften.

Die Immissionssituation in der Wohnumgebung wird durch den Element-Niederschlag (**Außenluft**, Bergerhoff-Gerät) erfaßt. Hier ergeben sich für die Aluminium-, Barium- und Kupfergehalte im Haar der Erwachsenen und für die Barium- und Bleigehalte im Haar der Kinder entsprechende Zusammenhänge. Jedoch sind auch für andere Elemente weitere Merkmale, die direkt oder indirekt mit der Immissionssituation in Verbindung stehen, signifikant, so z. B. der **Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume** (Al, Pb, Cd) und die **Jahreszeit** (Erwachsene: Ba, Pb, Cd, Cr, Mg, P, Sr; Kinder: Ba, Pb, Cd, Mg, Sr). Die **Gemeindegrößenklasse** scheint weniger geeignet, den Belastungspfad 'Außenluft' abzubilden. Lediglich bei den Elementen Kupfer und Strontium wird mit zunehmender Gemeindegrößenklasse eine Zunahme des Gehaltes im Haar der Erwachsenen festgestellt. Bei Betrachtung des Merkmals **Gebietstyp** (ländlich, vorstädtisch, städtisch) liegt ein signifikanter Effekt nur für die Kupfergehalte im Haar vor.

Die Korrelationsanalyse ergab für die Erdalkalielemente - Ca, Mg, Sr, Ba - eine deutliche Gruppierung. Für diese Gruppe wurde auch eine ähnliche Palette signifikanter Gliederungsmerkmale gefunden. Desweiteren liegt eine hohe Korrelation zwischen den toxischen Schwermetallen Blei und Cadmium sowie zwischen den Nikotin- und Cotiningehalten vor.

Ein korrelativer **Zusammenhang** zwischen den Substanzgehalten von Pb, Cd, Cu, Cr, Cotinin, Nikotin, Ca, Mg und P im Haar einerseits und in **Blut, Urin oder Serum** andererseits ergab sich nur für die Bleigehalte in Haar und Blut sowie für die Nikotin- und Cotiningehalte in Haar und Urin.

Im Haar der Kinder werden signifikant niedrigere Barium-, Calcium-, Chrom-, Magnesium-, Phosphor-, Strontium-, Zink- und Nikotingehalte als im Haar der Erwachsenen ermittelt. Lediglich die Aluminiumgehalte im Haar der Kinder sind signifikant höher als die der Erwachsenen (vgl. Tab. Z3).

Tab. Z1: Substanzgehalte im Haar der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

	BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Aluminium [$\mu\text{g/g}$]	1,0	3246	169	1,3	3,1	9,6	14,0	21,5	100,7	4,73	3,21	3,12 - 3,31
Barium [$\mu\text{g/g}$]	0,2	3246	509	<0,2	0,5	2,3	3,4	5,2	21,2	0,98	0,54	0,52 - 0,56
Blei [$\mu\text{g/g}$]	0,1	3817	13	0,3	0,9	3,7	6,3	12,1	583,5	2,26	0,96	0,93 - 0,99
Cadmium [$\mu\text{g/g}$]	0,006	3725	55	0,02	0,04	0,16	0,27	0,47	8,19	0,084	0,046	0,045 - 0,048
Calcium [$\mu\text{g/g}$]	20	3778	6	150	440	2140	3060	4170	12420	856	496	480 - 512
Chrom [$\mu\text{g/g}$]	0,02	3317	37	0,05	0,12	0,25	0,30	0,44	7,10	0,144	0,114	0,111 - 0,117
Kupfer [$\mu\text{g/g}$]	0,4	3817	2	8	12	33	55	100	788	19,1	13,6	13,3 - 13,9
Magnesium [$\mu\text{g/g}$]	1,2	3817	7	11	26	125	189	299	1201	52,5	30,5	29,5 - 31,4
Phosphor [$\mu\text{g/g}$]	1,8	3817	4	104	140	193	219	268	2324	145,7	137,2	135,5 - 139,0
Strontium [$\mu\text{g/g}$]	0,04	3817	6	0,2	1,0	5,2	8,3	14,2	132,0	2,22	1,01	0,97 - 1,05
Zink [$\mu\text{g/g}$]	2,4	3817	1	110	170	210	240	270	2410	166	156	154 - 158
Nikotin [$\mu\text{g/g}$]	0,1	1317	131	0,1	2,0	25,6	46,1	73,4	441,0	9,67	1,78	1,59 - 1,99
Cotinin [$\mu\text{g/g}$]	0,2	1317	1046	<0,2	<0,2	0,6	1,4	2,5	11,0	0,29	<0,2	<0,2 - <0,2

Tab. Z2: Substanzgehalte im Haar der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)

	BG	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Aluminium [$\mu\text{g/g}$]	1,0	638	10	2,4	6,9	18,3	23,1	31,8	125,3	9,20	6,57	6,16 - 7,01
Barium [$\mu\text{g/g}$]	0,2	638	145	<0,2	0,4	1,2	1,6	2,4	4,5	0,54	0,36	0,33 - 0,38
Blei [$\mu\text{g/g}$]	0,1	711	2	0,3	1,0	3,5	5,4	7,7	26,9	1,61	1,02	0,95 - 1,09
Cadmium [$\mu\text{g/g}$]	0,006	704	30	0,01	0,05	0,19	0,30	0,61	3,66	0,096	0,048	0,044 - 0,052
Calcium [$\mu\text{g/g}$]	20	711	2	110	250	860	1220	1870	4430	394	269	253 - 286
Chrom [$\mu\text{g/g}$]	0,02	641	10	0,04	0,09	0,19	0,25	0,30	0,89	0,106	0,088	0,084 - 0,092
Kupfer [$\mu\text{g/g}$]	0,4	711	1	8	12	42	71	170	793	24,8	14,9	14,0 - 15,8
Magnesium [$\mu\text{g/g}$]	1,2	711	2	6	15	51	79	145	357	25,8	16,6	15,6 - 17,7
Phosphor [$\mu\text{g/g}$]	1,8	711	0	88	114	146	178	245	399	119,2	111,4	107,7 - 115,1
Strontium [$\mu\text{g/g}$]	0,04	711	2	0,1	0,5	2,3	3,4	4,9	10,2	0,99	0,56	0,52 - 0,61
Zink [$\mu\text{g/g}$]	2,4	711	2	90	160	210	230	250	1020	155	141	136 - 147
Nikotin [$\mu\text{g/g}$]	0,1	255	115	<0,1	0,2	2,6	5,3	10,7	21,8	1,10	0,24	0,19 - 0,29

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; Unterschiede im Stichprobenumfang N ergeben sich aus den differierenden Kappungsgrenzen und der teilweise verschiedenen Meßtechniken

Quelle UBA, WaBoI.u, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. Z3: Vergleich der geometrischen Mittelwerte der Substanzgehalte im Haar der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre und 6 bis 14 Jahre) in den alten und neuen Bundesländern mit Signifikanzangaben

	Erwachsene			Erwachsene			Kinder		
	Alte Bundesländer	Signifikanz ← →	Neue Bundesländer	Deutschland	Signifikanz ← →	Deutschland	Alte Bundesländer	Signifikanz ← →	Neue Bundesländer
Aluminium [µg/g]	2,85	*	5,09	3,21	*	6,57	5,96	*	8,42
Barium [µg/g]	0,51	*	0,67	0,54	*	0,36	0,32	*	0,48
Blei [µg/g]	0,91	*	1,16	0,96	-	1,02	0,95	*	1,21
Cadmium [µg/g]	0,042	*	0,064	0,046	-	0,048	0,042	*	0,065
Calcium [µg/g]	495	-	496	496	*	269	271	-	264
Chrom [µg/g]	0,116	*	0,104	0,114	*	0,088	0,083	*	0,102
Kupfer [µg/g]	14,8	*	10,0	13,6	-	14,9	15,8	-	12,9
Magnesium [µg/g]	30,1	-	32,1	30,5	*	16,6	16,2	-	17,8
Phosphor [µg/g]	142,1	*	120,1	137,2	*	111,4	107,0	*	123,3
Strontium [µg/g]	1,01	-	0,99	1,01	*	0,56	0,58	-	0,52
Zink [µg/g]	158	-	151	156	*	141	139	-	147
Nikotin [µg/g]	1,83	-	1,61	1,78	*	0,24	0,18	*	0,53
Cotinin [µg/g]	<0,2	-	<0,2	<0,2		X	X		X

Anmerkungen: * = die geometrischen Mittel weichen signifikant voneinander ab, bezogen auf den Zweistichproben t-Test und auf das Signifikanzniveau $\alpha=0,001$;
 - = die geometrischen Mittel weichen nicht signifikant voneinander ab;
 X = über 90 % der Werte liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze;
 signifikant höhere Werte sind fett gedruckt

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

Summary

The nation-wide representative „German Environmental Survey“ of the general adult population was conducted for the first time in 1985/86 on behalf of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. In 1990/91 the survey was repeated in West-Germany (the F.R.G. before reunification) and in 1991/92 it was extended to East-Germany (former GDR). In addition, these two surveys included children living in the households of the participating adult subjects. The scope and purpose of these studies were to determine the body burden (predominantly heavy metals) and the pollutants in the domestic environment of the general population of the Federal Republic of Germany and finally, to establish reference values of both.

Cross-sectional samples (West- and East-Germany) were selected using a stratified two-stage random procedure according to the size of the community, gender and age. In West-Germany 2524 subjects aged 25 to 69 were investigated. In East-Germany 1763 subjects aged 18 to 79 (25-69 years: 1497) were also examined. The rates of utilization were 63.1 % in West-Germany and 69.0 % in East-Germany. 453 children of West-Germany aged 6 to 14 and 379 children/youth of East-Germany aged 6 to 17 (6-14 years: 283) were included in the German Environmental Survey. The participating subjects were distributed over 100 sample points in 71 communities and 50 sample points in 46 communities located all over West- and East-Germany.

The present report provides a description of the statistical descriptive analysis of the trace elements in hair of the German population in 1990/92. The frequency distributions of the Al, Ba, Pb, Cd, Ca, Cr, Cu, Mg, P, Sr, Zn, cotinine, nicotine levels in hair of the adults and children and the B, Cs, Pd, Pt, Tl, U and V levels in subsamples are given including statistical parameters for the entire population as well as for subpopulations stratified by social factors and element-specific characteristics. The results are interpreted and compared with values given in the literature. The data permit to classify the results of other studies and individual results which are carried out in Germany or abroad.

An overview of the frequency distributions of the element contents in hair in Germany in 1990/92 are given in tables S1 and S2 below.

A comparison (table S3) of the trace elements in hair of adults in both parts of Germany shows that in East-Germany the Al, Ba, Cd and Pb content are significantly higher ($p \leq 0.001$) than in West-Germany. But, the B, Cr, Cu, P, Pt and Tl levels in hair of the adults in East-Germany are significantly ($p \leq 0.001$) lower than in West-Germany. The comparison of the trace elements in hair for children shows somewhat different results. The Al, Ba, and Cd contents as well as the Cr, nicotine and P contents are significantly higher ($p \leq 0.001$) in East-Germany. The average hair lead level of the children is higher in East-Germany, although not significantly higher ($p \leq 0.001$). The B, Pt and Tl content in children's hair are significantly lower in East-Germany ($p \leq 0.001$) than in West-Germany.

Strength and direction of the bivariate correlation between gender and content of elements in hair differ very much for the individual elements. Women have a higher content of essential trace elements (Ba, Ca, Cu, Mg and Sr) in hair. With the exception of Cu this is also true for girls compared to boys. For the elements Ba, Cu, Sr in the hair of women this result is probably due to a chemical treatment of the hair (permanent wave, dying,

tinting). With men (boys) higher contents of Al, Pb, Cd, Cr were found. There is no gender-related difference as far as P and Zn are concerned.

It is noticed that the Ca, Cu, Sr, and Zn levels in the hair of adults (25 - 69 years) are decreasing with growing age. Only for Al an increase is observed. With children (6 -14 years) the levels of Ca, Mg, Sr and Zn increase with growing age while the Al, Cr and Pb levels decrease.

In hair with permanent waves higher concentrations can be seen with the majority of elements, i. e. Al, Ba, Pb, Cd, Ca, Cr, Mg, Sr, and Zn. Treatment with perm wave lotion does not influence contents of Cu and P. As a rule, dying/tinting does not have such a clear effect on the hair like perm waves. There are only higher concentrations of Ba, Ca, Mg, P, Sr.

Grey hair has the lowest concentration of many of the trace elements. This is true for Ba, Ca, Cu, Mg, Sr, Zn. With children there is an increase in Ca, P, and Zn (from blond to brown).

For some elements it is important to know what time has elapsed between the last hair washing and the time of sample taking. Concentrations of Ba, Ca, Cu, Mg, Sr, and Zn (Ca, Cu, and Sr with children) are the lower the more time has passed. Only for Al and Pb is an opposite effect significant.

The analysis of tap water was another task of the survey. Correlations were found between concentrations of Pb, Ca, Cd, Cu, Mg, Sr and Zn in hair and tap water and the pipe material.

The smoking habits have a significant influence on the cadmium, lead, nicotine and cotinine concentration in hair and - unexpectedly - a less pronounced influence on the Cd content. For smokers, significant correlations between the number of cigarettes smoked and the levels of nicotine, cotinine and lead in hair are found. It has to be mentioned that cotinine could only be detected in the hair of half of the smokers (mostly heavy smokers). Significant differences of nicotine in hair are observed between non-smokers without environmental tobacco smoke (ETS) exposure (0.62 µg/g) with little ETS exposure (1.14 µg/g) and with strong ETS exposure (1.74 µg/g). The results suggest that nicotine in hair is a useful biomarker for different levels of active and passive smoking, whereas cotinine in hair is a possible indicator only for strong active smoking.

In this description the parameter "exposure to dust at work places" (on the basis of subjective statements on frequency of the pollution of clothes) refers to occupational exposure. The parameter "level of education" might describe the same exposure, because in general higher educational levels are associated with "cleaner" working environments. For both parameters there is a significant influence on the Al, Cd and Cu concentration in hair. For Ba and Zn only the school leaving degree, for Cr only the occupational dust exposure, for Pb the occupational dust exposure and the occupation and for Cu the school leaving degree and the occupation were significant.

A significant correlation is observed between the content of the trace elements Al, Pb and Cd (Ba and Pb) in precipitated house dust and the concentrations of these elements in the hair of adults (children). Of course, trace elements in precipitated house dust can also be interpreted as a picture of the degree of pollution of the

region, because pollutants do mostly not come from indoor but from outdoor sources (through the windows, dust from the soil).

The pollution in the residential area can also be characterised by measuring the concentration of elements in dust fall outdoors (Bergerhoff gauge). There were correlations for Al, Ba, Cu in the hair of adults and for Ba and Pb in the hair of children. A number of conditions (directly or indirectly connected with the degree of pollution), such as e.g. staying outdoors (Al, Pb, Cd), and the season (adults: Ba, Pb, Cd, Cr, Mg, P, Sr; children: Ba, Pb, Cd, Mg, Sr) must be considered. The size of the community is less suitable to indicate the level of exposure, only for Cu and Sr is the concentration in the hair of adults growing with an increasing community size. The parameter "region" (rural, suburban, urban) has only a significant effect in the case of Cu.

A correlation analysis was carried out for all analysed elements. The analysis shows a high correlation between the elements Ca, Mg, Sr and Ba. Moreover, the factors influencing these concentrations in hair are more or less the same. There is also a high correlation between the toxic heavy metals Pb and Cd as well as between cotinine and nicotine.

The existence of a correlation between the levels of Pb, Cd, Cu, Cr, cotinine, nicotine, Ca, Mg and P in hair and those in blood, urine or serum was tested. Correlation was found between the lead content in hair and blood as well as between cotinine and nicotine contents in hair and urine.

A comparison of the element contents in the hair of children and adults shows that the B, Ca, Cr, Mg, P, Sr, Zn and nicotine levels are significantly lower in the hair of children than in the hair of adults. Only in the case of Al have children levels that are significantly higher.

Tab. S1: Elements and compounds in hair of the general population (25 to 69 years)

	QL	N	n<QL	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	CI GM
Aluminium [$\mu\text{g/g}$]	1,0	3246	169	1,3	3,1	9,6	14,0	21,5	100,7	4,73	3,21	3,12 - 3,31
Barium [$\mu\text{g/g}$]	0,2	3246	509	<0,2	0,5	2,3	3,4	5,2	21,2	0,98	0,54	0,52 - 0,56
Lead [$\mu\text{g/g}$]	0,1	3817	13	0,3	0,9	3,7	6,3	12,1	583,5	2,26	0,96	0,93 - 0,99
Cadmium [$\mu\text{g/g}$]	0,006	3725	55	0,02	0,04	0,16	0,27	0,47	8,19	0,084	0,046	0,045 - 0,048
Calcium [$\mu\text{g/g}$]	20	3778	6	150	440	2140	3060	4170	12420	856	496	480 - 512
Chromium [$\mu\text{g/g}$]	0,02	3317	37	0,05	0,12	0,25	0,30	0,44	7,10	0,144	0,114	0,111 - 0,117
Copper [$\mu\text{g/g}$]	0,4	3817	2	8	12	33	55	100	788	19,1	13,6	13,3 - 13,9
Magnesium [$\mu\text{g/g}$]	1,2	3817	7	11	26	125	189	299	1201	52,5	30,5	29,5 - 31,4
Phosphor [$\mu\text{g/g}$]	1,8	3817	4	104	140	193	219	268	2324	145,7	137,2	135,5 - 139,0
Strontium [$\mu\text{g/g}$]	0,04	3817	6	0,2	1,0	5,2	8,3	14,2	132,0	2,22	1,01	0,97 - 1,05
Zinc [$\mu\text{g/g}$]	2,4	3817	1	110	170	210	240	270	2410	166	156	154 - 158
Nicotine [$\mu\text{g/g}$]	0,1	1317	131	0,1	2,0	25,6	46,1	73,4	441,0	9,67	1,78	1,59 - 1,99
Cotinine [$\mu\text{g/g}$]	0,2	1317	1046	<0,2	<0,2	0,6	1,4	2,5	11,0	0,29	<0,2	<0,2 - <0,2

Tab. S2: Elements and compounds in hair of children (6 to 14 years)

	QL	N	n<QL	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	CI GM
Aluminium [$\mu\text{g/g}$]	1,0	638	10	2,4	6,9	18,3	23,1	31,8	125,3	9,20	6,57	6,16 - 7,01
Barium [$\mu\text{g/g}$]	0,2	638	145	<0,2	0,4	1,2	1,6	2,4	4,5	0,54	0,36	0,33 - 0,38
Lead [$\mu\text{g/g}$]	0,1	711	2	0,3	1,0	3,5	5,4	7,7	26,9	1,61	1,02	0,95 - 1,09
Cadmium [$\mu\text{g/g}$]	0,006	704	30	0,01	0,05	0,19	0,30	0,61	3,66	0,096	0,048	0,044 - 0,052
Calcium [$\mu\text{g/g}$]	20	711	2	110	250	860	1220	1870	4430	394	269	253 - 286
Chromium [$\mu\text{g/g}$]	0,02	641	10	0,04	0,09	0,19	0,25	0,30	0,89	0,106	0,088	0,084 - 0,092
Copper [$\mu\text{g/g}$]	0,4	711	1	8	12	42	71	170	793	24,8	14,9	14,0 - 15,8
Magnesium [$\mu\text{g/g}$]	1,2	711	2	6	15	51	79	145	357	25,8	16,6	15,6 - 17,7
Phosphor [$\mu\text{g/g}$]	1,8	711	0	88	114	146	178	245	399	119,2	111,4	107,7 - 115,1
Strontium [$\mu\text{g/g}$]	0,04	711	2	0,1	0,5	2,3	3,4	4,9	10,2	0,99	0,56	0,52 - 0,61
Zinc [$\mu\text{g/g}$]	2,4	711	2	90	160	210	230	250	1020	155	141	136 - 147
Nicotine [$\mu\text{g/g}$]	0,1	255	115	<0,2	0,2	2,6	5,3	10,7	21,8	1,10	0,24	0,19 - 0,29

Annotations: 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 to QL/2 for calculation purposes; differences in the sample sizes N result from different cut-off values of initial weights and partly from different analytical techniques

Source: UBA, WaBoLu, Environmental Survey 1990/92, Federal Republic of Germany

Tab. S3: Comparison of the geometric means of element contents in the hair of adults (25 to 69 years) and children (6 to 14 years) in West- and East-Germany with specification of the significance levels

	adults			adults			children		
	West-Germany	signifi- cance ← →	East-Germany	Germany	signifi- cance ← →	Germany	West-Germany	signifi- cance ← →	East-Germany
Aluminium [µg/g]	2.85	*	5.09	3.21	*	6.57	5.96	*	8.42
Barium [µg/g]	0.51	*	0.67	0.54	*	0.36	0.32	*	0.48
Lead [µg/g]	0.91	*	1.16	0.96	-	1.02	0.95	*	1.21
Cadmium [µg/g]	0.042	*	0.064	0.046	-	0.048	0.042	*	0.065
Calcium [µg/g]	495	-	496	496	*	269	271	-	264
Chromium [µg/g]	0.116	*	0.104	0.114	*	0.088	0.083	*	0.102
Copper [µg/g]	14.8	*	10.0	13.6	-	14.9	15.8	-	12.9
Magnesium [µg/g]	30.1	-	32.1	30.5	*	16.6	16.2	-	17.8
Phosphor [µg/g]	142.1	*	120.1	137.2	*	111.4	107.0	*	123.3
Strontium [µg/g]	1.01	-	0.99	1.01	*	0.56	0.58	-	0.52
Zinc [µg/g]	158	-	151	156	*	141	139	-	147
Nicotine [µg/g]	1.83	-	1.61	1.78	*	0.24	0.18	*	0.53
Cotinine [µg/g]	0.14	-	0.15	0.15		X	X		X

Annotations: * = the geometric means differ significantly with respect to the two sample t-test and the significance level $\alpha=0,001$; - = the geometric means don't differ significantly;
X = more than 90 % of the values are below QL; significantly higher values are bold-faced

Source: UBA, WaBoLu, Environmental Survey 1990/92, Federal Republic of Germany

1 Einleitung

Bereits gegen Ende des vorigen Jahrhunderts war man in der Lage, im menschlichen Kopfhaar zahlreiche anorganische Bestandteile nachzuweisen. In der forensischen Analytik hat sich der Nachweis von Elementen oder Drogen im Haar seit langem bewährt. Seit Mitte der 80er Jahre hat die Haaranalyse, d. h. die Bestimmung von Spurenelementen und Mineralstoffen im menschlichen Kopfhaar, im wissenschaftlichen Bereich und in der breiten Öffentlichkeit erneut an Aufmerksamkeit gewonnen. Besonderes Interesse in der Bevölkerung wurde durch die von kommerziellen Haaranalyselaboratorien angebotene Multielementanalyse geweckt, deren Ergebnisse zur Beurteilung des individuellen gesundheitlichen Zustandes in Verbindung mit Ernährungsempfehlungen bis hin zu Vorschlägen zu medikamentösen Therapiemaßnahmen benutzt werden. Wissenschaftlich wird die Eignung der Haaruntersuchung als Mittel zur Feststellung einer individuellen Mangelversorgung mit Spurenelementen und Mineralstoffen weiterhin eher skeptisch beurteilt (Kruse-Jarres 1994). Vielmehr stellt die Erfassung von Spurenelementen und Mineralstoffen im Kopfhaar in erster Linie eine Screening-Methode dar, mit der aus einer ausreichend großen Bevölkerungsgruppe Teilgruppen identifiziert werden können, bei denen möglicherweise erhöhte Belastungen bestehen. Im Rahmen von epidemiologischen Studien sind Haaranalysen wissenschaftlich anerkannt und für die Schaffung von Vergleichswerten sinnvoll.

Substanzgehalte im oder am menschlichen Kopfhaar können zum einen durch Inkorporation über die Blutbahn und Haarwurzel und zum anderen durch exogene Kontamination wie z. B. über den Kontakt zu Talg, Schweiß und Hautschuppen, durch kosmetische und pharmazeutische Behandlung aber auch durch Umweltnoxen (z. B. Luft- und Trinkwasserbelastungen) beeinflusst werden.

Der Mechanismus des Einbaues von Substanzen in das menschliche Haar ist weitestgehend unbekannt. Für den Einbau von Blei in das Haar wird davon ausgegangen, daß während der Wachstumsphase Bleiionen ausgehend vom Blut in die Haarmatrixzellen eingebaut werden können. Aber auch die oben genannten endogenen Quellen können zur Blei-Kontamination der Haare beitragen (Wilhelm 1993). Für Metalle dürfte ihre Affinität zu Schwefel, welcher zu 5% im Keratin enthalten ist, eine Rolle spielen. Insbesondere für die Metalle Pb, Cd und Cu, die eine hohe Affinität zu Sulfhydrylgruppen aufweisen, können die Gehalte im Haar eine Belastungssituation unabhängig von endogener und exogener Aufnahme relativ gut widerspiegeln (Wilhelm 1994).

Bisher gibt es jedoch keine Methode zur Unterscheidung der endogenen und exogenen Anteile, d. h. der intrakorporal aufgenommene Anteil ist nicht von dem von außen (exogen) auf/in das Haar diffundierenden Anteil trennbar. Ferner variieren die Elementgehalte im Haar z. T. über einen großen Bereich von Person zu Person aber auch intraindividuell in Abhängigkeit vom untersuchten Haarsegment (Krause und Chutsch 1987, Ewers et al. 1993). Desweiteren besteht nach derzeitigem wissenschaftlichen Kenntnisstand kein Zusammenhang mit den entsprechenden Elementgehalten in anderen Geweben (Ausnahme Blei). Eine Interpretation und Bewertung der in Haaren gemessenen Spurenelementgehalte wird aus diesen Gründen erheblich erschwert, so daß die Haaranalyse zur Ermittlung einer tatsächlichen individuellen Belastung und deren Ursachen sowie insbesondere zur gesundheitlichen Bewertung in der Umweltmedizin wenig geeignet ist. Für eine gesundheitliche Bewertung einer Belastung von Individuen und Gruppen sollten immer weitere Untersuchungen in anderen Körpermedien (entsprechend der Fragestellung z. B. in Blut oder Urin) herangezogen werden.

Neben den bereits genannten Problemen weisen Haaruntersuchungen jedoch folgende Vorteile auf: Nicht invasive Probenahme (insbesondere bei Kindern vorteilhaft), relativ unproblematischer Transport der Proben, stabile Lagerung auch bei Raumtemperatur möglich. Bei zahlreichen Elementen liegen die Konzentrationen im Haar z. T. um mehrere Größenordnungen höher als in Körperflüssigkeiten und Geweben, was bessere analytische Möglichkeiten bedingt.

Im Rahmen der Umwelt-Surveys 1990/92, die an repräsentativen Querschnittsstichproben der deutschen Wohnbevölkerung durchgeführt wurden, sollte die Möglichkeit genutzt werden, mit modernsten Methoden aktuelle Vergleichs- und Referenzwerte für Spurenelemente und Mineralstoffe im Kopfhhaar zu ermitteln. Ausgehend von einer bereits hinsichtlich des Entnahmeortes (occipital) und des zu untersuchenden Haarsegmentes standardisierten Probenentnahme (proximal, wobei allerdings die untersuchten Haarabschnittslängen von z. B. 2,5 cm wie bei der Human-Organprobenbank bis 4 cm wie beim Umwelt-Survey variieren) wurden schonende und kontaminationsarme Probenaufbereitung (IAEA-Waschprozedur und Plasmaveraschung) sowie hochempfindliche und selektive Multielementanalytik (ICP-MS) bei sehr niedrigen Nachweisgrenzen eingesetzt.

Die Zielsetzung der vorliegenden Deskription besteht in der Darstellung von aktualisierten Vergleichswerten und in der Bereitstellung von Ausgangsdaten zur Festlegung von Referenzwerten für Substanzgehalte im Kopfhhaar der deutschen Bevölkerung in den Jahren 1990/92. Um diesen Zielen gerecht zu werden, sind einerseits die Verteilungen der Elementgehalte im Haar alphabetisch und anschließend die Nikotin- und Cotinidgehalte im Haar im Kapitel 5 dargestellt und andererseits die Basisdaten für die Festlegung von Referenzwerten in Kapitel 6 tabelliert. Die Deskription der Substanzgehalte sind sowohl für die Erwachsenen und Kinder in der Bundesrepublik Deutschland als auch für die Erwachsenen und Kinder in den alten und neuen Bundesländern sowie zusätzlich nach dem Geschlecht getrennt dargestellt. Ferner sind die Verteilungen unterteilt nach chemischen Haarbehandlungsarten (Dauerwelle, Färbung/Tönung), natürlicher Haarfarbe bei unbehandeltem Haar und Anzahl der Tage der letzten Haarwäsche vor der Probenahme. Darüber hinaus werden die Substanzgehalte im Haar nach substanzspezifischen Merkmalen wiedergegeben, die von allgemeinem Interesse sind (z. B. Kupfergehalt im Haar / Kupfergehalt im häuslichen Trinkwasser; Nikotingehalt im Haar / Passivrauch-Variablen) und für die ein statistischer Zusammenhang ($p \leq 0,001$) bei der Gesamtpopulation nachgewiesen werden konnte.

Die Darstellung der Verteilungen pro Substanz erfolgt zum einen als Histogramm - Häufigkeitsverteilung - (Erwachsene und Kinder), um die prozentuale Probandenzahl bei bestimmten Konzentrationen ablesen zu können, und zum anderen als Perzentilfunktion - Summenhäufigkeitsfunktion - (Erwachsene und Kinder), um für einen beliebigen Prozentsatz der Probanden die ermittelten Konzentrationen entnehmen zu können. Ferner werden in Tabellenform die Verteilungen der Substanzgehalte im Haar unter Angabe folgender Kennwerte wiedergegeben: Stichprobenumfang; Anteil der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze; 10., 50., 95., 98. Perzentil; Maximalwert; arithmetisches Mittel; geometrisches Mittel und 95 %-Konfidenzintervall für das geometrische Mittel. Darüber hinaus werden die Ergebnisse textlich dargestellt, interpretiert und mit dem einschlägigen internationalen Schrifttum - soweit vergleichbare Studienergebnisse vorliegen - verglichen. Zur Gewährleistung der Selbständigkeit der textlichen Deskriptionen der einzelnen Substanzgehalte im Haar der Bevölkerung werden Auswertungen und inhaltliche Interpretationen ähnlich und mit gleichbleibender Ausführlichkeit dargestellt, was zu teilweise sich wiederholenden gleichartigen Formulierungen führen kann.

Ausdrücklich sei darauf hingewiesen, daß zwischen den aufgeführten und als potentielle Einflußfaktoren ermittelten Gliederungsmerkmalen wechselseitige Abhängigkeiten bestehen können, die erst auf multivariater Ebene aufgeklärt werden können. Insofern sind die vorliegenden Daten nicht als endgültige Aussagen zum qualitativen und schon gar nicht zum quantitativen Einfluß einzelner Variablen auf die Substanzgehalte im Kopfhaar zu verstehen, selbst wenn entsprechende plausible Erklärungsmodelle vorliegen. Ableitungen von direkten kausalen Zusammenhängen auf der Basis der vorliegenden bivariaten Analysen sind somit nicht zulässig.

Für die Festlegung von Referenzwerten nach der IUPAC-Richtlinie sind - neben der umfangreichen Darstellung der deskriptiven Auswertungen - die 95 %-Konfidenzintervalle für das 95. Populationsperzentil für Substanzen im Kopfhaar der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre und 6 bis 14 Jahre) sowie getrennt für Männer/Jungen und Frauen/Mädchen angegeben.

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 in den alten Bundesländern und die Stichprobe des Gesundheits-Surveys in den neuen Bundesländern. In zweistufigen Auswahlverfahren wurden Querschnittsstichproben (alte und neue Bundesländer) 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 Bundesländer - West -) und 1991/92 insgesamt 2740 aus den 50 Erhebungspunkten in 46 Gemeinden (neue Bundesländer - Ost -) zufällig ausgewählt und zur Teilnahme an der Umweltuntersuchung eingeladen.

167 (3,9 %) 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 Bundesländern und von 1763 Personen im Alter von 18 bis 79 Jahren bzw. 1497 der Altersklasse 25 bis 69 Jahre aus den neuen Bundesländern 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 den realisierten Stichproben waren Frauen mit 50,7 % und Männer mit 49,3 % etwa ebenso wie in der Grundgesamtheit nach Mikrozensus 1991 (51,2 % / 48,8 %) repräsentiert. Die Anteile der Frauen und Männer mit 50,3 % und 49,7 % sind in der Stichprobe der alten Länder etwa genauso hoch wie in 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) bzw. 283 sechs- bis 14jährige, die in den Haushalten der teilgenommenen Probanden leben, untersucht.

In den realisierten Stichproben 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 % sind in der Stichprobe der alten Länder etwa genauso hoch 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 Kopfhhaarproben (in %) bezogen auf die jeweiligen Netto-stichproben ausgewiesen.

Tab. 2.1.1: Anteile der verfügbaren Kopfhhaarproben (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 24jährige und 70- bis 79jährige
Probanden mit Fragebogen	4021	2524	1497	266
davon mit Kopfhhaarproben	95 %	95 %	94 %	94 %
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 Kopfhhaarproben	96 %	99 %	92 %	93 %

Die Stichproben weichen nur in geringem Maße von der Struktur der Population ab, z. B. durch variierende Bereitschaft zur Abnahme einer Kopfhhaarprobe bei den einzelnen Probanden oder durch das alters-/ regionalabhängige Interesse an der Mitarbeit an einer Umwelt-Studie. 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-, Kopfhhaar-, Trinkwasser-, Hausstaubproben und der Staub-Niederschlag 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 Kopfhhaar wurde folgende Probenahme durchgeführt:

Kopfhhaar-Proben (möglichst 200 mg, tatsächlich entnommen 45 - 200 mg) am Hinterkopf entnommen (occipital), Haarabschnitt kopfhhautnah (4 cm proximal) mit einer Schere und in einem Pergamentumschlag verschlossen bis zur Analyse aufbewahrt:

Angaben zum Material des Entnahmesystems:

Schere: Titannitrid (Fa. Kretzer, Bezug über Fa. Kindler, Berlin)

Umschlag: BT Pergamin 50.

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 wurde ein interviewgesteuerter Fragebogen "Umwelt und Gesundheit in Deutschland" sowie ein Fragebogen "Leben und Gesundheit in Deutschland" zum Selbstausfüllen bei den Erwachsenen eingesetzt. Bei den Kindern/Jugendlichen wurde ein gesonderter interviewgesteuerter Kinder- und Jugendlichenfragebogen verwendet. In gesonderten Erhebungsbögen (Dokumentationsbogen) wurden Angaben zu den Probenahmen wie "letzte Haarwäsche", "Haarfarbe", "chemische Behandlung", "Haarstruktur" etc. dokumentiert.

2.3 Durchführung der Felduntersuchung

Die Durchführung der Feldarbeit der Umwelt-Surveys erfolgte zeitgleich mit der der 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 bei dem Zentrum für Epidemiologie und Gesundheit, Berlin (ZEG). Die Schulung der Interviewer zur Probenahme wurde von Mitarbeitern des Institutes für Wasser-, Boden- und Lufthygiene (WaBoLu) und zum Ausfüllen der Fragebögen von Mitarbeitern der 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, erfolgte die medizinische Untersuchung, die Blutentnahme und das Ausfüllen des Fragebogens "Leben und Gesundheit in Deutschland" in den örtlichen Gesundheitsämtern oder anderen von der Gemeinde zur Verfügung gestellten Räumen.

Die Kopfhaarproben wurden bei Raumtemperatur in den Untersuchungsräumen gelagert, einmal im Monat nach Berlin transportiert und im WaBoLu weiterhin bei Raumtemperatur gelagert. Die ausgefüllten Fragebögen wurden bei Infratest Gesundheitsforschung in München geprüft, datentechnisch aufgenommen und aufbereitet.

3 Analytik und Qualitätskontrolle

3.1 Probenaufbereitung und Analysemethoden

Die Kopfhhaarproben wurden zunächst der IAEA-Waschprozedur (IAEA, 1978) unterzogen (Waschen mit Aceton und Wasser). Für die Spurenelementbestimmung wurden nach Trocknung ca. 200 mg Haare für ca. 30 h aufgeschlossen (Plasmaveraschung, Gerät: Technics Plasma 300 E). Die Probe wurde dann mit 1 %iger Salpetersäure aufgenommen. In den Haarproben mit ausreichend großer Menge (> 200 mg) wurden zusätzlich Cotinin und Nikotin bestimmt. Nach alkalischem Aufschluß (KOH) wurde die Probe mit Methylenchlorid ausgeschüttelt, die organische Phase mit Schwefelsäure versetzt und die resultierende wässrige Phase zur Analyse eingesetzt.

Die Spurenelementanalysen wurden mit ICP-MS (induktiv gekoppelte Plasmaemissionsspektrometrie mit gekoppelter Massenspektrometrie) und die Bestimmung von Nikotin und Cotinin mit der HPLC (Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie) durchgeführt. Die Tabelle 3.1.1 gibt einen Überblick über die Analysemethoden.

Tab. 3.1.1: Analysemethoden zur Bestimmung der Substanzgehalte im Kopfhhaar

Substanz	Analysengerät	Methode
Aluminium	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Barium	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Blei	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Bor	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Cadmium	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Calcium	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Cäsium	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Chrom	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Kupfer	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Magnesium	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Palladium	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Platin	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Phosphor	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Strontium	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Thallium	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Uran	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Vanadium	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Zink	PQ 2+ (Fison)	ICP-MS
Cotinin	Shimadzu	HPLC / UV
Nikotin	Shimadzu	HPLC / UV

Aus technischen Gründen und Aufwand-Nutzen-Erwägungen konnten keine getrennten Probenaufbereitungen (Waschen und Aufschluß der Proben) für die Analyse bestimmter Elemente bei immerhin fast 4000 Proben

erfolgen. Der technische Grund ist die zur Verfügung stehende Haarprobenmenge, die durch die Bereitschaft vieler Probanden zu einer Haarprobenentnahme von mehr als 120 mg begrenzt wird. Der Aufwand für eine getrennte Probenaufbereitung nur bei den Proben, deren Menge hierfür ausreichend gewesen wäre, steht nicht im Verhältnis zum Nutzen der dann nur eingeschränkten Aussagemöglichkeit im Sinne dieser Studie - der repräsentativen Bevölkerungsuntersuchung. Erneute Messungen incl. Probenaufbereitung zur Abklärung der meßanalytischen Probleme konnten ebenfalls im Rahmen dieser Studie aus den genannten Gründen nicht durchgeführt werden.

3.2 Kappungs- und Bestimmungsgrenzen

Die bei den Probanden gewonnenen Haarmengen unterscheiden sich deutlich und liegen zwischen 9 mg und 236 mg. Die Verteilungen der gewonnenen Haarmengen nach Alter und Geschlecht sind der Tabelle 3.2.1 zu entnehmen.

Tab. 3.2.1: Deskription der gewonnenen Haarmenge (in mg) nach Geschlecht und Alter

	N	MIN	10	50	90	MAX	AM	GM
Erwachsene (25 bis 69 Jahre)								
Gesamt	3905	9	83	170	205	236	156,1	145,9
Geschlecht								
Männer	1921	9	78	165	205	235	152,8	141,6
Frauen	1984	28	88	176	205	236	159,3	150,3
Lebensalter								
25-29 Jahre	528	33	88	182	206	235	160,6	151,7
30-39 Jahre	1024	9	82	173	205	227	156,7	146,4
40-49 Jahre	849	13	81	171	204	231	155,3	144,2
50-59 Jahre	900	20	85	166	204	232	154,9	145,0
60-69 Jahre	604	23	80	164	205	236	154,0	144,0
Kinder (6 bis 14 Jahre)								
Gesamt	718	27	97	191	212	236	169,0	160,8
Geschlecht								
Jungen	365	27	97	186	212	236	166,6	157,8
Mädchen	353	48	97	194	211	228	171,6	163,9
Lebensalter								
6-7 Jahre	139	34	85	184	210	227	159,5	149,6
8-9 Jahre	156	45	105	188	210	222	168,9	161,6
10-11 Jahre	155	41	99	191	209	227	170,0	162,1
12-14 Jahre	268	27	104	195	216	236	173,5	165,6

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; MIN = Minimalwert; 10, 50, 90 = Perzentile; MAX = Maximalwert;
AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel

Die Gehalte verschiedener Substanzen im Haar werden bei geringer Einwaage häufig überschätzt, da sich möglicherweise Kontaminationen und Meßfehler bei kleineren Einwaagen stärker auswirken. Dies zeigt sich in einer signifikant negativen Korrelation zwischen Einwaage und Gehalt, die erst zurückgeht, wenn man Proben mit geringer Einwaage aus der Stichprobe herausnimmt, d. h. sogenannte Kappungsgrenzen einführt. Zur Berechnung der Kappungsgrenzen wurden die vorliegenden Haareinwaagen stufenweise in fünf Gruppen, d. h.

von ≥ 45 mg bis ≥ 120 mg, eingeteilt (vgl. Tab. 3.2.2). Als substanzspezifische Kappungsgrenze wurde die kleinste Stufe, d. h. die niedrigste Haareinwaagegruppe, gewählt, bei der die Korrelation zwischen dem Substanzgehalt und der Haareinwaage nicht mehr signifikant von Null abweicht. Beispielsweise hat der Aluminiumgehalt im Haar und die Haareinwaage eine signifikante Korrelation von $-0,09$, wenn man Proben mit einer Einwaage von ≥ 45 mg auswählt. Berücksichtigt man Proben mit einer Haareinwaage von zunächst ≥ 60 mg und dann von ≥ 80 mg, so geht die Korrelation auf $-0,08$ und schließlich auf $-0,06$ zurück, bleibt jedoch noch signifikant von Null verschieden. Bei einer Haareinwaage von ≥ 100 mg ergibt sich erstmalig eine nicht signifikante Korrelation von $-0,03$, so daß als Kappungsgrenze 100 mg Haareinwaage für die Auswertung des Aluminiumgehaltes im Haar festgelegt wird.

Tab. 3.2.2: Korrelationen zwischen Elementgehalt und Haareinwaage zur Festlegung der Kappungsgrenzen

	Korrelationen zwischen Elementgehalt und Einwaage bei Proben mit unterschiedlichen Einwaagen					Kappungs- grenze (in mg)
	≥ 45 mg	≥ 60 mg	≥ 80 mg	≥ 100 mg	≥ 120 mg	
Aluminium	-0,09 (4869)	-0,08 (4734)	-0,06 (4494)	n.s. (4128)	n.s. (3665)	100
Barium	-0,09 (4869)	-0,06 (4734)	-0,06 (4494)	n.s. (4128)	n.s. (3665)	100
Blei	n.s. (4869)	n.s. (4734)	n.s. (4494)	n.s. (4128)	n.s. (3665)	45
Bor	-0,14 (4869)	-0,11 (4734)	-0,10 (4494)	-0,07 (4128)	n.s. (3665)	120
Cadmium	-0,05 (4869)	n.s. (4734)	n.s. (4494)	n.s. (4128)	n.s. (3665)	60
Calcium	n.s. (4840)	n.s. (4706)	n.s. (4466)	n.s. (4100)	n.s. (3637)	45
Cäsium	n.s. (898)	n.s. (859)	n.s. (789)	n.s. (681)	n.s. (572)	45
Chrom	-0,08 (4869)	-0,08 (4734)	-0,07 (4494)	n.s. (4128)	n.s. (3665)	100
Kupfer	n.s. (4869)	n.s. (4734)	n.s. (4494)	n.s. (4128)	n.s. (3665)	45
Magnesium	n.s. (4869)	n.s. (4734)	n.s. (4494)	n.s. (4128)	n.s. (3665)	45
Palladium	n.s. (849)	n.s. (810)	n.s. (741)	n.s. (635)	n.s. (534)	45
Phosphor	n.s. (4869)	n.s. (4734)	n.s. (4494)	n.s. (4128)	n.s. (3665)	45
Platin	-0,07 (4531)	-0,05 (4402)	-0,05 (4169)	-0,05 (3816)	n.s. (3364)	120
Strontium	n.s. (4869)	n.s. (4734)	n.s. (4494)	n.s. (4128)	n.s. (3665)	45
Thallium	-0,08 (4869)	-0,06 (4734)	-0,06 (4494)	n.s. (4128)	n.s. (3665)	100
Uran	n.s. (898)	n.s. (859)	n.s. (789)	n.s. (681)	n.s. (572)	45
Vanadium	n.s. (898)	n.s. (859)	n.s. (789)	n.s. (681)	n.s. (572)	45
Zink	n.s. (4869)	n.s. (4734)	n.s. (4494)	n.s. (4128)	n.s. (3665)	45

Anmerkungen: n.s. = nicht signifikant (Korrelation ist nicht signifikant von Null verschieden); Signifikanzniveau $\alpha = 0,001$
Anzahl der Proben mit angegebener Einwaage steht in Klammern;
Kappungsgrenze ergibt sich als kleinste Einwaage bei nicht signifikanter Korrelation

Bei Einhaltung der angegebenen Kappungsgrenzen können Elementgehalte und Einwaage als unkorreliert angesehen werden. Für die Bestimmung der Nikotin- und Cotiningehalte standen nur geringere Haarinwaagen zur Verfügung. Hier sind Kappungsgrenzen von 5 mg festgelegt worden. Die unterschiedlichen Kappungsgrenzen haben zur Folge, daß die Gesamtstichprobenumfänge bei einzelnen Substanzen sich zum Teil erheblich voneinander unterscheiden.

Zur Abschätzung und Absicherung der Meßwertvalidität wird für jede Substanz die Bestimmungsgrenze (BG) berechnet. Die BG ist definiert als kleinster Wert der Zustandsgröße (hier Extinktion), der mit einer Sicherheit von 95 % von der Nachweisgrenze unterschieden werden kann (siehe VDI 2449, 1995). Sie ist größer als die Nachweisgrenze bei gleicher Meßtechnik, so daß die Validität von Werten oberhalb BG stärker abgesichert ist als oberhalb der Nachweisgrenze. Die BG wird mit Hilfe von Blindwertmessungen berechnet und zwar als Produkt von der sich ergebenden doppelten Standardabweichung der Blindwerte und dem 0,95-Quantil der t-Verteilung mit n-2 Freiheitsgraden, wobei n die Anzahl der Blindwertmessungen ist. Für die Substanzgehalte im Haar variiert n zwischen 50 und 500. Ihre Maßeinheit ist µg/l bzw. ng/l.

Um eine Bestimmungsgrenze für die Substanzgehalte im Haar in µg/g bzw. ng/g angeben zu können, wird die gleiche Transformationsformel wie zur Berechnung der Substanzgehalte in den Proben angewendet. Das heißt, die auf die Meßlösung bezogene BG wird (analog zu einem gemessenen Wert in der Lösung) mit dem Lösungsvolumen (3 ml) multipliziert und durch die Einwaage E dividiert. Als E wird jedoch hier die mittlere Einwaage aller über der Kappungsgrenze liegenden Probenmengen gesetzt. Liegt der aus der Zustandsgröße (Meßwert in der Lösung) berechnete Substanzgehalt einer Probe unterhalb der eben beschriebenen transformierten BG (in µg/g bzw. ng/g), so wird er gleich BG/2 gesetzt. Für die untersuchten Elementgehalte im Haar ergeben sich die in Tabelle 3.2.3 angegebenen Bestimmungsgrenzen. Der Tabelle sind gleichfalls die prozentualen Anteile der unter der BG liegenden Werte in der Gesamtstichprobe zu entnehmen. Bei Nikotin liegt die Bestimmungsgrenze bei 0,1 µg/g und bei Cotinin bei 0,2 µg/g.

Tab. 3.2.3: Für die Kennwertberechnungen zugrunde gelegte Bestimmungsgrenzen

Element	Al	Ba	Pb	B	Cd	Ca	Cs	Cr	Cu
Bestimmungsgrenze in µg/g bzw. * ng/g	1,0	0,2	0,1	0,4	0,006	20	0,4*	0,02	0,4
Anteil unter BG (in %)	4,0	15,1	0,3	42,3	2,0	0,2	46,2	1,2	0,1
Element	Mg	Pd	P	Pt	Sr	Tl	U	V	Zn
Bestimmungsgrenze in µg/g bzw. * ng/g	1,2	1,8*	1,8	1,6*	0,04	1,0*	0,14*	2,8*	2,4
Anteil unter BG (in %)	0,2	58,8	0,1	40,5	0,2	76,8	0,9	7,5	0,1

3.3 Qualitätskontrolle

Die Haarproben der Probanden des Umwelt-Surveys in den alten Bundesländern wurden im Zeitraum von 1991 bis 1993 und die des Umwelt-Surveys in den neuen Ländern im Zeitraum von 1992 bis 1994 analysiert. Externe Qualitätskontrollen wurden im Unterschied zu Blut und Urin (siehe Krause et al. 1996) nicht

durchgeführt, da es für Haare keine Ringversuche gemäß der Technischen Regel 410 der Gefahrstoffverordnung (TRGS 410) gibt. Interne Qualitätskontrollen wurden während des gesamten Untersuchungszeitraumes vorgenommen. Zur laufenden Qualitätskontrolle der Haar-Analytik kam ein vom Shanghai Institute of Nuclear Research Academia Sinica in China präpariertes Haarpulver-Referenzmaterial (GBW 09101) zum Einsatz. Darüber hinaus wurden durchgehend weitere Woll-Standards und interne Standards gemessen.

Nach den Ergebnissen der Qualitätskontrolle lassen sich zwei Gruppen von Substanzen bilden:

1. Gruppe: Systematische und zufällige Meßfehler („bias“ und „error variance“) bewegen sich in einem für die Haaranalyse üblichen Rahmen. Dies kann als gegeben angesehen werden, wenn der Absolutbetrag der Sollwertabweichung (Maß für den systematischen Meßfehler) und der Variationskoeffizient (Maß für den zufälligen Meßfehler) in der Qualitätskontrolle jeweils kleiner als 40 % sind. Ferner liegen Proben aus beiden Umwelt-Surveys (alte und neue Bundesländer) vor.
2. Gruppe: Der systematische Fehler ist tolerierbar (Absolutbetrag der Sollwertabweichung unter 40 %). Jedoch ist der zufällige Meßfehler hoch (Variationskoeffizient über 40 %) oder es liegen keine Proben aus beiden Umwelt-Surveys (alte und neue Bundesländer) vor.

Die Substanzen lassen sich wie folgt den Gruppen zuordnen:

1. Gruppe: Aluminium, Barium, Blei, Cadmium, Calcium, Chrom, Kupfer, Magnesium, Phosphor, Strontium, Zink, Cotinin und Nikotin
2. Gruppe: Bor, Cäsium, Palladium, Platin, Thallium, Uran und Vanadium.

Chrom wurde trotz großer Sollwertabweichung der ersten Gruppe zugeordnet, da hier aller Wahrscheinlichkeit nach ein fehlerhafter Zertifikatswert vorlag. Denn die zusätzlich durchgeführten Kontrollmessungen des zertifizierten Materials mit der ICP/MS, mit der ICP/OES und mit der AAS führten bei jeweils 15 unabhängigen Meßwiederholungen zu fast gleichen Mittelwerten von 1,10 µg/g (ICP/MS), 1,14 µg/g (ICP/OES) bzw. 1,15 µg/g (AAS), was die Validität der mit der ICP/MS gemessenen Daten erhärtet. Die Ergebnisse der Qualitätskontrolle sind in Tabelle 3.3.1 wiedergegeben.

Tab. 3.3.1: Interne Qualitätskontrolle

Substanz	Sollwert	n	\bar{x}	s	VK (%)	SWA (%)
Aluminium [µg/g]	13,3	286	8,3	1,7	20,5	-37,6
Barium [µg/g]	5,4	288	5,4	0,5	9,3	±0
Blei [µg/g]	7,2	287	7,7	0,7	9,1	+6,9
Bor [µg/g]	---	286	0,68	0,61	89,7	---
Cadmium [µg/g]	0,095	278	0,078	0,016	20,5	-17,9
Calcium [µg/g]	1090	286	946	84	8,9	-13,2
Cäsium* [ng/g]	---	53	0,86	0,41	47,7	---
Chrom [µg/g]	4,8	287	1,1	0,4	36,4	-77,1
Kupfer [µg/g]	23,0	288	21,1	4,7	22,3	-8,3
Magnesium [µg/g]	105	286	90	8,9	9,9	-14,3
Palladium* [ng/g]	---	46	3,4	1,6	47,1	---

Tab. 3.3.1 (Fortsetzung):

Substanz	Sollwert	n	\bar{x}	s	VK (%)	SWA (%)
Phosphor [$\mu\text{g/g}$]	184	286	139	31	22,3	-24,5
Platin [$\mu\text{g/g}$]	---	287	2,4	2,6	108,3	---
Strontium [$\mu\text{g/g}$]	4,2	285	4,1	0,3	7,3	-2,4
Thallium [$\mu\text{g/g}$]	---	291	4,5	2,9	64,4	---
Uran* [ng/g]	---	52	3,3	0,3	9,1	---
Vanadium* [ng/g]	69	50	47	5	10,6	21,9
Zink [$\mu\text{g/g}$]	189	288	167	16	9,6	-11,6
Cotinin [$\mu\text{g/g}$]	---	27	0,20	0,03	15,0	---
Nikotin [$\mu\text{g/g}$]	---	27	0,47	0,06	12,8	---

Anmerkungen * = Element wurde nur in einigen Erhebungspunkten des Umwelt-Surveys-Ost gemessen;
n = Anzahl der Kontrollmessungen; \bar{x} = arithmetisches Mittel; s = Standardabweichung;
VK (%) = Variationskoeffizient in % = $100 \% \cdot (s / \bar{x})$;
SWA (%) = Sollwertabweichung in % = $100 \% \cdot (\bar{x} - \text{Sollwert}) / \text{Sollwert}$;
--- = kein Sollwert bekannt und somit keine Sollwertabweichung berechenbar

3.4 Folgerungen aus der Qualitätskontrolle für die tabellarische Auswertung

Da die Qualitätskontrolle für die einzelnen Substanzen unterschiedliche Ergebnisse brachte, wird eine differenzierte statistische Auswertung vorgenommen.

Die Substanzen der 1. Gruppe (Aluminium, Barium, Blei, Cadmium, Calcium, Chrom, Kupfer, Magnesium, Phosphor, Strontium, Zink, Cotinin, Nikotin) werden ausführlich tabellarisch beschrieben. Außer für die Gesamtstichprobe erfolgen Kennwertangaben für verschiedene Teilstichproben, die durch geeignet ausgewählte Gliederungsmerkmale (vgl. Kap. 4.4 und 5.1) definiert sind.

Die Elemente der 2. Gruppe (Bor, Cäsium, Palladium, Platin, Thallium, Uran und Vanadium) werden nur grob tabellarisch beschrieben. Hier ist wegen des großen zufälligen Meßfehlers davon auszugehen, daß existierende bivariate Zusammenhänge zwischen dem jeweiligen Gehalt im Haar und anderen erfragten oder gemessenen Merkmalen in der Regel überdeckt werden. Die grobe Deskription umfaßt bei Bor, Platin und Thallium Kennwertangaben für die deutsche Bevölkerung sowie getrennt für die Bevölkerung der alten und neuen Bundesländer. Die Elemente Cäsium, Palladium, Uran und Vanadium wurden nur bei einer Teilstichprobe der neuen Bundesländer gemessen und werden somit nur für diese Teilstichprobe beschrieben, die jedoch auch für die neuen Länder nicht als repräsentativ angesehen werden kann.

Neben den im Berichtsband beschriebenen Substanzen sind auch die Gehalte der Elemente Arsen, Eisen, Kalium, Mangan, Natrium und Selen in den Haarproben der Umwelt-Surveys gemessen worden, deren Meßwerte jedoch aufgrund geringer Validität nicht statistisch ausgewertet wurden.

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/PC+, Version 4.0 (Norusis, SPSS-Manual, 1990) bzw. SPSS für Windows, Version 6.0 (SPSS-Manual, 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 genannt.

4.1 Datengewichtung

Die Stichprobe der Erwachsenen wurde nach den Merkmalen Alter, Geschlecht und Gemeindegrößenklasse repräsentativ gezogen. Aufgrund von einigen Ausfällen (z. B. Person verstorben, unbekannt verzogen oder nicht erreicht, Verweigerer, Fragebogen nicht auswertbar, keine oder zu geringe Haarprobenmenge) 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 Teilstichproben der Erwachsenen (25 bis 69 Jahre) und der Kinder (6 bis 14 Jahre) wurden separat gewichtet, da für sie eine getrennte Auswertung vorgenommen wird. Die nur in den neuen Bundesländern erfaßten Randaltersklassen (15 bis 24 Jahre und 70 bis 79 Jahre) wurden nicht gewichtet. Ihre tabellarische Auswertung erfolgt gesondert und ist im Anhang 9.1 enthalten.

Unter Zugrundelegung von fünf Altersklassen, sechs Gemeindegrößenklassen, zwei Geschlechtern sowie zwei Klassen für die neuen bzw. alten 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 \times 3 Gemeindegrößenklassen \times männlich/weiblich \times Ost/West) gewählt.

Gewichtungsfaktoren für die 120 bzw. 24 Zellen wurden nur bei den Elementkonzentrationen berechnet, die gemäß Kapitel 3.4 ausführlich deskribiert werden (Al, Ba, Pb, Cd, Ca, Cr, Cu, Mg, P, Sr, Zn), d. h. für die gegliederte Tabellen im Band enthalten sind. Da die tatsächlichen Zellenbesetzungszahlen für Aluminium und Barium bzw. bei den anderen neun Elementen kaum voneinander abweichen, genügte es, zwei Gewichtsmatri-

zen zu berechnen. Eine dritte Gewichtungsmatrix wurde für die Substanzen Nikotin und Cotinin bestimmt, wobei wegen der kleineren Fallzahlen mit weniger Zellen (24 bei Erwachsenen und 8 bei Kindern) operiert wurde.

Für die drei in den neuen und alten Bundesländern gemessenen und nicht ausführlich deskribierten Elemente, Bor, Platin und Thallium, wurde nur nach dem Merkmal Ost/West gewichtet. Die Cäsium-, Palladium-, Uran- und Vanadiumgehalte wurden nicht gewichtet, weil diese Elemente nur im Haar eines Teilkollektivs der neuen Bundesländer gemessenen wurden.

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 Auswertung für die 25- bis 69jährige Bevölkerung der gesamten Bundesrepublik Deutschland überproportional Berücksichtigung finden.

4.2 Tabellierte Kennwerte

Die Tabellen enthalten stets die gleichen Kennwerte und haben somit einen einheitlichen Tabellenkopf. Neben dem jeweiligen Stichprobenumfang und der Anzahl von unter der Bestimmungsgrenze liegenden Werten werden fünf Perzentile (10., 50., 90., 95., 98.), der Maximalwert, das arithmetische Mittel (AM), das geometrische Mittel (GM) und das approximative 95 %-Konfidenzintervall für das geometrische Mittel (KI 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 und $(100-m)$ % der Stichprobenwerte größer sind, wobei m eine natürliche Zahl unter 100 ist. Die Perzentile sind analog zum 1. Umwelt-Survey gewählt worden, d. h. mit Schwerpunktsetzung auf den oberen Meßbereich, da dieser in der Fachwissenschaft bei der Erarbeitung von Vergleichs- und Referenzwerten von besonderem Interesse ist. Weitere Perzentile können für die Gesamtstichprobe aus der jeweiligen abgebildeten Perzentilfunktion abgelesen werden.

Zur Beschreibung der „durchschnittlichen Lage“ der Daten werden neben dem Median (50. Perzentil) das arithmetische Mittel und das geometrische Mittel angegeben. Das arithmetische bzw. geometrische Mittel sind definiert als 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 Vergleichszwecken bzw. zur Interpretation innerhalb des Tabellenbandes 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 Zielvariablen 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 des geometrischen Mittels der Population darstellt, wird zur Beschreibung des Schätzfehlers ein 95 %-Konfidenzintervall 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.

Auf die tabellarische Angabe 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 größer ist die Schiefe der Verteilung.

Die Anzahl der in den Tabellen angegebenen Stellen, inklusive Nachkommastellen, für die Perzentile und den Maximalwert ergibt sich 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, da im Falle einer Nichtberücksichtigung (Datenausschluß) genauso wie im Falle des Ersetzens dieser Werte durch die BG alle Mittelwerte generell überschätzt würden.

Die in den Tabellen angegebenen Zahlen sind im allgemeinen gerundet. Dies trifft auch für die tabellierten Stichprobenumfänge zu, die sich als Summe von Fallgewichten ergeben. Die auftretenden Rundungsfehler können dazu führen, daß die Summe der Teilstichprobenumfänge, z. B. die fünf Altersklassen der Erwachsenen, nicht exakt den gesamten Stichprobenumfang der 25- bis 69jährigen 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. Für die Gliederungsmerkmale, die die Beschaffenheit der Haare beschreiben, sind in den Anhängen 9.3 und 9.4 u.a. angegeben, wieviel Prozent der Probanden keine Angabe gemacht haben.

4.3 Tabellenfolge

In dem Berichtsband sind neben der Deskription der Substanzgehalte im Haar der Erwachsenen auch die Deskription der Gehalte im Haar der Kinder enthalten. Für jede Zielvariable, d. h. für jede interessierende Substanz, werden verschiedene Tabellentypen erstellt. Innerhalb einer Zielvariable ist die Folge der Tabellentypen immer gleich und zwar:

1. Tabelle: Deskription für die deutsche Bevölkerung im Alter von 25 bis 69 Jahren nach Standardgliederung (acht Gliederungsmerkmale, siehe Kap. 5.1)
2. Tabelle: Deskription für die deutsche Bevölkerung im Alter von 25 bis 69 Jahren nach substanzspezifischer Gliederung
3. Tabelle: Deskription für die deutschen Kinder im Alter von 6 bis 14 Jahren nach Standardgliederung (fünf Gliederungsmerkmale, siehe Kap. 5.1)
4. Tabelle: Deskription für die deutschen Kinder im Alter von 6 bis 14 Jahren nach substanzspezifischer Gliederung.

Die Tabellenummer setzt sich stets aus der Kapitelnummer und der Typnummer (1 bis 4) zusammen. Auf jeder Seite sind unten die im Tabellenkopf verwendeten Symbole erklärt.

4.4 Auswahl der Gliederungsmerkmale

Die Tabellen enthalten nicht nur die Deskription der Substanzgehalte im Kopfhair für die jeweilige Gesamtstichprobe, sondern auch für eine Vielzahl von Teilstichproben. Zur Definition der Teilstichproben werden sogenannte Gliederungsmerkmale verwendet, die zusammen mit ihren Ausprägungen am linken Tabellenrand aufgeführt sind. Eine ausführliche Erläuterung der Gliederungsmerkmale, einschließlich der Definition der Merkmalsausprägungen, ist im Anhang 9.2 wiedergegeben. Mit den gegliederten Tabellen werden zwei Ziele verfolgt. Zum einen sollen für Vergleichszwecke Informationen häufig interessierender Teilpopulationen, wie z. B. Frauen oder Raucher, zur Verfügung gestellt werden, und zum anderen soll der Zusammenhang zwischen der Zielvariablen und dem Gliederungsmerkmal auf bivariater Ebene dargestellt werden.

Die Tabellen für die 25- bis 69jährige deutsche Bevölkerung beginnen stets mit den folgenden acht Gliederungsmerkmalen (Standardgliederung):

- *Geschlecht* (Männer, Frauen)
- *Geschlecht* (Männer, Frauen) bei den Probanden mit unbehandeltem Haar
- *Alte/neue Bundesländer*
- *Alte/neue Bundesländer x Geschlecht*
- *Dauerwelle* (ja/nein) bei Frauen
- *Färbung/Tönung* (ja/nein) bei Frauen
- *Haarfarbe* (grau, blond, braun) bei den Probanden mit unbehandeltem Haar
- *Letzte Haarwäsche* bei den Probanden mit unbehandeltem Haar.

Die Tabellen für die 6- bis 14jährigen deutschen Kinder beginnen stets mit den folgenden fünf Gliederungsmerkmalen (Standardgliederung):

- *Geschlecht* (Jungen, Mädchen)
- *Alte/neue Bundesländer*
- *Alte/neue Bundesländer x Geschlecht*
- *Haarfarbe* (blond, braun) bei den Probanden mit unbehandeltem Haar
- *Letzte Haarwäsche* bei den Probanden mit unbehandeltem Haar.

Diese durchgängig benutzten Gliederungsmerkmale sind zur Beschreibung der Elementgehalte im Haar der Bevölkerung entsprechend der Ziele der Surveys ausgewählt worden bzw. stellen Haarmerkmale dar, die einen wesentlichen Effekt auf die Elementgehalte haben.

Bei Nikotin und Cotinin wurde eine abweichende Gliederung vorgenommen, da hier neben der Beschreibung der Grundbelastung der Population der Frage nachgegangen werden sollte, inwieweit Nikotin und Cotinin als Indikatoren der Tabakrauchbelastung angesehen werden können. Als Gliederungsmerkmale wurden hier vorwiegend Probanden-Angaben zur Tabakrauchbelastung und zum Rauchverhalten verwendet.

Außerdem wurde aus inhaltlicher Sicht für alle ausführlich deskribierten Substanzen eine Reihe potentieller Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1), aber nur bei Signifikanz (Signifikanzniveau 0,001) in die Deskription aufgenommen.

Die Signifikanztests wurden im Rahmen der einfachen Varianzanalyse durchgeführt und beziehen sich auf die Nullhypothese, daß die geometrischen Mittel der Substanzkonzentrationen in den Stufen des Gliederungsmerkmals gleich sind. Erwies sich der bivariate Zusammenhang als signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,001$, d. h. wurde die Nullhypothese bei einem Fehler von 1 ‰ abgelehnt, so ist das Gliederungsmerkmal in der Tabelle mit "*" gekennzeichnet. Unterschiede in den Kennwerten, die sich bei den Ausprägungen eines Gliederungsmerkmals ohne "*" ergeben, sind somit als zufällig und statistisch nicht gesichert zu interpretieren.

Die Wahl eines im Vergleich zu anderen Studien kleinen Signifikanzniveaus ist aufgrund des hohen Stichprobenumfangs 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. Bei einigen stetigen Variablen, wie z. B. Trinkwasserkonzentrationen oder Bergerhoff-Niederschlagsraten, wurde zunächst die Korrelation mit der Kriteriumsvariablen auf Signifikanz geprüft, bevor eine Kategorisierung vorgenommen wurde. Soweit Grenz- oder Richtwerte vorhanden waren, wurde die Kategorisierung in drei Klassen mit Bezug auf die Grenz- oder Richtwerte vorgenommen. Andernfalls wurden die Klassengrenzen so festgelegt, daß 10-20 % der Werte zur obersten Klasse gehören und die zweite Klassengrenze doppelt so hoch wie die erste ist (siehe Anhang 9.2).

Die Wahl eines einheitlichen Signifikanzniveaus gewährleistet eine gleichbleibende statistische Bewertung der verschiedenen Gliederungsmerkmale, sofern der zugrundegelegte Stichprobenumfang annähernd gleich ist. Beziehen sich die verwendeten Gliederungsmerkmale auf kleinere Teilstichproben des Umwelt-Surveys (z. B.

Kinder oder Frauen), so wird das gewählte Signifikanzniveau von 0,001 seltener erreicht. Dies ist weniger ein inhaltlich zu interpretierender Sachverhalt, sondern vielmehr der in der Statistik bekannte Effekt, daß bei Erhöhung des Stichprobenumfanges immer kleinere Mittelwertunterschiede statistisch nachweisbar werden.

Im Rahmen der Standardgliederung wurde auch die Kombination *alte/neue Bundesländer x Geschlecht* verwendet. Bei signifikanter Wechselwirkung (Signifikanzniveau 0,001) im Rahmen der zweifaktoriellen Varianzanalyse wird die Kombination durch "*" markiert.

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. nach epidemiologischem Sprachgebrauch (Miettinen 1985, oder Breslow and Day 1980) 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 Zusammenhangsstruktur der Gliederungsmerkmale zu erhalten, wurden paarweise χ^2 -Unabhängigkeitstests durchgeführt und Assoziationen gemäß Cramér's V berechnet (vgl. Anhang 9.5 und 9.6). Die Haarbehandlungs-Variablen (*Dauerwelle, Färbung/Tönung*) sind derart hoch mit dem Geschlecht assoziiert, daß sie nur für die Teilpopulation der Frauen eine aussagefähige Differenzierung ermöglichen und deshalb auch nur auf Frauen bezogen als Gliederungsmerkmale verwendet werden. Weitere hohe Assoziationen bestehen bei den Erwachsenen zwischen dem Geschlecht und dem Rauchstatus sowie der konsumierten Alkoholmenge, dem Lebensalter und der Haarfarbe sowie zwischen dem Zeitpunkt der letzten Haarwäsche und alte/neue Länder. Bei den Kindern wurden bezüglich der für die Standardgliederung verwendeten Variablen drei signifikante Assoziationen ermittelt. Das Lebensalter ist mit dem Zeitpunkt der letzten Haarwäsche und der Haarfarbe assoziiert und die Haarfarbe mit alte/neue Länder.

Für die substanzspezifischen Gliederungsmerkmale sind hohe Assoziationen in den einzelnen Textabschnitten angegeben.

4.6 Zusammenhänge zwischen den Gehalten im Haar

Um die Zusammenhangsstruktur innerhalb der Elementgehalte im Haar zu erkennen, wurden Korrelationsrechnungen auf der Basis der logarithmierten Daten durchgeführt. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse für die im Berichtsband ausführlich deskribierten Elemente enthalten. Um die wesentlichen Zusammenhänge deutlich hervorzuheben, wurden nur Korrelationen über 0,4 angegeben. In Tabelle 4.6.1 sind oberhalb der Diagonalen die Korrelationen bei den Erwachsenen und unterhalb der Diagonalen die Korrelationen bei den Kindern eingetragen. In beiden Teilpopulationen zeigt sich eine ähnliche Korrelationsstruktur.

Tab. 4.6.1: Korrelationen zwischen den logarithmierten Elementgehalten im Haar (oberhalb der Diagonalen: Erwachsene, unterhalb der Diagonalen: Kinder)

	P	Zn	Cu	Ca	Sr	Mg	Ba	Cd	Pb	Al	Cr
P	1	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	0,67	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	-	-	0,42	1	0,88	0,84	0,73	-	-	-	-
Sr	-	-	0,40	0,85	1	0,80	0,73	-	-	-	-
Mg	-	-	-	0,84	0,77	1	0,68	-	-	-	-
Ba	-	-	-	0,59	0,56	0,57	1	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-	1	0,62	0,42	-
Pb	-	-	-	-	-	-	-	0,63	1	0,50	-
Al	-	-	-	-	-	-	-	0,41	0,59	1	-
Cr	-	-	-	-	-	-	-	0,43	0,46	0,40	1

Die Hauptaussage der Tabelle ist, daß es drei Gruppen von Elementen gibt, die untereinander hoch korreliert sind:

- Erdalkali-Gruppe: Ca, Sr, Mg, Ba;
- Potentielle Schadstoffe: Cd, Pb, Al, Cr;
- Phosphor-Zink-Gruppe.

Das Element Kupfer nimmt eine gewisse Sonderstellung ein, es hat mit der Phosphor-Zink-Gruppe und der Erdalkali-Gruppe Korrelationen von durchschnittlich 0,3. Die Gruppe mit der größten Zusammenhangsstärke wird durch die Erdalkalielemente gebildet, wobei vor allem Ca, Sr und Mg mit 0,8 und mehr sehr hoch korreliert sind. Bei der zweiten Gruppe ist die Korrelation zwischen Cd und Pb mit über 0,6 am höchsten, während die Korrelation zwischen Chrom und den anderen drei Elementen (Al, Pb, Cd) nur in der Stichprobe der Kinder den Wert 0,4 übersteigt.

Die nicht in der Tabelle aufgeführten Substanzen Nikotin und Cotinin, die gleichfalls ausführlich beschrieben werden, haben nur geringe Korrelationen zu obigen 11 Elementen, die zwischen - 0,25 und 0,23 liegen. Untereinander sind sie mit 0,54 (Erwachsene) bzw. 0,26 (Kinder) korreliert.

Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit anderen Studien ist hier nur vor dem Hintergrund der mehrfach erwähnten Unsicherheiten (Stichprobenauswahl und -umfang, Ausschlußkriterien, analytisches Verfahren, usw.) möglich. Hinzu kommen hier verstärkt Einflüsse lokaler (Immissionssituation) und kultureller (Ernährung) Art, welche evtl. gemeinsame Quellen für Elemente verschieben können.

In anderen Studien wurde ebenfalls ein hoher korrelativer Zusammenhang für die Gruppe der Erdalkalielemente beschrieben (Ahmed und Elmubarak 1990, Ashraff et al. 1994, Morita et al. 1986), bei eingeschränktem Elementspektrum auch nur der Zusammenhang zwischen Calcium und Magnesium (Ashraff et al. 1995c). Ahmed und Elmubarak (1990) ordneten im Rahmen einer Faktorenanalyse Calcium und Magnesium denjenigen Elementen zu, die natürlich bzw. über die Nahrung in das Haar eingebracht werden.

Eine hohe Korrelation zwischen Blei und Cadmium ist ebenfalls häufig in der Literatur beschrieben (Ahmed und Elmubarak 1990, Herber et al. 1983, Moon et al. 1986, Wibowo et al. 1986, Wilhelm und Ohnesorge 1990, Wilhelm et al. 1991) und deutet auf gemeinsame Quellen anthropogenen Ursprungs hin.

Ein Zusammenhang zwischen Cadmium und Zink wurde aufgrund der chemischen Verwandtschaft angenommen, der sich in der Literatur in der Form bestätigte, daß häufig eine negative Korrelation gefunden wurde (Leotsinidis und Kondakis 1990, Wilhelm et al. 1991, Wilhelm und Ohnesorge 1990). Im Rahmen dieser Studie erwiesen sich jedoch Cadmium und Zink im Haar als unkorreliert.

Eine signifikante Korrelation zwischen Zink und Kupfer wurde von anderen Autoren festgestellt (Ahmed und Elmubarak 1990, Ashraff et al. 1995b). In einigen anderen Studien konnte allerdings ein solcher Zusammenhang nicht nachgewiesen werden (Folin et al. 1991, Herber et al. 1983). Im Umwelt-Survey 1990/92 beträgt die Korrelation beider Elemente 0,34 (Erwachsene) und 0,29 (Kinder). Sie ist signifikant von Null verschieden, fällt jedoch gegenüber anderen in Tabelle 4.6.1 angegebenen Zusammenhangsstärken deutlich ab.

Nikotin und Cotinin, die als gemeinsame Expositionsquelle den Tabakrauch haben, sind auch in anderen Studien (Haley and Hoffmann 1985; Eliopoulos et al. 1994) signifikant korreliert.

4.7 Intervalle für Populationsperzentile

Die in den Tabellen angegebenen Stichprobenperzentile können als Schätzungen der entsprechenden Populationsperzentile (Perzentile der Grundgesamtheit) angesehen werden. Die Schätzgenauigkeit ist für die äußeren Perzentile geringer als für die mittleren, d. h. gerade das für praktische Zwecke wichtige 95. Perzentil der Grundgesamtheit wird relativ schlecht geschätzt. Um den Fehler bei der Vorhersage des 95. Populationsperzentils zu berücksichtigen, werden gemäß der IUPAC-Richtlinie (Holst et al. 1994) und der Empfehlung der Human-Biomonitoring-Kommission des UBA (Bundesgesundheitsblatt 6/96) in Kapitel 6 entsprechende Konfidenzintervalle angegeben. Die Berechnung der Konfidenzintervalle erfolgt nach Holst and Christensen (1992) und basiert auf der nichtzentralen t-Verteilung unter Annahme logarithmisch normalverteilter Konzentrationsmessungen.

Es sei darauf hingewiesen, daß das 95. Stichprobenperzentil mitunter nicht im Konfidenzintervall des 95. Populationsperzentils liegt, da die empirische Verteilungsfunktion von der angenommenen Log-Normalverteilung lokal etwas abweichen kann und der Einfluß von Ausreißern auf das 95. Stichprobenperzentil größer ist als auf das Konfidenzintervall für das 95. Populationsperzentil. Für die Ableitung von Referenzwerten sind die Konfidenzintervalle aus Kapitel 6 besser geeignet als die Stichprobenperzentile, da der Einfluß von Ausreißern im Datenmaterial reduziert und der Verteilungstyp der Zielgröße berücksichtigt wird.

5 Deskription der Substanzgehalte im Haar

In diesem Kapitel werden die Substanzgehalte im Kopfhaar der nach Alter, Geschlecht und Gemeindegrößenklasse repräsentativen Stichproben der deutschen Bevölkerung (25- bis 69jährige Erwachsene und 6- bis 14jährige Kinder) in deskriptiver Form dargestellt.

Im Text erfolgt die Darstellung der Ergebnisse für jede Substanz in der Reihenfolge:

- Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre), einschließlich des Vergleichs der alten mit den neuen Bundesländern und diverser Gliederungsmerkmale
- Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre) einschließlich des Vergleichs mit den Erwachsenen
- Abschließende Zusammenfassung und Diskussion incl. Literaturvergleich.

Für einige Substanzen wird abschließend ein Vergleich mit Literaturdaten unter Angabe einer entsprechenden Tabelle vorgenommen. Ein solcher Vergleich der mittleren Substanzgehalte im Haar der erwachsenen Bevölkerung und der Kinder in der Bundesrepublik mit denen anderer Länder ist nur bedingt möglich, da einerseits international keine entsprechend nach Lebensalter, Geschlecht und Gemeindegrößenklasse repräsentative Stichprobe in denselben Jahren untersucht wurde.

Darüber hinaus ist es aufgrund der hohen Probandenzahlen im Umwelt-Survey möglich, eine Vielzahl von signifikanten Zusammenhängen nachzuweisen, was mit den in der Regel kleineren Untersuchungen aus der Literatur nicht erreichbar ist (vgl. Kap. 4.4).

Andererseits ist es bei einem Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Studien weiterhin unbedingt nötig, die unterschiedlichen analytischen Vorgehensweisen zu berücksichtigen. So werden z. B. die Haare unterschiedlich entnommen (nicht immer occipital und proximal sowie unterschiedliche Haarsegmentlängen) und vorbehandelt, wobei die Variationsbreite von der Analyse ungewaschenen Haares bis hin zu sehr aufwendigen Waschprozeduren reicht. Je nach Waschprozedur werden äußerlich anhaftende Bestandteile der Haare entfernt, z. T. aber auch Metalle aus der Haarstruktur herausgelöst. Effekte eines Einwaschens von Substanzen durch die Waschflüssigkeit können ebenfalls beobachtet werden (Krause et al. 1987). Zwar kommt häufig, wie in der vorliegenden Studie, die von der IAEA vorgeschlagene Methode des Waschens mit Aceton und Wasser zur Anwendung, es werden aber auch andere Reagenzien eingesetzt.

Auch bei den analytischen Vorbehandlungen variieren die Methoden sehr. Das Spektrum reicht von Direktbestimmungen über naßchemische Veraschung mit oder ohne Druck bis zu Trocken- und Plasmaveraschung. Die analytische Bestimmung erfolgt häufig mit der AAS, in neueren Veröffentlichungen auch mit der ICP-OES, seltener mit Röntgenfluoreszenz oder mit der ICP-MS, die in der vorliegenden Studie angewandt wurde.

Dennoch wird in den Tabellen zur groben Orientierung ein Überblick über die ungefähre Größenordnung der Substanzgehalte im Haar gegeben, wie sie in neueren Untersuchungen an Kollektiven in unterschiedlichen Ländern gefunden wurden. Leider sind die Angaben einiger Autoren unvollständig, z. B. fehlen häufig Angaben zum Jahr der Untersuchung oder zu Ausschlußkriterien bzgl. des untersuchten Kollektivs. Für weiter zurückliegende Veröffentlichungen sei an dieser Stelle auf die zusammenfassenden Darstellungen von Chatt und Katz (1988), Krause und Chutsch (1987) und Valkovic (1988) verwiesen.

In den Tabellen zum Literaturvergleich sind zwar auch die Ergebnisse des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 (Krause et al. 1989) aufgeführt, aber auch für diesen Vergleich ist das unterschiedliche analytische Vorgehen bzgl. der Aufschlußmethode (Naßaufschluß im 1. Umwelt-Survey; Plasmaveraschung im Umwelt-Survey 1990/92) und der Meßmethode (ICP-OES und AAS im 1. Umwelt-Survey; ICP-MS im Umwelt-Survey 1990/92) zu berücksichtigen. Aus diesen Gründen wird auf einen Vergleich dieser Daten weitestgehend verzichtet.

Für jede Substanz werden am Ende jeder textlichen Deskription die folgenden **Graphiken** dargestellt:

- Häufigkeitsverteilungen (Histogramme) für die Gesamtstichprobe der Erwachsenen und der Kinder
- Perzentilfunktionen für die Gesamtstichprobe der Erwachsenen und der Kinder.

Abschließend werden für jede Substanz 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 approximatives 95 %-Konfidenzintervall des geometrischen Mittelwertes (KI GM).

5.1 Hinweise zu Gliederungsmerkmalen

Die folgende Deskription dient primär dem Ziel der Darstellung von Vergleichswerten für Substanzgehalte im Haar für die Gesamtstichproben (Erwachsene und Kinder) sowie für Teilstichproben. Zur Definition der Teilstichproben wurden neben soziodemografischen Gruppenmerkmalen (z. B. Geschlecht, alte/neue Bundesländer) diverse Größen aus inhaltlicher Sicht berücksichtigt, welche die Gehalte im Haar beeinflussen können. Im folgenden werden einige aus der Literatur bekannte und darüber hinaus interessierende Faktoren vorgestellt sowie Hinweise auf deren bivariate statistische Bedeutsamkeit (vgl. Kap. 4.4) gegeben.

Bezüglich des Zusammenhanges zwischen dem **Geschlecht** und den Substanzgehalten im Haar liefert die ältere Literatur vielfältige und sich teilweise widersprechende Ergebnisse (Valkovic 1988, Chatt und Katz 1988). Auch in neueren Veröffentlichungen ergibt sich bei den Erwachsenen kein einheitliches Bild, wobei in der Regel nicht erwähnt wird, ob chemisch behandelte Haare von den Untersuchungen oder bei der Auswertung ausgeschlossen wurden oder nicht (z. B. DiPietro et al. 1989; Leotsinidis und Kondakis 1990, Wilhelm und Ohnesorge 1990, Wolfspurger et al. 1994).

Wilhelm et al. (1989) konnten in ihrer Studie an 3- bis 7jährigen Kindern aus Nordrhein-Westfalen (NRW) höhere Bleigehalte im Haar der Jungen nachweisen. Auch Wibowo et al. (1986) fanden bei Blei aber auch bei Cadmium, Vanadium und Kupfer höhere Gehalte im Haar der 4- bis 5jährigen Jungen. In der internationalen Literatur finden sich aber auch Berichte über teilweise höhere Elementgehalte im Haar von Mädchen (Prucha 1987, Bosque et al. 1991, Schumacher et al. 1991, Schuhmacher et al. 1993). Möglicherweise kann davon ausgegangen werden, daß sich die höheren Spurenelementgehalte bei den Frauen durch den höheren Aschegehalt der Frauenhaare (Anke und Risch 1979) erklären lassen.

Bei dem vorliegenden Datenmaterial ergaben sich statistisch signifikante bivariate Zusammenhänge ($p \leq 0,001$) zwischen dem Geschlecht und den Aluminium-, Barium-, Blei-, Cadmium-, Calcium-, Chrom-, Magnesium- und Strontiumgehalten im Haar der Erwachsenen und mit Ausnahme von Kupfer auch im Haar der Kinder.

Für jedes Spurenelement wird daher nach dem Gliederungsmerkmal Geschlecht deskribiert. Entsprechend der Zielstellung der Umwelt-Surveys werden für den regionalen Vergleich (alte vs. neue Bundesländer) die Verteilungen der Substanzgehalte im Haar der Bevölkerung der alten und neuen Bundesländer angegeben. Zusätzlich werden immer die Spurenelementgehalte im Haar der Männer und Frauen getrennt für die alten und neuen Bundesländer dargestellt.

Eine chemische Behandlung der Haare in Form einer Färbung/Tönung oder einer Dauerwelle hat einen wesentlichen Effekt auf diverse Substanzgehalte im Haar. In der Regel führen die Maßnahmen zu einer deutlichen Erhöhung der Gehalte in den Haaren, wobei dieser Effekt oft stärker ist als z. B. der Effekt des Geschlechts oder des Alters. Eine Erklärung für diesen Effekt steht aus. Suzuki (1988) beschreibt, daß eine chemische Haarbehandlung die absorptiven bzw. adsorptiven Eigenschaften der Haare verändert, und für eine Vielzahl von Elementen eine Erhöhung der Konzentrationen im Haar beobachtet werden kann. DiPietro et al. (1989) konnten bei fast deckungsgleichem Elementspektrum in ihrer Studie eine Wirkung von Dauerwellen und Färbung auf die Gehalte an Barium, Calcium, Kupfer, Magnesium, Natrium und Strontium feststellen, und wiesen auf die Häufung der Erdalkalien hin. Takeuchi et al. (1987) fanden für Magnesium, Calcium und Mangan eine Erhöhung durch die Dauerwelle, jedoch für Natrium und Kalium eine Verringerung, gaben aber ebenfalls keine Erklärung für den Effekt an.

Da einerseits zwischen den Merkmalen *Dauerwelle*, *Färbung/Tönung* und dem Geschlecht hohe Assoziationen bestehen (vgl. Anhang 9.5) und andererseits nennenswerte Fallzahlen ($n > 50$) an Haaren mit chemischer Behandlung nur bei den Frauen festgestellt wurden, beschränkt sich die Deskription für die Merkmale *Dauerwelle* und *Färbung/Tönung* auf die Gruppe der Frauen.

In diesen Gruppen ergeben sich signifikante Zusammenhänge bei Al, Ba, Pb, Ca, Cr, Mg, Sr, Zn, P und der Anwendung einer *Dauerwelle* sowie bei Ba, Ca, Mg, P, Sr und der Anwendung einer *Färbung/Tönung*. Allerdings ist der Effekt einer Färbung/Tönung in der Regel weniger deutlich ausgeprägt als der bei Anwendung einer Dauerwelle.

Die Haarfarbe wird durch den Anteil an Melanin-Pigmenten im Haar bestimmt. Dunkle Haare enthalten mehr Pigmente als blondes oder weißes Haar. An der Biosynthese von Melanin ist Kupfer beteiligt, so daß ein Zusammenhang zwischen den Elementgehalten und der Haarfarbe möglich ist. Die Ergebnisse diverser in der Literatur beschriebener Studien sind widersprüchlich (Valkovic 1988, Chatt und Katz 1988).

In einer neueren Untersuchung von Wilhelm und Ohnesorge (1990) konnte kein Effekt der Haarfarbe auf den Cd-, Cu-, Pb- und Zn-Gehalt der Haare von Erwachsenen festgestellt werden. Auch bei den Kindern konnte in mehreren Studien kein Effekt der Haarfarbe festgestellt werden, z. B. für Blei (Wilhelm et al. 1989) und Cadmium (Bosque et al. 1991). Prucha (1987) gab dagegen als Ergebnis seiner Studie an, daß mit zunehmender Pigmentierung besonders bei den Jungen die Cd-, Pb-, Zn- und Fe-Gehalte zunehmen. Schuhmacher et al.

(1991, 1993) fanden bei Kindern mit dunklem Haar geringere Chromgehalte und keinen eindeutigen Effekt der natürlichen Haarfarbe auf die Kupfer-, Zink- und Bleigehalte.

Die vorliegende Deskription der Elementgehalte nach der Haarfarbe berücksichtigt nicht schwarzes und rotes Haar, da weniger als 50 Personen schwarzes bzw. rotes Haar aufwiesen. Signifikante Zusammenhänge ergaben sich bei Ba, Ca, Cu, Mg, Sr und Zn und den natürlichen Haarfarben grau, blond und braun.

Bei den Probanden mit **unbehandeltem Haar** (d. h. keine Dauerwelle, keine Färbung/Tönung) wurde darüber hinaus durchgängig, d. h. für alle ausführlich deskribierten Substanzen, eine Reihe von haarspezifischen Merkmalen geprüft. Dabei stellte sich heraus, daß zwischen dem **Zeitpunkt der letzten Haarwäsche** und einer Reihe von Spurenelementgehalten signifikante Zusammenhänge bestehen, so daß dieses Merkmal in die Standardgliederung aufgenommen wurde. Die **Haarstruktur** (glatt/ kraus) und der **Haarwuchs** (dicht/ schütter) weisen hingegen keine bivariaten Zusammenhänge mit den Elementgehalten im Haar auf. Die **Verwendung eines Antischuppenwaschmittels** bewirkte nur bei Aluminium eine ca. 20 %ige Verringerung des Gehaltes im Haar und blieb für die anderen Elemente ohne Bedeutung. Auch das Merkmal **Vermehrtes Auftreten von Haarausfall** ist nur für den Aluminiumgehalt im Haar statistisch signifikant, wird allerdings aufgrund fehlender inhaltlicher Bewertung hier nicht als Gliederungsmerkmal verwendet. Für die außerdem geprüften Merkmale **Haarlänge am Entnahmeort** (d. h. occipital) und **Länge des Haarabschnittes** ist ein Zusammenhang mit dem Geschlecht so offensichtlich, daß auf eine Deskription verzichtet wurde.

Valkovic (1988) berichtet über Ergebnisse von Studien, bei denen für Kupfer, Calcium und Zink abnehmende Gehalte mit dem Lebensalter festgestellt wurden, jedoch auch über gleiche Ergebnisse für Blei und Cadmium. Auch in neueren Studien gibt es Hinweise auf abnehmende Gehalte mit dem Alter für die Erwachsenen, z. B. bei Folin et al. (1991) für Zink (allerdings nicht für Kupfer) und bei Wilhelm und Ohnesorge (1990) für Kupfer, Blei und Zink.

Paschal et al. (1989) stellten bei ihrer Studie an ca. 500 Kindern und Erwachsenen bis 73 Jahren für Calcium, Barium, Magnesium, Strontium und Zink eine Zunahme der Gehalte im Haar bis zu einem Alter von ca. 12 bis 14 Jahren fest und stellten die Hypothese auf, daß in der Kindheit die Erdalkaliegelalte im Haar den Elementstatus im Körper reflektieren. Zunahmen an Ca, Mg, Sr, Ba und Zn mit dem Alter von Kindern wurden auch von Wilbrandt et al. (1991) beschrieben.

Wilhelm et al. (1989) konnten in ihrer Studie an 3- bis 7jährigen Kindern aus NRW eine Abnahme des Bleigehaltes im Haar innerhalb dieser Altersgruppe nachweisen. Sie erklärten diesen Effekt durch die Aufnahme von Blei durch kontaminierte Partikel. Jüngere Kinder haben eine höhere Hand-zu-Mund-Aktivität. Dies bestätigt für Blei auch die Studie von Wilbrandt et al. (1991). Bosque et al. (1991) fanden eine Abnahme auch des Cadmiums mit dem Lebensalter bei Schulkindern in Spanien.

Im vorliegenden Datenmaterial wurden signifikante Zusammenhänge zwischen den Ca-, Cu-, Sr-, Zn- und Al-Gehalten im Haar der Erwachsenen und dem Lebensalter festgestellt. Bei Kindern wurden lebensalterbedingte Zusammenhänge bei Ca, Mg, Sr, Zn und Pb ermittelt.

Neben den hier vorgestellten Faktoren wurde für die nachfolgende Deskription das Spektrum der Gliederungsmerkmale erheblich erweitert. Sie umfaßt folgende Merkmale, die aber nur bei Signifikanz (Signifikanzniveau $p \geq 0,001$) in die Deskription aufgenommen wurden: *Rauchstatus, Berufstätigkeit, Schulabschluß, Staubbelastung am Arbeitsplatz, Gesamtstaub-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät), Element-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät), Element-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher), Elementgehalt im Trinkwasser, im Blut und im Urin, Wohngebiet, Gemeindegrößenklasse, Jahreszeit, Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume, Aufenthalt im Freien (Kinder), Körperliche Betätigung im Freien (Kinder), Buddeln/Graben/Höhlenbauen (Kinder).*

Besonders hervorzuheben sind die möglichen Zusammenhänge zwischen den Gehalten in Blut bzw. Serum oder Urin, die im Rahmen der Umwelt-Surveys (Blut, Urin) bzw. der Gesundheits-Surveys (Serum) bestimmt wurden, und den jeweiligen Substanzgehalten (Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Nikotin und Cotinin sowie Phosphor, Eisen, Magnesium) im Kopfhaar. Signifikante Zusammenhänge konnten nur zwischen dem Bleigehalt im Haar und dem *Bleigehalt im Blut* sowie zwischen den *Nikotin- und Cotiningehalten im Urin* und denen im Haar festgestellt werden. Obwohl sich in der Literatur (Chatt und Katz 1988) bei Tierversuchen Hinweise für Zusammenhänge zwischen den Cadmium- und Kupfergehalten in Haaren und im Blut finden, können diese im Rahmen dieser Studie nicht bestätigt werden. Auch die Ergebnisse einer multivariaten Auswertung der Daten des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 bestätigen, daß für Cadmium kein Zusammenhang zwischen dem Gehalt im Haar und dem Gehalt im Blut bzw. im Urin besteht (Schwarz et al. 1993). Zwischen dem Kupfergehalt im Haar und im Serum konnten Folin et al. (1991) keine Korrelation feststellen.

Auch der mögliche bivariate Zusammenhang zwischen *Verzehrshäufigkeiten von Gemüse/Salat, Obst, Fleisch und Wurst/Innereien* und verschiedenen Substanzgehalten im Haar wurde statistisch geprüft. Es zeigte sich, daß nur der häufige Verzehr von Gemüse/Salat mit einer signifikanten Zunahme der Erdalkalielemente im Haar einhergeht. Da bei den getrennten Stichproben der Männer und Frauen kein signifikanter Zusammenhang zwischen Erdalkali-Gehalten und Gemüse/Salat-Verzehr mehr bestand und zugleich Frauen nachweislich mehr Salat und Gemüse essen und gleichzeitig die höheren Mineralstoffgehalte im Haar haben, wurde auf eine Deskription dieses Befundes verzichtet.

Der ebenfalls durchgängig geprüfte *Alkoholkonsum* als täglich aufgenommene Menge reinen Alkohols ist bei einer Reihe von Elementen (Al, Pb, Cd, Ca, Cr, Mg, Sr) statistisch signifikant. Wenn man allerdings den *Alkoholkonsum* bei den beiden Teilstichproben der Frauen und Männer getrennt untersucht, zeigt sich nur noch mit dem Bleigehalt im Haar ein statistisch gesicherter Zusammenhang. Demzufolge dürfte der signifikante Zusammenhang zwischen dem Alkoholkonsum und den anderen Elementgehalten (Al, Cd, Ca, Cr, Mg, Sr) im Haar durch das Merkmal Geschlecht konfundiert sein. Eine Untergliederung nach dem Alkoholkonsum wird daher nur beim Element Blei vorgenommen.

Die Prüfung des *Body Mass Indexes (BMI)* ergab, daß bei zunehmendem BMI die Gehalte von Aluminium, Blei und Cadmium signifikant ansteigen, während die Gehalte von Calcium, Kupfer, Magnesium, Phosphor, Strontium und Zink signifikant fallen. Wegen inhaltlicher Interpretationsschwierigkeiten einerseits und der als gering erachteten Notwendigkeit andererseits wurde auf eine Deskription dieses Phänomens verzichtet.

Zur Ergänzung des Gliederungsmerkmals *Jahreszeit* (Mai - September / Oktober - April) wurde auch der Effekt der mittleren Tageshöchsttemperatur während des einwöchigen Untersuchungszeitraumes auf die Elementgehalte im Haar geprüft. Es ergeben sich im wesentlichen gleichartige Signifikanzaussagen. Bei den Erwachsenen gibt es zwei Abweichungen, nämlich ein signifikanter Temperatureffekt für Chrom und ein nicht signifikanter Effekt für Calcium, während bei den Kindern die Signifikanz des Gliederungsmerkmals *Jahreszeit* bei Magnesium nicht durch das Merkmal Tageshöchsttemperatur bestätigt wird.

Es ist davon auszugehen, daß verschiedene Medikamente Spurenelemente und Mineralstoffe enthalten. Für alle Elemente wurde deshalb geprüft, ob ein Zusammenhang zwischen der *Einnahme von Erkältungs-/ Grippe-mitteln, Stärkungsmitteln und Schmerzmitteln* und dem Elementgehalt im Haar besteht. Für Magnesium wurden zusätzlich *Abführmittel, Medikamente für Magen, Leber, Galle sowie Kreislaufmittel / blutdrucksteigernde Mittel*, für Calcium *Mittel gegen Allergien*, für Aluminium Mittel für Magen, Leber, Galle und für Phosphor Herzmittel und Kreislaufmittel/ blutdrucksteigernde Mittel berücksichtigt. *Mittel zur Senkung des Blutzucker- und Blutfettspiegels* wurden in Zusammenhang zu den Chrom- und Zinkgehalten im Haar gestellt. Statistisch signifikante Zusammenhänge ergaben sich zwischen dem Calciumgehalt im Haar und der Einnahme von Schmerzmitteln, zwischen dem Magnesiumgehalt im Haar und der Einnahme von Kreislaufmitteln / blutdrucksteigernden Mitteln und Abführmitteln sowie zwischen dem Zinkgehalt im Haar und der Einnahme von Medikamenten zur Senkung des Blutzuckerspiegels. Da für alle diese Merkmale Confoundereffekte des Alters und des Geschlechts nicht auszuschließen sind, wurde auf eine Deskription verzichtet. Der Nachweis des Einflusses der Medikamenteneinnahme auf den Elementgehalt kann nur im Rahmen von multivariaten statistischen Auswertungen geklärt werden. Für die Quantifizierung des Einflusses, d. h. für die Erfassung der Dosis-Wirkungs-Beziehung, sind speziell angelegte Kontrollstudien nötig.

Bei Nikotin und Cotinin wurde eine abweichende Gliederung vorgenommen, da hier neben der Beschreibung der Grundbelastung der Population auch der Frage nachgegangen werden sollte, inwieweit Nikotin und Cotinin als Indikatoren der Tabakrauchbelastung angesehen werden können. Als Gliederungsmerkmale wurden hier vorwiegend Probanden-Angaben zur Tabakrauchbelastung und zum Rauchverhalten verwendet.

5.2 Aluminium

5.2.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Aluminiumgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt $3,21 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 3246$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $3,12$ bis $3,31 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $100,7 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $1 \mu\text{g/g}$ liegen $5,2 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.2.6.1).

5.2.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.2.1.1.1 Geschlecht

Die 25- bis 69jährigen Männer weisen mit $3,69 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Frauen mit $2,82 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Aluminiumgehalt im Haar auf. Bei einem Vergleich der Gehalte von Personen mit unbehandeltem Haar ist der Unterschied des Aluminiumgehaltes im Haar noch größer (Männer: $3,68 \mu\text{g/g}$, Frauen: $2,28 \mu\text{g/g}$).

5.2.1.1.2 Alte/neue Bundesländer

Der Aluminiumgehalt im Haar der Bevölkerung der neuen Bundesländer ist mit $5,09 \mu\text{g/g}$ signifikant höher als der der Bevölkerung der alten Bundesländer mit $2,85 \mu\text{g/g}$. Ferner sind im Haar der ostdeutschen Männer bzw. Frauen höhere Gehalte als im Haar der westdeutschen Männer bzw. Frauen zu beobachten.

5.2.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)

Frauen mit einer Dauerwelle weisen mit $3,40 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren Aluminiumgehalt im Haar auf als Frauen ohne Dauerwelle mit $2,31 \mu\text{g/g}$. Ein Zusammenhang mit der Färbung/Tönung und dem Aluminiumgehalt im Haar konnte hingegen nicht festgestellt werden.

5.2.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe (grau, blond, braun) und dem Aluminiumgehalt im Haar festgestellt werden.

5.2.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

In frisch gewaschenem Haar, d. h. die letzte Haarwäsche fand 0 bis 1 Tag vor der Probenahme statt, werden signifikant niedrigere Aluminiumgehalte festgestellt als in ungewaschenem Haar, d. h. zwischen letzter Haarwäsche und Probenahme lag ein längerer Zeitraum. Lag der Zeitpunkt der letzten Haarwäsche mehr als 4 Tage vor der Probenahme, so beträgt der Gehalt im Haar $4,28 \mu\text{g/g}$, fand die Haarwäsche dagegen maximal 1 Tag vor der Probenahme statt, so liegt ein Gehalt von $2,77 \mu\text{g/g}$ vor.

5.2.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Aluminiumgehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Lebensalter:

Der mittlere Aluminiumgehalt im Haar der Erwachsenen steigt mit zunehmendem Alter an. So wird für 25- bis 29jährige Personen ein mittlerer Aluminiumgehalt im Haar von $2,43 \mu\text{g/g}$ und für 60- bis 69jährige Personen ein Gehalt von $3,79 \mu\text{g/g}$ festgestellt. Die statistischen Kennwerte für die ungewichteten Randaltersklassen der neuen Länder sind im Anhang 9.1 wiedergegeben.

Schulabschluß:

Mit zunehmender Höhe des Schulabschlusses wird ein geringerer Gehalt an Aluminium im Haar festgestellt. Personen ohne Schulabschluß oder Volks-, Hauptschulabschluß weisen einen Gehalt von $3,54 \mu\text{g/g}$ auf, Personen mit Abitur einen Gehalt von $2,62 \mu\text{g/g}$.

Staubbelastung am Arbeitsplatz:

Bei häufiger oder ständiger Staubbelastung am Arbeitsplatz (gemessen an der subjektiven Einschätzung zur Häufigkeit von Schmutz an der (Arbeits-)Kleidung) liegt ein Aluminiumgehalt im Haar von $3,98 \mu\text{g/g}$ vor. Bei seltener oder keiner Belastung liegt ein Gehalt von $2,89 \mu\text{g/g}$ vor.

Aluminium-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher):

Bei einem Aluminium-Niederschlag von bis zu $20 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ im Raum mit der längsten Aufenthaltsdauer (nicht Schlafräum) liegt ein mittlerer Aluminiumgehalt im Haar von $3,02 \mu\text{g/g}$ vor. Bei einem Aluminium-Niederschlag von mehr als $40 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ wird dagegen ein Al-Gehalt im Haar von $5,32 \mu\text{g/g}$ bestimmt.

Aluminium-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät):

Mit einer Zunahme des Aluminium-Niederschlages in der Außenluft nimmt auch der Aluminiumgehalt im Haar zu. Bei einer Niederschlagsrate von bis zu $0,5 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ liegt ein Aluminiumgehalt im Haar von $2,91 \mu\text{g/g}$ vor. Bei einer Al-Niederschlagsrate von mehr als $1 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ dagegen beträgt der mittlere Gehalt im Haar $4,51 \mu\text{g/g}$.

Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume:

Bei einem täglichen Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume von mehr als 7 Stunden wird mit $4,38 \mu\text{g/g}$ ein höherer Aluminiumgehalt im Haar bestimmt als bei geringeren Aufenthaltszeiten im Freien (bis 4 Stunden: $3,04 \mu\text{g/g}$; über 4 bis 7 Stunden: $3,27 \mu\text{g/g}$).

5.2.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Aluminiumgehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt $6,57 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 638$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $6,16$ bis $7,01 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $125,3 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $1 \mu\text{g/g}$ liegen $1,6 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.2.6.3).

5.2.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.2.2.1.1 Geschlecht

6- bis 14jährige Jungen weisen im Mittel mit $7,92 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Mädchen mit $5,39 \mu\text{g/g}$ signifikant höhere Aluminiumgehalte im Haar auf.

5.2.2.1.2 Alte/neue Bundesländer

Bei Kindern der neuen Bundesländer werden im Mittel ($8,42 \mu\text{g/g}$) signifikant höhere Aluminiumgehalte im Haar ermittelt als bei Kindern der alten Bundesländer ($5,96 \mu\text{g/g}$).

5.2.2.1.3 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Zwischen der natürlichen Haarfarbe (blond, braun) der Kinder und dem Aluminiumgehalt im Haar konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

5.2.2.1.4 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

In frisch gewaschenem Haar, d. h. die letzte Haarwäsche fand 0 bis 1 Tag vor der Probenahme statt, werden signifikant niedrigere Aluminiumgehalte im Haar festgestellt gegenüber den Gehalten im Haar nach einem längeren Zeitraum zwischen letzter Haarwäsche und Probenahme. Lag der Zeitpunkt der letzten Haarwäsche mehr als 4 Tage vor der Probenahme, so beträgt der Gehalt im Haar $7,45 \mu\text{g/g}$, fand die Haarwäsche dagegen maximal 1 Tag vor der Probenahme statt, so liegt ein Gehalt von $5,39 \mu\text{g/g}$ vor.

5.2.2.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Aluminiumgehalt im Haar der Kinder eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Lebensalter:

Mit zunehmendem Alter nimmt der mittlere Gehalt an Aluminium im Haar ab. 6- bis 8jährige Kinder weisen mit $9,28 \mu\text{g/g}$ einen deutlich höheren Gehalt auf als z. B. die 12- bis 14jährigen Kinder mit $4,28 \mu\text{g/g}$.

Körperliche Betätigung im Freien:

Häufige körperliche Betätigung im Freien führt mit 7,13 $\mu\text{g/g}$ zu höheren Aluminiumgehalten im Haar als seltene körperliche Tätigkeit im Freien (4,43 $\mu\text{g/g}$).

Buddeln, Graben, Höhlenbauen:

Kinder, die angaben, häufig in dieser Form zu spielen, weisen mit 9,27 $\mu\text{g/g}$ einen höheren mittleren Gehalt im Haar auf als Kinder, die angaben, dies nie zu tun, mit 5,31 $\mu\text{g/g}$.

5.2.2.3 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

Die 6- bis 14jährigen Kinder weisen mit 6,57 $\mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Erwachsenen mit 3,21 $\mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Aluminiumgehalt im Haar auf. Aus den Altersgängen läßt sich erkennen, daß bei den Kindern die Gehalte mit zunehmendem Alter abnehmen. Für die Erwachsenen wird dann wieder eine Zunahme mit dem Alter festgestellt. Jungen weisen höhere Gehalte auf als Männer und Mädchen höhere Gehalte als Frauen.

5.2.3 Zusammenfassung und Diskussion

Daß ein Vergleich der in dieser Studie ermittelten Aluminiumgehalte im Haar mit den Daten aus der Literatur und mit den Ergebnissen des 1. Umwelt-Surveys nur eingeschränkt möglich ist, wurde in Kapitel 5.1 diskutiert. Dennoch sind in den Tabellen 5.2.4.1 und 5.2.4.2 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und die diverser anderer Studien zusammengestellt.

Wilhelm et al. (1989b) fanden bei Erwachsenen und Kindern aus Nordrhein-Westfalen (NRW) einen Gehalt in vergleichbarer Größenordnung wie in dieser Studie. Gleiches gilt für Angaben aus den USA (Paschal et al. 1989). Shresta und Schrauzer (1989) fanden beim Vergleich der Aluminiumgehalte im Haar von Einwohnern aus Kalifornien und Indien höhere Aluminiumgehalte im Haar der US-Bürger und führten dies auf die in Indien weniger verbreitete Verwendung von Nahrungsmitteln in Dosen zurück.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Männer (Jungen) weisen einen höheren Aluminiumgehalt im Haar auf als Frauen (Mädchen).

Paschal et al. (1989) fanden bei ihrer großen Studie in den USA gleichfalls höhere Gehalte für Männer als für Frauen. Bei einer Studie aus der Bundesrepublik (Wilhelm et al. 1989b) konnten bei Erwachsenen und Kindern keine unterschiedlichen Gehalte für Männer (Jungen) und Frauen (Mädchen) nachgewiesen werden, wobei jedoch der geringe Stichprobenumfang ($N = 82$) zu berücksichtigen ist. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde auch festgestellt, daß die *Staubbelastung am Arbeitsplatz* für den Aluminiumgehalt im Haar von

Bedeutung ist. Weiterhin ist festzustellen, daß mehr Männer angaben, einer häufigen bzw. ständigen Staubbelastung an der (Arbeits-)Kleidung ausgesetzt zu sein, so daß der Befund zunächst plausibel erscheint. Allerdings waschen sich Männer häufiger die Haare als Frauen (vgl. Anhang 9.5) und der Aluminiumgehalt im Haar ist in frisch gewaschenen Haaren signifikant niedriger als der in länger nicht gewaschenen Haaren. Insgesamt scheinen diverse Störgrößen hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen dem Geschlecht und den Aluminiumgehalten im Haar eine Rolle zu spielen, die jedoch anhand der bivariaten Auswertung nicht geklärt werden können.

Der im Survey gefundene Effekt des Geschlechts bei den Kindern kann möglicherweise mit einem geschlechtsspezifischen expositionsrelevanten Spielverhalten erklärt werden. Jungen gehen häufiger als Mädchen Spielweisen im Freien nach, die zu einer Erhöhung der Staubexposition im Freien führen können.

Mit zunehmendem Lebensalter der Kinder wird eine Abnahme des Aluminiumgehaltes im Haar festgestellt; für Erwachsene ist dagegen eine Zunahme mit dem Alter zu beobachten. Kinder weisen einen höheren Gehalt auf als Erwachsene.

Bei einer Untersuchung in den USA, bei der u.a. ein Subkollektiv des National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) untersucht wurde, ergab sich eine Abnahme der Gehalte mit dem Lebensalter, d. h. für 13- bis 73jährige Jugendliche/Erwachsene wurden niedrigere Gehalte als bei Kindern (bis zu 12 Jahren) beobachtet (DiPietro et al. 1989, Paschal et al. 1989), wodurch die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigt werden. Bei einer regional begrenzten Studie in der Bundesrepublik (Wilhelm et al. 1989b) konnte dagegen kein Zusammenhang mit dem Alter festgestellt werden, wobei auch der geringe Stichprobenumfang zu berücksichtigen ist

Insbesondere jüngere Kinder gehen Spielweisen wie *Buddeln, Graben, Höhlenbauen* sowie *Körperlicher Betätigung im Freien* nach, die zu signifikant höheren Aluminiumgehalten im Haar führen. Derartige Spielaktivitäten im Freien ermöglichen einen stärkeren Kontakt zu aluminiumhaltigen Partikeln, so daß der beschriebene Altersgang plausibel erscheint. Ferner waschen sich jüngere Kinder seltener die Haare (vgl. Anhang 9.6), was ebenfalls zu signifikant höheren Aluminiumgehalten im Haar führt.

Die Anwendung einer **Dauerwelle** führt zu einem höheren Aluminiumgehalt im Haar. Bivariate Zusammenhänge zwischen einer **Färbung/Tönung**, der natürlichen Haarfarbe und dem Aluminiumgehalt im Haar bestehen hingegen nicht.

Durch die Dauerwelle wird vermutlich das Ad- oder Absorptionsverhalten des Haares verändert. Dies ist für eine Vielzahl von Elementen belegt (Valkovic 1988). Gerade für Aluminium im Gegensatz zu vielen anderen Elementen konnten jedoch Paschal et al. (1989) keinen Effekt der Dauerwelle finden. Wie in der vorliegenden Studie fanden sie auch keinen Effekt der Färbung.

Kinder und Erwachsene der **neuen Bundesländer** weisen im Vergleich zu denen der **alten Bundesländer** einen höheren Aluminiumgehalt im Haar auf.

Dieser Effekt ist sowohl bei den Kindern als auch bei den Erwachsenen sehr deutlich. Da im Mittel die Aluminium-Niederschläge der Außenluft in den Erhebungspunkten der neuen Länder signifikant höher sind als die in den alten Ländern, erscheint dieses Ergebnis plausibel. Ferner besteht eine Assoziation zwischen *Häufigkeit der Haarwäsche* und *alte/neue Bundesländer*, d. h. die erwachsenen Probanden der neuen Bundesländer waschen sich seltener die Haare (vgl. Anhang 9.5), was zusätzlich die höheren Aluminiumgehalte im Haar dieser Personen erklärt. Welche Einflußgrößen tatsächlich die höheren Gehalte bei den Probanden der neuen Ländern bewirken, kann jedoch im Rahmen der deskriptiven Auswertung nicht abschließend geklärt werden.

Mit geringerem Schulabschluß wird ein höherer Aluminiumgehalt in Haar ermittelt. Bei häufiger **Staubbelastung am Arbeitsplatz** liegt ebenfalls ein höherer Aluminiumgehalt im Haar vor.

Schulbildung und berufliche Stellung korrelieren, d. h. Personen mit niedriger Schulbildung dürften in der Regel einer häufigeren Staubbelastung am Arbeitsplatz ausgesetzt sein.

Mit zunehmendem **Aluminium-Niederschlag (Innenraum)** wird ein höherer Aluminiumgehalt im Haar der Erwachsenen nicht jedoch der Kinder festgestellt.

Einträge von Staub in die häusliche Wohnumgebung geschehen zum einen von außen, d. h. über den Luftaustausch (Fenster, Türen), über Einträge mit den Schuhen und der Kleidung und zum anderen durch interne Quellen (z. B. Heizung). Da der Aluminiumgehalt im Haar zum einen abhängig ist vom Aluminium-Niederschlag in der Außenluft und zum anderen ein Hauptbestandteil des Bodens ist, ist das beschriebene Ergebnis plausibel.

Bei zunehmendem **Aluminium-Niederschlag (Außenluft)** und zunehmender Häufigkeit des Aufenthaltes außerhalb geschlossener Räume wird bei Erwachsenen ein höherer Gehalt im Haar ermittelt.

Dieser Befund gibt einen Hinweis darauf, daß die am Ort herrschende Immissionssituation für den Aluminiumgehalt im Haar von Bedeutung ist. Auf einen möglichen Zusammenhang zur Immissionssituation deutet auch der Befund hin, daß mit zunehmender Dauer von der letzten Haarwäsche bis zur Probennahme der Aluminiumgehalt im Haar zunimmt.

Tab. 5.2.4.1: Aluminiumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Aluminium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey I (Krause et al. 1989a)	1985-1986	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung, nur Westdeutschland	n=937	GM=4,38
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung, West- und Ostdeutschland	n=3246	GM=3,21
<u>BRD</u> (Wilhelm et al. 1989b)	?	M, F: 4-7, 17-83 J.	Kontrollkollektiv	n=82	50.P.=2,6
<u>Saudi-Arabien</u> (Ahmed/Elmubarak. 1990)	?	M: 15-22 J.	Vorort, keine Industrie	n=22	GM=1,9
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentl. Angestellte, NHANES-Kollektiv	n=332	GM=3,96
<u>USA (Californien)</u> <u>Indien</u> (Shrestha/Schrauzer 1989)	?	M, F: 1-43 J. M, F: 6-49 J.	keine industr. Belastung	n=20 n=27	GM=10,6 GM=2,4

Tab. 5.2.4.2: Aluminiumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Aluminium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbevölkerung, West- und Ostdeutschland	n=638	GM=6,57
<u>USA</u> (Paschel et al. 1989)	?	J, Mä: \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=10,2

M = Männer, F = Frauen, J = Jungen, Mä = Mädchen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel

5.2.5 Abbildungen

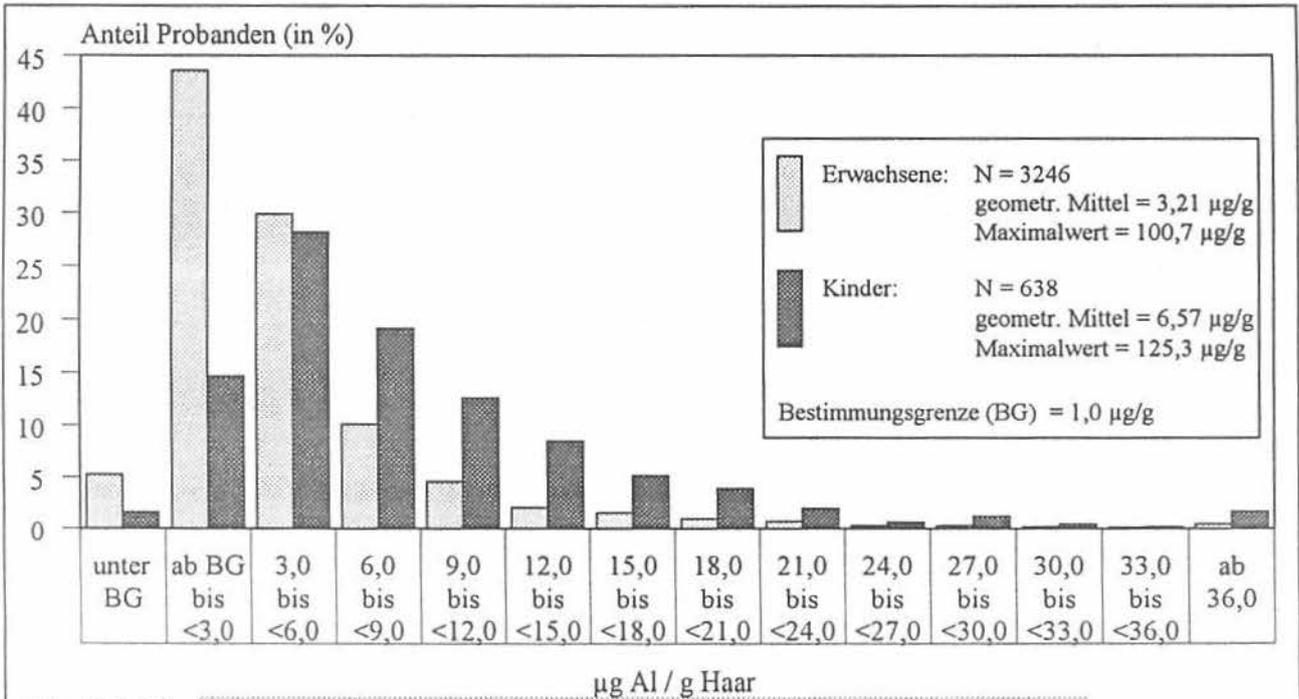


Abb. 5.2.5.1: **Aluminiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6 - 14 und 25 - 69 Jahre)**

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

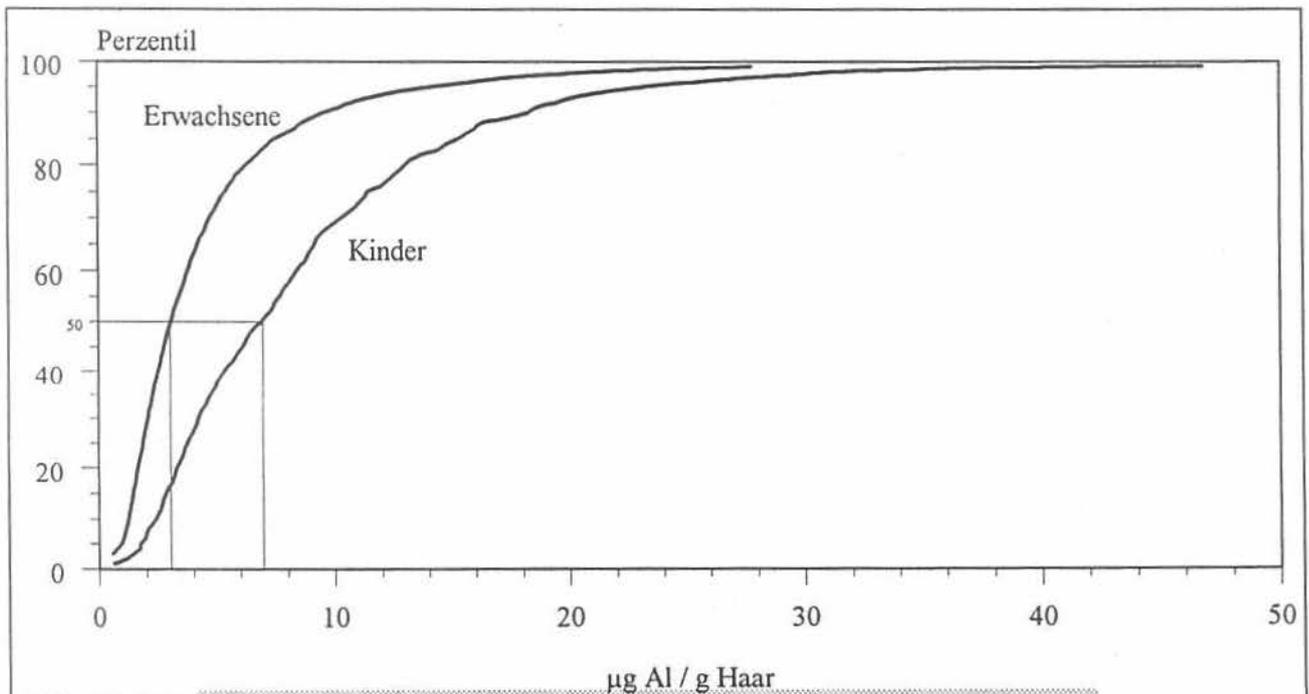


Abb. 5.2.5.2: **Aluminiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6 - 14 und 25 - 69 Jahre)**

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

5.2.6 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

Tab. 5.2.6.1: Aluminiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung
(25 bis 69 Jahre)

Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: $1 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	3246	169	1,3	3,1	9,6	14,0	21,5	100,7	4,73	3,21	3,12 - 3,31
Geschlecht *											
Männer	1586	61	1,4	3,6	11,1	15,8	23,1	78,4	5,38	3,69	3,53 - 3,84
Frauen	1660	108	1,2	2,7	8,2	11,7	19,6	100,7	4,11	2,82	2,71 - 2,93
Geschlecht (unbehandeltes Haar) *											
Männer	1539	61	1,4	3,6	11,1	16,0	23,4	78,4	5,39	3,68	3,52 - 3,84
Frauen	471	50	<1	2,2	6,2	8,8	12,0	79,3	3,20	2,28	2,12 - 2,45
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	2574	156	1,2	2,7	8,1	11,3	18,3	77,1	4,08	2,85	2,76 - 2,94
neue Bundesländer	672	13	2,0	4,8	14,8	21,3	28,9	100,7	7,24	5,09	4,78 - 5,42
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Männer	1262	57	1,3	3,2	9,3	12,9	20,2	77,1	4,68	3,26	3,12 - 3,41
Frauen	1311	100	1,1	2,4	6,8	10,0	15,9	64,0	3,50	2,50	2,40 - 2,61
neue Bundesländer											
Männer	323	4	2,4	5,7	16,7	22,3	30,2	78,4	8,14	5,94	5,45 - 6,48
Frauen	349	8	1,7	4,2	12,3	19,2	28,5	100,7	6,40	4,41	4,04 - 4,81
Dauerwelle (Frauen) *											
nein	786	73	1,0	2,3	6,0	8,7	11,9	79,3	3,21	2,31	2,18 - 2,44
ja	861	33	1,4	3,1	10,0	15,2	22,6	100,7	4,96	3,40	3,22 - 3,59
Färbung/Tönung (Frauen)											
nein	956	76	1,1	2,6	8,7	12,3	19,7	100,7	4,22	2,79	2,64 - 2,95
ja	691	30	1,2	2,7	7,3	10,9	18,8	40,1	3,99	2,87	2,71 - 3,04
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
teilw./überw. grau	672	28	1,4	3,4	11,0	15,5	20,3	77,1	5,10	3,54	3,32 - 3,77
blond	472	30	1,1	2,9	9,1	13,8	20,8	79,3	4,62	3,02	2,79 - 3,28
braun	693	37	1,3	3,1	9,6	14,5	22,9	60,9	4,88	3,30	3,09 - 3,51
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	1059	76	1,2	2,7	7,9	11,0	15,8	60,9	3,89	2,77	2,63 - 2,91
vor 2 bis 3 Tagen	586	21	1,3	3,7	11,3	17,4	24,3	79,3	5,86	3,81	3,55 - 4,09
vor 4 und mehr Tagen	364	13	1,7	4,2	12,6	20,1	26,7	42,1	6,15	4,28	3,92 - 4,68

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;

Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.2.6.2: Aluminiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung

(25 bis 69 Jahre)

spezifische Gliederung

[Bestimmungsgrenze: $1 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Lebensalter *											
25-29 Jahre	436	42	1,0	2,4	7,0	10,0	15,0	39,3	3,49	2,43	2,25 - 2,63
30-39 Jahre	772	44	1,2	2,7	8,0	12,2	20,0	79,3	4,31	2,90	2,74 - 3,08
40-49 Jahre	673	29	1,2	3,0	8,9	12,2	17,1	77,1	4,60	3,20	3,01 - 3,40
50-59 Jahre	765	37	1,3	3,6	11,2	17,3	25,4	64,0	5,48	3,67	3,45 - 3,91
60-69 Jahre	600	18	1,5	3,5	12,0	16,9	21,7	100,7	5,37	3,79	3,55 - 4,05
Schulabschluss *											
keiner; Volks-, Hauptschule	1803	70	1,3	3,4	10,5	15,7	23,0	100,7	5,16	3,54	3,40 - 3,68
Realschule, mittl. Reife	798	46	1,2	2,9	8,5	12,0	19,3	79,3	4,47	3,02	2,85 - 3,20
Fachhochschulreife, Abitur	610	50	1,1	2,5	7,4	10,7	17,0	77,1	3,82	2,62	2,45 - 2,80
Staubbelastung am Arbeitsplatz *											
nie oder selten	2175	134	1,2	2,8	8,4	11,6	18,5	79,3	4,20	2,89	2,80 - 3,00
häufig oder immer	1038	35	1,4	3,9	12,4	17,6	24,0	78,4	5,81	3,98	3,77 - 4,19
Aluminium-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher) *											
bis $20 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	2773	165	1,2	2,9	8,9	12,3	18,7	100,7	4,39	3,02	2,93 - 3,12
über 20 bis $40 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	285	4	1,6	3,9	13,1	17,1	27,9	79,3	6,06	4,20	3,82 - 4,61
über $40 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	188	1	1,9	4,9	19,4	24,7	29,2	41,6	7,76	5,32	4,70 - 6,01
Aluminium-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät) *											
bis $0,5 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	2285	141	1,2	2,8	8,5	12,3	19,4	100,7	4,25	2,91	2,81 - 3,01
über 0,5 bis $1 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	704	23	1,5	3,8	11,4	17,0	25,9	78,4	5,70	3,92	3,68 - 4,17
über $1 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	257	6	1,6	4,6	13,0	18,5	24,8	79,3	6,37	4,51	4,08 - 4,99
Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume *											
bis 4 Stunden	2153	121	1,2	2,9	9,1	13,2	20,4	79,3	4,50	3,04	2,94 - 3,15
über 4 bis 7 Stunden	760	39	1,3	3,1	9,8	13,5	22,3	100,7	4,72	3,27	3,08 - 3,47
über 7 Stunden	333	9	1,7	4,3	12,1	17,5	27,0	78,4	6,23	4,38	4,01 - 4,78

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.2.6.3: Aluminiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: $1 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	638	10	2,4	6,9	18,3	23,1	31,8	125,3	9,20	6,57	6,16 - 7,01
Geschlecht *											
Jungen	329	5	3,1	8,5	19,6	25,5	38,9	125,3	10,72	7,92	7,26 - 8,63
Mädchen	309	5	2,0	5,3	15,7	20,5	28,5	65,1	7,59	5,39	4,91 - 5,91
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	457	8	2,2	6,2	15,9	20,3	28,4	65,1	8,06	5,96	5,53 - 6,41
neue Bundesländer	181	2	2,9	8,8	21,5	29,7	50,8	125,3	12,09	8,42	7,43 - 9,54
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Jungen	236	4	2,7	7,8	17,2	23,0	29,2	61,8	9,34	7,09	6,42 - 7,84
Mädchen	222	5	1,9	5,0	13,3	17,9	21,9	65,1	6,71	4,95	4,46 - 5,49
neue Bundesländer											
Jungen	93	1	3,7	11,1	23,5	31,9	76,4	125,3	14,22	10,44	8,89 - 12,27
Mädchen	87	1	2,3	6,4	19,8	28,3	48,9	57,2	9,82	6,68	5,55 - 8,05
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
blond	379	4	2,5	7,2	19,0	26,8	40,4	125,3	9,88	6,93	6,37 - 7,54
braun	199	4	2,0	6,4	16,4	20,2	24,9	79,0	8,29	6,06	5,40 - 6,80
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	183	7	1,8	5,2	16,3	24,0	49,9	81,1	8,64	5,39	4,68 - 6,21
vor 2 bis 3 Tagen	221	2	2,7	7,5	18,5	25,6	32,3	48,8	9,50	7,16	6,47 - 7,93
vor 4 und mehr Tagen	189	0	3,0	7,8	18,9	21,8	28,2	125,3	9,88	7,45	6,72 - 8,27

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.2.6.4: Aluminiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
spezifische Gliederung

[Bestimmungsgrenze: 1 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Lebensalter *											
6-7 Jahre	131	0	3,9	9,3	21,2	27,9	30,8	125,3	11,78	9,28	8,26 - 10,41
8-9 Jahre	156	1	3,5	8,8	20,8	28,5	47,5	65,1	11,40	8,65	7,68 - 9,74
10-11 Jahre	127	0	2,7	7,5	17,9	20,9	30,9	81,1	9,15	7,00	6,17 - 7,94
12-14 Jahre	224	9	1,7	4,1	12,8	15,9	24,7	79,0	6,20	4,28	3,83 - 4,78
Körperliche Betätigung im Freien *											
seltener	111	6	1,5	4,7	13,5	18,0	22,3	42,0	6,42	4,43	3,74 - 5,25
häufiger	525	4	2,7	7,5	19,0	23,9	33,1	125,3	9,79	7,13	6,66 - 7,63
Buddeln, Graben, Höhlenbauen *											
nie	281	7	2,0	5,1	15,8	19,3	28,5	79,0	7,55	5,31	4,80 - 5,86
selten, gelegentlich	190	3	2,6	7,2	18,5	21,7	28,8	81,1	9,06	6,66	5,94 - 7,47
häufig, sehr häufig	165	0	3,9	9,3	21,8	28,2	42,0	125,3	12,17	9,27	8,30 - 10,35

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.3 Barium

5.3.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Bariumgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt $0,54 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 3246$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $0,52$ bis $0,56 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $21,2 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $0,2 \mu\text{g/g}$ liegen $15,7 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.3.6.1).

5.3.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.3.1.1.1 Geschlecht

Für 25- bis 69jährige Frauen wird mit $0,76 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Männern mit $0,37 \mu\text{g/g}$ ein signifikant höherer mittlerer Bariumgehalt im Haar festgestellt. Bei einem Vergleich der Gehalte bei Personen mit unbehandeltem Haar ist kein Zusammenhang mehr zwischen dem Geschlecht und den Gehalten im Haar zu beobachten.

5.3.1.1.2 Alte/neue Bundesländer

Der mittlere Bariumgehalt im Haar der Bevölkerung der neuen Bundesländer ist mit $0,67 \mu\text{g/g}$ signifikant höher als der der Bevölkerung der alten Bundesländer mit $0,51 \mu\text{g/g}$. Bei ostdeutschen Frauen bzw. Männern sind höhere Gehalte im Haar zu beobachten als bei den westdeutschen Frauen bzw. Männern, allerdings ohne Berücksichtigung einer chemischen Haarbehandlung.

5.3.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)

Frauen mit einer Dauerwelle weisen mit $1,13 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu Frauen ohne Dauerwelle mit $0,50 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Bariumgehalt im Haar auf. Auch durch Färbung/Tönung erhöht sich der Bariumgehalt im Haar signifikant von $0,58 \mu\text{g/g}$ auf $1,12 \mu\text{g/g}$.

5.3.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei grauem Haar wird signifikant mit $0,28 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu blondem mit $0,41 \mu\text{g/g}$ oder braunem Haar mit $0,42 \mu\text{g/g}$ der geringste Bariumgehalt im Haar festgestellt.

5.3.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Mit zunehmendem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme kann ein geringerer Bariumgehalt im Haar festgestellt werden. Lag der Zeitpunkt der letzten Haarwäsche mehr als 4 Tage vor der Probenahme, so beträgt der Gehalt im Haar $0,32 \mu\text{g/g}$, fand die Haarwäsche dagegen maximal 1 Tag vor der Probenahme statt, so liegt ein Gehalt von $0,39 \mu\text{g/g}$ vor.

5.3.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Bariumgehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Schulabschluß:

Personen mit Abitur weisen mit $0,44 \mu\text{g/g}$ den vergleichsweise geringsten Bariumgehalt im Haar auf. Für die übrigen Personen liegt ein mittlerer Gehalt von $0,56 \mu\text{g/g}$ vor.

Bariumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk):

Mit zunehmendem Bariumgehalt im Trinkwasser steigt der mittlere Bariumgehalt im Haar an. Bei einem Gehalt im Wasser von bis zu $50 \mu\text{g/l}$ ergibt sich ein Gehalt im Haar von $0,41 \mu\text{g/g}$. Bei einem Gehalt im Trinkwasser von über $100 \mu\text{g/l}$ liegt ein Gehalt im Haar von $0,99 \mu\text{g/g}$ vor.

Barium-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät):

Mit einer Zunahme des Barium-Niederschlags in der Außenluft nimmt auch der Bariumgehalt im Haar zu. Bei einer Niederschlagsrate von bis zu $17,5 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ liegt ein Bariumgehalt im Haar von $0,48 \mu\text{g/g}$ vor. Bei einer Niederschlagsrate von mehr als $35 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ beträgt der mittlere Gehalt im Haar dagegen $0,72 \mu\text{g/g}$.

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit $0,63 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit $0,50 \mu\text{g/g}$ ein höherer mittlerer Bariumgehalt im Haar ermittelt.

5.3.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Bariumgehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt $0,36 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 638$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $0,33$ bis $0,38 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $4,5 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $0,2 \mu\text{g/g}$ liegen $22,7 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.3.6.3).

5.3.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.3.2.1.1 Geschlecht

6- bis 14jährige Mädchen weisen zwar mit $0,40 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Jungen mit $0,32 \mu\text{g/g}$ einen höheren mittleren Bariumgehalt im Haar auf, wobei bei bivariater Testung das Signifikanzniveau von $p \leq 0,001$ nicht erreicht wird.

5.3.2.1.2 Alte/neue Bundesländer

Kinder der neuen Bundesländer weisen mit $0,48 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu Kindern der alten Bundesländer mit $0,32 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Bariumgehalt im Haar auf.

5.3.2.1.3 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnte kein Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe (blond, braun) der Kinder und dem Bariumgehalt im Haar festgestellt werden.

5.3.2.1.4 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Ein Zusammenhang zwischen dem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme und dem Bariumgehalt im Haar der Kinder konnte nicht festgestellt werden.

5.3.2.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Bariumgehalt im Haar der Kinder eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Bariumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk):

Mit zunehmendem Bariumgehalt im Trinkwasser steigt der mittlere Bariumgehalt im Haar der Kinder an. Bei einem Gehalt im Wasser von bis zu $50 \mu\text{g/l}$ ergibt sich ein Gehalt im Haar von $0,26 \mu\text{g/g}$. Bei einem Gehalt im Trinkwasser von über $100 \mu\text{g/l}$ liegt ein Gehalt im Haar von $0,64 \mu\text{g/g}$ vor.

Barium-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher):

Bei einem Barium-Niederschlag von bis zu $1 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ im Raum mit der längsten Aufenthaltsdauer (nicht Schlafräum) liegt ein mittlerer Bariumgehalt im Haar von $0,34 \mu\text{g/g}$ vor. Bei einem Barium-Niederschlag von mehr als $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ wird dagegen ein Gehalt im Haar von $0,54 \mu\text{g/g}$ bestimmt.

Barium-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät):

Mit einer Zunahme des Barium-Niederschlages in der Außenluft nimmt auch der Bariumgehalt im Haar zu. Bei einer Niederschlagsrate von bis zu $17,5 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ liegt ein Bariumgehalt im Haar von $0,32 \mu\text{g/g}$ vor. Bei einer Niederschlagsrate von mehr als $35 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ beträgt der mittlere Gehalt im Haar dagegen $0,53 \mu\text{g/g}$.

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit 0,43 µg/g im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit 0,32 µg/g ein höherer mittlerer Bariumgehalt im Haar ermittelt.

5.3.2.3 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

Die 25- bis 69jährigen Erwachsenen weisen mit 0,54 µg/g im Vergleich zu den 6- bis 14jährigen Kindern mit 0,36 µg/g einen signifikant höheren mittleren Bariumgehalt im Haar auf. Allerdings läßt sich weder für die Erwachsenen noch für die Kinder ein Altersgang erkennen. Männer weisen höhere Gehalte auf als Jungen und Frauen höhere Gehalte als Mädchen. Auch bei getrennter Betrachtung der alten und der neuen Bundesländer gilt, daß die Gehalte der Erwachsenen höher sind als die der Kinder.

5.3.3 Zusammenfassung und Diskussion

Daß ein Vergleich der in dieser Studie ermittelten Bariumgehalte im Haar mit den Daten aus der Literatur und den Daten des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 nur eingeschränkt möglich ist, wurde in Kapitel 5.1 diskutiert. Dennoch sind in den Tabellen 5.4.3.1 und 5.4.3.2 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und die diverser anderer Studien zusammengestellt.

Für ein kleines Kollektiv (N = 13) aus der Bundesrepublik konnten Günther et al. (1992) bei Erwachsenen einen Gehalt in vergleichbarer Größenordnung wie in dieser Studie feststellen. Gleiches gilt für eine Studie aus den USA (Paschal et al. 1989), wobei aber für die Erwachsenen vergleichsweise höhere Bariumgehalte im Haar angegeben werden.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Frauen weisen einen höheren Bariumgehalt im Haar auf als Männer.

Daß Frauen höhere Bariumgehalte im Haar aufweisen als Männer, wurde in anderen Untersuchungen bestätigt (DiPietro et al. 1989). In der vorliegenden Studie wird allerdings deutlich, daß sich dieser Effekt bei den Erwachsenen durch die chemische Haarbehandlung ergibt, denn bei unbehandelten Haaren liegt kein Zusammenhang mehr zwischen dem Geschlecht und dem Bariumgehalten im Haar vor. Die im Umwelt-Survey ermittelten tendenziell - jedoch nicht signifikant - höheren Bariumgehalte im Haar der Mädchen werden durch die Ergebnisse von Wilbrand et al. (1991) bestätigt.

Weder für die Erwachsenen noch für die Kinder konnte ein Alterstrend festgestellt werden. Kinder weisen geringere Gehalte auf als Erwachsene.

Eine Untersuchung in den USA, bei der u.a. ein Subkollektiv des National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) untersucht wurde, ergab eine altersabhängige Zunahme der Bariumgehalte im Haar zusammen mit weiteren Erdalkalielelementen (Ca, Sr, Mg) bei bis zu 12jährigen Kindern. Bei weiter zunehmendem Alter (13 - 73 Jahre) wiesen dann die Daten eine große Streubreite ohne deutliche Tendenz auf (Paschal et al. 1989). Im Rahmen des Umwelt-Surveys konnte jedoch auch für die 6- bis 14jährigen Kinder kein Alterstrend aufgezeigt werden. Wilbrand et al. (1991) konnten eine Zunahme der Gehalte mit dem Alter bei 2- bis 16jährigen Kindern beschreiben, so daß möglicherweise der hauptsächliche Anstieg der Gehalte im Haar in einem Alter von weniger als 6 Jahren stattfindet und deshalb im Rahmen des Umwelt-Surveys nicht deutlich wird.

Im Rahmen der NHANES-Studie (Paschal et al. 1989) konnte auch für Kinder ein signifikant ($p \leq 0,0001$) niedriger Bariumgehalt im Haar gegenüber den Erwachsenen nachgewiesen werden.

Die Anwendung einer Dauerwelle sowie die einer Färbung/Tönung führt zu höheren Bariumgehalten im Haar. Bei grauem Haar liegt ein vergleichsweise geringerer Bariumgehalt im Haar vor.

Durch die Dauerwelle sowie die Färbung/Tönung wird vermutlich das Ad- oder Absorptionsverhalten des Haares verändert. Paschal et al. (1989) ermittelten, wie in dieser Studie, ebenfalls einen Effekt durch Dauerwellen- und Farbbehandlung. Graues Haar weist eine vergleichsweise geringere Pigmentierung auf. In der Literatur wird entsprechend für eine Reihe von Spurenelementen (Cu, Mn, Pb, Cd) von einem geringeren Gehalt in nicht pigmentiertem Haar berichtet (Chutsch und Krause 1987). Im Rahmen dieser Studie wird nun deutlich, daß sich das Spektrum der Elemente, für die dies zutrifft, um die Erdalkalielelemente erweitern läßt.

Kinder und Erwachsene der neuen Bundesländer haben einen vergleichsweise höheren Bariumgehalt im Haar als die in den alten Ländern.

Aufgrund der vorliegenden Auswertung kann zunächst nicht davon ausgegangen werden, daß sich das Ergebnis durch eine unterschiedliche Immissionssituation ergibt, da sich die Barium-Niederschläge in der Außenluft in den Erhebungspunkten der neuen Länder und der alten Ländern nicht signifikant unterscheiden.

In der vorliegenden Auswertung stellten sich als signifikantes Gliederungsmerkmal für die Gehalte im Haar der Kinder die *Barium-Niederschläge im Innenraum* heraus, die wiederum in den Haushalten der neuen Länder höher sind als in den alten Ländern. Ähnliches gilt für die Bariumgehalte im häuslichen Trinkwasser. Eventuell sind diese Merkmale als Ursachen für die unterschiedlichen Bariumgehalte im Haar der Bevölkerung in den neuen im Vergleich zu den alten Länder zu berücksichtigen.

Auf der anderen Seite besteht eine Assoziation zwischen der *letzten Haarwäsche* und der Region (alte / neue Länder), d. h. die erwachsenen Probanden der neuen Ländern waschen sich ihre Haare seltener als die der alten Länder (vgl. Anhang 9.5). Da mit zunehmendem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probe-

nahme ein geringerer Bariumgehalt im Haar festgestellt wird, erscheint das oben genannte Ergebnis weniger plausibel.

Welche Einflußgrößen tatsächlich die höheren Gehalte bei den Probanden der neuen Ländern bewirken, kann im Rahmen der deskriptiven Auswertung nicht abschließend geklärt werden.

Bei zunehmendem Barium-Niederschlag in der Außenluft wird bei Kindern und Erwachsenen ein höherer Gehalt im Haar ermittelt.

Dieser Befund gibt einen Hinweis darauf, daß die am Ort herrschende Immissionssituation für den Bariumgehalt im Haar von Bedeutung sein könnte.

Mit zunehmendem Barium-Niederschlag im Innenraum wird ein höherer Bariumgehalt im Haar der Kinder, nicht jedoch der Erwachsenen, festgestellt.

Einträge von Staub in die häusliche Wohnumgebung geschehen zum einen von außen, d. h. über den Luftaustausch (Fenster, Türen), über Einträge mit den Schuhen und der Kleidung und zum anderen durch interne Quellen (z. B. Heizung). Da der Bariumgehalt im Haar ebenfalls vom Barium-Niederschlag in der Außenluft und auch von der Jahreszeit abhängig ist, könnte eine Abhängigkeit der Innenraumbelastung von der Verbreitung in der Wohnumgebung vorliegen. Warum sich dies allerdings nur bei den Gehalten im Haar der Kinder zeigt, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.

In den Sommermonaten Mai bis September wird bei Erwachsenen und Kindern ein höherer Bariumgehalt im Haar festgestellt.

Für einige Elemente konnten Zusammenhänge zu den Jahreszeiten oder jahreszeitlich bedingten Verhaltensweisen wie Aufenthalt im Freien, aufgezeigt werden (z. B. Blei und Cadmium), wodurch evtl. Effekte der Immissionssituation beschrieben werden. Solche Hinweise liegen allerdings bisher für Barium in der Literatur nicht vor. Auf der anderen Seite spricht auch das Ergebnis, daß mit zunehmendem Barium-Niederschlag in der Außenluft ein höherer Gehalt im Haar gefunden wird, für einen solchen Effekt. Daß weder bei den Erwachsenen noch bei den Kindern eine Signifikanz der Merkmale *Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume* bzw. *Aufenthalt im Freien* (Kinder) festzustellen ist, spricht wiederum gegen einen Effekt der Immissionen. Eine zusätzliche Auswertung nach der mittleren Tageshöchsttemperatur während der jeweiligen Untersuchungswoche pro Erhebungsort ergab ebenfalls einen höheren Bariumgehalt im Haar bei höheren Temperaturen. Möglicherweise ist auch ein Zusammenhang zum *Bariumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk)* gegeben, da mit zunehmendem Bariumgehalt im Trinkwasser auch der Bariumgehalt im Haar steigt und in der warmen Jahreszeit ein häufigerer Wasserkontakt anzunehmen ist.

Mit zunehmendem Bariumgehalt im Trinkwasser wird bei Erwachsenen und Kindern ein höherer Bariumgehalt im Haar gefunden.

Der Bariumgehalt im Trinkwasser kann durch orale Aufnahme oder durch direkten Kontakt (Waschen) zu einer Erhöhung des Gehaltes im Haar führen. Da sich mit zunehmender Dauer seit der letzten Haarwäsche der Bariumgehalt im Haar verringert, kann angenommen werden, daß der direkte Wasserkontakt von Bedeutung ist.

Personen mit einem niedrigen Schulabschluß haben vergleichsweise höhere Bariumgehalte im Haar als Personen mit einem höheren Schulabschluß.

Bei der Interpretation dieses Befundes muß berücksichtigt werden, daß Frauen häufiger einen niedrigen Schulabschluß haben als Männer. Ferner haben Frauen häufiger eine chemische Haarbehandlung angewandt, die zu höheren Bariumgehalten im Haar führen kann. Vor diesem Hintergrund scheint das vorliegende Ergebnis durch andere Größen wie z. B. chemische Haarbehandlung beeinflusst zu sein.

Tab. 5.3.4.1: Bariumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Barium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey I (Krause et al. 1989a)	1985-1986	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung, nur Westdeutschland	n=935	GM=0,93 (ungewichtete Daten)
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung, West- und Ostdeutschland	n=3246	GM=0,54
<u>BRD</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	M	Kontrollkollektiv, nicht kontaminiertes Gebiet	n=13	GM=0,87
<u>Saudi-Arabien</u> (Ahmed/Elmubarak 1990)	?	M: 15-22 J.	Vorortbevölkerung, keine Industrie	n=22	GM=0,5
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentliche Angestellte, NHANES-Kollektiv	n=332	GM=1,51

Tab. 5.3.4.2: Bariumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Barium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbevölkerung, West- und Ostdeutschland	n=638	GM=0,36
<u>BRD</u> (Wilbrand et al. 1991)	1986	J, Mä: 2-16 J.	Stadtbevölkerung	J (n=523) Mä (n=324)	50.P.=0,98 50.P.=1,18
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	J, Mä: \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=0,28

M = Männer, F = Frauen, J = Jungen, Mä = Mädchen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel

5.3.5 Abbildungen

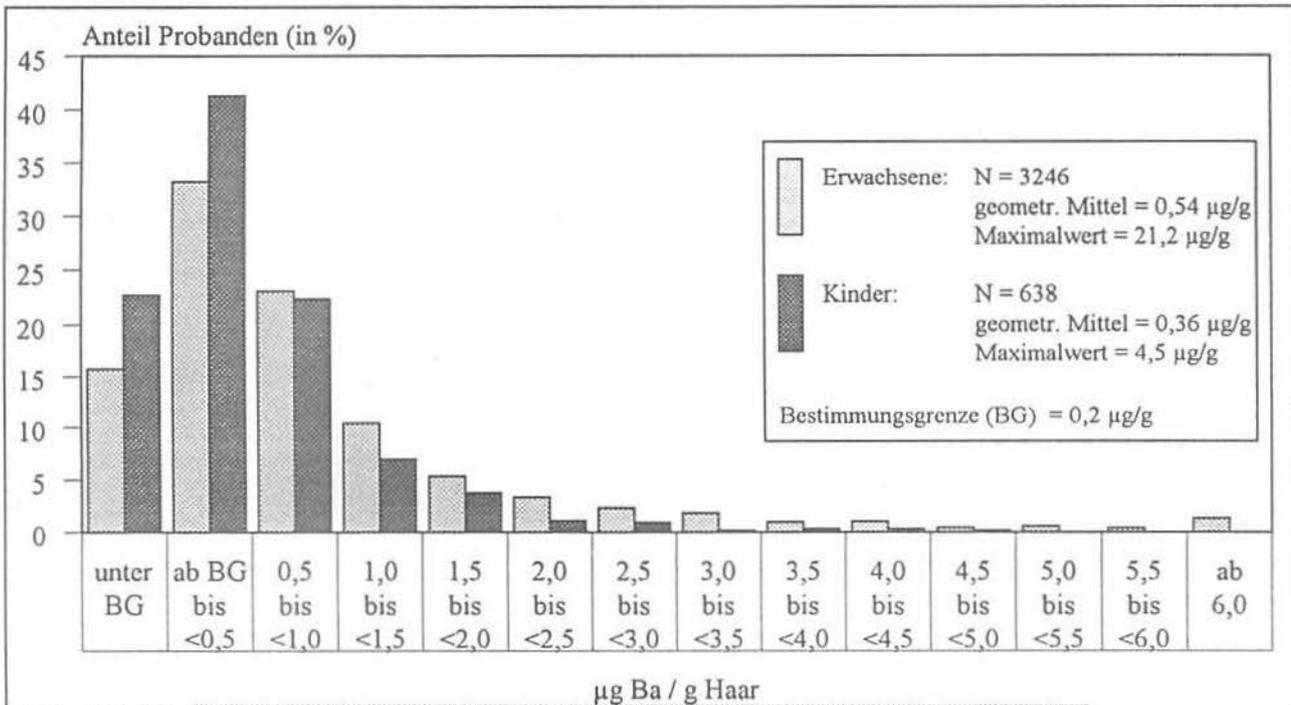


Abb. 5.3.5.1: **Bariumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6 - 14 und 25 - 69 Jahre)**

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

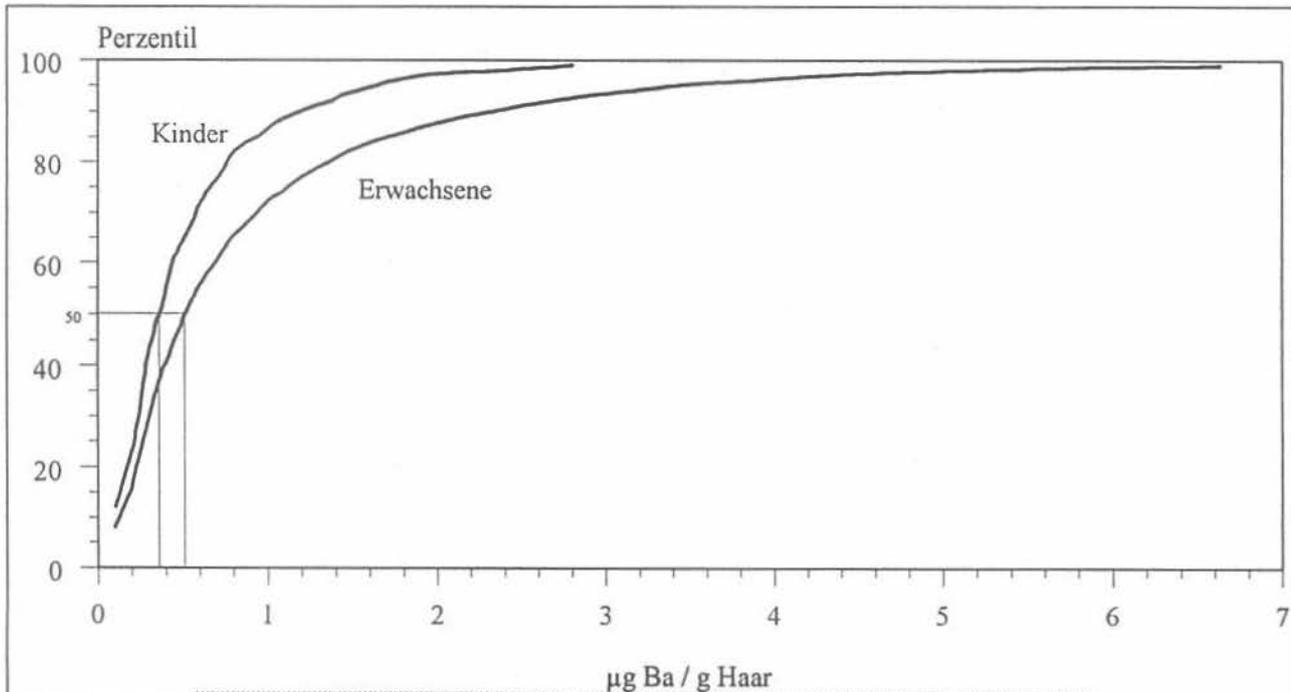


Abb. 5.3.5.2: **Bariumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6 - 14 und 25 - 69 Jahre)**

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

5.3.6 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

Tab. 5.3.6.1: **Bariumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)**

Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: $0,2 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	3246	509	<0,2	0,5	2,3	3,4	5,2	21,2	0,98	0,54	0,52 - 0,56
Geschlecht *											
Männer	1586	330	<0,2	0,4	1,1	1,6	2,7	21,2	0,58	0,37	0,36 - 0,39
Frauen	1660	178	<0,2	0,8	3,2	4,4	6,5	17,4	1,36	0,76	0,72 - 0,81
Geschlecht (unbehandeltes Haar)											
Männer	1539	326	<0,2	0,4	1,1	1,6	2,8	21,2	0,57	0,37	0,35 - 0,38
Frauen	471	111	<0,2	0,4	1,2	1,4	2,5	10,6	0,55	0,36	0,33 - 0,39
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	2574	443	<0,2	0,5	2,2	3,4	5,2	21,2	0,94	0,51	0,49 - 0,53
neue Bundesländer	672	65	0,2	0,7	2,5	3,5	5,0	10,6	1,10	0,67	0,62 - 0,73
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Männer	1262	286	<0,2	0,4	1,1	1,6	2,6	21,2	0,55	0,35	0,34 - 0,37
Frauen	1311	157	<0,2	0,7	3,2	4,4	6,8	17,4	1,32	0,72	0,67 - 0,76
neue Bundesländer											
Männer	323	44	<0,2	0,5	1,4	1,7	3,1	6,3	0,66	0,45	0,41 - 0,50
Frauen	349	21	0,2	1,1	3,3	4,5	5,6	10,6	1,50	0,97	0,87 - 1,08
Dauerwelle (Frauen) *											
nein	786	140	<0,2	0,5	2,0	3,2	5,0	10,6	0,89	0,50	0,46 - 0,54
ja	861	39	0,3	1,2	3,8	5,3	7,6	17,4	1,79	1,13	1,05 - 1,21
Färbung/Tönung (Frauen) *											
nein	956	138	<0,2	0,6	2,4	3,5	5,5	17,4	1,05	0,58	0,54 - 0,62
ja	691	40	0,3	1,2	4,1	5,3	6,8	12,8	1,79	1,12	1,04 - 1,21
Haarfarbe (unbehandeltes Haar) *											
teilw./überw. grau	672	211	<0,2	0,3	0,9	1,2	1,7	5,2	0,42	0,28	0,27 - 0,30
blond	472	78	<0,2	0,4	1,3	1,8	3,2	10,6	0,64	0,41	0,38 - 0,45
braun	693	114	<0,2	0,4	1,3	1,7	3,0	21,2	0,65	0,42	0,40 - 0,45
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	1059	200	<0,2	0,4	1,2	1,7	2,9	6,5	0,59	0,39	0,37 - 0,41
vor 2 bis 3 Tagen	586	142	<0,2	0,4	1,1	1,6	2,6	10,6	0,54	0,35	0,32 - 0,37
vor 4 und mehr Tagen	364	96	<0,2	0,3	1,0	1,4	2,0	21,2	0,53	0,32	0,29 - 0,35

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.3.6.2: **Bariumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)**
spezifische Gliederung
 [Bestimmungsgrenze: $0,2 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Schulabschluß *											
keiner; Volks-, Hauptschule	1803	288	<0,2	0,5	2,5	3,7	5,6	21,2	1,06	0,56	0,53 - 0,59
Realschule, mittl. Reife	798	105	<0,2	0,5	2,3	3,2	5,0	10,6	0,97	0,56	0,52 - 0,61
Fachhochschulreife, Abitur	610	109	<0,2	0,4	1,5	2,5	3,4	8,9	0,72	0,44	0,41 - 0,47
Bariumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk) *											
bis $50 \mu\text{g/l}$	1679	356	<0,2	0,4	1,5	2,2	3,6	21,2	0,69	0,41	0,39 - 0,43
über 50 bis $100 \mu\text{g/l}$	834	95	<0,2	0,6	2,6	3,4	4,5	9,7	1,04	0,62	0,58 - 0,67
über $100 \mu\text{g/l}$	593	39	0,2	1,0	4,3	5,7	8,0	17,4	1,73	0,99	0,91 - 1,08
Barium-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät) *											
bis $17,5 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	755	140	<0,2	0,5	2,1	3,0	4,5	21,2	0,86	0,48	0,45 - 0,52
über $17,5$ bis $35 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	1973	308	<0,2	0,5	2,1	3,4	5,0	17,4	0,93	0,52	0,49 - 0,54
über $35 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	518	61	<0,2	0,7	3,2	4,5	6,6	12,3	1,31	0,72	0,66 - 0,80
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	2197	402	<0,2	0,5	2,2	3,1	4,9	10,6	0,89	0,50	0,47 - 0,52
warme (Mai bis September)	1049	106	<0,2	0,6	2,8	4,0	6,2	21,2	1,15	0,63	0,60 - 0,68

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.3.6.3: Bariumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: $0,2 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	638	145	<0,2	0,4	1,2	1,6	2,4	4,5	0,54	0,36	0,33 - 0,38
Geschlecht											
Jungen	329	78	<0,2	0,3	0,8	1,4	1,7	2,7	0,45	0,32	0,29 - 0,35
Mädchen	309	67	<0,2	0,4	1,5	1,9	2,8	4,5	0,64	0,40	0,36 - 0,45
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	457	119	<0,2	0,3	1,0	1,5	1,9	4,5	0,47	0,32	0,29 - 0,35
neue Bundesländer	181	26	<0,2	0,5	1,6	2,2	3,3	4,2	0,71	0,48	0,42 - 0,55
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Jungen	236	64	<0,2	0,3	0,8	1,2	1,5	2,7	0,40	0,29	0,26 - 0,32
Mädchen	222	55	<0,2	0,3	1,3	1,7	2,2	4,5	0,55	0,35	0,31 - 0,40
neue Bundesländer											
Jungen	93	14	<0,2	0,5	1,0	1,7	2,0	2,6	0,56	0,42	0,35 - 0,49
Mädchen	87	12	<0,2	0,6	1,9	2,9	3,9	4,2	0,87	0,55	0,45 - 0,68
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
blond	379	106	<0,2	0,3	1,2	1,7	2,3	4,5	0,51	0,32	0,29 - 0,36
braun	199	27	<0,2	0,4	1,2	1,6	2,6	3,9	0,58	0,41	0,37 - 0,46
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)											
vor 0 bis 1 Tag	183	36	<0,2	0,4	1,4	1,9	2,6	4,5	0,61	0,40	0,35 - 0,45
vor 2 bis 3 Tagen	221	43	<0,2	0,4	1,2	1,7	2,3	4,2	0,55	0,37	0,33 - 0,41
vor 4 und mehr Tagen	189	54	<0,2	0,3	1,0	1,4	1,7	2,7	0,43	0,30	0,27 - 0,34

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.3.6.4: Bariumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
 spezifische Gliederung
 [Bestimmungsgrenze: $0,2 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Bariumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk) *											
bis $50 \mu\text{g/l}$	291	92	<0,2	0,3	0,7	1,0	1,3	1,9	0,35	0,26	0,24 - 0,28
über 50 bis $100 \mu\text{g/l}$	197	38	<0,2	0,4	1,1	1,4	1,9	3,9	0,55	0,39	0,35 - 0,44
über $100 \mu\text{g/l}$	116	9	0,2	0,7	1,8	2,5	2,9	4,5	0,90	0,64	0,54 - 0,75
Barium-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher) *											
bis $1 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	483	120	<0,2	0,3	1,2	1,6	2,3	4,5	0,51	0,34	0,31 - 0,37
über 1 bis $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	100	23	<0,2	0,4	1,2	1,7	3,4	4,2	0,59	0,38	0,31 - 0,46
über $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	55	3	0,2	0,5	1,2	1,5	2,6	2,9	0,69	0,54	0,45 - 0,66
Barium-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät) *											
bis $17,5 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	136	35	<0,2	0,3	1,1	1,8	2,6	4,5	0,50	0,32	0,27 - 0,37
über 17,5 bis $35 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	368	96	<0,2	0,3	1,0	1,5	2,0	4,2	0,49	0,32	0,30 - 0,35
über $35 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	134	15	<0,2	0,6	1,5	1,9	2,5	3,7	0,73	0,53	0,45 - 0,61
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	404	112	<0,2	0,3	1,0	1,4	2,0	4,2	0,48	0,32	0,29 - 0,35
warme (Mai bis September)	234	33	<0,2	0,4	1,5	1,9	2,6	4,5	0,64	0,43	0,39 - 0,49

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.4 Blei

5.4.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Bleigehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt $0,96 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 3817$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $0,93$ bis $0,99 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $583,5 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $0,1 \mu\text{g/g}$ liegen $0,34 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.4.6.1).

5.4.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.4.1.1.1 Geschlecht

25- bis 69jährige Männer weisen mit $1,28 \mu\text{g/g}$ einen im Vergleich zu den Frauen mit $0,72 \mu\text{g/g}$ signifikant höheren mittleren Bleigehalt im Haar auf. Bei einem Vergleich der Gehalte bei Personen mit unbehandeltem Haar ist der Unterschied des Bleigehaltes im Haar ebenfalls signifikant und noch stärker ausgeprägt (Männer: $1,28 \mu\text{g/g}$, Frauen: $0,62$).

5.4.1.1.2 Alte/neue Bundesländer

Der mittlere Bleigehalt im Haar der Bevölkerung der neuen Bundesländer ist mit $1,16 \mu\text{g/g}$ signifikant höher als der der Bevölkerung der alten Bundesländer mit $0,91 \mu\text{g/g}$. Ferner sind im Haar der ostdeutschen Männer bzw. Frauen höhere Gehalte als im Haar der westdeutschen Männer bzw. Frauen zubeobachten.

5.4.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)

Frauen mit einer Dauerwelle weisen mit $0,84 \mu\text{g/g}$ einen im Vergleich zu Frauen ohne Dauerwelle mit $0,61 \mu\text{g/g}$ signifikant höheren mittleren Bleigehalt im Haar auf. Ein Zusammenhang mit der Anwendung einer Färbung/Tönung konnte hingegen nicht festgestellt werden.

5.4.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Ein Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe (grau, blond, braun) und dem Bleigehalt im Haar konnte nicht festgestellt werden.

5.4.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Der Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme ist bei bivariater Testung kein signifikantes Merkmal für den Bleigehalt im Haar.

5.4.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Bleigehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Berufstätigkeit:

Berufstätige erwachsene Personen weisen mit $1,03 \mu\text{g/g}$ einen höheren mittleren Bleigehalt im Haar auf als nicht berufstätige Personen mit $0,84 \mu\text{g/g}$.

Staubbelastung am Arbeitsplatz:

Bei häufiger Staubbelastung am Arbeitsplatz (gemessen an der subjektiven Einschätzung zur Häufigkeit von Schmutz an der (Arbeits-)Kleidung) liegt ein mittlerer Bleigehalt im Haar von $1,24 \mu\text{g/g}$ vor. Bei seltener Belastung liegt ein Gehalt im Haar von $0,85 \mu\text{g/g}$ vor.

Rauchstatus / Tägliche Zigarettenzahl (Zigarettenraucher):

Raucher weisen mit $1,16 \mu\text{g/g}$ gegenüber Nichtrauchern mit $0,88 \mu\text{g/g}$ einen höheren mittleren Bleigehalt in den Haaren auf. Mit zunehmender Zigarettenzahl steigt der Bleigehalt im Haar der Raucher an. Bei einem Konsum von bis zu 5 Zigaretten liegt ein Bleigehalt im Haar von $0,93 \mu\text{g/g}$ vor und bei einem Konsum von 21 oder mehr Zigaretten ein Gehalt von $1,43 \mu\text{g/g}$. Weitere getestete Merkmale wie die *Rauchdauer (Raucher)*, *Rauchdauer (Ex-Raucher)* und die *Dauer des Nichtrauchens (Ex-Raucher)* sind nicht signifikant.

Konsumierte Alkoholmenge / Häufigkeit des Konsums von Bier:

Mit zunehmender konsumierter Alkoholmenge pro Tag läßt sich ein signifikant zunehmender Bleigehalt im Haar feststellen. Bei einem Alkoholkonsum von mehr als 30 g pro Tag liegt ein Gehalt von $1,27 \mu\text{g/g}$ vor. Wird dagegen kein Alkohol konsumiert, so liegt ein Gehalt von $0,80 \mu\text{g/g}$ vor. Mit zunehmender Häufigkeit des Konsums von Bier wird ein signifikant höherer Bleigehalt im Haar ermittelt. Die geometrischen Mittelwerte steigen von $0,79 \mu\text{g/g}$ (nie) auf $1,30 \mu\text{g/g}$ (häufiger als einmal pro Woche) an. Bei einer zusätzlichen Auswertung unter Berücksichtigung des Geschlechts ergibt sich, daß sich bei den Frauen nur in bezug auf die konsumierte Alkoholmenge pro Tag eine Tendenz, ohne Signifikanz, in gleicher Richtung feststellen läßt. Bei den Männern erweisen sich die Gliederungsmerkmale jedoch als deutlich signifikant. Die *Häufigkeit des Konsum von Wein/Sekt/Obstwein* ist kein signifikantes Gliederungsmerkmal.

Häufigkeit Milchprodukte:

Bei häufigem Konsum von Milchprodukten werden geringere Bleigehalte im Haar ($0,89 \mu\text{g/g}$ gegenüber $1,02 \mu\text{g/g}$) festgestellt.

Bleigehalt im Trinkwasser / Blei-Wasserleitungen:

Das Vorhandensein einer Blei-Wasserleitung zur häuslichen Trinkwasserversorgung und der Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser sind signifikante Gliederungsmerkmale für den Bleigehalt im Haar. Bei einem Bleigehalt im Wasser von mehr als 4 µg/l (einem Zehntel des gültigen Grenzwertes der Trinkwasserverordnung), liegt ein Bleigehalt im Haar von 1,43 µg/g vor. Bei einem Bleigehalt im Trinkwasser bis zu 0,4 µg/l beträgt der mittlere Bleigehalt im Haar 0,81 µg/g. Bei Vorhandensein einer Bleileitung wird ein mittlerer Gehalt im Haar von 1,87 µg/g ermittelt.

Baujahr des Wohnhauses:

Bei Bewohnern, die in Wohnhäusern leben, die bis 1949 gebaut wurden, wird mit 1,18 µg/g ein höherer mittlerer Bleigehalt im Haar ermittelt als bei Bewohnern jüngerer Häuser (0,86 µg/g bzw. 0,89 µg/g).

Ofenheizung mit Holz/Kohle:

Bei Vorhandensein einer Ofenheizung mit Holz oder Kohle wird ein mittlerer Gehalt im Haar von 1,14 µg/g ermittelt. Liegt dagegen keine solche Heizung vor, so ist der Bleigehalt im Haar mit 0,92 µg/g signifikant geringer.

Blei-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher):

Bei einem Blei-Niederschlag im Raum mit der längsten Aufenthaltsdauer (nicht Schlafräum) in der Wohnung von bis zu 0,5 µg/(m²Tag) liegt ein mittlerer Bleigehalt im Haar von 0,90 µg/g vor. Bei einem Blei-Niederschlag von mehr als 1 µg/(m²Tag) wird dagegen ein Gehalt im Haar von 1,80 µg/g bestimmt.

Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume:

Bei einem täglichen Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume von mehr als 7 Stunden wird mit 1,36 µg/g ein höherer mittlerer Bleigehalt im Haar bestimmt als bei geringeren Aufenthaltszeiten (unter 4 Stunden: 0,91 µg/g; über 4 bis 7 Stunden: 0,95 µg/g).

Täglicher Aufenthalt in motorisierten Fahrzeugen:

Bei einem täglichen Aufenthalt in motorisierten Fahrzeugen ab 120 Minuten wird mit 1,13 µg/g ein höherer Bleigehalt im Haar ermittelt, als bei geringeren Aufenthaltszeiten (1 bis 30 Minuten: 0,83 µg/g; 31 bis 119 Minuten: 0,91 µg/g).

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit 1,25 µg/g im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit 0,85 µg/g ein höherer mittlerer Bleigehalt im Haar ermittelt.

Bleigehalt im Blut:

Mit zunehmendem Bleigehalt im Blut ergibt sich ein höherer Bleigehalt im Haar. Bei einem Bleigehalt im Blut von bis zu 70 µg/l liegt ein mittlerer Gehalt im Haar von 0,83 µg/g vor. Bei einem Bleigehalt im Blut von mehr als 100 µg/l dagegen ein Gehalt von 2,77 µg/g.

5.4.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Bleigehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 1,02 µg/g (Größe der Stichprobe: N = 711 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 0,95 bis 1,09 µg/g. Als Maximalwert werden 26,9 µg/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/g liegen 0,3 % der analysierten Proben (Tab. 5.4.6.3).

5.4.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.4.2.1.1 Geschlecht

Bei den 6- bis 14jährigen Jungen wird mit 1,35 µg/g ein im Vergleich zu den Mädchen mit 0,76 µg/g signifikant höherer mittlerer Bleigehalt im Haar festgestellt.

5.4.2.1.2 Alte/neue Bundesländer

Kinder der neuen Bundesländer weisen mit 1,21 µg/g einen signifikant höheren mittleren Bleigehalt im Haar auf als Kinder der alten Bundesländer mit 0,95 µg/g.

5.4.2.1.3 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Ein Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe (blond, braun) der Kinder und dem Bleigehalt im Haar konnte nicht festgestellt werden.

5.4.2.1.4 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Der Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme ist bei bivariater Testung kein signifikantes Merkmal für den Bleigehalt im Haar der Kinder.

5.4.2.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Bleigehalt im Haar der Kinder eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen. Die zusätzlich geprüften Gliederungsmerkmale *Ofenheizung mit Holz/Kohle*, *Täglicher Aufenthalt im motorisierten Fahrzeugen* und das *Passivrauchen (Nichtraucher)* waren nicht signifikant.

Lebensalter:

Mit zunehmendem Alter nimmt der mittlere Bleigehalt im Haar der Kinder ab. 6- bis 7jährige Kinder weisen mit 1,30 µg/g einen deutlich höheren Gehalt auf als z. B. die 12- bis 14jährigen Kinder mit 0,77 µg/g.

Körperliche Betätigung im Freien:

Häufige körperliche Betätigung im Freien führt mit 1,12 µg/g zu höheren Bleigehalten im Haar als seltene körperliche Tätigkeit im Freien (0,63 µg/g).

Buddeln, Graben, Höhlenbauen:

Kinder, die angaben, häufig in dieser Art zu spielen, weisen mit 1,38 µg/g einen höheren mittleren Bleigehalt im Haar auf als Kinder, die dies nie tun, mit 0,86 µg/g.

Bleigehalt im Trinkwasser:

Mit zunehmendem Bleigehalt im Trinkwasser liegt ein höherer mittlerer Bleigehalt im Haar der Kinder vor. Bei einem Gehalt im Wasser von mehr als 4 µg/l (einem Zehntel des derzeit gültigen Grenzwertes der Trinkwasserverordnung) liegt ein Gehalt im Haar von 1,26 µg/g vor. Bei einem Gehalt im Wasser bis zu 0,4 µg/l ergibt sich ein Gehalt im Haar von 0,86 µg/g.

Baujahr des Wohnhauses:

Bei Kindern, die in Wohnhäusern leben, die bis 1949 gebaut wurden, wird mit 1,34 µg/g ein höherer mittlerer Bleigehalt im Haar ermittelt als bei Kindern aus jüngeren Häusern (0,93 µg/g bzw. 0,89 µg/g).

Blei-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher):

Bei einem Blei-Niederschlag von bis zu 0,5 µg/(m²Tag) im Raum mit der längsten Aufenthaltsdauer (nicht Schlafrum) liegt ein mittlerer Bleigehalt im Haar von 0,95 µg/g vor. Bei einem Blei-Niederschlag von mehr als 1 µg/(m²Tag) wird dagegen ein Gehalt im Haar von 1,47 µg/g bestimmt.

Blei-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät):

Mit einer Zunahme des Blei-Niederschlags in der Außenluft nimmt auch der Bleigehalt im Haar der Kinder zu. Bei einer Niederschlagsrate von bis zu 12,5 µg/(m²Tag) liegt ein Bleigehalt im Haar von 0,97 µg/g vor. Bei einer Niederschlagsrate von mehr als 25 µg/(m²Tag) beträgt der mittlere Gehalt im Haar dagegen 2,23 µg/g.

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit 1,25 µg/g im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit 0,91 µg/g ein höherer mittlerer Bleigehalt im Haar ermittelt.

Bleigehalt im Blut:

Mit zunehmendem Bleigehalt im Blut ergibt sich ein höherer Bleigehalt im Haar der Kinder. Bei einem Bleigehalt im Blut von bis zu 35 µg/l liegt ein mittlerer Gehalt im Haar von 0,92 µg/g vor. Bei einem Bleigehalt im Blut von mehr als 50 µg/l dagegen ein Gehalt von 1,25 µg/g.

5.4.2.3 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

Die 6- bis 14jährigen Kinder weisen im Vergleich zu den 25- bis 69jährigen Erwachsenen keinen unterschiedlichen mittleren Bleigehalt im Haar auf. Bei den Kindern nimmt der Bleigehalt im Haar mit zunehmendem Alter ab. Bei den Erwachsenen liegt kein Altersgang vor.

5.4.3 Zusammenfassung und Diskussion

In den Tabellen 5.4.4.1 und 5.4.4.2 sind die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und die diverser anderer Studien zusammengestellt. Neben den bereits in Kapitel 5.1 diskutierten Schwierigkeiten beim Vergleich der Ergebnisse dieser Studie mit anderen Studien sollten gerade für Blei die unterschiedlichen Zeitpunkte der Erhebungen berücksichtigt werden, da die ubiquitäre Verbreitung von Blei in den letzten Jahren abgenommen hat (UBA 1994). Dies läßt sich u.a. auch an den Bleigehalten in den Haaren ablesen (Prucha 1987, Wilhelm et al. 1994).

Bei den aufgelisteten älteren Studien aus der Bundesrepublik, auch im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 (Krause et al. 1989a), wurden vergleichsweise höhere Gehalte gefunden, was jedoch vor diesem Hintergrund plausibel ist.

Bleigehalte im Haar von Erwachsenen, die 1991 im Rahmen der Umweltprobenbank (Human-Organprobenbank) untersucht wurden, liegen in vergleichbarer Größenordnung wie in dieser Studie. Auch dort wurden bei den untersuchten Städten der neuen Bundesländer vergleichsweise höhere mittlere Gehalte ermittelt (UBA 1993).

Im internationalen Vergleich sind die Daten der Bundesrepublik eher niedrig.

Im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 wurde für die Bleigehalte im Haar eine multivariate Auswertung durchgeführt. Dabei wurde mit den Prädiktoren Bleigehalt im Blut, Jahreszeit, Haareinwaage, Staubbelastung im Beruf, Blei-Niederschlag (Innenraum), Rentenalter und überdurchschnittliches Vorhandensein von Energie, Wasser und Bergbau in der Region eine Varianzaufklärung von 17 % erreicht (Bernigau et al. 1996).

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Männer weisen doppelt so hohe Bleigehalte auf wie Frauen. Jungen weisen deutlich höhere Bleigehalte im Haar auf als Mädchen.

Ein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem Bleigehalt im Haar wird in der aktuellen Literatur noch immer widersprüchlich beschrieben. Wilhelm et al. (1994) konnten bei einem kleinen Kollektiv aus der Bundesrepublik für Männer einen höheren Gehalt als für Frauen, wie in dieser Studie, feststellen. Gleiches gilt auch für die deskriptiven Ergebnisse der vorliegenden Umwelt-Surveys 1990/92 und des 1. Umwelt-Surveys 1985/85 (Krause et al. 1989 a). Bei multivariater Auswertung war jedoch das Geschlecht kein signifikanter Prädiktor mehr, vielmehr stellte sich die Staubbelastung am Arbeitsplatz als signifikanter Prädiktor heraus (Bernigau et al. 1996). Vor dem Hintergrund, daß Männer häufiger einer Staubbelastung am Arbeitsplatz ausgesetzt sind als Frauen, erscheint das vorliegende Ergebnis plausibel. In den USA war dagegen auch bei multivariater Auswertung ein Zusammenhang mit dem Geschlecht, mit höheren Gehalten für die Männer, festzustellen (DiPietro et al. 1989). Keine Effekte des Geschlechts konnten bei einer griechischen und einer pakistanischen Studie gefunden werden (Leotsinidis und Kondakis 1990, Ashraff et al. 1995b). Andererseits wurde für Kollektive aus Rom und Wien von höheren Haargehalten bei Frauen berichtet (Wolfsperger et al. 1994).

Bei regional begrenzten Untersuchungen an kleineren Kollektiven in der Bundesrepublik wurden von Wilhelm et al. (1989a und 1994) für Jungen höhere Bleigehalte im Haar als für Mädchen und von Prucha (1987) und Manuwald et al. (1991) keine Unterschiede beschrieben. Dagegen wurde aus den Niederlanden (Wibowo et al. 1986) und aus Spanien (Schuhmacher et al. 1991) von höheren Gehalten für Mädchen im Vergleich zu den Jungen berichtet.

Ein Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem Bleigehalt im Haar der Erwachsenen liegt nicht vor. Bei den Kindern wird eine Abnahme des Bleigehaltes im Haar mit zunehmendem Alter festgestellt. Kinder und Erwachsene weisen keinen unterschiedlichen Bleigehalt im Haar auf.

Bezüglich der Erwachsenen entspricht dies den Ergebnissen anderer Autoren (Wolfsperger et al. 1994). Es gibt aber auch Berichte darüber, daß Personen mit einem Alter ab 50 Jahren geringere Bleigehalte im Haar aufweisen (Wilhelm et al. 1990, Eltayeb und Van Grieken 1990). Ein Rückgang der Bleigehalte im Haar mit dem Lebensalter zeigte sich auch bei deskriptiver Auswertung des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 (Krause et al. 1989a). Im Rahmen der multiplen Auswertung der Daten wurden für den Fall, daß sich der Befragte im Renten / Pensionsalter befindet, geringere Bleigehalte im Haar vorhergesagt (Bernigau et al. 1996), was wiederum den oben genannten Ergebnissen in der Literatur entspricht.

Der deutliche Effekt der Verringerung des Bleigehaltes im Haar der Kinder mit zunehmendem Lebensalter wird einheitlich in gleicher Tendenz in der Literatur beschrieben (Manuwald et al. 1991, Wilbrand et al. 1991, Schuhmacher et al. 1991, Wilhelm et al. 1989a). Zu erklären ist dieser Befund zumindest teilweise durch ein mit dem Alter verändertes Spielverhalten, was in dieser Studie an den signifikanten Merkmalen *Buddeln*, *Graben*, *Höhlenbauen* und *Körperliche Betätigung im Freien* abzulesen ist. Die Häufigkeit dieser Spielweisen dürften sich mit zunehmendem Alter der Kinder verringern.

Wie in dieser Studie weisen auch in anderen Studien Kinder und Erwachsene keine unterschiedlichen Bleigehalte in den Haaren auf (Günther et al. 1992, Eltayeb und Van Grieken 1990). In den USA wurden für die Kinder geringere Gehalte als für die Erwachsenen festgestellt (Paschal et al. 1989).

Zwischen dem Bleigehalt im Haar der Kinder und der Erwachsenen sowie der natürlichen Haarfarbe sind keine signifikanten Zusammenhänge gefunden worden. Höhere Bleigehalte im Haar werden bei Anwendung einer Dauerwelle beobachtet.

Bei einem kleinen Kollektiv aus der Bundesrepublik konnten auch Wilhelm et al. (1990) keinen Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe von Erwachsenen und dem Bleigehalt in Haaren finden. Wie bei einer Vielzahl anderer Elemente werden in dauergewelltem Haar höhere Bleigehalte gemessen, was wahrscheinlich auf veränderte ab- oder adsorptive Eigenschaften des Haares zurückzuführen ist.

Daß auch bei den Kindern bei unterschiedlicher Haarfarbe kein unterschiedlicher Bleigehalt im Haar festgestellt wird, bestätigt die Ergebnisse anderer Studien (Manuwald et al. 1991, Schuhmacher et al. 1991, Wilhelm et al. 1991 und 1989 a). Prucha (1987) fand dagegen mit zunehmender Pigmentierung einen höheren Bleigehalt im Haar von Kindern.

Die Bevölkerung (Erwachsene und Kinder) der neuen Bundesländer weist im Vergleich zu der Bevölkerung der alten Bundesländer einen höheren mittleren Bleigehalt im Haar auf.

Auch die Ergebnisse der Untersuchungen der Umweltprobenbank (Human-Organprobenbank) weisen regionale Unterschiede auf, dort wurden für Kollektive aus Leipzig und Halle höhere Gehalte im Haar gefunden als für ein Kollektiv aus Münster (UBA 1993).

Aufgrund der vorliegenden Auswertung kann zunächst nicht davon ausgegangen werden, daß sich das Ergebnis durch eine unterschiedliche Immissionssituation ergibt, da sich die Blei-Niederschläge in der Außenluft in den Erhebungspunkten der neuen Länder und der alten Ländern nicht signifikant unterscheiden. Ferner stellte sich der *Blei-Niederschlag in der Außenluft* nur für die Bleigehalte im Haar der Kinder als signifikantes Gliederungsmerkmal heraus.

Im Rahmen der multiplen Auswertungen des 1. Umwelt-Surveys zu 'Blei' (Bernigau et al. 1996) stellte sich der *Blei-Niederschlag im Innenraum* als Prädiktor heraus. Da die mittleren Blei-Niederschläge in den Haushalten der neuen Länder signifikant höher als die in den alten Ländern sind, könnte hierin eine Ursache für die höheren Bleigehalte im Haar der Bevölkerung der neuen Ländern liegen.

In der vorliegenden Auswertung zeigte sich auch der Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser als signifikantes Gliederungsmerkmal. Auch die mittleren Bleigehalte im Trinkwasser sind in den Haushalten der neuen Länder signifikant höher als die in den alten Ländern, so daß hierin eine weitere Erklärung für die höheren Bleigehalte im Haar der Bevölkerung der neuen Ländern zu sehen ist.

Im Rahmen der deskriptiven Auswertung kann jedoch nicht abschließend geklärt werden, welche Einflußgrößen tatsächlich die höheren Gehalte bei den Probanden der neuen Ländern bewirken.

Berufstätige und Personen mit einer häufigen Staubbelastung am Arbeitsplatz weisen höhere Bleigehalte im Haar auf.

Eine häufige Staubbelastung am Arbeitsplatz (gemessen an der subjektiven Angabe zur Häufigkeit von Schmutz an der (Arbeits-)Kleidung) geht mit einem höheren Bleigehalt im Haar einher. Im Rahmen der multiplen Auswertung des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 ergab sich für Personen mit starker Staubbelastung im Beruf ein höherer Gehalt in den Haaren (Bernigau et al. 1996).

Raucher weisen einen höheren Bleigehalt im Haar auf als Nichtraucher. Mit zunehmender Anzahl an gerauchten Zigaretten nimmt der Bleigehalt im Haar zu.

Ein Effekt der Störgröße 'Geschlecht' ist nicht auszuschließen, da Männer häufiger Raucher sind und mehr Zigaretten rauchen (vgl. Anhang 9.5). In der Literatur wurden teilweise bei Rauchern höhere Bleigehalte im Haar gefunden (Wolfsperger et al. 1994), wobei jedoch nicht immer klar ist, inwieweit das Geschlecht kontrolliert wurde. Teilweise konnte jedoch ein Zusammenhang mit dem Rauchen nicht belegt werden (Wilhelm et al. 1990, Moon et al. 1986, Ahmed und Elmubarak 1990, Sukumar und Subramin 1992). Im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 hatte sich bei deskriptiver Auswertung bei Männern und Frauen ein höherer Bleigehalt im Haar der Raucher gegenüber den Nichtrauchern gezeigt (Krause et al. 1989a), der jedoch im Rahmen der multivariaten Auswertung nicht bestätigt wurde (Bernigau et al. 1996).

Bei den Kindern konnten weder Wilhelm et al. (1989a) noch Schumacher et al. (1991) einen Einfluß des Rauchens feststellen.

Mit zunehmender konsumierter Alkoholmenge pro Tag wird ein höherer Bleigehalt im Haar festgestellt. Gleiches gilt für die Häufigkeit des Konsums von Bier, jedoch nicht für den Konsum von Wein/Sekt/ Obstwein.

Wie weiter vorne beschrieben weisen Männer höhere Bleigehalte im Haar auf und trinken häufiger und mehr Alkohol (vgl. Anhang 9.5) als Frauen. Entsprechend ergibt sich nur bei den Männern ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gliederungsmerkmal *Konsumierte Alkoholmenge pro Tag* und den Bleigehalten im Haar. Analoges gilt für das Merkmal *Häufigkeit des Konsums von Bier*.

Im Rahmen der multivariaten Auswertung des 1. Umwelt-Surveys zu 'Blei' (Bernigau et al. 1996) stellte sich der Alkoholkonsum als Prädiktor für den Bleigehalt im Blut, nicht jedoch für den Bleigehalt im Haar, heraus. Aber zwischen den Bleigehalten im Blut und im Haar konnte multivariat (Bernigau et al. 1996) und bivariat (vgl. S. 79) ein Zusammenhang nachgewiesen werden, so daß das vorliegende Ergebnis plausibel erscheint.

In Studien zum Human-Biomonitoring wird immer wieder auf einen Zusammenhang zwischen dem Alkoholkonsum und dem *Bleigehalt im Blut* hingewiesen. Im Rahmen der deskriptiven Auswertung der Bleigehalte im

Blut wurde dieser Effekt sehr deutlich (Krause et al. 1996). Es ließ sich jedoch bisher nicht klären, ob der Effekt durch eine Wirkung des Alkohols auf den Bleimetabolismus (Grasmick et al. 1985, Maranelli et al. 1990) oder durch den Bleigehalt in den alkoholischen Getränken selbst verursacht wird (Grandjean et al. 1981, Hense et al. 1992, Probst-Hensch et al. 1993).

Ein häufiger Konsum von Milchprodukten steht bei den Erwachsenen in Zusammenhang mit geringeren Bleigehalten im Haar.

Dieser Befund wurde auch für den Bleigehalt im Blut ermittelt (Krause et al. 1996). Da Calcium und Blei ähnliche Bindungseigenschaften an Erythrozyten haben (Ong und Lee 1980, Fullmer und Rosen 1990), ergibt sich, daß die beiden Elemente in den Depots des Körpers quasi konkurrieren. Da die Häufigkeit des Konsums von Milchprodukten mit dem Geschlecht (Frauen 'häufiger' als Männer), dem Rauchstatus (Nie-Raucher 'häufiger' als Raucher) und der konsumierten Alkoholmenge ('viel' Alkohol - 'weniger' Milchprodukte) assoziiert sind, ist das vorliegende bivariate Ergebnis mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Effekt diverser Störgrößen.

Mit zunehmendem Bleigehalt im Trinkwasser wird ein höherer Bleigehalt im Haar ermittelt.

Dieser Befund hat sich für die Erwachsenen und die Kinder ergeben. Eine Abhängigkeit vom Auftreten häuslicher *Blei-Wasserleitungen*, ergab sich jedoch nur für die Erwachsenen. Bei den Untersuchungen im Rahmen dieser Surveys wurde auch für den Bleigehalt im Blut eine Abhängigkeit vom Bleigehalt im Trinkwasser festgestellt (Krause et al. 1996). Vor dem Hintergrund der signifikanten Korrelation der Bleigehalte im Blut und der Bleigehalte im Haar ist das vorliegende Ergebnis plausibel.

Mit zunehmendem Baualter des Wohnhauses und bei Vorhandensein einer Ofenheizung mit Holz oder Kohle ergeben sich höhere Bleigehalte im Haar der Erwachsenen. Für die Bleigehalte im Haar der Kinder ist nur das *Baualter des Hauses* ein signifikantes Gliederungsmerkmal.

Diese Befunde hatten sich bei der deskriptiven Auswertung der Bleigehalte im Blut ebenfalls ergeben (Krause et al. 1996). Schon dort wurde auf die Schwierigkeiten bei der Interpretation eingegangen, u. a. weil beide Variablen untereinander assoziiert sind. Ferner dürften in älteren Häusern mehr Blei-Wasserleitungen anzutreffen sein und weitere Störgrößen (z. B. Lebensalter der Bewohner, Region, Zustand der Wohnung / Fenster) vorhanden sein. Für einen Zusammenhang mit dem Baualter des Wohnhauses spricht die Tatsache, daß bis 1980 bleihaltige Farben in Innenräumen verwendet wurden. Im Rahmen der multivariaten Auswertung des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 hatte sich auch ein signifikanter Einfluß des Baualters des Wohnhauses für den Blei-Niederschlag in der Wohnung ergeben (Bernigau et al. 1996). Der Blei-Niederschlag ist wiederum ein signifikantes Merkmal für den Bleigehalt in den Haaren.

Mit zunehmendem Blei-Niederschlag im Innenraum wird ein höherer Bleigehalt im Haar der Erwachsenen und Kinder festgestellt.

Der Blei-Niederschlag im Innenraum hatte sich auch bei der multiplen Auswertung des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 (Bernigau et al. 1996) als ein signifikanter Prädiktor für den Bleigehalt im Haar ergeben.

Einträge von Staub in die häusliche Wohnumgebung geschehen zum einen von außen, d. h. über den Luftaustausch (Fenster, Türen), über Einträge mit den Schuhen und der Kleidung und zum anderen durch interne Quellen (z. B. Heizung).

Bei den Kindern ist ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Blei-Niederschlag in der Außenluft und dem Bleigehalt im Haar vorhanden, bei den Erwachsenen jedoch nicht..

Wie in der vorliegenden Studie, wird auch in der Literatur ein Zusammenhang zwischen dem Belastungsgrad der Wohngegend und dem Bleigehalt im Haar von Kindern festgestellt (Wilhelm et al. 1989a, Manuwald 1991, Faris et al. 1991). Dies ist durch die höhere Resorptionsrate, höhere Atemfrequenz und einen ausgeprägteren Bodenkontakt zusammen mit einer größeren Ortsgebundenheit der Kinder möglicherweise auch plausibel. So wurden in der vorliegenden Auswertung auch höhere Bleigehalte im Haar der Kinder ermittelt, wenn diese sich häufig im Freien aufhielten oder häufiges Spielverhalten wie Buddeln, Graben und Höhlenbauen angaben. Teilweise konnten Korrelationen zum Bleigehalt im Schwebstaub (Prucha 1987) oder im Boden (Revich 1994, Wilhelm et al. 1989a) festgestellt werden.

Einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Wohnort (belastet / unbelastet) und den Bleigehalten im Haar der Erwachsenen konnte auch häufig in der Literatur nicht belegt werden (Wilhelm et al. 1990). So konnten Wolfsperger et al. (1994) auch keinen Unterschied in den Haargehalten zwischen Studenten aus Wien und Rom finden.

In den Sommermonaten Mai bis September wird ein höherer Bleigehalt im Haar festgestellt. Mit zunehmender Dauer des Aufenthaltes außerhalb geschlossener Räume ergibt sich bei den Erwachsenen ein höherer Bleigehalt im Haar. Mit zunehmender körperlicher Betätigung im Freien und mit zunehmender Tätigkeit wie Buddeln, Graben, Höhlenbauen werden höhere Bleigehalte im Haar der Kinder beobachtet.

Hintergrund der Prüfung der Jahreszeit ist die Annahme, daß sich die Verweildauer im Freien in den Jahreszeiten unterscheidet und somit im Sommer höhere Gehalte im Haar zu erwarten sind. Einen Einfluß der Jahreszeit der Probenahme wurde so auch im Rahmen der multiplen Auswertung des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 ermittelt (Bernigau et al. 1996), wobei ähnlich wie bei Wilhelm et al. (1990) im Sommer höhere Gehalte im Haar als im Winter gefunden wurden. Manuwald et al. (1991) fanden bei Kindern höhere Gehalte im Sommer als im Herbst. Wilhelm et al. (1989a) beschrieben für 3- bis 7jährige Kinder höhere Gehalte im Sommer als im Winter. Sie gaben an, daß dies wahrscheinlich durch die Aufnahme bleihaltiger Partikel zu erklären ist, die im Sommer durch vermehrten Aufenthalt außerhalb der Wohnung höher ist.

Eine zusätzliche Auswertung nach der mittleren Tageshöchsttemperatur während der jeweiligen Untersuchungswoche pro Erhebungsort ergab ebenfalls einen höheren Bleigehalt im Haar der Kinder und Erwachsenen bei höheren Temperaturen.

Mit zunehmendem **Aufenthalt in motorisierten Fahrzeugen** ist ein höherer Bleigehalt im Haar von Erwachsenen festzustellen.

Vor dem Hintergrund, daß der Kfz-Verkehr an der ubiquitären Bleibelastung noch immer einen wesentlichen Anteil hat, ist dieser Zusammenhang plausibel. Auch für den Bleigehalt im Blut konnte im Rahmen der Umwelt-Surveys ein solcher Zusammenhang festgestellt werden (Krause et al. 1996).

Mit zunehmendem **Bleigehalt im Blut** steigt bei Erwachsenen und Kindern der Bleigehalt im Haar.

Für den Zusammenhang zwischen dem Bleigehalt in den Haaren und dem *Bleigehalt im Blut* ergab sich dabei bei den Erwachsenen und den Kindern eine deutliche Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,37 bzw. 0,26 ($p \leq 0,001$). Auch die Ergebnisse der multiplen Auswertung der Daten des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 belegten, daß der Bleigehalt im Blut ein signifikanter Prädiktor für den Bleigehalt in den Haaren ist. Bei einer Verdoppelung des Bleigehaltes im Blut resultierte eine 38 %ige Erhöhung des Gehaltes in den Haaren (Bernigau et al. 1996).

Tab. 5.4.4.1: Bleigehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Blei im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey I (Krause et al. 1989a)	1985-1986	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung, nur Westdeutschland	n=1360	GM=1,44
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung, West- und Ostdeutschland	n=3817	GM=0,96
<u>BRD</u> Umweltprobenbank (UBA 1993)	1991	M, F: 15-64 J. 10-47 J. 20-59 J.	Münster, Studenten Leipzig, Studenten Halle, Arbeiter/Angestellte	n=89 n=59 n=50	50.P=0,783 50.P.=2,67 50.P.=1,81
<u>BRD</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	M	Kontrollkollektiv, nicht kontaminiertes Gebiet	n=13	GM=5,17
<u>BRD</u> (Bonn und Umgeb.) (Wilhelm et al. 1990)	?	M, F: 18-84 J.	Stadt/ ländliches Gebiet	n=41	GM=1,72
<u>BRD</u> (NRW) (Wilhelm et al 1994)	1987-1988	M, F	Industrielles/ ländliches Gebiet	M (n=29) F (n=32)	GM=4,4 / 1,3 GM=0,7 / 0,6
<u>Österreich</u> (Wien) <u>Italien</u> (Rom) (Wolfsperger et al. 1994)	?	M, F: 19-31 J. M, F: 19-26 J.	Studenten	n=39 n=40	GM=1,72 GM=1,92
<u>Griechenland</u> (Leotsinidis/Kondakis 1990)	?	M, F > 50 J.	Landarbeiter, nicht kontaminiertes Gebiet, keine berufliche Belastung keine Stadtwohnung	M (n=75) F (n=69)	GM=3,90 GM=3,27
<u>Indien</u> (Sukumar/Subramanian 1992)	?	M, F: 30-60 J.	landw. Beschäftigte, Hausfrauen, Büroangestellte	n=121	AM=4,7-12,4
<u>Pakistan</u> (Ashraff et al. 1995b)	?	M, F: 6-60 J.	Stadtbevölkerung	M (n=100) F (n=110)	AM=9,4 / 7,0 AM=14,3 / 5,7
<u>Pakistan /Bangladesh</u> (Jamall/Allen 1990)	1986	F: 18-55 J. F: 16-51 J.	industrielles Gebiet ländliches Gebiet	n=41 n=42	GM=26,4 GM=2,6

Tab. 5.4.4.1 (Fortsetzung): Bleigehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Blei im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Rußland</u> (Revich 1994)	?	M, F	Kontrollkollektiv	n=105	AM=2,72
<u>Saudi-Arabien</u> (Ahmed/Elmubarak 1990)		M: 15-22 J.	Vorort, keine Industrie	n=22	GM=5,2
<u>Schweden</u> <u>Indien</u> (Srikumar et al. 1992)	?	M, F: 25-62 J. M, F: 23-68 J.	Vegetarier, Nicht-Vegetarier gesund	n=47 n=83	AM=3,0 AM=4,6
<u>Sudan</u> (Eltayeb/VanGrieken 1990)	?	M, F: 22-25 J.	Universitäts-Studenten	n=23	GM=6,0
<u>UK</u> (Barlow et al. 1985)	?	F: 16-49 J.	schwängere Frauen der Allgemeinbevölkerung	n=261	AM=5,6
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentl. Angestellte, NHANES-Kollektiv	n=332	GM=2,44
<u>USA (Californien)</u> <u>Indien</u> (Shrestha/Schrauzer 1989)	?	M, F: 6-49 J. M, F: 1-43 J.	keine industrielle Belastung	n=20 n=27	AM=6,3 AM=8,5

M = Männer, F = Frauen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

Tab. 5.4.4.2: Bleigehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

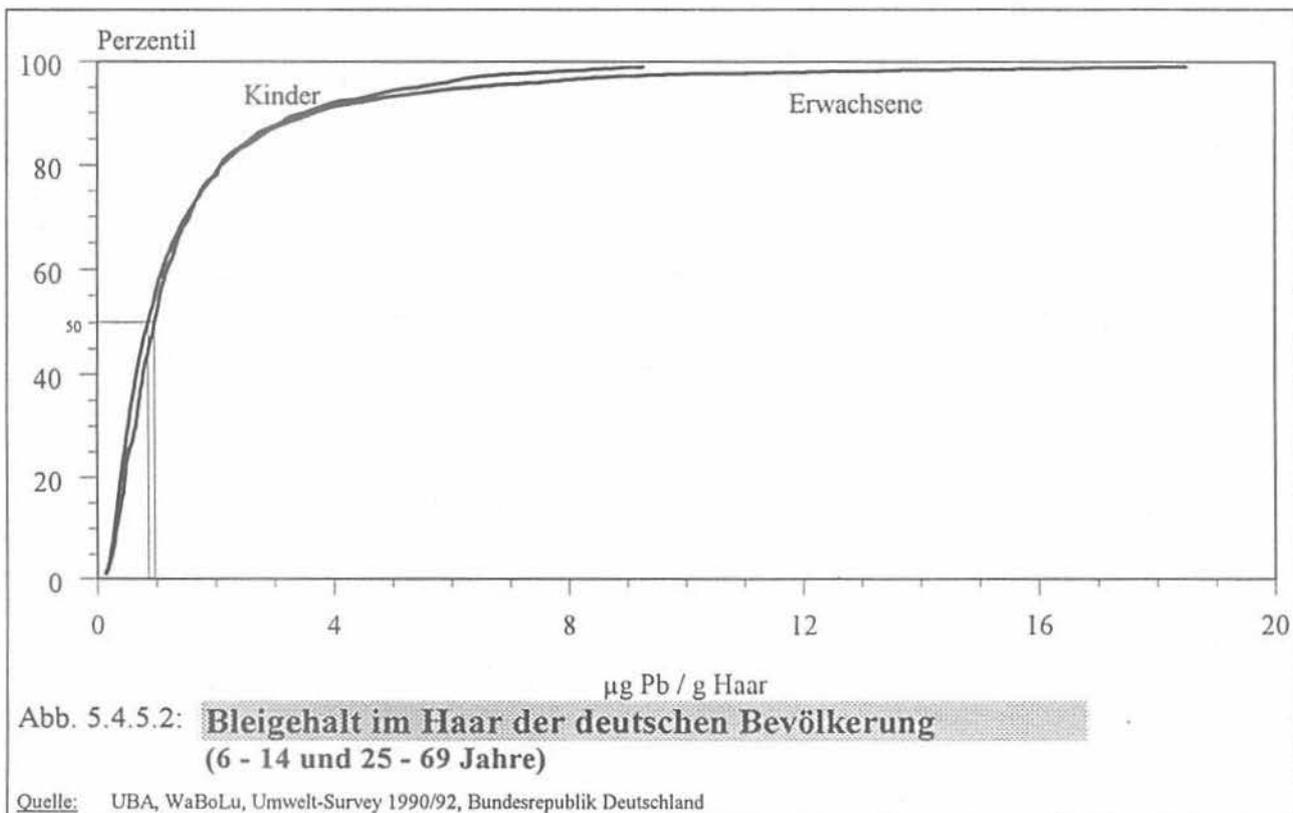
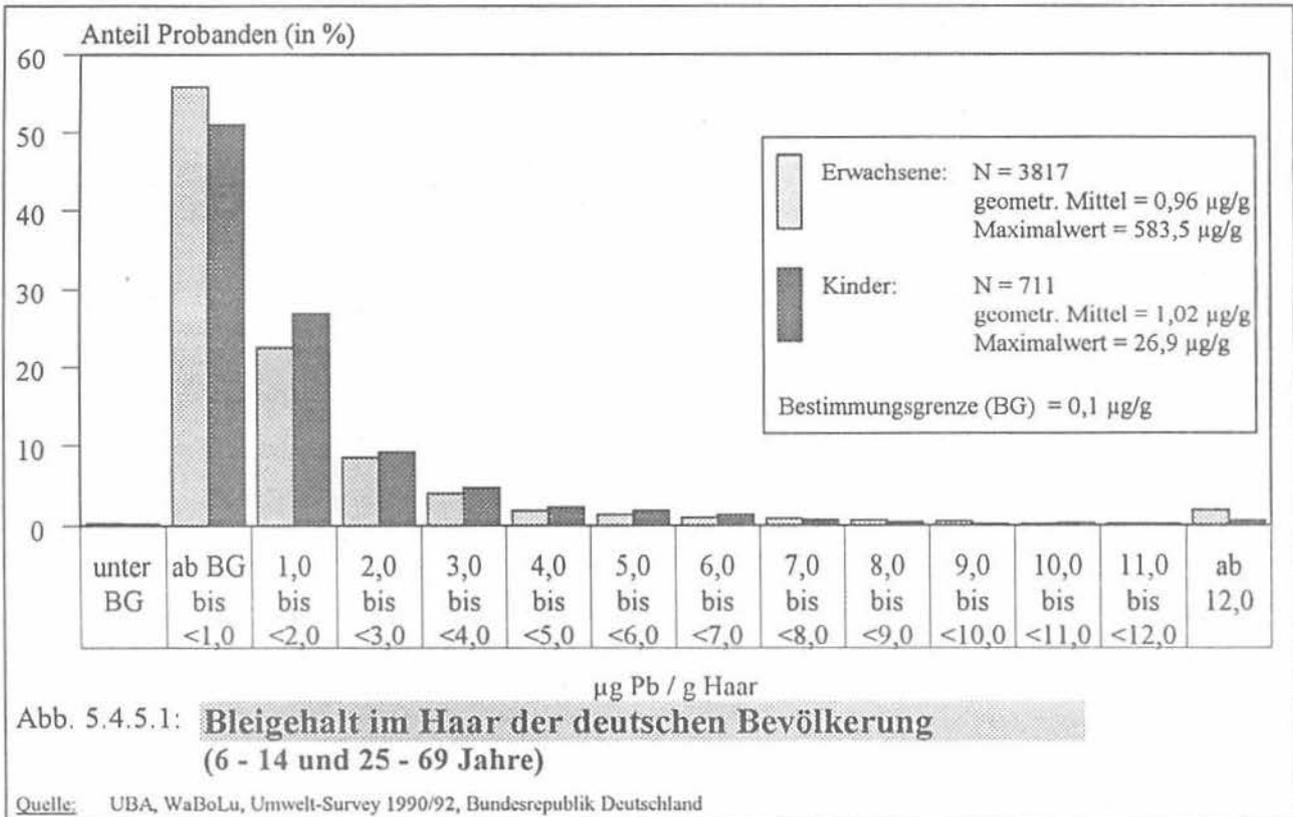
Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Blei im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
Bundesrepublik Deutschland Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbevölkerung, West- und Ostdeutschland	n=711	GM=1,02
BRD (Prucha 1988)	1982-1986	J, Mä: 10 J.	Rhein-Main-Gebiet	J (n=1257) Mä (n=1233)	AM=4,75 AM=4,56
BRD (Manuwald et al. 1991)	1988-1989	J, Mä: 2-14 J.	Stadt / ländliches Gebiet	n=1680 n=140	AM=4,5 AM=3,0
BRD (Berlin) (Wilbrand et al. 1991)	1986	J, Mä 2-16 J.	Stadtbevölkerung	J (n=523) Mä (n=324)	50.P.=4,1 50.P.=3,2
BRD (NRW) (Wilhelm et al. 1989a)	?	J, Mä 3-7 J.	Stadt / ländliches Gebiet	n=474	GM=2,7
BRD (NRW) (Wilhelm et al. 1994)	1985-1986	J, Mä	ehemals Exponierte / Kontrollkollektiv	n=47	GM=3,8 / GM=2,2
Ägypten (Faris et al. 1991)	?	J, Mä: ca. 10 J.	Schulkinder aus Industriebezirk Schulkinder aus Stadtbezirk Schulkinder aus Landbezirk	n=100 n=100 n=100	AM=14,6 AM=9,2 AM=3,1
Ghana (Golow/Kwaasa- Ansah 1994)	?	J, Mä	Schulkinder aus Kleinstädten	J (n=200) Mä (n=200)	AM=6,17-32,88 AM=5,16-28,27
Niederlande (Wibowo et al. 1986)	?	J, Mä: 4-5 J.		n=277	GM=12,7
Rußland (Revich 1994)	?	J, Mä	Kontrollkollektiv	n=236	AM=4,42

Tab. 5.4.4.2 (Fortsetzung): Bleigehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Blei im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Saudi-Arabien</u> (Ahmad et al. 1988)	?	J, Mä: 6-8 J.	Schulkinder	n=800	50.P.: 3,9-14,2
<u>Spanien</u> (Schuhmacher et al. 1991)	?	J, Mä: 6-14 J.	Schulkinder	J (n=236) Mä (n=242)	AM=6,65 AM=10,54
<u>Sudan</u> (Eltayeb/VanGrieken 1990)	?	J, Mä: 6-16 J.	Landbevölkerung	n=11	50.P.=9,1 AM=10,3 GM=9,0
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	J, Mä: \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=1,44

J = Jungen, Mä = Mädchen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

5.4.5 Abbildungen



5.4.6 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

Tab. 5.4.6.1: **Bleigehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)**

Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: 0,1 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	3817	13	0,3	0,9	3,7	6,3	12,1	583,5	2,26	0,96	0,93 - 0,99
Geschlecht *											
Männer	1865	4	0,3	1,2	5,4	8,5	16,4	583,5	3,35	1,28	1,22 - 1,35
Frauen	1952	10	0,3	0,7	2,3	3,6	7,2	76,4	1,22	0,72	0,70 - 0,75
Geschlecht (unbehandeltes Haar) *											
Männer	1806	4	0,3	1,2	5,4	8,5	16,8	583,5	3,39	1,28	1,21 - 1,34
Frauen	543	3	0,2	0,6	1,9	3,0	5,9	18,4	1,01	0,62	0,58 - 0,67
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	3027	10	0,3	0,8	3,2	5,5	9,3	583,5	2,05	0,91	0,88 - 0,94
neue Bundesländer	790	3	0,3	1,0	5,9	9,7	17,3	340,0	3,08	1,16	1,07 - 1,26
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Männer	1484	3	0,3	1,1	4,7	7,3	14,9	583,5	3,06	1,21	1,15 - 1,28
Frauen	1542	8	0,3	0,6	2,0	3,0	5,5	34,9	1,08	0,69	0,66 - 0,72
neue Bundesländer											
Männer	380	1	0,4	1,4	8,1	13,0	22,0	340,0	4,51	1,61	1,42 - 1,82
Frauen	410	2	0,3	0,7	3,7	6,2	12,6	76,4	1,76	0,86	0,77 - 0,95
Dauerwelle (Frauen) *											
nein	917	6	0,2	0,6	1,8	2,8	5,4	18,4	0,97	0,61	0,58 - 0,65
ja	1018	4	0,3	0,8	2,7	4,5	8,3	76,4	1,43	0,84	0,79 - 0,89
Färbung/Tönung (Frauen)											
nein	1116	5	0,3	0,7	2,4	3,6	8,3	24,3	1,25	0,75	0,71 - 0,79
ja	819	5	0,3	0,6	2,1	3,4	5,5	76,4	1,15	0,69	0,65 - 0,73
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
teilw./überw. grau	769	3	0,3	0,9	4,4	7,2	12,6	583,5	3,55	1,02	0,94 - 1,11
blond	546	0	0,3	1,0	3,9	7,9	13,0	340,0	2,64	1,13	1,03 - 1,23
braun	843	0	0,3	1,0	4,8	7,6	15,9	194,7	2,37	1,11	1,03 - 1,19
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	1247	3	0,3	1,0	3,8	6,6	11,8	583,5	2,91	1,05	0,99 - 1,11
vor 2 bis 3 Tagen	675	2	0,3	0,9	5,2	8,1	16,7	175,2	2,76	1,08	0,99 - 1,18
vor 4 und mehr Tagen	425	2	0,3	1,0	5,7	9,1	18,3	137,8	2,76	1,17	1,05 - 1,31

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.4.6.2: Bleigehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)
spezifische Gliederung
 [Bestimmungsgrenze: 0,1 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Berufstätigkeit *											
berufstätig	2492	6	0,3	0,9	4,0	6,8	12,8	583,5	2,54	1,03	0,98 - 1,07
nicht berufstätig	1185	5	0,3	0,8	3,0	5,1	9,7	46,8	1,55	0,84	0,79 - 0,89
Staubbelastung am Arbeitsplatz *											
nie oder selten	2565	9	0,3	0,8	2,9	4,6	8,0	583,5	1,98	0,85	0,82 - 0,88
häufig oder immer	1217	4	0,3	1,1	6,1	10,0	18,5	194,7	2,88	1,24	1,16 - 1,32
Rauchstatus *											
Nichtraucher	2620	8	0,3	0,8	3,2	5,5	9,4	583,5	2,18	0,88	0,84 - 0,91
Raucher	1196	6	0,3	1,1	4,9	8,1	17,6	194,7	2,45	1,16	1,09 - 1,23
Tägliche Zigarettenzahl (Zigarettenraucher) *											
1-5 Zigaretten	155	0	0,3	0,8	3,2	6,0	8,2	21,2	1,59	0,93	0,80 - 1,09
6-10 Zigaretten	222	4	0,3	0,8	3,8	6,4	13,0	32,0	1,89	0,89	0,77 - 1,04
11-15 Zigaretten	166	2	0,3	0,9	3,8	8,1	13,3	194,7	2,67	1,01	0,85 - 1,20
16-20 Zigaretten	321	0	0,4	1,3	4,9	6,6	18,8	51,4	2,55	1,36	1,22 - 1,52
ab 21 Zigaretten	251	0	0,4	1,3	7,4	13,6	22,7	73,2	3,15	1,43	1,24 - 1,64
Konsumierte Alkoholmenge *											
0 g pro Tag	1047	9	0,3	0,7	2,9	4,7	9,2	46,8	1,55	0,80	0,75 - 0,85
bis 30 g pro Tag	1845	3	0,3	0,8	3,3	5,6	10,0	583,5	2,38	0,92	0,88 - 0,97
über 30 g pro Tag	922	2	0,3	1,2	5,7	8,7	16,5	340,0	2,84	1,27	1,18 - 1,36
Häufigkeit des Konsums von Bier *											
nie	1056	5	0,3	0,7	2,7	4,5	9,2	194,7	1,60	0,79	0,74 - 0,83
max. 1 mal / Monat	561	4	0,3	0,7	2,4	3,7	7,5	76,4	1,35	0,79	0,73 - 0,85
2-3 mal / Monat	361	0	0,3	0,7	3,2	4,9	7,9	39,5	1,42	0,80	0,73 - 0,89
1 mal / Woche	632	2	0,3	0,9	3,5	6,0	11,4	175,2	2,24	0,98	0,90 - 1,06
öfter als 1 mal / Woche	1197	3	0,3	1,2	5,5	8,7	15,9	583,5	3,54	1,30	1,22 - 1,38
Häufigkeit des Konsums von Milchprodukten *											
weniger häufig	2022	6	0,3	0,9	4,0	7,1	14,1	175,2	2,25	1,02	0,97 - 1,07
häufiger	1792	8	0,3	0,8	3,3	5,6	9,4	583,5	2,28	0,89	0,85 - 0,94

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.4.6.2: (Fortsetzung)

[Bestimmungsgrenze: 0,1 µg/g]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Bleigehalt im Trinkwasser *											
bis 0,4 µg/l	873	4	0,3	0,7	3,2	4,9	8,5	194,7	1,94	0,81	0,75 - 0,87
über 0,4 bis 4 µg/l	2317	5	0,3	0,8	3,2	5,6	10,4	583,5	2,16	0,92	0,88 - 0,95
über 4 µg/l	627	4	0,4	1,4	6,2	9,4	15,5	340,0	3,11	1,43	1,31 - 1,56
Blei-Wasserleitungen *											
nein	2386	11	0,3	0,9	3,9	6,7	13,0	583,5	2,61	1,01	0,97 - 1,06
ja	178	0	0,5	1,6	9,2	13,2	23,7	76,4	3,93	1,87	1,58 - 2,21
Baujahr des Wohnhauses *											
bis 1949	1185	1	0,3	1,0	5,5	8,5	16,8	340,0	2,76	1,18	1,11 - 1,26
1950-1980	2089	11	0,3	0,8	2,9	5,2	9,3	583,5	2,10	0,86	0,83 - 0,90
ab 1981	491	1	0,3	0,8	3,0	4,7	8,2	194,7	1,77	0,89	0,81 - 0,97
Ofenheizung mit Holz/Kohle *											
nein	3094	12	0,3	0,8	3,5	5,9	10,6	583,5	2,16	0,92	0,89 - 0,95
ja	720	2	0,3	1,1	4,7	7,6	16,1	340,0	2,71	1,14	1,05 - 1,23
Blei-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher) *											
bis 0,5 µg/(m ² Tag)	3140	13	0,3	0,8	3,3	5,5	9,1	583,5	2,00	0,90	0,87 - 0,93
über 0,5 bis 1 µg/(m ² Tag)	473	0	0,3	1,0	4,8	8,5	18,5	73,2	2,50	1,11	1,01 - 1,23
über 1 µg/(m ² Tag)	204	0	0,4	1,6	9,9	18,8	47,3	175,2	5,75	1,80	1,51 - 2,14
Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume *											
bis 4 Stunden	2514	9	0,3	0,8	3,4	5,7	10,8	340,0	1,83	0,91	0,87 - 0,95
über 4 bis 7 Stunden	917	4	0,3	0,8	3,7	6,6	10,5	583,5	3,11	0,95	0,89 - 1,02
über 7 Stunden	386	0	0,4	1,2	6,0	9,1	22,5	194,7	3,11	1,36	1,22 - 1,52
Täglicher Aufenthalt in motorisierten Fahrzeugen *											
bis 30 min	1063	5	0,3	0,7	3,2	5,3	9,7	50,5	1,61	0,83	0,78 - 0,88
31 bis 119 min	993	5	0,3	0,8	3,3	5,7	8,5	137,8	1,72	0,91	0,85 - 0,97
ab 120 min	987	3	0,3	1,0	4,6	7,6	15,9	583,5	3,50	1,13	1,05 - 1,21
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	2610	12	0,3	0,7	3,3	5,5	10,6	340,0	1,96	0,85	0,81 - 0,88
warme (Mai bis September)	1207	1	0,4	1,2	4,8	7,8	12,9	583,5	2,92	1,25	1,18 - 1,32
Bleigehalt im Blut *											
bis 70 µg/l	3067	13	0,3	0,7	2,9	4,7	7,9	59,5	1,43	0,83	0,80 - 0,85
über 70 bis 100 µg/l	473	1	0,5	1,5	6,0	9,7	16,5	175,2	3,31	1,54	1,40 - 1,69
über 100 µg/l	217	0	0,7	2,0	15,9	31,1	74,5	583,5	11,77	2,77	2,31 - 3,32

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant (p < 0,001) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.4.6.3: **Bleigehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)**
 Standardgliederung
 [Bestimmungsgrenze: 0,1 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	711	2	0,3	1,0	3,5	5,4	7,7	26,9	1,61	1,02	0,95 - 1,09
Geschlecht *											
Jungen	366	2	0,5	1,3	4,6	6,2	8,1	26,9	2,08	1,35	1,22 - 1,48
Mädchen	345	0	0,3	0,7	2,1	3,4	6,3	12,8	1,11	0,76	0,70 - 0,82
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	510	2	0,3	0,9	3,1	4,9	7,5	26,9	1,48	0,95	0,88 - 1,03
neue Bundesländer	201	0	0,3	1,2	4,5	6,2	8,9	19,7	1,94	1,21	1,06 - 1,38
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Jungen	263	2	0,4	1,3	4,4	5,9	7,8	26,9	2,00	1,29	1,16 - 1,45
Mädchen	247	0	0,3	0,7	1,6	2,1	4,0	8,2	0,92	0,69	0,63 - 0,75
neue Bundesländer											
Jungen	104	0	0,5	1,4	5,2	6,3	10,4	19,7	2,26	1,49	1,24 - 1,78
Mädchen	97	0	0,3	0,9	3,4	6,0	7,1	12,8	1,59	0,97	0,80 - 1,18
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
blond	408	2	0,3	1,0	3,8	5,8	7,7	12,8	1,62	1,04	0,95 - 1,14
braun	231	0	0,3	0,9	3,2	4,5	6,2	19,7	1,46	0,97	0,87 - 1,08
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)											
vor 0 bis 1 Tag	196	1	0,3	0,9	2,9	4,4	7,3	11,8	1,38	0,90	0,79 - 1,02
vor 2 bis 3 Tagen	235	1	0,3	1,1	4,5	5,9	6,7	10,9	1,73	1,12	1,00 - 1,27
vor 4 und mehr Tagen	223	0	0,3	1,0	3,1	5,5	7,7	19,7	1,58	1,02	0,91 - 1,15

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

**Tab. 5.4.6.4: Bleigehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
spezifische Gliederung**

[Bestimmungsgrenze: $0,1 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM	
Lebensalter *												
6-7 Jahre	153	0	0,4	1,3	3,7	5,7	7,3	12,8	1,85	1,30	1,14 - 1,48	
8-9 Jahre	167	0	0,4	1,1	4,2	5,9	6,7	7,8	1,71	1,17	1,02 - 1,33	
10-11 Jahre	144	0	0,4	1,0	3,4	6,2	9,9	26,9	1,84	1,09	0,95 - 1,27	
12-14 Jahre	247	2	0,3	0,7	2,8	4,9	6,6	11,8	1,25	0,77	0,68 - 0,86	
Körperliche Betätigung im Freien *												
seltener	120	1	0,2	0,6	1,9	2,6	4,6	8,6	0,93	0,63	0,54 - 0,73	
häufiger	588	1	0,4	1,0	3,8	5,8	7,8	26,9	1,74	1,12	1,04 - 1,21	
Buddeln, Graben, Höhlenbauen *												
nie	310	1	0,3	0,8	3,0	5,5	8,1	26,9	1,51	0,86	0,77 - 0,96	
selten, gelegentlich	217	1	0,4	1,0	3,8	5,4	6,2	10,9	1,51	1,00	0,89 - 1,13	
häufig, sehr häufig	182	0	0,5	1,4	3,8	5,0	6,6	12,8	1,89	1,38	1,23 - 1,55	
Bleigehalt im Trinkwasser *												
bis $0,4 \mu\text{g/l}$	157	0	0,3	0,8	2,5	4,5	8,0	10,9	1,33	0,86	0,75 - 0,98	
über $0,4$ bis $4 \mu\text{g/l}$	412	2	0,3	1,0	3,4	5,1	6,2	19,7	1,53	1,01	0,93 - 1,10	
über $4 \mu\text{g/l}$	142	0	0,4	1,1	4,5	6,4	9,3	26,9	2,14	1,26	1,07 - 1,48	
Baujahr des Wohnhauses *												
bis 1949	196	1	0,5	1,2	5,3	6,6	10,2	26,9	2,24	1,34	1,17 - 1,54	
1950-1980	320	1	0,3	0,9	3,0	4,7	6,5	11,8	1,39	0,93	0,85 - 1,02	
ab 1981	190	0	0,3	0,9	2,7	4,0	6,1	10,3	1,31	0,89	0,78 - 1,01	
Blei-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher) *												
bis $0,5 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	505	0	0,3	0,9	3,1	4,9	7,6	12,8	1,46	0,95	0,88 - 1,03	
über $0,5$ bis $1 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	145	2	0,4	1,0	3,8	5,1	6,0	8,4	1,65	1,11	0,95 - 1,30	
über $1 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	60	0	0,5	1,2	6,2	8,2	24,0	26,9	2,75	1,47	1,14 - 1,90	
Blei-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät) *												
bis $12,5 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	421	0	0,3	1,0	3,2	5,1	7,6	19,7	1,49	0,97	0,89 - 1,05	
über $12,5$ bis $25 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	233	2	0,3	0,9	2,8	4,1	6,6	11,8	1,39	0,92	0,82 - 1,04	
über $25 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	57	0	0,7	2,2	5,9	7,7	20,5	26,9	3,34	2,23	1,77 - 2,81	

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.4.6.4: (Fortsetzung)

[Bestimmungsgrenze: 0,1 µg/g]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	459	2	0,3	0,9	3,0	4,3	6,4	19,7	1,39	0,91	0,84 - 0,99
warme (Mai bis September)	252	0	0,4	1,2	4,9	6,4	8,0	26,9	2,00	1,25	1,12 - 1,40
Bleigehalt im Blut *											
bis 35 µg/l	411	1	0,3	0,9	2,8	5,0	6,4	19,7	1,40	0,92	0,84 - 1,00
über 35 bis 50 µg/l	199	1	0,4	1,1	4,0	6,4	11,2	26,9	2,01	1,18	1,02 - 1,36
über 50 µg/l	83	0	0,5	1,1	4,0	5,8	7,5	10,3	1,78	1,25	1,05 - 1,50

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.5 Cadmium

5.5.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Cadmiumgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt $0,046 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 3725$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $0,045$ bis $0,048 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $8,19 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $0,006 \mu\text{g/g}$ liegen $1,5 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.5.6.1).

5.5.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.5.1.1.1 Geschlecht

25- bis 69jährige Männer weisen mit $0,052 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu Frauen mit $0,041 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Cadmiumgehalt im Haar auf. Bei einem Vergleich der Cadmiumgehalte im Haar von Personen mit unbehandelten Haaren ist der Unterschied des Cadmiumgehaltes im Haar noch größer (Männer: $0,052 \mu\text{g/g}$, Frauen: $0,33 \mu\text{g/g}$).

5.5.1.1.2 Alte/neue Bundesländer

Der Cadmiumgehalt im Haar der Bevölkerung der neuen Bundesländer ist mit $0,064 \mu\text{g/g}$ signifikant höher als für die Bevölkerung der alten Bundesländer mit $0,042 \mu\text{g/g}$. Ferner sind im Haar der ostdeutschen Männer bzw. Frauen höhere Gehalte als im Haar der westdeutschen Männer bzw. Frauen zubeobachten.

5.5.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)

Frauen mit einer Dauerwelle weisen mit $0,050 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu Frauen ohne Dauerwelle mit $0,033 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Cadmiumgehalt im Haar auf. Die Anwendung einer Färbung/Tönung führt nicht zu unterschiedlichen Gehalten im Haar der Frauen.

5.5.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnte kein Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe (grau, blond, braun) und dem Cadmiumgehalt im Haar festgestellt werden.

5.5.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Der Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme ist bei bivariater Testung kein signifikantes Merkmal für den Cadmiumgehalt im Haar.

5.5.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Cadmiumgehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Schulabschluss:

Personen mit keinem oder mit Volks-, Hauptschulabschluß weisen mit $0,048 \mu\text{g/g}$ einen höheren mittleren Cadmiumgehalt im Haar auf als Personen mit Abitur ($0,041 \mu\text{g/g}$).

Staubbelastung am Arbeitsplatz:

Bei häufiger Staubbelastung am Arbeitsplatz (gemessen an der subjektiven Einschätzung zur Häufigkeit von Schmutz an der (Arbeits-)Kleidung) liegt ein mittlerer Cadmiumgehalt im Haar von $0,056 \mu\text{g/g}$ vor. Bei seltener Belastung liegt ein Gehalt im Haar von $0,042 \mu\text{g/g}$ vor.

Rauchstatus:

Raucher weisen mit $0,052 \mu\text{g/g}$ gegenüber Nichtrauchern mit $0,044 \mu\text{g/g}$ einen höheren mittleren Cadmiumgehalt in den Haaren auf. Zwar steigt mit zunehmender Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten der Cadmiumgehalt im Haar an, jedoch sind die Unterschiede nicht signifikant. Weitere getestete Merkmale wie die *Rauchdauer* bei Rauchern bzw. *Rauchdauer* bei Ex-Rauchern sind ebenfalls nicht signifikant.

Cadmiumgehalt im Trinkwasser:

Bei einem Cadmiumgehalt im Trinkwasser von mehr als $0,5 \mu\text{g/l}$ (einem Zehntel des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung) liegt ein mittlerer Cadmiumgehalt im Haar von $0,065 \mu\text{g/g}$ vor, der höher ist als der ($0,043 \mu\text{g/g}$ Haar) bei geringeren Cadmiumgehalten im Trinkwasser.

Ofenheizung mit Holz/Kohle:

Bei Vorhandensein einer Ofenheizung mit Holz oder Kohle wird ein mittlerer Gehalt im Haar von $0,053 \mu\text{g/g}$ ermittelt. Liegt dagegen keine solche Heizung vor, so ist der Cadmiumgehalt im Haar mit $0,045 \mu\text{g/g}$ signifikant geringer.

Cadmium-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher):

Bei einem Cadmium-Niederschlag von bis zu $0,015 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{Tag})$ im Raum mit der längsten Aufenthaltsdauer (nicht Schlafräum) liegt ein mittlerer Cadmiumgehalt im Haar von $0,043 \mu\text{g/g}$ vor. Bei einem Cadmium-Niederschlag von mehr als $0,03 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{Tag})$ wird dagegen ein Gehalt im Haar von $0,063 \mu\text{g/g}$ bestimmt.

Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume:

Bei einem täglichen Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume von mehr als 7 Stunden wird mit 0,060 µg/g ein höherer Cadmiumgehalt im Haar bestimmt als bei geringeren Aufenthaltszeiten (0,45 µg/g).

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit 0,051 µg/g im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit 0,044 µg/g ein höherer mittlerer Cadmiumgehalt im Haar ermittelt.

5.5.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Cadmiumgehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 0,048 µg/g (Größe der Stichprobe: N = 704 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 0,044 bis 0,052 µg/g. Als Maximalwert werden 3,66 µg/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 0,006 µg/g liegen 4,3 % der analysierten Proben (Tab. 5.5.6.3).

5.5.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.5.2.1.1 Geschlecht

Bei den 6- bis 14jährigen Jungen wird mit 0,056 µg/g ein signifikant höherer mittlerer Cadmiumgehalt als bei den Mädchen mit 0,040 µg/g festgestellt.

5.5.2.1.2 Alte/neue Bundesländer

Kinder der neuen Bundesländer weisen mit 0,065 µg/g einen signifikant höheren mittleren Cadmiumgehalt im Haar auf als Kinder der alten Bundesländer mit 0,042 µg/g.

5.5.2.1.3 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnte kein Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe (blond, braun) der Kinder und deren Cadmiumgehalt im Haar festgestellt werden.

5.5.2.1.4 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Der Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme ist bei bivariater Testung kein signifikantes Merkmal für den Cadmiumgehalt im Haar der Kinder.

5.5.2.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Cadmiumgehalt im Haar der Kinder eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen. Die zusätzlich geprüften Merkmale *Ofenheizung mit Holz/Kohle* und *Passivrauchen (Nicht-raucher)* waren nicht signifikant.

Körperliche Betätigung im Freien:

Häufige körperliche Betätigung im Freien geht einher mit höheren Cadmiumgehalten im Haar (häufig: 0,051 $\mu\text{g/g}$; selten: 0,035 $\mu\text{g/g}$). Ein Effekt in gleicher Richtung ist auch für das Merkmal *Buddeln, Graben, Höhlenbauen* zu beobachten, wenngleich dieser nicht signifikant ist.

Cadmiumgehalt im Trinkwasser:

Mit zunehmendem Cadmiumgehalt im Trinkwasser liegt ein höherer mittlerer Cadmiumgehalt im Haar vor. Bei einem Gehalt im Wasser von mehr als 0,5 $\mu\text{g/l}$ (einem Zehntel des derzeitigen Grenzwertes der Trinkwasserverordnung) liegt ein Gehalt im Haar von 0,066 $\mu\text{g/g}$ vor. Bei einem Gehalt im Wasser bis zu 0,05 $\mu\text{g/l}$ ergibt sich ein Gehalt im Haar von 0,037 $\mu\text{g/g}$.

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit 0,065 $\mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit 0,040 $\mu\text{g/g}$ ein höherer mittlerer Cadmiumgehalt im Haar ermittelt.

5.5.2.3 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

Die Gruppe der 6- bis 14jährigen Kinder weist im Vergleich zu den 25- bis 69jährigen Erwachsenen keinen unterschiedlichen Cadmiumgehalt im Haar auf. Ein Altersgang läßt sich weder für die Erwachsenen noch für die Kinder feststellen.

5.5.3 Zusammenfassung und Diskussion

In den Tabellen 5.5.4.1 und 5.5.4.2 sind die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und die diverser anderer Studien aus der Bundesrepublik und anderen Ländern zusammengestellt. Neben den bereits in Kapitel 5.1 diskutierten Einschränkungen beim Vergleich der Ergebnisse dieser Studie mit anderen Studien muß für das Cadmium, ähnlich wie für das Blei, besonderes Augenmerk auf die unterschiedlichen Zeitpunkte der Erhebungen gelegt werden. Leider wurden in diversen Arbeiten die Erhebungszeitpunkte/-räume nicht angegeben, so daß ggf. unterschiedliche Befunde teilweise nur aufgeführt jedoch nicht interpretiert werden können. Die ubiquitäre Verbreitung von Cadmium hat in den letzten Jahren abgenommen (UBA 1994), was sich auch an den Cadmiumgehalten in den Haaren ablesen läßt. Entsprechendes wird von Wilhelm et al. (1994) berichtet, die für den Zeitraum von 1985/86 bis 1987/88 eine Abnahme des mittleren Cadmiumgehaltes von 60 % feststellten.

Bei den aufgeführten älteren Studien aus der Bundesrepublik, für die Erwachsenen auch im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86, wurden vergleichsweise höhere Gehalte gefunden, was jedoch vor dem beschriebenen Hintergrund plausibel ist. Die Ergebnisse für Erwachsene der Human-Organprobenbank von 1991 (UBA 1993) liegen in vergleichbarer Größenordnung. Im internationalen Vergleich sind die Daten der Bundesrepublik eher niedrig.

Im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 wurde für die Cadmiumgehalte im Haar eine multivariate Auswertung durchgeführt. Dabei wurde mit den Prädiktoren Haareinwaage, Berufstätigkeit, berufliche Stellung, Rauchstatus, Geschlecht und Besiedlungsdichte der Region eine Varianzaufklärung von 6 % erreicht (Schwarz et al. 1993).

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Prüfung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Männer (Jungen) weisen einen höheren Cadmiumgehalt im Haar auf als Frauen (Mädchen).

Da Männer häufiger einer Staubbelastung am Arbeitsplatz ausgesetzt sind und auch häufiger Raucher sind - beides sind Merkmale, die zu höheren Cadmiumgehalten im Haar führen, - als Frauen, erscheint das beschriebene bivariate Ergebnis durch andere Größen beeinflusst zu sein.

So war im Rahmen der multiplen Auswertung der Daten des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 (Schwarz et al. 1993) das *Geschlecht* auch erst bei Berücksichtigung beruflicher Variablen ein signifikanter Prädiktor im Modell für den Cadmiumgehalt im Haar. Ursächlich dafür war die höhere berufliche Belastung der Männer. Durch die Kontrolle der beruflichen Belastung ergaben sich sogar höhere Cadmiumgehalte im Haar der Frauen.

Auch Wolfsperger et al. 1994 geben signifikant ($p < 0,05$) höhere Cadmiumgehalte im Haar der Frauen an. In anderen Studien werden aber auch höhere Gehalte für die Männer (DiPietro et al. 1989, Leotsinidis und Kondakis 1990) beschrieben. In keiner der Arbeiten wurde jedoch die berufliche Belastung berücksichtigt.

Daß sich für die 6- bis 14jährigen Jungen höhere Gehalte im Haar ergeben, dürfte u.a. auf ein unterschiedliches Spielverhalten von Mädchen und Jungen zurückzuführen sein. So wird mit zunehmender *körperlichen Betätigung im Freien* (wie z. B. Toben, Rennen, Klettern) ein höherer mittlerer Cadmiumgehalt im Haar ermittelt. Dies sind Betätigungen, die häufiger von den Jungen praktiziert werden. Auch Wilhelm et al. (1994) fanden bei 5- bis 9jährigen Kindern einen höheren Cadmiumgehalt im Haar der Jungen. Es gibt jedoch auch gegenteilige Befunde mit höheren Gehalten für die Mädchen, z. B. aus den Niederlanden (Wibowo et al. 1986) und aus Spanien (Bosque et al. 1991).

Weder bei den Kindern, noch bei den Erwachsenen konnte ein Effekt des **Lebensalters** festgestellt werden. Auch wiesen die Kinder und Erwachsenen keine unterschiedlichen Cadmiumgehalte im Haar auf.

Auch in anderen Studien wurde für Erwachsene und Kinder kein Altersgang festgestellt (Wilhelm et al. 1990, Wolfspurger et al. 1994, Wilbrand et al. 1991). Daß Kinder und Erwachsene keinen unterschiedlichen Cadmiumgehalt im Haar aufweisen, deckt sich wiederum mit Literaturergebnissen, z. B. bei Vergleichskollektiven einer Studie in der ehemaligen DDR (Günther et al. 1992), Rußlands (Bustueva et al. 1994) und bei einer Studie in den USA (Paschal et al. 1989). Wilhelm et al. (1994) berichten jedoch für jüngere Kinder unter 5 Jahren von vergleichsweise höheren Cadmiumgehalten. Einen interessanten Aspekt weisen Bosque et al. (1991) auf, die bei einem ländlichen Kontrollkollektiv spanischer Schulkinder keinen Altersgang feststellten, jedoch in einer industriellen Gegend eine Abnahme mit dem Alter.

Zwischen der **natürlichen Haarfarbe** und dem Cadmiumgehalt im Haar konnte weder für die Erwachsenen noch für die Kinder ein Zusammenhang festgestellt werden. Die Anwendung einer **Dauerwelle** führt zu höheren Cadmiumgehalten im Haar.

Wolfspurger et al. (1994), Bosque et al. (1991) und Wilhelm et al. (1990) fanden ebenfalls keinen Einfluß der natürlichen Haarfarbe auf den Cadmiumgehalt im Haar. Prucha (1987) beschreibt dagegen bei Jungen eine Zunahme des Cadmiumgehaltes im Haar mit zunehmender Pigmentierung.

Der Effekt der Dauerwelle dürfte auf eine Veränderung der adsorptiven oder absorptiven Eigenschaften des Haares zurückzuführen sein.

Kinder und Erwachsene der **neuen Bundesländer** haben im Vergleich zu Personen der **alten Bundesländer** einen höheren Cadmiumgehalt im Haar.

Parallel zu diesem Ergebnis wurden auch höhere Cadmiumgehalte im Urin nicht jedoch im Blut der ostdeutschen Bevölkerung gefunden (Krause et al. 1996). Wie bereits bei der deskriptiven Auswertung der Cadmiumgehalte im Urin (ebenda) ist dieser Befund nicht auf ein unterschiedliches Rauchverhalten oder höhere Cadmium-Niederschläge in der Außenluft in den neuen Bundesländern zurückzuführen. Allerdings wurden signifikant höhere Cadmium-Niederschläge im Innenraum in den neuen Bundesländern gemessen. Ob eventuell weitere Größen wie häufigere Staubbelastung am Arbeitsplatz oder häufigeres Vorhandensein einer Ofenheizung mit Holz/Kohle in den neuen Bundesländern zu höheren Cadmiumgehalten im Haar der ostdeutschen Bevölkerung führen, kann im Rahmen der vorliegenden bivariaten Auswertung nicht geklärt werden.

Die Ergebnisse der Human-Organprobenbank bestätigen allerdings das vorliegende Ergebnis. Auch dort wurden für die untersuchten Städte der neuen Bundesländer vergleichsweise höhere mittlere Gehalte im Haar ermittelt (UBA 1993).

Bei keinem bzw. weniger qualifiziertem Schulabschluß wird ein höherer Cadmiumgehalt im Haar festgestellt. Eine häufige Staubbelastung am Arbeitsplatz führt zu höheren Cadmiumgehalten im Haar.

Zwischen dem Schulabschluß und dem Geschlecht besteht eine Assoziation, d. h. Frauen haben eher keinen bzw. Volks-/Hauptschulabschluß. Da Frauen häufiger eine Dauerwelle anwenden, die zu höheren Cadmiumgehalten im Haar führen kann, als Männer, kann das vorliegende Ergebnis von diesen und ggf. weiteren Größen überlagert sein.

Bereits bei der multiplen Auswertung der Daten des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 hat sich ergeben, daß berufliche Variablen signifikante Prädiktoren zur Vorhersage von Cadmiumgehalten im Haar sind (Schwarz et al. 1993), so daß das vorliegende Ergebnis zur Staubbelastung am Arbeitsplatz plausibel erscheint.

Raucher weisen einen höheren Cadmiumgehalt im Haar auf als Nichtraucher.

Im Rahmen der multivariaten Auswertung des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 hatte sich der *Rauchstatus* als signifikanter Prädiktor erwiesen (Schwarz et al. 1993), obwohl bei bivariater Betrachtung kein sehr deutlicher Effekt zu erkennen war (Krause et al. 1989a).

Wilhelm et al. (1990) fanden bei einem erwachsenen Kollektiv keinen Einfluß des Rauchens, wobei jedoch der geringere Stichprobenumfang zu berücksichtigen ist. Frery et al. (1993) konnten einen Effekt des Rauchens auf die Cadmiumgehalte im Haar feststellen, der jedoch bei Männern erst bei einem Zigarettenkonsum von mehr als 20 Zigaretten pro Tag deutlich wurde. Bei den von ihnen untersuchten schwangeren Frauen war der Effekt weniger deutlich, was sie zum einen auf den geringeren Zigarettenkonsum der Frauen und zum anderen auf einen möglicherweise veränderten Cadmiummetabolismus während der Schwangerschaft zurückführten. Höhere Gehalte für Raucher wurden auch von anderen Autoren berichtet (Chattopadhyay et al. 1990, Sukumar und Subramanian 1992, Wolfsperger et al. 1994).

Für passivrauchexponierte Kinder wurde in einigen Studien eine Erhöhung der Cadmiumgehalte im Haar ermittelt (Schuhmacher et al. 1991, Stewart-Pinkham 1989). In anderen Studien konnte hingegen dieser Befund nicht beobachtet werden (Moon et al. 1986, Ahmed und Elmubarak 1990, Wilhelm et al. 1990), was sich mit dem Ergebnis der vorliegenden Deskription deckt. Bosque et al. (1991) fanden den Effekt des Rauchens nur in einem industriellen Gebiet, nicht jedoch in einer ländlichen Umgebung.

Mit zunehmendem Cadmiumgehalt im Trinkwasser ergibt sich bei Erwachsenen und Kindern ein höherer Cadmiumgehalt im Haar.

Der Cadmiumgehalt im Trinkwasser kann durch eine orale Aufnahme oder durch direkten Kontakt (Waschen) zu einer Erhöhung der Gehalte im Haar führen.

Da zwischen den Cadmiumgehalten in Blut bzw. Urin und im Haar sowie zwischen den Cadmiumgehalten in Blut bzw. Urin und im Trinkwasser keine bivariaten Zusammenhänge nachgewiesen werden konnten, scheint es sich bei dem vorliegenden Ergebnis eher um eine äußere Kontamination zu handeln.

Bei der multivariaten Auswertung der Daten des 1. Umwelt-Surveys wurde bei den Nichtrauchern der Cadmiumgehalt im Trinkwasser als Prädiktor für den Cadmiumgehalt im Haar ermittelt (Schwarz et al. 1993).

Bei Vorhandensein einer **Ofenheizung mit Holz oder Kohle** ergibt sich ein höherer Cadmiumgehalt im Haar bei den Erwachsenen, nicht jedoch bei den Kindern.

Bezüglich des Cadmiumgehaltes in Blut und Urin hatte sich der beschriebene Zusammenhang jeweils nur für die Bevölkerung der neuen Bundesländer ergeben. Möglicherweise ist dieser Effekt auf das dortige häufigere Vorhandensein einer Ofenheizung mit Holz/Kohle zurückzuführen. Auf andere mögliche Störeffekte wurde bei der Diskussion der Bleigehalte im Haar bereits hingewiesen.

Mit zunehmendem **Cadmium-Niederschlag im Innenraum** wird ein höherer Cadmiumgehalt im Haar der Erwachsenen nicht jedoch der Kinder festgestellt.

Der Cadmium-Niederschlag im Innenraum war 1985/86 im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys zumindest bei den Männern signifikanter Prädiktor für den Cadmiumgehalt im Haar (Schwarz et al. 1993).

Einträge von Staub in die häusliche Wohnumgebung geschehen zum einen von außen über den Luftaustausch (Fenster, Türen), über Einträge mit den Schuhen und der Kleidung und zum anderen durch interne Quellen (z. B. Heizung).

Zwischen dem **Cadmium-Niederschlag in der Außenluft** und den Cadmiumgehalten im Haar der Kinder und der Erwachsenen konnten keine Zusammenhänge nachgewiesen werden.

Vor dem Hintergrund, daß die ubiquitäre Cadmiumbelastung in den letzten Jahren rückläufig ist (UBA 1994) und der ermittelte Cadmium-Niederschlag in der Außenluft ein integraler Jahreswert ist, erscheint das vorliegende bivariate Ergebnis plausibel.

Im Rahmen der multiplen Auswertung der Daten des 1. Umwelt-Surveys wurden in dem Erhebungszeitraum 1985/86 für dünn besiedelte Regionen geringere Cadmiumgehalte im Haar vorhergesagt (Schwarz et al. 1993), wobei die äußerst geringe Varianzaufklärung von knapp 1 % berücksichtigt werden muß. Wilhelm et al. (1990) fanden keinen Effekt der Wohnumgebung bei Erwachsenen, Prucha (1987) und Bosque et al. (1991) dagegen höhere Cadmiumgehalte in industriellen oder belasteten Gebieten bei Kindern. Höhere Gehalte für Stadtbewohner wurden auch in anderer internationaler Literatur beschrieben, z. B. in Indien von Sukumar und Subramanian (1992) und von Chattopadhyay et al. (1990), wobei letztere darauf hinweisen, daß die Stadtbewölkerung eine größere Anzahl von Zigaretten konsumierte.

In den Sommermonaten und zunehmendem Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume werden höhere Cadmiumgehalte im Haar der Erwachsenen festgestellt. Bei den Cadmiumgehalten im Haar der Kinder zeigt sich nur die Jahreszeit als signifikantes Merkmal.

Bereits im Rahmen der multiplen Auswertung des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 wurde die Jahreszeit als Prädiktor ermittelt (Schwarz et al. 1993), jedoch wegen des geringen Beitrages zur Varianzaufklärung nicht in das entwickelte Modell aufgenommen. Hintergrund der Untersuchung des potentiellen Einflusses der Jahreszeit ist die Annahme, daß sich die Verweildauer im Freien in den Jahreszeiten unterscheidet und somit im Sommer höhere Gehalte im Haar zu erwarten sind. Wilhelm et al. (1990) fanden für Erwachsene höhere Cadmiumgehalte im Haar bei einer Probenahme im Sommer im Vergleich zum Winter. Eine zusätzliche Auswertung der Daten der Umwelt-Surveys nach der mittleren Tageshöchsttemperatur während der jeweiligen Probenahme-woche pro Erhebungsort ergab ebenfalls einen höheren Cadmiumgehalt im Haar der Erwachsenen und der Kinder bei höheren Temperaturen.

Tab. 5.5.4.1: Cadmiumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Cadmium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey I (Krause et al. 1989a)	1985-1986	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung, nur Westdeutschland	n=1341	GM=0,098
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung, West- und Ostdeutschland	n=3725	GM=0,046
<u>BRD</u> Umweltprobenbank (UBA 1993)	1991	M, F: 15-64 J. 10-47 J. 20-59 J.	Münster, Studenten Leipzig, Studenten Halle, Arbeiter / Angest.	n=89 n=59 n=50	50.P=0,056 50.P.=0,105 50.P.=0,091
<u>BRD</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	M	Kontrollkollektiv, nicht kontaminiertes Gebiet	n=13	GM=0,18
<u>BRD (Bonn und Umgebung)</u> (Wilhelm et al. 1990)	?	M, F: 18-84 J.	Stadt / ländliches Gebiet	n=41	GM=0,085
<u>BRD (NRW)</u> (Wilhelm et al 1994)	1987-1988	M, F	Industrie / ländliches Gebiet	M (n=30) F (n=34)	GM=0,088 / 0,048 GM=0,049 / 0,037
<u>Frankreich</u> (Frery et al. 1993)	?	M: 25-55 J. F: 19-43 J.	Polizeibeamte Gebärende	M (n=123) F (n=127)	NR: 50.P=0,13 R: 50.P=0,39 NR: 50.P.=0,15 R: 50.P=0,11
<u>Griechenland</u> (Leotsinidis/Kondakis 1990)	?	M, F > 50 J.	Landarbeiter, nicht kontaminiertes Gebiet, keine berufliche Belastung, keine Stadtwohnung	M (n=75) F (n=69)	GM=0,25 GM=0,17
<u>Indien</u> (Chattopadhyay et al. 1990)	?	M: 18-45 J. M: 21-53 J.	Stadtbevölkerung Landbevölkerung	n=27 n=44	AM=0,8 AM=1,4

Tab. 5.5.4.1 (Fortsetzung): Cadmiumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Cadmium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Indien</u> (Sukumar/Subramanian 1992)	?	M, F: 30-60 J.	landw. Beschäftigte, Hausfrauen, Büroangestellte	n=121	AM=0,7-2,0
<u>Österreich</u> (Wien)	?	M, F: 19-31 J.	Studenten	n=39	GM=0,041
<u>Italien</u> (Rom) (Wolfsperger et al. 1994)		M, F: 19-26 J.		n=40	GM=0,051
<u>Rußland</u> (Bustueva et al. 1994)	?	F	Kontrollgruppen	n=105 n=100	AM=0,29 AM=0,37
<u>Saudi-Arabien</u> (Ahmed/Elmubarak 1990)	?	M: 15-22 J.	Vorortbevölkerung, keine Industrie	n=22	GM=0,16
<u>Schweden</u>	?	M, F: 25-62 J.	Vegetarier, Nicht-Vegetarier	n=47	AM=0,30
<u>Indien</u> (Srikumar et al. 1992)		M, F: 23-68 J.	gesund	n=83	AM=0,60
<u>UK</u> (Barlow et al. 1985)	?	F: 16-49 J.	Schwangere Frauen der Allgemeinbevölkerung	n=261	AM=0,22
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentl. Angestellte NHANES-Kollektiv	n=332	GM=0,14
<u>USA</u> (Californien)	?	M, F: 6-49 J.	keine industrielle Belastung	n=20	AM=0,5
<u>Indien</u> (Shresta/Schrauzer 1989)		M, F: 1-43 J.		n=27	AM=0,7

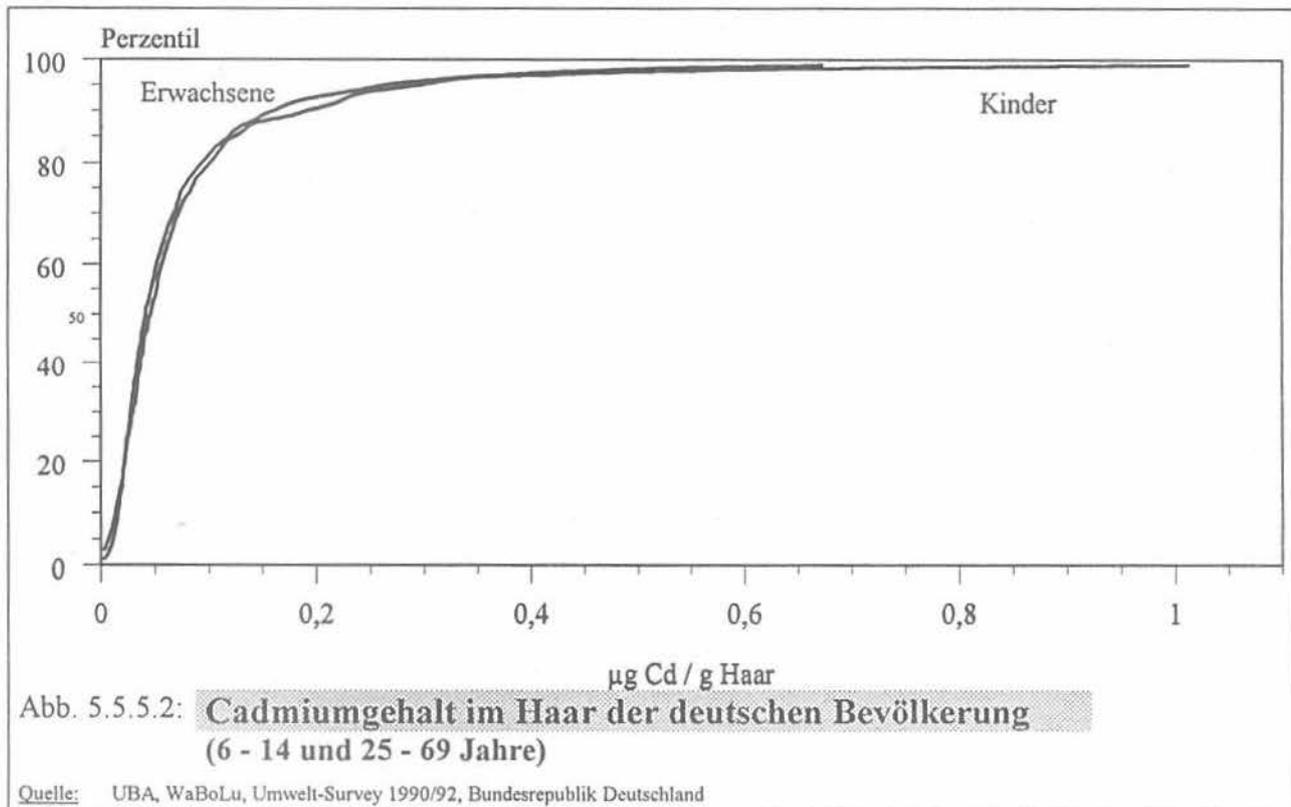
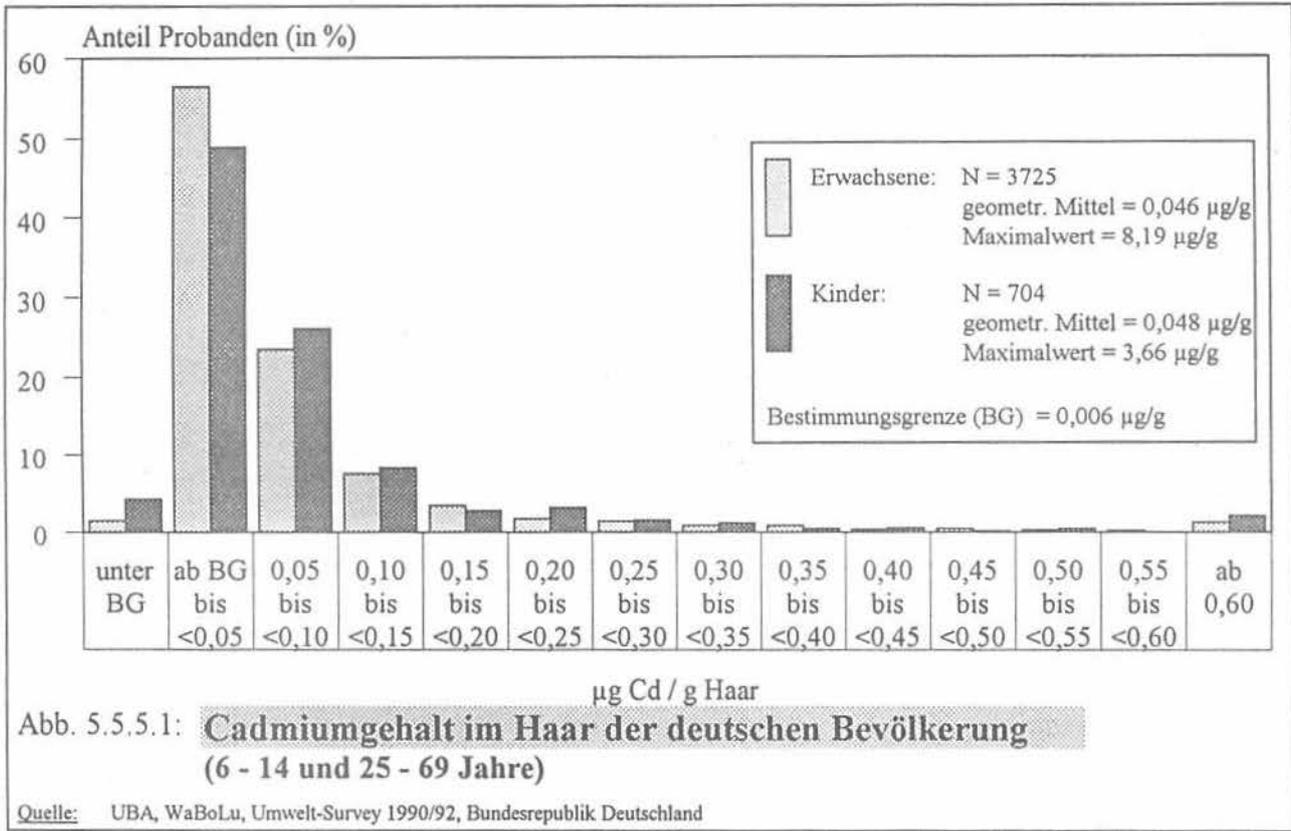
M = Männer, F = Frauen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

Tab. 5.5.4.2: Cadmiumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Cadmium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=704	GM=0,048
<u>BRD</u> (Prucha et al. 1987)	1982-1986	J, Mä: 10 J.	Rhein-Main-Gebiet	J (n=1259) Mä (n=1231)	AM=0,53 AM=0,71
<u>BRD</u> (Wilbrand et al. 1991)	1986	J, Mä: 2-16 J.	Stadtbevölkerung	J (n=523) Mä (n=324)	50.P.=0,22 50.P.=0,19
<u>BRD (NRW)</u> (Wilhelm et al. 1991)	?	J, Mä: 3-7 J.	Stadt / ländliches Gebiet	n=474	GM=0,090
<u>BRD</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	J, Mä ?	Kontrollkollektiv	n=27	GM=0,18
<u>BRD (NRW)</u> (Wilhelm et al. 1994)		J, Mä: 5-9 J.	ehemals Exponierte / Kontrollkollektiv	n=47	GM=0,11 / GM=0,10
<u>Kanada</u> (Moon et al. 1986)	?	J, Mä	Industrie / ländliches Gebiet	n=122	AM=0,243-0,454
<u>Niederlande</u> (Wibowo et al. 1986)	?	J, Mä: 4-5 J.	unterschiedl. Belastungsgebiete	n=228	GM=0,78
<u>Spanien (Prov. Tarragona)</u> (Bosque et al. 1991)	?	J, Mä: 6-14 J.	Querschnitt Schulkinder	J (n=111) Mä (n=115)	50.P.=0,181 50.P.=0,296
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	J, Mä \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=0,16

J = Jungen, Mä = Mädchen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

5.5.5 Abbildungen



5.5.5 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

Tab. 5.5.6.1: Cadmiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: 0,006 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	3725	55	0,02	0,04	0,16	0,27	0,47	8,19	0,084	0,046	0,045 - 0,048
Geschlecht *											
Männer	1809	21	0,02	0,05	0,20	0,34	0,56	7,10	0,099	0,052	0,050 - 0,055
Frauen	1916	35	0,02	0,04	0,13	0,20	0,36	8,19	0,070	0,041	0,040 - 0,043
Geschlecht (unbehandeltes Haar) *											
Männer	1753	20	0,02	0,05	0,20	0,34	0,56	7,10	0,099	0,052	0,049 - 0,054
Frauen	534	16	0,02	0,03	0,09	0,16	0,24	0,94	0,050	0,033	0,031 - 0,036
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	2962	40	0,02	0,04	0,13	0,22	0,39	7,10	0,071	0,042	0,041 - 0,044
neue Bundesländer	762	16	0,02	0,06	0,28	0,47	0,72	8,19	0,133	0,064	0,059 - 0,069
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Männer	1445	14	0,02	0,04	0,16	0,28	0,46	7,10	0,087	0,047	0,045 - 0,050
Frauen	1517	26	0,02	0,04	0,11	0,17	0,26	1,60	0,057	0,038	0,037 - 0,040
neue Bundesländer											
Männer	364	7	0,02	0,08	0,33	0,54	0,87	3,19	0,150	0,077	0,068 - 0,086
Frauen	398	9	0,02	0,05	0,23	0,39	0,63	8,19	0,118	0,054	0,049 - 0,061
Dauerwelle (Frauen) *											
nein	903	23	0,01	0,03	0,09	0,15	0,26	0,94	0,050	0,033	0,032 - 0,035
ja	998	11	0,02	0,05	0,16	0,25	0,47	8,19	0,087	0,050	0,047 - 0,053
Färbung/Tönung (Frauen)											
nein	1096	26	0,02	0,04	0,13	0,22	0,35	8,19	0,071	0,041	0,039 - 0,043
ja	805	9	0,02	0,04	0,13	0,19	0,37	6,59	0,069	0,042	0,039 - 0,044
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
teilw./überw. grau	746	13	0,02	0,04	0,16	0,28	0,47	2,21	0,085	0,046	0,043 - 0,049
blond	536	13	0,02	0,04	0,19	0,31	0,59	7,10	0,100	0,048	0,044 - 0,053
braun	816	5	0,02	0,04	0,17	0,29	0,43	1,99	0,081	0,046	0,043 - 0,049
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)											
vor 0 bis 1 Tag	1217	17	0,02	0,04	0,15	0,26	0,45	7,10	0,081	0,045	0,043 - 0,048
vor 2 bis 3 Tagen	657	11	0,02	0,04	0,18	0,29	0,56	2,59	0,093	0,047	0,043 - 0,050
vor 4 und mehr Tagen	411	9	0,02	0,05	0,21	0,35	0,54	3,19	0,098	0,051	0,046 - 0,056

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.5.6.2: **Cadmiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)**
spezifische Gliederung
 [Bestimmungsgrenze: 0,006 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Schulabschluß *											
keiner; Volks-, Hauptschule	2074	36	0,02	0,04	0,19	0,30	0,50	7,10	0,089	0,048	0,046 - 0,050
Realschule, mittl. Reife	906	16	0,02	0,04	0,16	0,26	0,46	6,59	0,084	0,046	0,043 - 0,049
Fachhochschulreife, Abitur	705	4	0,02	0,04	0,12	0,16	0,27	8,19	0,070	0,041	0,039 - 0,044
Staubbelastung am Arbeitsplatz *											
nie oder selten	2507	38	0,02	0,04	0,13	0,21	0,39	6,59	0,071	0,042	0,041 - 0,044
häufig oder immer	1183	16	0,02	0,05	0,24	0,37	0,65	8,19	0,113	0,056	0,052 - 0,059
Rauchstatus *											
Nichtraucher	2565	40	0,02	0,04	0,15	0,26	0,41	7,10	0,078	0,044	0,042 - 0,046
Raucher	1159	15	0,02	0,05	0,18	0,32	0,56	8,19	0,097	0,052	0,049 - 0,055
Cadmiumgehalt im Trinkwasser *											
bis 0,05 $\mu\text{g/l}$	1265	19	0,02	0,04	0,15	0,28	0,47	7,10	0,081	0,043	0,041 - 0,045
über 0,05 bis 0,5 $\mu\text{g/l}$	2085	30	0,02	0,04	0,15	0,25	0,42	8,19	0,079	0,045	0,044 - 0,047
über 0,5 $\mu\text{g/l}$	375	6	0,02	0,06	0,26	0,38	0,60	6,59	0,122	0,065	0,058 - 0,072
Ofenheizung mit Holz/Kohle *											
nein	3026	45	0,02	0,04	0,15	0,25	0,41	8,19	0,078	0,045	0,043 - 0,046
ja	696	10	0,02	0,05	0,23	0,34	0,56	7,10	0,110	0,053	0,049 - 0,057
Cadmium-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher) *											
bis 0,015 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	2715	45	0,02	0,04	0,15	0,25	0,39	8,19	0,076	0,043	0,042 - 0,045
über 0,015 bis 0,03 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	701	7	0,02	0,04	0,19	0,32	0,61	7,10	0,100	0,051	0,048 - 0,055
über 0,03 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$	308	4	0,02	0,06	0,26	0,49	0,81	3,19	0,123	0,063	0,056 - 0,071
Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume *											
bis 4 Stunden	2461	32	0,02	0,04	0,15	0,24	0,41	8,19	0,078	0,045	0,043 - 0,047
über 4 bis 7 Stunden	889	17	0,02	0,04	0,16	0,29	0,45	7,10	0,082	0,045	0,042 - 0,048
über 7 Stunden	375	5	0,02	0,05	0,28	0,53	0,86	2,59	0,128	0,060	0,054 - 0,068
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	2535	40	0,02	0,04	0,15	0,26	0,44	8,19	0,082	0,044	0,043 - 0,046
warme (Mai bis September)	1190	16	0,02	0,05	0,18	0,29	0,48	7,10	0,089	0,051	0,048 - 0,054

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.5.6.3: **Cadmiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)**
Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: 0,006 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	704	30	0,01	0,05	0,19	0,30	0,61	3,66	0,096	0,048	0,044 - 0,052
Geschlecht *											
Jungen	363	21	0,01	0,06	0,23	0,32	0,61	1,16	0,102	0,056	0,050 - 0,063
Mädchen	342	9	0,02	0,04	0,11	0,25	0,67	3,66	0,089	0,040	0,036 - 0,044
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	509	30	0,01	0,04	0,16	0,25	0,49	3,66	0,086	0,042	0,038 - 0,047
neue Bundesländer	196	0	0,02	0,06	0,27	0,41	0,77	1,87	0,121	0,065	0,056 - 0,074
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Jungen	263	21	0,01	0,06	0,22	0,32	0,52	1,16	0,096	0,050	0,043 - 0,058
Mädchen	246	9	0,01	0,04	0,10	0,13	0,31	3,66	0,075	0,035	0,031 - 0,039
neue Bundesländer											
Jungen	100	0	0,02	0,07	0,28	0,41	0,64	0,78	0,116	0,074	0,062 - 0,089
Mädchen	96	0	0,02	0,05	0,23	0,34	1,53	1,87	0,125	0,056	0,045 - 0,069
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
blond	405	21	0,01	0,05	0,22	0,35	0,82	3,66	0,112	0,049	0,044 - 0,055
braun	230	4	0,02	0,05	0,14	0,24	0,34	1,16	0,074	0,047	0,042 - 0,053
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)											
vor 0 bis 1 Tag	196	8	0,02	0,05	0,19	0,32	0,81	3,66	0,107	0,046	0,039 - 0,054
vor 2 bis 3 Tagen	234	4	0,02	0,05	0,24	0,33	0,60	1,87	0,105	0,056	0,049 - 0,064
vor 4 und mehr Tagen	220	11	0,01	0,04	0,14	0,26	0,58	1,64	0,084	0,045	0,039 - 0,052

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.5.6.4: **Cadmiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)**
spezifische Gliederung

[Bestimmungsgrenze: 0,006 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Körperliche Betätigung im Freien *											
seltener	119	2	0,01	0,03	0,10	0,17	0,41	3,66	0,089	0,035	0,029 - 0,042
häufiger	583	27	0,02	0,05	0,21	0,30	0,66	1,87	0,097	0,051	0,046 - 0,055
Cadmiumgehalt im Trinkwasser *											
bis 0,05 $\mu\text{g/l}$	231	14	0,01	0,04	0,12	0,22	0,30	0,81	0,065	0,037	0,032 - 0,042
über 0,05 bis 0,5 $\mu\text{g/l}$	403	11	0,02	0,05	0,20	0,32	0,56	3,66	0,105	0,052	0,047 - 0,058
über 0,5 $\mu\text{g/l}$	70	5	0,02	0,07	0,29	0,40	1,04	1,64	0,141	0,066	0,049 - 0,091
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	455	30	0,01	0,04	0,14	0,27	0,52	1,87	0,080	0,040	0,036 - 0,045
warme (Mai bis September)	250	0	0,02	0,06	0,23	0,33	0,81	3,66	0,124	0,065	0,057 - 0,073

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.6 Calcium

5.6.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Calciumgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt $496 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 3778$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 480 bis $512 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $12420 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $20 \mu\text{g/g}$ liegen $0,2 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.6.6.1).

5.6.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.6.1.1.1 Geschlecht

25- bis 69jährige Männer weisen mit $313 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Frauen mit $773 \mu\text{g/g}$ einen signifikant geringeren mittleren Calciumgehalt im Haar auf. Bei einem Vergleich der Gehalte bei Personen mit unbehandeltem Haar ist dieser Unterschied ebenfalls statistisch signifikant, jedoch viel weniger stark ausgeprägt (Männer: $307 \mu\text{g/g}$, Frauen: $390 \mu\text{g/g}$).

5.6.1.1.2 Alte/neue Bundesländer

Der Calciumgehalt im Haar der Bevölkerung der alten und der neuen Bundesländer unterscheidet sich nicht signifikant. Bei Differenzierung nach dem *Geschlecht* zeigt sich, daß die Männer in den alten Bundesländern mit $327 \mu\text{g/g}$ gegenüber den Männern in den neuen Bundesländern mit $264 \mu\text{g/g}$ höhere Gehalte im Haar aufweisen. Dagegen ist bei den Frauen in den neuen Ländern der höhere mittlere Calciumgehalt im Haar mit $889 \mu\text{g/g}$ zu beobachten (alte Bundesländer: $744 \mu\text{g/g}$).

5.6.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)

Frauen mit einer Dauerwelle weisen mit $1096 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu Frauen ohne Dauerwelle mit $527 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Calciumgehalt im Haar auf. Auch durch die Färbung/Tönung ist eine signifikante Erhöhung des Calciumgehaltes festzustellen ($1091 \mu\text{g/g}$ gegenüber $601 \mu\text{g/g}$).

5.6.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Für graues Haar wird vergleichsweise der geringste Calciumgehalt festgestellt. Er beträgt $231 \mu\text{g/g}$ gegenüber $379 \mu\text{g/g}$ bei blondem und $399 \mu\text{g/g}$ bei braunem Haar.

5.6.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Mit abnehmendem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme ergibt sich ein signifikant höherer Calciumgehalt im Haar. Fand die Haarwäsche maximal 1 Tag vor der Probenahme statt, so liegt ein mittlerer Gehalt von $389 \mu\text{g/g}$ vor. Fand die Haarwäsche dagegen mehr als 4 Tage vor der Probenahme statt, so beträgt der mittlere Gehalt im Haar $232 \mu\text{g/g}$.

5.6.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Calciumgehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Lebensalter:

Der mittlere Calciumgehalt im Haar sinkt mit zunehmendem Alter. So wird für 25- bis 29jährige Personen ein mittlerer Calciumgehalt im Haar von 595 $\mu\text{g/g}$ und für 60- bis 69jährige Personen ein Gehalt von 411 $\mu\text{g/g}$ festgestellt. Die statistischen Kennwerte für die ungewichteten Randaltersklassen der neuen Länder finden sich im Anhang 9.1.

Calciumgehalt im Trinkwasser:

Bei einem Calciumgehalt im Trinkwasser bis zu 40 $\mu\text{g/l}$ (entspricht etwa dem Härtebereich I) beträgt der mittlere Calciumgehalt im Haar 345 $\mu\text{g/g}$. Bei einem Calciumgehalt im Wasser von mehr als 110 $\mu\text{g/l}$ (etwa Härtebereich IV) liegt ein Gehalt im Haar von 631 $\mu\text{g/g}$ vor.

5.6.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Calciumgehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 269 $\mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 711$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 253 bis 286 $\mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden 4430 $\mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 20 $\mu\text{g/g}$ liegen 0,3 % der analysierten Proben (Tab. 5.6.6.3).

5.6.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.6.2.1.1 Geschlecht

Bei den 6- bis 14jährigen Jungen wurde mit 208 $\mu\text{g/g}$ ein im Vergleich zu den Mädchen mit 354 $\mu\text{g/g}$ signifikant geringerer mittlerer Calciumgehalt im Haar festgestellt.

5.6.2.1.2 Alte/neue Bundesländer

Der mittlere Calciumgehalt im Haar der Kinder der alten und der neuen Bundesländer unterscheidet sich nicht signifikant.

5.6.2.1.3 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei braunem Haar wird im Vergleich zu blondem Haar ein signifikant höherer mittlerer Calciumgehalt bestimmt (306 $\mu\text{g/g}$ gegenüber 243 $\mu\text{g/g}$).

5.6.2.1.4 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

In frisch gewaschenem Haar, d. h. die letzte Haarwäsche fand 0 bis 1 Tag vor der Probenahme statt, werden signifikant höhere Calciumgehalte festgestellt als in ungewaschenem Haar, d. h. zwischen letzter Haarwäsche und Probenahme lag ein längerer Zeitraum. Lag der Zeitpunkt der Haarwäsche maximal einen Tag zurück, so liegt ein Calciumgehalt im Haar von 312 µg/g vor. Fand die Haarwäsche dagegen 4 oder mehr Tage vor der Probenahme statt, so beträgt der Gehalt im Haar 209 µg/g.

5.6.2.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Calciumgehalt im Haar der Kinder eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Lebensalter:

Mit zunehmendem Alter nimmt der mittlere Calciumgehalt im Haar zu. 6- bis 8jährige Kinder weisen mit 192 µg/g einen deutlich geringeren Gehalt auf als z. B. die 12- bis 14jährigen Kinder mit 370 µg/g.

Körperliche Betätigung im Freien:

Für eine häufige körperliche Betätigung im Freien ergibt sich mit 257 µg/g ein geringerer Calciumgehalt im Haar als bei seltener körperlicher Tätigkeit im Freien (337 µg/g).

Buddeln, Graben, Höhlenbauen:

Kinder, die angaben, häufig in dieser Art zu spielen, weisen mit 212 µg/g einen geringeren Gehalt im Haar auf als Kinder, die dies nie tun, mit 345 µg/g.

Calciumgehalt im Trinkwasser:

Mit zunehmendem Calciumgehalt im Trinkwasser liegt ein höherer mittlerer Calciumgehalt im Haar vor. Bei einem Gehalt im Wasser bis zu 40 µg/l (entspricht etwa dem Härtebereich I) ergibt sich ein Gehalt im Haar von 197 µg/g. Bei einem Gehalt im Wasser von mehr als 110 µg/l (etwa Härtebereich IV) liegt ein Gehalt im Haar von 296 µg/g vor.

5.6.2.3 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

Die Gruppe der 6- bis 14jährigen Kinder weist mit 269 µg/g einen signifikant geringeren mittleren Calciumgehalt im Haar auf als die Erwachsenen mit 496 µg/g. Bei den Kindern nimmt der Calciumgehalt mit zunehmendem Alter zu, bei den Erwachsenen dagegen ab. Jungen weisen geringere Gehalte auf als Männer und Mädchen geringere Gehalte als Frauen.

5.6.3 Zusammenfassung und Diskussion

Daß ein Vergleich der in dieser Studie ermittelten Calciumgehalte im Haar mit den Daten aus der Literatur nur eingeschränkt möglich ist, wurde in Kapitel 5.1 diskutiert. Dennoch sind in den Tabellen 5.6.4.1 und 5.6.4.2 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und diverser anderer Studien zusammengestellt.

Valkovic (1988) gibt an, daß Angaben zu durchschnittlichen Werten für den Calciumgehalt im Haar stark variieren (von 250 bis ca. 4700 µg/g). Die in den Tabellen 5.6.4.1 und 5.6.4.2 angegebenen Daten aus der Literatur sind ebenfalls sehr unterschiedlich mit sehr hohen Gehalten in Pakistan und Großbritannien. Insgesamt liegen die Daten der Umwelt-Surveys vergleichsweise niedrig, auch niedriger als z. B. in den USA.

In der Literatur finden sich wenig Hinweise zu möglichen Einflußgrößen auf den Calciumgehalt in Haaren. Valkovic (1988) weist auf Studienergebnisse hin, in denen eine Korrelation zwischen den Calciumgehalten in Kopf- und Schamhaar auf individueller Basis besteht und wertet dies als Hinweis darauf, daß der Calciumgehalt in den Haaren eher einer biologischen Regulierung unterliegt und weniger durch eine direkte oder indirekte anthropogene Einflußgröße bedingt ist. Andererseits weist er auf Studien hin, die in gleicher Weise wie beim Umwelt-Survey, keinen Zusammenhang zwischen den Gehalten im Blut (bzw. Serum) und in den Haaren nachweisen konnten. Der Geschlechtsunterschied scheint ihm durch kosmetische Maßnahmen bedingt.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Frauen (Mädchen) weisen höhere Calciumgehalte im Haar auf als Männer (Jungen).

Daß Frauen höhere Calciumgehalte im Haar aufweisen als Männer, wurde schon anhand der Daten des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 deutlich (Krause et al. 1989a) und auch in anderen Untersuchungen bestätigt (DiPietro et al. 1989). Zunächst liegt es nahe, dies zu einem großen Teil durch die chemische Haarbehandlung in Form einer Dauerwelle oder Färbung/Tönung zu erklären. Da sich jedoch auch für unbehandeltes Haar ein signifikanter Zusammenhang mit dem Geschlecht (sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern) ergibt, dürfte nicht alleine die chemische Haarbehandlung maßgeblich sein. Möglicherweise ist zusätzlich der höhere Aschegehalt der weiblichen Haare (Anke und Risch 1979) als Erklärung heranzuziehen. Auch in anderen Studien wurden für Mädchen gegenüber Jungen höhere Gehalte im Haar beobachtet (Wilbrand et al. 1991, Morita et al. 1986).

Mit zunehmenden Lebensalter wird für die Erwachsenen eine Abnahme des mittleren Calciumgehaltes im Haar festgestellt. Bei den Kindern hingegen wird eine Zunahme des mittleren Calciumgehaltes mit dem Lebensalter gefunden. Kinder weisen einen geringeren Calciumgehalt im Haar auf als Erwachsene.

Auch im Rahmen der Auswertung des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 konnte bei den Erwachsenen die gleiche Tendenz beobachtet werden (Krause et al. 1989a). Da zwischen dem *Lebensalter* und der natürlichen *Haarfarbe* sowie dem Zeitpunkt der *letzten Haarwäsche* hohe Assoziationen bestehen (vgl. Anhang 9.5), d. h. ältere

Personen häufiger graues Haar (niedrigere Gehalte) haben und sie sich die Haare seltener waschen (niedrigere Gehalte), kann das vorliegende Ergebnis von diesen und ggf. anderen Größen überlagert sein.

Ähnliches gilt für die Calciumgehalte im Haar der Kinder. Auch bei den Kindern bestehen signifikante Assoziationen (vgl. Anhang 9.6) zwischen dem *Lebensalter* und der *Haarfarbe* sowie dem Zeitpunkt der *letzten Haarwäsche*, d. h. jüngere Kinder haben häufiger blondes Haar (niedrigere Gehalte) und waschen sich ihr Haar seltener (niedrigere Gehalte). Vor diesem Hintergrund sind auch die ermittelten niedrigeren Calciumgehalte im Haar der Kinder bei häufigen Spielweisen wie *Buddeln*, *Graben*, *Höhlenbauen* und *Körperliche Betätigung im Freien* zu sehen, da diesen Betätigungen häufiger jüngere Kinder nachgehen. Welche Größen tatsächlich die Calciumgehalte im Haar beeinflussen, kann jedoch im Rahmen der deskriptiven Auswertung nicht abschließend geklärt werden.

Bei einer Untersuchung in den USA, bei der u.a. ein Subkollektiv des National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) untersucht wurde, ergab sich für Calcium zusammen mit weiteren Erdalkalielementen (Ba, Sr, Mg) ein typischer Altersverlauf mit einer deutlichen Zunahme des Gehaltes im Kindesalter. Bei weiter zunehmendem Alter wiesen dann die Daten eine große Streubreite ohne deutliche Tendenz auf (Paschal et al. 1989). Sie berichteten außerdem von geringeren Gehalten bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen. Wilbrand et al. (1991) berichteten ebenfalls für 2- bis 16jährige Kinder von zunehmenden Gehalten mit dem Alter.

Die Anwendung einer Dauerwelle und einer Färbung/Tönung führt zu deutlich höheren Calciumgehalten im Haar. Bei den Erwachsenen werden für graues Haar und bei den Kindern für blondes Haar (gegenüber anderen natürlichen Haarfarben) geringere Gehalte festgestellt.

Ein Anstieg der Gehalte durch eine chemische Haarbehandlung dürfte auf eine Veränderung der adsorptiven bzw. der adsorptiven Eigenschaften der Haare zurückzuführen sein. DiPietro et al. (1989) beschreiben für ein amerikanisches Kollektiv (NHANES) für Calcium zusammen mit den anderen Erdalkalielementen gleichfalls einen Effekt durch eine Dauerwelle und Farbbehandlungen.

Daß für eine Reihe von Elementen (Cu, Mn, Pb, Cd) bei grauem Haar ein geringerer Gehalt gefunden wird, ist in der Literatur beschrieben (Chutsch und Krause 1987). Als Ursache wird die abnehmende Pigmentierung grauen Haares angegeben. Vor diesem Hintergrund erscheint das Ergebnis, daß im blonden Haar der Kinder niedrigere Gehalte als im braunen Haar gefunden werden, plausibel. Allerdings sei auch bei diesem Ergebnis auf die hohe Assoziation zwischen *Lebensalter* und *Haarfarbe* (s. weiter oben) hingewiesen.

Die Calciumgehalte im Haar der Bevölkerung (Kinder/Erwachsene) der neuen und der alten Bundesländer unterscheiden sich nicht.

Ergänzend sei mitgeteilt, daß sich die Calciumgehalte im Trinkwasser sowie die Calcium-Niederschläge in der Außenluft (in den Erhebungspunkten der Umwelt-Surveys gemessen) in den neuen und alten Bundesländern nicht signifikant unterscheiden.

Mit zunehmendem **Calciumgehalt im Trinkwasser** wird bei Erwachsenen und Kindern ein höherer Calciumgehalt im Haar gefunden.

Der Gehalt an Calcium im Trinkwasser kann durch eine orale Aufnahme mit dem Wasser oder durch direkten Kontakt (Waschen) zu einer Erhöhung des Gehaltes im Haar führen. Da in frisch gewaschenem Haar höhere mittlere Calciumgehalte im Haar als in längere Zeit nicht gewaschenem Haar nachgewiesen werden, kann angenommen werden, daß der direkte Wasserkontakt von Bedeutung ist.

Tab. 5.6.4.1: Calciumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Calcium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey I (Krause et al. 1989a)	1985-1986	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung nur Westdeutschland	n=1340	GM=306
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=3778	GM=496
<u>Pakistan</u> (Ashraf et al. 1995c)	?	M, F: 24-30 J.	Kontrollkollektiv „Normalpersonen“	M (n=43) F (n=42)	AM=2591 AM=2600
<u>Saudi-Arabien</u> (Ahmed/Elmubarak 1990)	?	M: 15-22 J.	Vorortbevölkerung, keine Industrie	n=22	GM=766
<u>UK</u> (Barlow et al. 1985)	?	F: 16-49 J.	schwängere Frauen der Allgemeinbevölkerung	n=261	AM=1843
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentl. Angestellte NHANES-Kollektiv	n=332	GM=813
<u>USA (Californien)</u> <u>Indien</u> (Shresta/Schrauzer 1989)	?	M, F: 6-49 J. M, F: 1-43 J.	keine industrielle Belastung	n=20 n=27	AM=783 AM=926

M = Männer, F = Frauen, n = Anzahl, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

Tab. 5.6.4.2: Calciumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Calcium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
Bundesrepublik Deutschland Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=711	GM=269
BRD) (Wilbrand et al. 1991)	1986	J, Mä: 2-16 J.	Stadtbevölkerung	J (n=523) Mä (n=324)	GM=326 GM=643,4
Japan (Morita et al. 1986)	1983	J, Mä: 7-15 J.	Landgebiet	J (n=158) Mä (n=184)	GM=326 GM=643
USA (Paschal et al. 1989)	?	J, Mä \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=172,0

J = Jungen, Mä = Mädchen, n = Anzahl, GM = geometrisches Mittel

5.6.5 Abbildungen

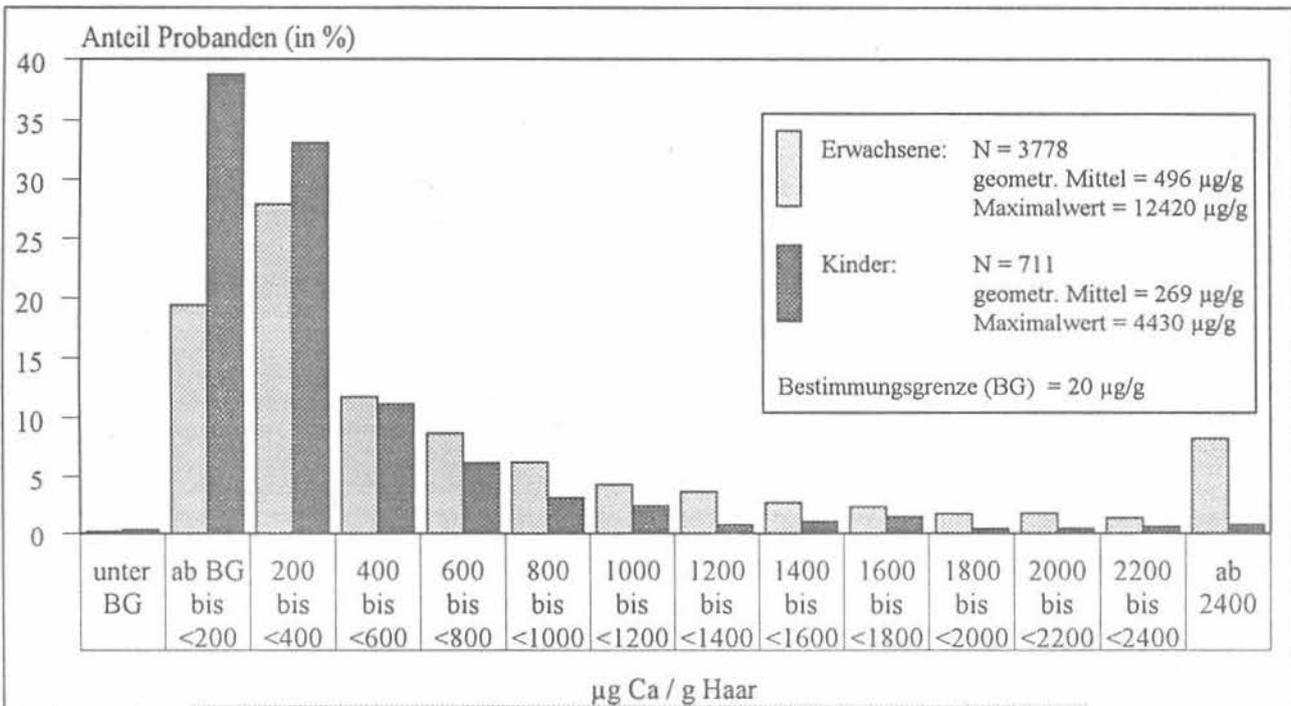


Abb. 5.6.5.1: Calciumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6 - 14 und 25 - 69 Jahre)

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

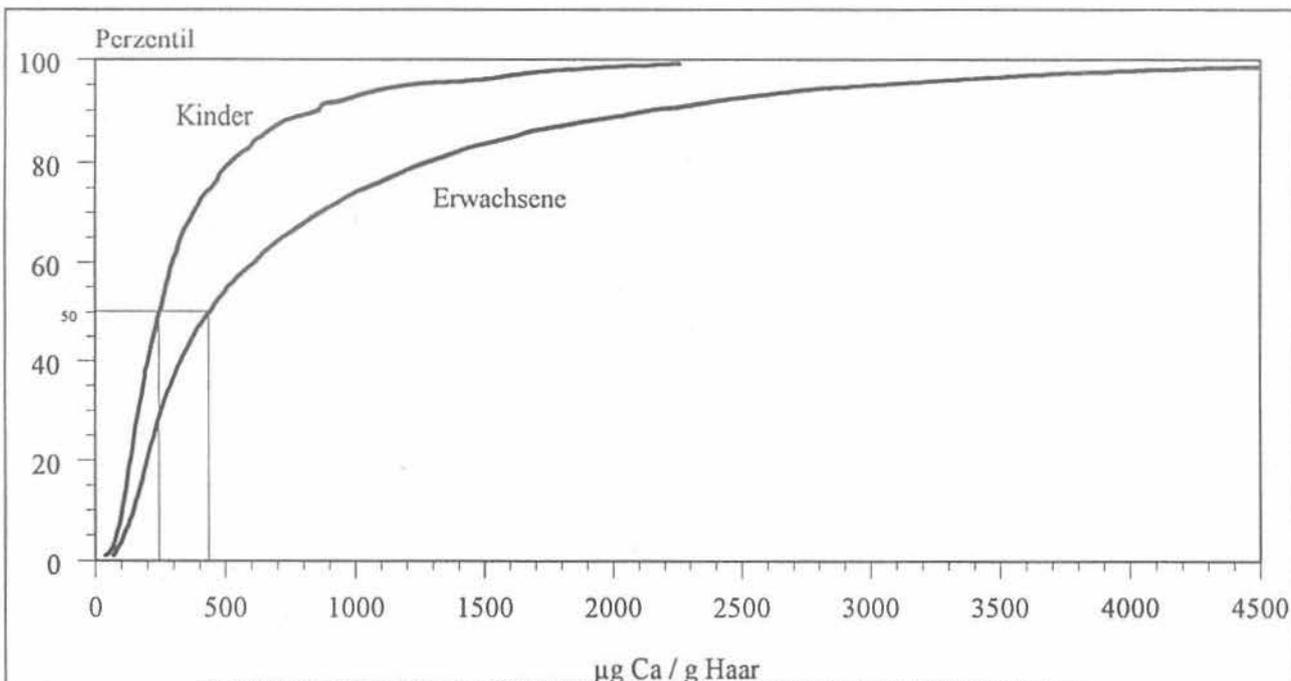


Abb. 5.6.5.2: Calciumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6 - 14 und 25 - 69 Jahre)

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

5.6.6 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

**Tab. 5.6.6.1: Calciumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung
(25 bis 69 Jahre)**

Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: 20 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	3778	6	150	440	2140	3060	4170	12420	856	496	480 - 512
Geschlecht *											
Männer	1858	3	130	290	900	1200	1730	4310	430	313	302 - 324
Frauen	1920	2	200	810	2970	3860	4870	12420	1268	773	738 - 810
Geschlecht (unbehandeltes Haar) *											
Männer	1799	2	120	280	870	1170	1630	3800	416	307	297 - 319
Frauen	539	1	150	340	1320	1780	2640	4750	577	390	363 - 420
Alte/neue Bundesländer											
alte Bundesländer	2987	4	150	440	2060	2860	3870	7820	823	495	478 - 514
neue Bundesländer	790	2	130	410	2500	3610	5250	12420	979	496	458 - 537
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht *											
alte Bundesländer											
Männer	1478	1	130	310	920	1190	1770	3800	445	327	314 - 340
Frauen	1510	2	200	780	2810	3650	4460	7820	1193	744	707 - 784
neue Bundesländer											
Männer	380	2	110	230	820	1210	1540	4310	371	264	244 - 286
Frauen	410	0	190	940	3550	4870	6710	12420	1541	889	799 - 991
Dauerwelle (Frauen) *											
nein	908	1	170	490	1970	2720	3600	9690	832	527	496 - 561
ja	994	1	250	1280	3610	4390	5700	12420	1663	1096	1029 - 1167
Färbung/Tönung (Frauen) *											
nein	1101	2	170	590	2310	3270	4190	12010	999	601	565 - 639
ja	802	0	270	1180	3550	4500	5810	12420	1634	1091	1020 - 1166
Haarfarbe (unbehandeltes Haar) *											
teilw./überw. grau	763	1	100	210	620	850	1130	2490	301	231	220 - 243
blond	545	1	140	370	1360	1820	2700	4750	600	399	370 - 430
braun	839	1	170	340	1000	1370	1860	4540	497	379	361 - 398
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	1241	2	150	370	1120	1420	1980	4540	532	389	373 - 407
vor 2 bis 3 Tagen	674	1	130	270	790	1110	1780	3620	395	287	271 - 304
vor 4 und mehr Tagen	421	0	100	210	580	900	1440	4750	315	232	216 - 248

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

**Tab. 5.6.6.2: Calciumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung
(25 bis 69 Jahre)
spezifische Gliederung
[Bestimmungsgrenze: 20 $\mu\text{g/g}$]**

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Lebensalter *											
25-29 Jahre	510	1	200	570	2030	2670	3690	12010	907	595	550 - 644
30-39 Jahre	901	1	200	520	2050	2960	4150	10840	908	578	544 - 614
40-49 Jahre	783	1	160	430	2060	3030	4600	9240	854	502	468 - 539
50-59 Jahre	891	3	130	360	2230	2940	4000	12420	798	436	406 - 468
60-69 Jahre	693	0	110	300	2420	3430	4130	8370	827	411	377 - 448
Calciumgehalt im Trinkwasser *											
bis 40 $\mu\text{g/l}$	782	1	110	290	1490	2360	3550	9240	615	345	321 - 370
über 40 bis 110 $\mu\text{g/l}$	2167	3	160	470	2130	2990	4080	12420	864	515	494 - 537
über 110 $\mu\text{g/l}$	828	2	180	570	2640	3460	4750	10840	1060	631	588 - 676

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.6.6.3: Calciumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
Standardgliederung
 [Bestimmungsgrenze: 20 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	711	2	110	250	860	1220	1870	4430	394	269	253 - 286
Geschlecht *											
Jungen	366	2	100	210	490	660	1020	2220	270	208	193 - 223
Mädchen	345	0	130	320	1140	1730	2250	4430	524	354	323 - 388
Alte/neue Bundesländer											
alte Bundesländer	510	1	110	260	800	1100	1760	4430	387	271	252 - 291
neue Bundesländer	201	1	100	230	1010	1500	2310	3230	410	264	234 - 298
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Jungen	263	1	100	220	510	740	990	2220	281	217	199 - 237
Mädchen	247	0	120	320	1040	1640	2030	4430	499	342	307 - 381
neue Bundesländer											
Jungen	104	1	100	180	410	530	1230	2210	242	185	161 - 212
Mädchen	97	0	150	320	1470	2060	2800	3230	588	386	324 - 461
Haarfarbe (unbehandeltes Haar) *											
blond	408	2	100	230	800	1110	1730	3230	361	243	223 - 264
braun	231	0	130	270	790	1020	1490	2870	398	306	279 - 334
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	196	1	120	300	910	1100	1700	2540	435	312	277 - 351
vor 2 bis 3 Tagen	235	1	110	260	800	1180	2000	3130	406	286	257 - 318
vor 4 und mehr Tagen	223	0	100	200	480	740	1260	3230	284	209	190 - 229

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.6.6.4: Calciumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
spezifische Gliederung
 [Bestimmungsgrenze: 20 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Lebensalter *											
6-7 Jahre	153	0	90	180	430	650	1140	3230	262	192	172 - 214
8-9 Jahre	167	1	100	220	510	670	1070	2290	287	221	199 - 246
10-11 Jahre	144	0	110	260	1000	1370	1700	2870	396	278	244 - 318
12-14 Jahre	247	1	130	370	1160	1720	2210	4430	545	370	330 - 415
Körperliche Betätigung im Freien *											
seltener	120	0	120	330	1090	1430	1850	2870	487	337	287 - 396
häufiger	588	2	100	240	730	1160	1880	4430	374	257	240 - 274
Buddeln, Graben, Höhlenbauen *											
nie	310	0	140	320	1050	1600	2180	4430	498	345	314 - 379
selten, gelegentlich	217	2	110	210	670	870	1670	2000	323	229	206 - 256
häufig, sehr häufig	182	0	90	200	510	860	1590	3230	300	212	190 - 236
Calciumgehalt im Trinkwasser *											
bis 40 $\mu\text{g/l}$	155	0	90	170	520	740	1220	2580	267	197	176 - 220
über 40 bis 110 $\mu\text{g/l}$	388	1	120	270	880	1430	2030	4430	426	292	269 - 317
über 110 $\mu\text{g/l}$	168	1	120	270	1010	1500	1830	2870	436	296	258 - 339

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.7 Chrom

5.7.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Chromgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt $0,114 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 3317$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $0,111$ bis $0,117 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $7,10 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $0,02 \mu\text{g/g}$ liegen $1,1 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.7.6.1).

5.7.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.7.1.1.1 Geschlecht

25- bis 69jährige Männer weisen mit $0,126 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Frauen mit $0,104 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Chromgehalt im Haar auf. Bei einem Vergleich der Gehalte in unbehandeltem Haar der Männer und der Frauen ist der Unterschied noch deutlicher (Männer: $0,126 \mu\text{g/g}$, Frauen: $0,095 \mu\text{g/g}$).

5.7.1.1.2 Alte/neue Bundesländer

Der Chromgehalt im Haar der Bevölkerung der neuen Bundesländer ist mit $0,104 \mu\text{g/g}$ signifikant niedriger als der Bevölkerung der alten Bundesländer mit $0,116 \mu\text{g/g}$. Der Vergleich jeweils der Männer und Frauen in den alten und neuen Bundesländer ergibt, daß gerade die Frauen der neuen Bundesländer mit $0,088 \mu\text{g/g}$ einen geringeren Chromgehalt im Haar aufweisen als die Frauen der alten Bundesländer mit $0,108 \mu\text{g/g}$, während bei den Männern fast gleiche Gehalte vorliegen.

5.7.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)

Frauen mit einer Dauerwelle weisen mit $0,111 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu Frauen ohne Dauerwelle mit $0,096 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Chromgehalt im Haar auf. Ein Effekt der Färbung/Tönung konnte hingegen nicht festgestellt werden.

5.7.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Der Chromgehalt im Haar unterscheidet sich bei den natürlichen Haarfarben (grau, blond, braun) nicht signifikant.

5.7.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Zwischen dem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme und den Chromgehalten im Haar besteht kein signifikanter Zusammenhang.

5.7.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Chromgehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Staubbelastung am Arbeitsplatz:

Bei häufiger Staubbelastung am Arbeitsplatz (gemessen an der subjektiven Einschätzung zur Häufigkeit von Schmutz an der (Arbeits-)Kleidung) liegt ein mittlerer Chromgehalt im Haar von $0,126 \mu\text{g/g}$ vor. Bei seltener Belastung liegt ein Gehalt im Haar von $0,109 \mu\text{g/g}$ vor.

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit $0,095 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit $0,125 \mu\text{g/g}$ ein geringerer mittlerer Chromgehalt im Haar ermittelt.

5.7.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Chromgehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt $0,088 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 641$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $0,084$ bis $0,092 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $0,89 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $0,02 \mu\text{g/g}$ liegen $1,6 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.7.6.3).

5.7.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.7.2.1.1 Geschlecht

Bei den 6- bis 14jährigen Jungen wird mit $0,095 \mu\text{g/g}$ ein signifikant höherer mittlerer Chromgehalt im Haar festgestellt als bei den Mädchen mit $0,081 \mu\text{g/g}$.

5.7.2.1.2 Alte/neue Bundesländer

Kinder der neuen Bundesländer weisen mit $0,102 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Chromgehalt im Haar auf als Kinder der alten Bundesländer mit $0,083 \mu\text{g/g}$.

5.7.2.1.3 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnte kein Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe (blond, braun) der Kinder und dem Chromgehalt im Haar festgestellt werden.

5.7.2.1.4 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Bei den Kindern konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme und dem Chromgehalt im Haar festgestellt werden.

5.7.2.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Chromgehalt im Haar der Kinder eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Lebensalter:

Mit zunehmendem Alter kann bei den 6- bis 14jährigen Kindern eine Abnahme des Chromgehaltes im Haar festgestellt werden. 6- bis 7jährige Kinder weisen einen Chromgehalt im Haar von $0,105 \mu\text{g/g}$ auf, 12- bis 14jährige dagegen einen Wert von $0,077 \mu\text{g/g}$.

Körperliche Betätigung im Freien:

Für eine häufige körperliche Betätigung im Freien ergibt sich mit $0,091 \mu\text{g/g}$ ein höherer mittlerer Chromgehalt im Haar als bei seltener körperlicher Tätigkeit im Freien ($0,071 \mu\text{g/g}$).

Buddeln, Graben, Höhlenbauen:

Kinder, die angaben, häufig in dieser Art zu spielen, weisen mit $0,102 \mu\text{g/g}$ einen höheren Gehalt im Haar auf als Kinder, die dies nie tun, mit $0,081 \mu\text{g/g}$.

5.7.2.3 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

Die 6- bis 14jährigen Kinder weisen mit $0,088 \mu\text{g/g}$ einen signifikant geringeren mittleren Chromgehalt im Haar auf als Erwachsene mit $0,114 \mu\text{g/g}$. Bei den Kindern ist eine Abnahme der Chromgehalte mit dem Alter festzustellen, bei den Erwachsenen läßt sich dagegen kein Altersgang feststellen. Männer weisen höhere Gehalte auf als Jungen und Frauen höhere Gehalte als Mädchen. Bei getrennter Betrachtung der alten und der neuen Bundesländer ergibt sich, daß die Gehalte der Erwachsenen nur in den alten Bundesländern höher sind als die der Kinder. In den neuen Bundesländern liegen dagegen keine unterschiedlichen Gehalte im Haar der Erwachsenen und Kinder vor.

5.7.3 Zusammenfassung und Diskussion

Daß ein Vergleich der in dieser Studie ermittelten Chromgehalte im Haar mit den Daten aus der Literatur nur eingeschränkt möglich ist, wurde in Kapitel 5.1 diskutiert. Dennoch sind in den Tabellen 5.7.4.1 und 5.7.4.2 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und diverser anderer Studien zusammengestellt.

Chrom wurde im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 nicht im Kopfhair analysiert. Die im Rahmen der Human-Organprobenbank analysierten Gehalte im Haar von Personen aus den Städten Münster, Leipzig und Halle (UBA 1993) sind deutlich höher als die in dieser Studie festgestellten mittleren Gehalte. Im internationalen Vergleich sind die Gehalte eher gering, allerdings wurde aus den USA von noch geringeren Chromgehalten berichtet.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Männer (Jungen) weisen höhere Chromgehalte im Haar auf als Frauen (Mädchen).

Das gleiche Ergebnis wird auch bei unbehandeltem Haar der Erwachsenen beobachtet. Vor dem Hintergrund, daß Männer häufiger einer Staubbelastrung am Arbeitsplatz, die zu höheren Chromgehalten im Haar führen kann, ausgesetzt sind als Frauen, erscheint dieses Ergebnis plausibel. In bezug auf die Erwachsenen lassen sich die unterschiedlichen Gehalte im Haar der Männer und Frauen auch an den Ergebnissen der Untersuchungen der Human-Organprobenbank ablesen (UBA 1993). In anderen Studien - mit allerdings geringen Fallzahlen - konnte kein Effekt des Geschlechts ermittelt werden (Leotsinidis und Kondakis 1990, Sukumar und Subramanian 1992, Wolfspurger et al. 1994).

Jungen gehen Spielweisen wie *Buddeln, Graben, Höhlenbauen* und *körperlicher Betätigung im Freien*, die zu höheren Gehalten im Haar führen können, häufiger nach als Mädchen, so daß hierin eine Ursache für die höheren Chromgehalte im Haar der Jungen liegen könnte. Bei Untersuchungen einer kindlichen Stadtbevölkerung (Wilbrand et al. 1991) und Schulkindern eines Industrie- und Landgebietes (Schumacher et al. 1993) wurden keine unterschiedlichen Gehalte für Jungen und Mädchen ermittelt.

Für die Erwachsenen ist das Lebensalter kein signifikanter Faktor für den Chromgehalt im Haar. Bei den Kindern ist eine Abnahme mit dem Alter festzustellen. Nur bei der westdeutschen Bevölkerung weisen Erwachsene höhere Gehalte auf als Kinder.

Daß bei Erwachsenen höhere Chromgehalte im Haar ermittelt werden als bei Kindern, zeigte sich auch in der in den USA u.a. an einem Kollektiv des National Health and Nutrition Surveys (NHANES) durchgeführten Studie (Paschal et al. 1989). Die Abnahme der Gehalte bei den Kindern geht einher mit einer mit dem Alter verminderten Häufigkeit von *Buddeln, Graben, Höhlenbauen* und *Körperlicher Betätigung im Freien*. Wilbrand et al. (1991) fanden keinen Altersgang bei 2- bis 16jährigen Kindern.

Die Anwendung einer Dauerwelle führt zu höheren Chromgehalten im Haar. Zwischen der Anwendung einer Färbung/Tönung sowie den natürlichen Haarfarben und den Chromgehalten im Haar wurde kein Zusammenhang festgestellt.

Diese Ergebnisse entsprechen aktuellen Literaturergebnissen (Wolfspurger et al. 1994). Schuhmacher et al. (1993) fanden jedoch bei blonden Haaren von Kindern die höchsten Chromgehalte, machten aber darauf aufmerksam, daß gerade jüngere Kinder eher blondes Haar aufweisen.

Frauen der alten Bundesländer weisen einen höheren Chromgehalt im Haar auf als die Frauen der neuen Bundesländer. Bei den Männern liegen keine unterschiedlichen Gehalte vor. Kinder der neuen Bundesländer haben einen höheren Chromgehalt im Haar.

Das Ergebnis, daß für die westdeutschen Frauen höhere Chromgehalte im Haar als für die ostdeutschen Frauen ermittelt werden, ist überraschend, insbesondere im Zusammenhang mit den niedrigeren Gehalten im Haar der westdeutschen Kinder. Vergleicht man die Chromgehalte im getönten/gefärbten Haar der Frauen in den alten mit denen in den neuen Ländern, zeigt sich, daß nur bei den westdeutschen Frauen höhere Gehalte und bei den Ostdeutschen nahezu gleiche Gehalte im getönten/gefärbten Haar gemessen werden. Möglicherweise sind die Rezepturen der Färbe-/Tönungsprodukte (Chromate zur Herstellung von Farbstoffen und Pigmenten) in den alten und neuen Bundesländern unterschiedlich, wodurch das vorliegende Ergebnis plausibel erscheinen könnte. Allerdings weisen auch die unbehandelten Haare (ohne Dauerwelle oder ohne Färbung/Tönung) der Frauen in den alten Bundesländern noch leicht höhere Chromgehalte auf als die der Frauen in den neuen Bundesländern. Die Chrom-Niederschläge in den Außenluft (in den Erhebungspunkten der Umwelt-Surveys gemessen) und im Innenraum unterscheiden sich in den alten und neuen Bundesländern nicht, so daß keine unterschiedliche Immissionssituation vorliegen dürfte. Eventuell werden in den alten und neuen Bundesländern unterschiedliche Haarwasch- und -behandlungsmittel mit andersartigen Rezepturen angewandt. Welche tatsächlichen Einflußgrößen auf den Chromgehalt im Haar der Erwachsenen aber auch der Kinder wirken, kann im Rahmen der Deskription jedoch nicht geklärt werden.

Im Rahmen der Untersuchungen der Human-Organprobenbank mit Probanden aus Halle, Leipzig und Münster konnte keine eindeutige Tendenz hinsichtlich der Chromgehalte im Haar der Männer und der Frauen gefunden werden (UBA 1993).

Eine häufige Staubbelastung am Arbeitsplatz geht einher mit höheren Chromgehalten im Haar.

Die Häufigkeit einer *Staubbelastung am Arbeitsplatz* geht mit einem höheren Chromgehalt im Haar einher. Auffällig ist für Chrom, daß die Signifikanz des Merkmals *Staubbelastung am Arbeitsplatz* nicht einhergeht mit einer Signifikanz der Merkmale *Schulabschluss* und *Berufstätigkeit*, wie es bei einigen anderen Elementen beobachtet wird.

In den Sommermonaten Mai bis September wird bei Erwachsenen ein geringerer Chromgehalt im Haar festgestellt als in den Wintermonaten.

Für einige Elemente konnten Zusammenhänge zu den Jahreszeiten aufgezeigt werden (z. B. Blei und Cadmium), wodurch ein Effekt der Immissionssituation, verbunden vor allem mit einer häufigeren Aufenthaltszeit im Freien in den Sommermonaten, beschrieben wird. Hinweise dafür, daß bei Chrom gerade im Sommer, anders als bei Blei oder Cadmium, geringere Gehalte zu finden sind, liegen allerdings in der Literatur nicht vor.

Tab. 5.7.4.1: Chromgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Chrom im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
Bundesrepublik Deutschland Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=3317	GM=0,114
<u>BRD</u> Umweltprobenbank (UBA 1993)	1991	M, F: 15-64 J. 10-47 J. 20-59 J.	Münster, Studenten Leipzig, Studenten Halle, Arbeiter / Angest.	n=89 n=59 n=50	50.P.=0,306 50.P.=0,311 50.P.=0,414
<u>BRD</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	M	Kontrollkollektiv, nicht kontaminiertes Gebiet	n=13	GM=0,18
<u>Griechenland</u> (Leotsinidis/Kondakis 1990)	?	Landarbeiter M, F > 50 J.	nicht belastetes Gebiet, keine berufl. Belastung, keine Stadtwohnung	M (n=75) F (n=69)	GM=0,50 GM=0,47
<u>Indien</u> (Sukumar/Subramanian 1992)	?	M, F: 30-60 J.	landw. Beschäftigte, Büroangestellte, Hausfrauen	n=121	AM=0,7-2,3
<u>Österreich (Wien)</u> <u>Italien (Rom)</u> (Wolfsperger et al. 1994)	?	M, F: 19-31 J. M, F: 19-26 J.	Studenten	n=39 n=40	GM=0,84 GM=0,68
<u>Saudi-Arabien</u> (Ahmed/Elmubarak 1990)	?	M: 15-22 J.	Vorortbevölkerung keine Industrie	n=22	AM=0,12
<u>Tschechische Republik</u> (Bencko et al 1986)		≈ 1965	Kontrollkollektiv	n=133	GM=0,12-0,37
<u>ehemalige UDSSR</u> (Batzevich 1995)	?	M, F: 18-60 J.	versch. ethnische Gruppen	M (n=774) F (n=913)	AM=0,23-0,81 AM=0,15-0,59
<u>UK</u> (Barlow et al. 1985)	?	F: 16-49 J.	schwängere Frauen der Allgemeinbevölkerung	n=261	AM=0,57
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentliche Angestellte NHANES-Kollektiv	n=332	GM=0,048

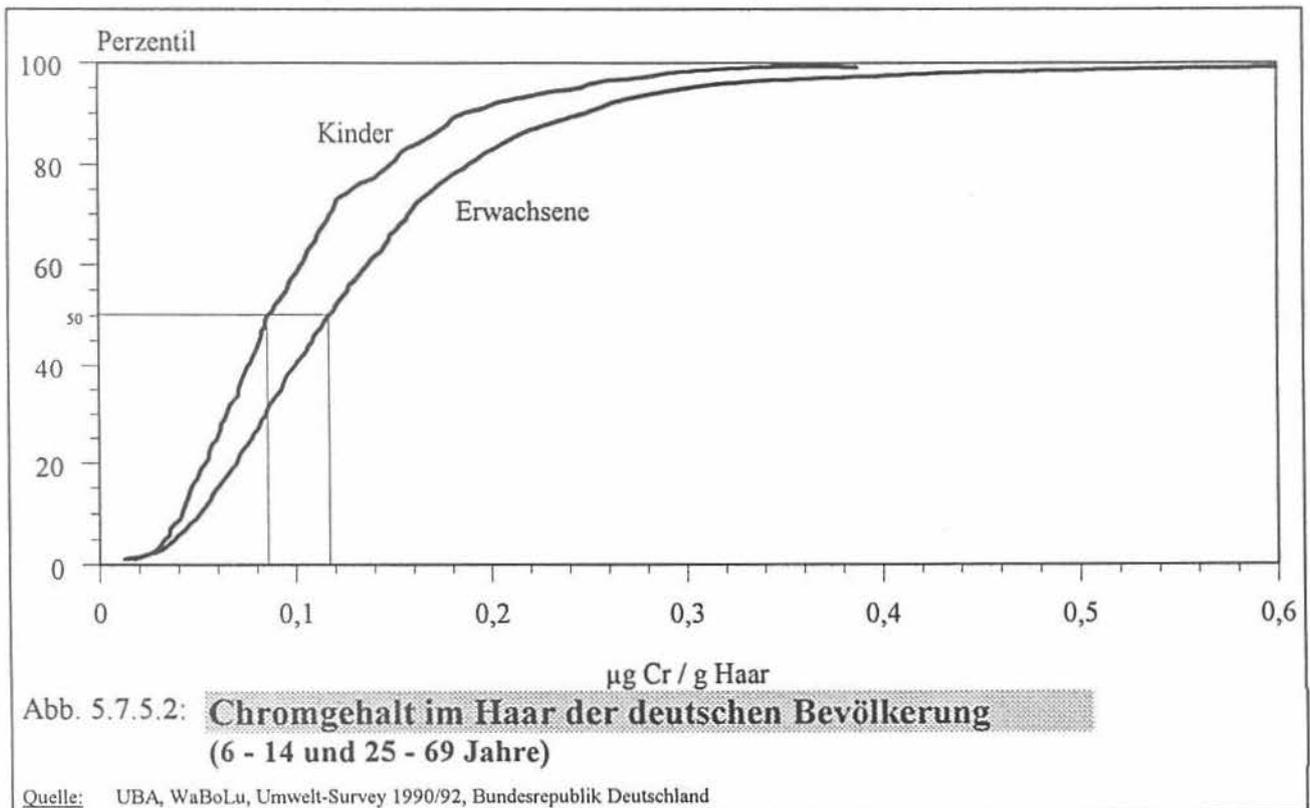
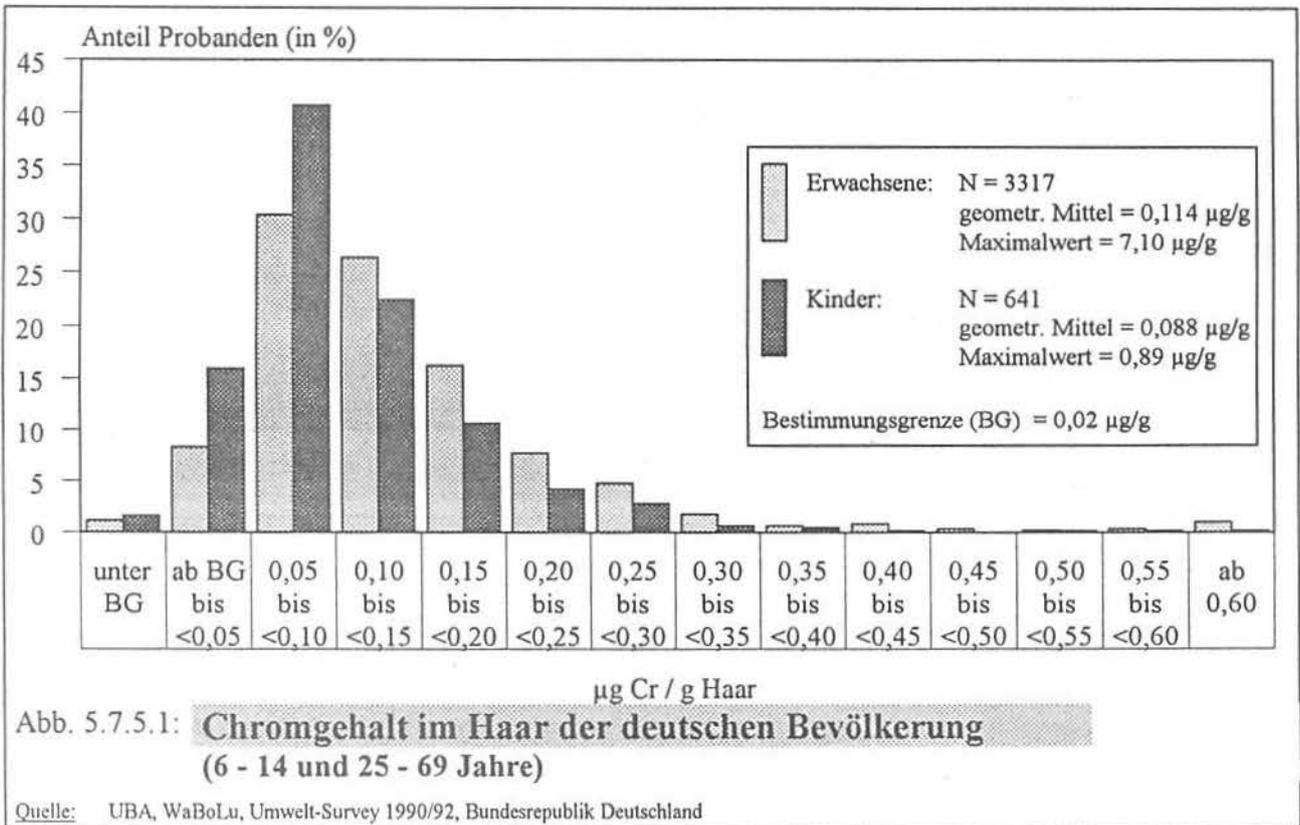
M = Männer, F = Frauen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

Tab. 5.7.4.2: Chromgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Chrom im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=641	GM=0,088
<u>BRD (Berlin)</u> (Wilbrand et al. 1991)	1986	J, Mä: 2-16 J.	Stadtbevölkerung	J (n=523) Mä (n=324)	50.P.=0,2 50.P.=0,18
<u>BRD</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	J, Mä	Kontrollkollektiv	n=27	GM=0,19
<u>Spanien</u> (Schuhmacher et al. 1993)	?	J, Mä: 6-15 J.	Schulkinder Industriegebiet Schulkinder Landgebiet	n=174 n=188	AM=0,66 AM=0,96
<u>Tschechische Republik</u> (Bencko et al. 1986)	ca. 1965	J: 10 J.	Kontrollkollektive	n=163	GM=0,209-0,336
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	J, Mä \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=0,022

M = Männer, F = Frauen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

5.7.5 Abbildungen



5.7.6 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

Tab. 5.7.6.1: **Chromgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)**

Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: 0,02 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	3317	37	0,05	0,12	0,25	0,30	0,44	7,10	0,144	0,114	0,111 - 0,117
Geschlecht *											
Männer	1584	12	0,06	0,13	0,28	0,36	0,56	3,35	0,162	0,126	0,122 - 0,131
Frauen	1733	25	0,05	0,11	0,22	0,26	0,32	7,10	0,128	0,104	0,101 - 0,107
Geschlecht (unbehandeltes Haar) *											
Männer	1537	12	0,06	0,13	0,27	0,35	0,53	3,35	0,161	0,126	0,121 - 0,130
Frauen	492	5	0,05	0,10	0,19	0,25	0,29	0,69	0,113	0,095	0,090 - 0,101
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	2701	32	0,05	0,12	0,25	0,30	0,43	2,07	0,144	0,116	0,113 - 0,119
neue Bundesländer	616	5	0,04	0,10	0,26	0,35	0,56	7,10	0,145	0,104	0,098 - 0,110
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Männer	1292	11	0,06	0,13	0,27	0,35	0,51	2,07	0,160	0,127	0,122 - 0,131
Frauen	1409	21	0,05	0,11	0,22	0,26	0,31	1,40	0,129	0,108	0,104 - 0,111
neue Bundesländer											
Männer	292	1	0,05	0,12	0,33	0,44	0,63	3,35	0,172	0,124	0,114 - 0,135
Frauen	324	4	0,04	0,09	0,20	0,26	0,36	7,10	0,119	0,088	0,082 - 0,095
Dauerwelle (Frauen) *											
nein	818	10	0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,69	0,115	0,096	0,092 - 0,100
ja	902	15	0,05	0,12	0,23	0,27	0,38	7,10	0,140	0,111	0,107 - 0,116
Färbung/Tönung (Frauen)											
nein	1001	13	0,05	0,11	0,21	0,26	0,32	7,10	0,125	0,101	0,097 - 0,105
ja	718	11	0,05	0,11	0,22	0,26	0,36	1,40	0,131	0,108	0,103 - 0,113
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
teilw./überw. grau	667	5	0,06	0,12	0,26	0,32	0,44	3,35	0,149	0,119	0,113 - 0,125
blond	486	4	0,05	0,12	0,26	0,35	0,65	2,68	0,155	0,118	0,111 - 0,126
braun	701	6	0,05	0,12	0,25	0,30	0,44	1,43	0,143	0,116	0,110 - 0,121
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)											
vor 0 bis 1 Tag	1079	11	0,05	0,12	0,26	0,32	0,47	2,07	0,146	0,115	0,111 - 0,120
vor 2 bis 3 Tagen	586	3	0,05	0,12	0,27	0,33	0,47	1,10	0,150	0,120	0,114 - 0,127
vor 4 und mehr Tagen	361	3	0,05	0,12	0,26	0,33	0,58	3,35	0,160	0,120	0,112 - 0,129

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

**Tab. 5.7.6.2: Chromgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung
(25 bis 69 Jahre)
spezifische Gliederung
[Bestimmungsgrenze: 0,02 $\mu\text{g/g}$]**

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Staubbelastung am Arbeitsplatz *											
nie oder selten	2237	28	0,05	0,11	0,23	0,27	0,38	3,35	0,134	0,109	0,106 - 0,112
häufig oder immer	1047	8	0,05	0,13	0,29	0,40	0,59	7,10	0,166	0,126	0,120 - 0,131
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	2230	15	0,06	0,13	0,26	0,32	0,46	3,35	0,153	0,125	0,122 - 0,128
warme (Mai bis September)	1087	23	0,04	0,09	0,23	0,29	0,41	7,10	0,126	0,095	0,091 - 0,099

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.7.6.3: Chromgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)

Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: 0,02 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	641	10	0,04	0,09	0,19	0,25	0,30	0,89	0,106	0,088	0,084 - 0,092
Geschlecht *											
Jungen	333	7	0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,51	0,115	0,095	0,088 - 0,102
Mädchen	308	2	0,04	0,08	0,17	0,23	0,29	0,89	0,098	0,081	0,075 - 0,086
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	477	8	0,04	0,08	0,18	0,23	0,29	0,51	0,100	0,083	0,079 - 0,088
neue Bundesländer	165	2	0,05	0,11	0,21	0,28	0,42	0,89	0,126	0,102	0,093 - 0,113
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Jungen	248	6	0,04	0,09	0,20	0,25	0,30	0,51	0,111	0,091	0,084 - 0,099
Mädchen	229	2	0,04	0,07	0,15	0,18	0,24	0,31	0,087	0,075	0,070 - 0,081
neue Bundesländer											
Jungen	86	2	0,05	0,11	0,20	0,23	0,30	0,44	0,124	0,106	0,092 - 0,121
Mädchen	79	0	0,04	0,10	0,25	0,31	0,57	0,89	0,128	0,099	0,085 - 0,116
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
blond	382	7	0,04	0,09	0,20	0,25	0,29	0,61	0,108	0,088	0,082 - 0,094
braun	199	0	0,05	0,09	0,18	0,21	0,38	0,89	0,106	0,088	0,081 - 0,096
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)											
vor 0 bis 1 Tag	185	2	0,04	0,08	0,17	0,23	0,28	0,61	0,097	0,079	0,072 - 0,087
vor 2 bis 3 Tagen	222	3	0,04	0,08	0,20	0,26	0,30	0,57	0,108	0,088	0,081 - 0,096
vor 4 und mehr Tagen	188	3	0,05	0,10	0,18	0,23	0,35	0,89	0,114	0,096	0,088 - 0,105

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.7.6.4: Chromgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)

spezifische Gliederung

[Bestimmungsgrenze: $0,02 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Lebensalter *											
6-7 Jahre	126	0	0,05	0,11	0,21	0,27	0,30	0,34	0,122	0,105	0,095 - 0,116
8-9 Jahre	152	2	0,05	0,10	0,21	0,26	0,29	0,57	0,113	0,093	0,084 - 0,103
10-11 Jahre	131	0	0,04	0,08	0,18	0,21	0,25	0,89	0,102	0,085	0,078 - 0,094
12-14 Jahre	231	8	0,04	0,08	0,17	0,24	0,31	0,51	0,096	0,077	0,071 - 0,085
Körperliche Betätigung im Freien *											
seltener	113	3	0,03	0,07	0,17	0,28	0,33	0,89	0,094	0,071	0,063 - 0,082
häufiger	526	6	0,04	0,09	0,19	0,23	0,29	0,61	0,109	0,091	0,087 - 0,096
Buddeln, Graben, Höhlenbauen *											
nie	288	4	0,04	0,08	0,18	0,25	0,30	0,89	0,100	0,081	0,075 - 0,087
selten, gelegentlich	190	5	0,04	0,09	0,17	0,22	0,27	0,61	0,103	0,086	0,079 - 0,094
häufig, sehr häufig	161	0	0,06	0,10	0,21	0,28	0,31	0,57	0,120	0,102	0,094 - 0,112

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;

Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.8 Kupfer

5.8.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Kupfergehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt 13,6 $\mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 3817$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 13,3 bis 13,9 $\mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden 788 $\mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 0,4 $\mu\text{g/g}$ liegen 0,05 % der analysierten Proben (Tab. 5.8.6.1).

5.8.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.8.1.1.1 Geschlecht

25- bis 69jährige Frauen weisen mit 14,6 $\mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Männern mit 12,7 $\mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Kupfergehalt im Haar auf. Bei einem Vergleich der Gehalte bei Personen mit unbehandeltem Haar ist jedoch kein unterschiedlicher Kupfergehalt vorhanden.

5.8.1.1.2 Alte/neue Bundesländer

Der Kupfergehalt im Haar der Bevölkerung der neuen Bundesländer ist mit 10,0 $\mu\text{g/g}$ signifikant geringer als der der Bevölkerung der alten Bundesländer mit 14,8 $\mu\text{g/g}$. Ferner sind im Haar der ostdeutschen Männer bzw. Frauen geringere Gehalte als im Haar der westdeutschen Männer bzw. Frauen zu beobachten.

5.8.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)

Zwischen den Frauen mit und ohne *Dauerwelle* läßt sich kein unterschiedlicher Kupfergehalt im Haar feststellen. Die Anwendung einer *Färbung/Tönung* führt zwar mit 15,7 $\mu\text{g/g}$ zu höheren Werten (ohne Färbung/Tönung 13,9 $\mu\text{g/g}$), ist jedoch auf dem Niveau $p \leq 0,001$ nicht signifikant.

5.8.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung ergibt sich für graues Haar mit 11,2 $\mu\text{g/g}$ ein signifikant geringerer mittlerer Gehalt als für blondes oder braunes Haar mit 14,4 bzw. 13,7 $\mu\text{g/g}$.

5.8.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Zwischen dem Zeitpunkt der letzten Haarwäsche und der Probenahme und den Kupfergehalten im Haar läßt sich ein signifikanter Zusammenhang feststellen. Lag der Zeitpunkt der letzten Haarwäsche mehr als 4 Tage vor der Probenahme, wird ein signifikant geringerer mittlerer Gehalt im Haar (10,7 $\mu\text{g/g}$) ermittelt als bei einem entsprechenden Zeitraum von 0 bis 1 Tag (14,4 $\mu\text{g/g}$).

5.8.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Kupfergehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen. Die zusätzlich geprüften Merkmale *Häufigkeit der Schwimmbadbenutzung*, *Häufigkeit der sportlichen Betätigung* und *Einnahme von oralen Kontrazeptiva (Pille)* erwiesen sich nicht als signifikant.

Lebensalter:

Bei den 60- bis 69jährigen Personen wird mit $11,7 \mu\text{g/g}$ der geringste Kupfergehalt im Haar festgestellt. 25- bis 29jährige weisen dagegen einen Gehalt von $15,0 \mu\text{g/g}$ auf. Die statistischen Kennwerte für die ungewichteten Randaltersklassen der neuen Länder sind im Anhang 9.1 wiedergegeben.

Schulabschluß:

Mit zunehmender schulischer Qualifikation gehen höhere mittlere Kupfergehalte einher. Personen mit Abitur weisen einen mittleren Kupfergehalt im Haar von $16,6 \mu\text{g/g}$ auf. Bei Personen ohne oder mit Volksschulabschluß liegt ein Gehalt von $12,8 \mu\text{g/g}$ vor.

Berufstätigkeit:

Berufstätige Personen weisen mit $14,2 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu nicht berufstätigen Personen mit $13,0 \mu\text{g/g}$ einen höheren Kupfergehalt im Haar auf.

Häufigkeit der sportlichen Betätigung:

Bei sportlicher Betätigung von mehr als 2 Stunden wöchentlich findet sich mit $15,7 \mu\text{g/g}$ ein höherer Kupfergehalt im Haar als bei sportlicher Betätigung in geringerem Umfang ($13,3 \mu\text{g/g}$).

Kupfergehalt im Trinkwasser / Kupfer-Wasserleitungen:

Bei einem Kupfergehalt im Wasser von mehr als $300 \mu\text{g/l}$ (einem Zehntel des derzeitigen Richtwertes der Trinkwasserverordnung), liegt ein Gehalt im Haar von $24,4 \mu\text{g/g}$ vor. Bei einem Kupfergehalt im Trinkwasser bis zu $30 \mu\text{g/l}$ beträgt der mittlere Kupfergehalt im Haar $10,1 \mu\text{g/g}$. Bei Vorhandensein einer Wasserleitung aus Kupfer liegt ein mittlerer Gehalt im Haar von $16,4 \mu\text{g/g}$ vor. Liegt keine solche Installation vor, so beträgt der Gehalt im Haar $11,3 \mu\text{g/g}$.

Kupfer-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät):

Mit Zunahme des Kupfer-Niederschlages in der Außenluft nimmt der Kupfergehalt im Haar zu. Bei einer Niederschlagsrate von bis zu $10 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ liegt ein Kupfergehalt im Haar von $12,3 \mu\text{g/g}$ vor. Bei einer Niederschlagsrate von mehr als $20 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{Tag})$ beträgt der mittlere Gehalt im Haar dagegen $17,5 \mu\text{g/g}$.

Wohngebiet / Gemeindegrößenklasse:

Mit zunehmender Einwohnerzahl der Gemeinde liegt ein höherer Kupfergehalt im Haar vor. Bei Gemeinden mit mehr als 100 000 Einwohnern beträgt der Kupfergehalt im Haar $16,0 \mu\text{g/g}$, in den kleineren Gemeinden $13,3$ bzw. $12,3 \mu\text{g/g}$. Gleichzeitig ergibt sich, daß auf dem Land bzw. in ländlichen Gebieten mit $12,8 \mu\text{g/g}$ ein geringerer mittlerer Kupfergehalt im Haar festgestellt wird als in vorstädtischen ($14,1 \mu\text{g/g}$) oder städtischen Gebieten ($14,2 \mu\text{g/g}$).

5.8.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Kupfergehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt $14,9 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 711$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $14,0$ bis $15,8 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $793 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $0,4 \mu\text{g/g}$ liegen $0,1 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.8.6.3).

5.8.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.8.2.1.1 Geschlecht

Bei den 6- bis 14jährigen Jungen bzw. Mädchen kann kein signifikant unterschiedlicher mittlerer Kupfergehalt im Haar festgestellt werden. Mädchen weisen jedoch einen tendenziell höheren Gehalt auf.

5.8.2.1.2 Alte/neue Bundesländer

Kinder der neuen Bundesländer bzw. alten Bundesländer weisen keinen unterschiedlichen Kupfergehalt im Haar auf. Ein tendenziell höherer mittlerer Gehalt liegt in den alten Bundesländern vor.

5.8.2.1.3 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnte kein Zusammenhang zwischen den natürlichen Haarfarben (blond, braun) der Kinder und dem Kupfergehalt im Haar festgestellt werden.

5.8.2.1.4 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

In frisch gewaschenem Haar, d. h. die letzte Haarwäsche fand 0 bis 1 Tag vor der Probenahme statt, werden signifikant höhere Kupfergehalte ($16,2 \mu\text{g/g}$) als in längere Zeit nicht gewaschenem Haar ($12,6 \mu\text{g/g}$), d. h. die letzte Haarwäsche fand 4 und mehr Tage vor der Probenahme statt, ermittelt.

5.8.2.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Kupfergehalt im Haar der Kinder eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Kupfergehalt im Trinkwasser / Kupfer-Wasserleitungen:

Mit zunehmendem Kupfergehalt im Trinkwasser liegt ein höherer mittlerer Kupfergehalt im Haar vor. Bei einem Gehalt im Wasser von mehr als 300 $\mu\text{g/l}$ (einem Zehntel des derzeit gültigen Richtwertes der Trinkwasserverordnung) liegt ein Gehalt im Haar von 20,3 $\mu\text{g/g}$ vor. Bei einem Gehalt im Wasser bis zu 30 $\mu\text{g/l}$ ergibt sich ein Gehalt im Haar von 12,1 $\mu\text{g/g}$. Bei Vorhandensein einer häuslichen Wasserleitung aus Kupfer wird mit 17,6 $\mu\text{g/g}$ ein höherer Kupfergehalt im Haar bestimmt. Ist keine solche Installation vorhanden, so beträgt der Gehalt im Haar 13,8 $\mu\text{g/g}$.

Häufigkeit der Schwimmbadbenutzung:

Der mittlere Kupfergehalt im Haar steigt mit der Häufigkeit eines Schwimmbadbesuchs von 13,2 $\mu\text{g/g}$ (weniger als 1 mal / Woche) auf 16,6 $\mu\text{g/g}$ (mindestens 1 mal / Woche) an.

5.8.2.3 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

Die 6- bis 14jährigen Kinder weisen im Vergleich zu den Erwachsenen keinen statistisch signifikant unterschiedlichen Kupfergehalt im Haar auf.

5.8.3 Zusammenfassung und Diskussion

Daß ein Vergleich der in dieser Studie ermittelten Kupfergehalte im Haar mit den Daten aus der Literatur nur eingeschränkt möglich ist, wurde in Kapitel 5.1 diskutiert. Dennoch sind in den Tabellen 5.8.4.1 und 5.8.4.2 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und diverser anderer Studien zusammengestellt.

Die Angaben der nationalen und internationalen Literatur bewegen sich für die Erwachsenen in einem relativ engen Bereich, in den sich die Ergebnisse der Umwelt-Surveys einordnen lassen. Gleiches gilt für die Kinder.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammengefaßt dargestellt und diskutiert.

Bei unbehandeltem Haar weisen **Frauen gegenüber Männern** keinen signifikant unterschiedlichen Kupfergehalt im Haar auf. Bei den Kindern kann ebenfalls kein Effekt des Geschlechts festgestellt werden.

Bei der deskriptiven Auswertung der Daten des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 (Krause et al. 1989a) und in anderen Studien (Ashraf et al. 1995b) hatte sich ein höherer Gehalt im Haar der Frauen ergeben (kein Ausschluß von behandelten Haaren). Keinen signifikanten Effekt des Geschlechts konnten Wilhelm et al. (1990), Leotsinidis und Kondakis (1990) und Paschal et al. (1989) aufzeigen. Wilbrand et al. (1991) und Wilhelm et al. (1991) konnten ebenfalls keine unterschiedlichen Gehalte im Haar der Jungen und Mädchen feststellen. Wibowo et al. (1986) beschrieben höhere Gehalte bei 4- bis 5jährigen Mädchen aus den Niederlanden. Schuhmacher et al. (1993) fanden ebenfalls höhere Gehalte bei 6- bis 15jährigen Mädchen aus Spanien.

Ausgeprägte **Altersgänge** lassen sich weder für die Erwachsenen noch für die Kinder feststellen. Kinder und Erwachsene weisen keinen unterschiedlichen Gehalt auf.

Im Haar älterer Personen (60- bis 69jährig) werden die niedrigsten Kupfergehalte gemessen. Vor dem Hintergrund, daß ältere Personen häufiger graues Haar haben (vgl. Anhang 9.5), was aufgrund der geringeren Pigmentierung zu niedrigeren Gehalte führen kann, erscheint das Ergebnis plausibel.

Bereits im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 hatte sich eine Tendenz zu abnehmenden Gehalten mit dem Alter gezeigt (Krause et al. 1989a). Auch Wilhelm et al. (1990) fanden für Erwachsene eine Tendenz zu mit dem Alter abnehmenden Gehalten. Andere Autoren konnten hingegen für Kupfer keine Tendenzen aufzeigen (Folin et al. 1991, Sturaro et al. 1994). Wilbrand et al. (1991), Wilhelm et al. (1991) und Schuhmacher et al. (1993) stellten bei bis zu 16jährigen Kindern ebenfalls keinen Altersgang fest.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde für die untersuchten Kinder und Erwachsenen kein signifikant unterschiedlicher Kupfergehalt im Haar festgestellt. Tendenziell ist jedoch ein höherer Gehalt bei den Kindern zu erkennen. Einige Autoren beschreiben ebenfalls für Kinder ähnlichen Alters höhere Gehalte als für Erwachsene (Günther et al. 1992, Eltayeb und Van Grieken 1990, Paschal et al. 1989). In ihrer italienischen Studie konnten Sturaro et al. (1994) keinen unterschiedlichen Gehalt in unbehandelten Haaren der Kinder und Erwachsenen feststellen.

Bei den Erwachsenen wird für **graues Haar** der vergleichsweise geringste Kupfergehalt ermittelt. Bei den Kindern liegen keine signifikant unterschiedlichen Gehalte in blondem und braunem Haar vor. Ein bivariater Zusammenhang zwischen der Anwendung einer **Dauerwelle** oder einer **Färbung/Tönung** und dem Kupfergehalt im Haar konnte nicht ermittelt werden.

Daß für eine Reihe von Elementen (Cu, Mn, Pb, Cd) bei grauem Haar ein geringerer Gehalt gefunden wird, ist in der Literatur beschrieben (Chutsch und Krause 1987). Als Ursache wird die abnehmende Pigmentierung grauen Haares angegeben.

Wilhelm et al. (1990 und 1991) fanden keine unterschiedlichen Kupfergehalte bei unterschiedlicher Haarfarbe oder Haarstruktur. Paschal et al. (1989) fanden keinen Effekt einer Dauerwelle oder Färbung/Tönung.

Schuhmacher et al. (1993) fanden ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen der Haarfarbe und den Kupfergehalten im Haar von Kindern.

Erwachsene der **alten Bundesländer** haben einen höheren Kupfergehalt im Haar als Erwachsene der **neuen Bundesländer**. Bei den Kindern ist ein solcher Unterschied nicht festzustellen.

Die höheren Kupfergehalte der westdeutschen Bevölkerung dürften auf eine exogene Beeinflussung zurückzuführen sein. Eine wesentliche Einflußgröße für den Kupfergehalt im Haar stellt der *Kupfergehalt im Trinkwasser* dar, wie in einer in-vitro und in-vivo Untersuchung gezeigt werden konnte (Krause et al. 1989b). Das im Trinkwasser enthaltene Kupfer wird vom Haar adsorbiert und auch durch die präanalytische Waschprozedur nicht entfernt. Im Rahmen des Umwelt-Surveys wurden im Trinkwasser der alten Bundesländer signifikant höhere Kupfergehalte ermittelt (Nöllke et al. 1995), so daß das vorliegende Ergebnis plausibel erscheint. Zusätzlich könnte möglicherweise auch die Verwendung unterschiedlicher kosmetischer Zusätze bei der Haarwäsche den Ost/West-Unterschied erklären. Darüber hinaus wurden in den alten Ländern höhere Kupfer-Niederschläge in der Außenluft (in den Erhebungspunkten der Umwelt-Surveys gemessen) als in den neuen Ländern ermittelt. Da zwischen den Kupfer-Niederschlägen in der Außenluft und den Gehalten im Haar ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden konnte, kann die unterschiedliche Immissionssituation zusätzlich als mögliche Ursache für die höheren Kupfergehalte im Haar der westdeutschen Bevölkerung herangezogen werden.

Mit höherem Schulabschluß und bei **Berufstätigkeit** wird ein höherer Kupfergehalt im Haar ermittelt.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse muß berücksichtigt werden, daß Männer häufiger berufstätig sind und eher einen höheren Schulabschluß haben als Frauen. Zusätzlich waschen sich Männer häufiger die Haare als Frauen (vgl. Anhang 9.5), so daß sich über den Trinkwasserpfad eine höhere exogene Beeinflussung ergeben könnte. Da sich ferner die *Häufigkeit der sportlichen Betätigung* als signifikantes Merkmal für die Kupfergehalte im Haar herausstellte, wobei mehr Männer als Frauen angaben, mehr als 2 Stunden pro Woche einer sportlichen Betätigung nachzugehen, und mit einer häufigeren sportlichen Betätigung auch ein häufigeres Haarewaschen vermutet werden darf, könnten die vorliegenden Ergebnisse von diesen und ggf. weiteren Größen überlagert sein.

Mit zunehmendem Kupfergehalt im **häuslichen Trinkwasser** und bei Vorhandensein einer Wasserleitung aus Kupfer werden bei Erwachsenen und Kindern zunehmende Kupfergehalte im Haar festgestellt.

Der Kupfergehalt im Trinkwasser kann durch eine orale Aufnahme oder durch direkten Kontakt (Waschen) zu einer Erhöhung des Gehaltes im Haar führen. Im Rahmen früherer Untersuchungen hatte sich ergeben, daß eine Haarwäsche mit kupferhaltigem Leitungswasser (1,5 mg/l) die Kupfergehalte im Haar auf das Dreifache des Ursprungsgehaltes ansteigen ließ. Bei Zusatz von Shampoo vervielfachte sich der Gehalt und ließ sich durch das präanalytische Waschen nicht entfernen (Krause et al. 1989 b). Da in frisch gewaschenem Haar höhere mittlere Kupfergehalte als in längere Zeit nicht gewaschenem Haar nachgewiesen werden, kann angenommen werden, daß der direkte Wasserkontakt von besonderer Bedeutung ist.

Mit zunehmender **Gemeindegröße** und in städtischer Umgebung wird ein höherer Kupfergehalt im Haar der Erwachsenen bestimmt. Bei **zunehmendem Kupfer-Niederschlag in der Außenluft** wird bei den Erwachsenen ein höherer Gehalt im Haar ermittelt, nicht jedoch bei den Kindern.

In Bezug auf die Gemeindegröße wurde ein ähnliches Ergebnis auch im Rahmen der deskriptiven Auswertung des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 ermittelt (Krause et al. 1989a). Dieser Befund korreliert nicht, wie zunächst vermutet, mit der Häufigkeit der Verwendung von *Kupfer-Wasserleitungen* zur häuslichen Wasserversorgung. Vielmehr ist ein Zusammenhang zwischen dem Kupfer-Niederschlag in der Außenluft und der Gemeindegröße vorhanden. Eine zusätzliche Auswertung ergab, daß in größeren Gemeinden und städtischer Umgebung eine höhere Kupfer-Immission festzustellen ist ($p \leq 0,001$). Bei anderen Untersuchungen - allerdings mit geringeren Stichprobenumfängen - wurde hingegen kein Zusammenhang zwischen der Wohnumgebung (städtisch/ländlich) und den Kupfergehalten im Haar der Erwachsenen gefunden (Wilhelm et al. 1990, Sukumar und Subramanian 1992). Gleiches wurde auch für Kinder (Wilhelm et al. 1991, Schuhmacher et al. 1993) aufgezeigt, was dem Ergebnis der Umwelt-Surveys entspricht.

Tab. 5.8.4.1: Kupfergehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Kupfer im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey I (Krause et al. 1989a)	1985-1986	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung nur Westdeutschland	n=1340	GM=14,1
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=3725	GM=13,6
<u>BRD</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	M	Kontrollkollektiv, nicht kontaminiertes Gebiet	n=13	GM=10,5
<u>BRD</u> (Bonn und Umgeb.) (Wilhelm et al. 1990)	?	M, F: 18-84 J.	Stadt / ländliches Gebiet	n=41	GM=17,7
<u>BRD</u> (NRW) (Wilhelm et al. 1994)	1987-1988	M, F	Industrie / ländliches Gebiet	M (n=19) F (n=21)	GM=19,4 / 16,9 GM=36,7 / 16,0
<u>Griechenland</u> (Leotsinidis/Kondakis 1990)	?	M, F > 50 J.	Landarbeiter, nicht kontaminiertes Gebiet, keine berufl. Belastung, keine Stadtwohnung	M (n=75) F (n=69)	GM=10,2 GM=10,4
<u>Indien</u> (Sukumar/Subramanian 1990)	?	M, F: 30-60 J.	landw. Beschäftigte, Haus- frauen, Büroangestellte	n=121	AM=10,4-14,7
<u>Italien</u> (Folin et al. 1991)	?	M: 20-59 J.	Blutspender	n=107	AM=15,9
<u>Italien</u> (Sturaro et al. 1994)	?	M, F: 6-40 J.	gesund, ohne chemische Haarbehandlung	M (n=72) F (n=60)	AM=22 AM=24
<u>Pakistan/Bangladesh</u> (Jamall/Allen 1990)	1986	F: 18-55 J. F: 16-51 J.	industrielle Region ländliche Region	n=41 n=42	GM=14,3 GM=25,3
<u>Pakistan</u> (Ashraf et al. 1995c)	?	M, F: 24-30 J.	Kontrollkollektiv Normalpersonen	M (n=43) F (n=42)	AM=16,2 AM=17,0

Tab. 5.8.4.1 (Fortsetzung): Kupfergehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Kupfer im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Pakistan</u> (Ashraf et al. 1995b)	?	M, F: 6-60 J.	Stadt- / Landbevölkerung	M (n=100) F (n=110)	AM=20,8 / 7,7 AM=20,8 / 10,8
<u>Saudi -Arabien</u> (Ahmed/Elmubarak. 1990)	?	M: 15-22 J.	Vorortbevölkerung keine Industrie	n=22	GM=12,3
<u>Schweden</u> <u>Indien</u> (Srikumar et al. 1992)	?	M, F: 25-62 J. M, F: 23-68 J.	Vegetarier, Nicht-Vegetarier gesund	n=47 n=83	AM=18,6 AM=22,1
<u>Sudan</u> (Eltayeb/VanGrieken 1990)	?	M, F: 22-25 J.	Universitäts-Studenten	n=23	GM=10,1
<u>Tschechische Republik</u> (Bencko et al. 1986)	1965		Kontrollkollektiv	n=102	GM=7,7-10,4
<u>ehemalige UDSSR</u> (Batzevich 1995)	?	M, F: 18-60 J.	ethnische Gruppen	M (n=837) F (n=965)	AM=8,8-20,2 AM=13,1-16,9
<u>UK</u> (Barlow et al. 1985)	?	F: 16-49 J.	Schwangere Frauen der Allgemeinbevölkerung	n=261	AM=38,5
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentl. Angestellte NHANES-Kollektiv	n=332	GM=16,3
<u>USA (Californien)</u> <u>Indien</u> (Shrestha/Schrauzer 1989)	?	M, F: 6-49 J. M, F: 1-43 J.	keine industrielle Belastung	n=20 n=27	AM=16 AM=20

M = Männer, F = Frauen, n = Anzahl, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

Tab. 5.8.4.2: Kupfergehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Kupfer im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbev. West- und Ostdeutschland	n=711	GM=14,9
<u>BRD (Berlin)</u> (Wilbrand et al. 1991)	1986	J, Mä: 2-16 J.	Stadtbevölkerung	J (n=523) Mä (n=324)	50.P.=9,8 50.P.=9,9
<u>BRD (NRW)</u> (Wilhelm et al. 1991)	?	J, Mä: 3-7 J.	Stadt/ländliches Gebiet	n=474	GM=10,6
<u>BRD</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	J, Mä	Kontrollkollektiv	n=27	GM=25,1
<u>BRD (NRW)</u> (Wilhelm et al. 1994)	1985-1986	J, Mä: 5-9 J.	ehemals belastetes/ Kontrollkollektiv	n=47	GM=21,7 / 15,9
<u>Niederlande</u> (Wibowo et al. 1986)	?	J, Mä: 4-5 J.		n=223	GM=17,70
<u>Polen</u> (Zachwieja et al. 1993)	?	J, Mä: 9-13 J.		n=412	AM=9,05-12,32
<u>Spanien</u> (Schuhmacher et al. 1993)	?	J, Mä: 6-15 J.	Schulkinder	n=174 n=128	AM=19,74 AM=15,60
<u>Sudan</u> (Eltayeb/VanGrieken 1990)	?	J, Mä: 6-16 J.	Landbevölkerung	n=11	GM=18,3
<u>Tschechische Republik</u> (Bencko et al. 1986)	ca. 1965	J: 10 J.	Kontrollkollektive	n=301	GM=9,3-17,3
<u>Türkei</u> (Donma et al. 1990)	?	J, Mä \leq 3 J.	z.T. kranke Kinder	n=94	GM=20
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	J, Mä \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=18,8

M = Männer, F = Frauen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

5.8.5 Abbildungen

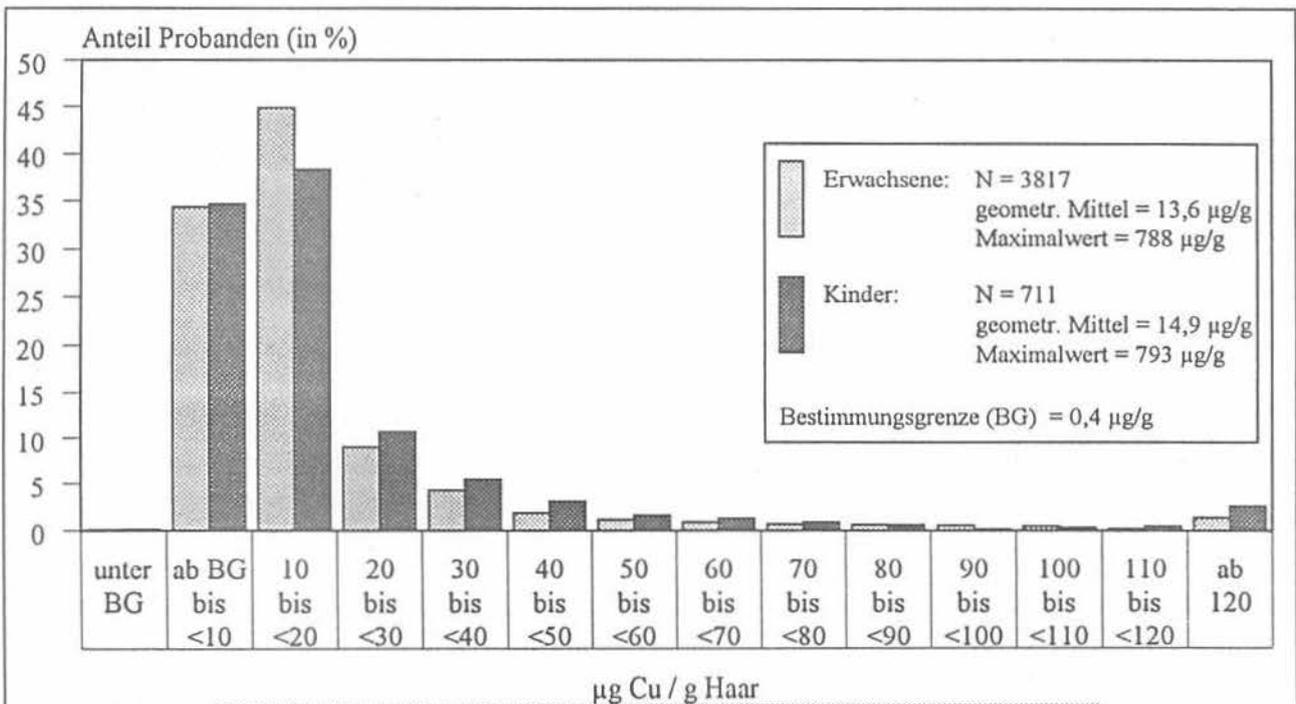


Abb. 5.8.5.1: **Kupfergehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6 - 14 und 25 - 69 Jahre)**

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

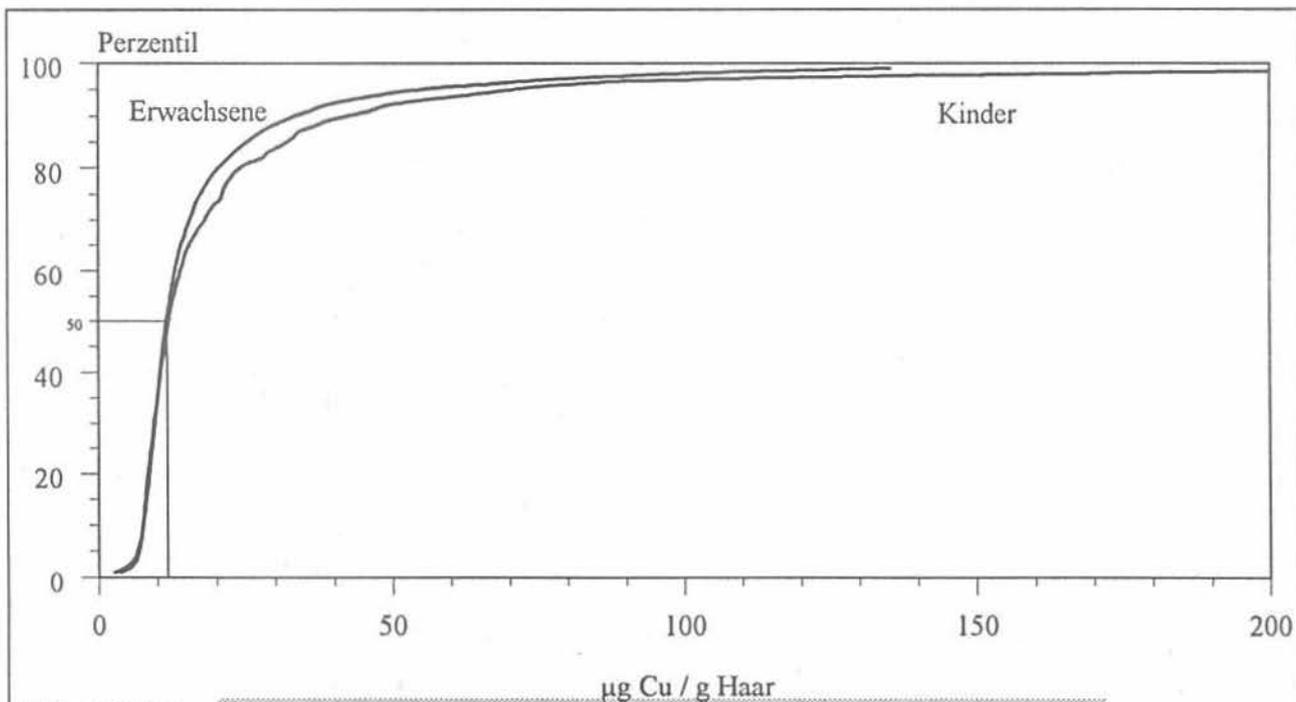


Abb. 5.8.5.2: **Kupfergehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6 - 14 und 25 - 69 Jahre)**

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

5.8.6 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

Tab. 5.8.6.1: Kupfergehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: 0,4 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	3817	2	8	12	33	55	100	788	19,1	13,6	13,3 - 13,9
Geschlecht *											
Männer	1865	1	8	11	27	41	87	369	16,7	12,7	12,3 - 13,0
Frauen	1952	1	8	12	39	67	109	788	21,3	14,6	14,1 - 15,1
Geschlecht (unbehandeltes Haar)											
Männer	1806	1	8	11	27	41	87	369	16,7	12,7	12,3 - 13,1
Frauen	543	1	8	11	34	55	108	158	18,5	13,7	13,0 - 14,6
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	3027	1	8	12	37	64	108	788	20,8	14,8	14,4 - 15,2
neue Bundesländer	790	1	7	9	17	24	39	555	12,2	10,0	9,7 - 10,4
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Männer	1484	0	8	12	30	49	92	369	18,3	13,7	13,2 - 14,1
Frauen	1542	1	8	13	45	75	112	788	23,3	15,9	15,3 - 16,6
neue Bundesländer											
Männer	380	1	7	9	13	18	28	151	10,5	9,5	9,1 - 9,9
Frauen	410	0	7	9	19	30	48	555	13,8	10,5	9,9 - 11,1
Dauerwelle (Frauen)											
nein	917	1	8	12	40	67	109	190	20,5	14,7	14,0 - 15,4
ja	1018	0	8	12	37	67	104	788	21,9	14,6	13,9 - 15,3
Färbung/Tönung (Frauen)											
nein	1116	1	8	12	35	60	109	788	19,9	13,9	13,3 - 14,5
ja	819	0	8	13	45	75	107	410	23,0	15,7	14,9 - 16,5
Haarfarbe (unbehandeltes Haar) *											
teilw./überw. grau	769	1	7	10	21	30	63	176	13,9	11,2	10,8 - 11,7
blond	546	1	8	12	37	65	111	369	19,9	14,4	13,5 - 15,2
braun	843	0	8	12	31	47	93	254	18,4	13,7	13,2 - 14,3
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	1247	1	8	12	34	59	117	369	20,0	14,4	13,8 - 14,9
vor 2 bis 3 Tagen	675	1	7	11	23	34	59	136	14,5	11,9	11,4 - 12,5
vor 4 und mehr Tagen	425	0	7	10	17	28	48	151	12,5	10,7	10,2 - 11,2

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.8.6.2: Kupfergehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)
 spezifische Gliederung
 [Bestimmungsgrenze: $0,4 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Lebensalter *											
25-29 Jahre	513	0	8	13	43	66	111	277	21,4	15,0	14,0 - 16,0
30-39 Jahre	907	0	8	13	41	74	120	788	22,3	15,3	14,6 - 16,1
40-49 Jahre	791	1	8	12	38	76	113	555	20,9	14,6	13,8 - 15,3
50-59 Jahre	900	1	7	11	25	39	69	250	15,7	12,2	11,7 - 12,8
60-69 Jahre	705	0	7	10	24	36	53	410	15,4	11,7	11,1 - 12,2
Schulabschluß *											
keiner; Volks-, Hauptschule	2118	1	7	11	29	46	86	410	17,3	12,8	12,5 - 13,2
Realschule, mittl. Reife	935	1	8	12	33	55	100	788	19,3	13,4	12,8 - 14,1
Fachhochschulreife, Abitur	724	0	8	13	51	78	114	369	24,0	16,6	15,7 - 17,6
Berufstätigkeit *											
berufstätig	2492	2	8	12	36	65	107	788	20,0	14,2	13,8 - 14,6
nicht berufstätig	1185	0	7	11	32	48	79	410	17,6	13,0	12,5 - 13,5
Häufigkeit der sportlichen Betätigung *											
bis 2 Stunden pro Woche	3217	2	8	11	31	50	93	555	18,2	13,3	13,0 - 13,6
über 2 Stunden pro Woche	596	0	8	13	46	78	127	788	23,8	15,7	14,8 - 16,7
Kupfergehalt im Trinkwasser *											
bis $30 \mu\text{g/l}$	1152	1	7	10	16	24	37	555	11,8	10,1	9,8 - 10,4
über 30 bis $300 \mu\text{g/l}$	1851	1	8	12	25	35	54	190	15,2	12,7	12,4 - 13,0
über $300 \mu\text{g/l}$	814	0	10	21	91	128	170	788	38,2	24,4	22,9 - 25,9
Kupfer-Wasserleitungen *											
nein	1448	2	7	10	21	31	55	555	14,8	11,3	11,0 - 11,7
ja	1117	0	8	14	48	85	124	788	24,2	16,4	15,7 - 17,2
Kupfer-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät) *											
bis $10 \mu\text{g}/(\text{m}^3 \text{ Tag})$	1697	1	7	11	26	39	85	369	16,2	12,3	11,9 - 12,7
über 10 bis $20 \mu\text{g}/(\text{m}^3 \text{ Tag})$	1503	0	8	12	35	57	94	788	19,2	13,8	13,4 - 14,3
über $20 \mu\text{g}/(\text{m}^3 \text{ Tag})$	617	1	8	15	50	83	141	555	26,5	17,5	16,4 - 18,6
Wohngebiet *											
Land/ländlich	1353	1	8	11	27	43	93	277	17,3	12,8	12,4 - 13,3
vorstädtisch	1300	0	8	12	35	54	88	196	18,7	14,1	13,6 - 14,7
städtisch	1130	1	8	12	39	74	127	788	21,9	14,2	13,6 - 14,8
Gemeindegrößenklasse *											
unter 20000 Einw.	1641	1	7	11	27	38	84	277	16,2	12,3	11,9 - 12,7
20000 bis unter 100000 Einw.	977	0	8	12	29	47	71	196	17,2	13,3	12,8 - 13,9
100000 und mehr Einw.	1199	1	8	13	48	81	129	788	24,5	16,0	15,3 - 16,7

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.8.6.3: Kupfergehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
Standardgliederung
 [Bestimmungsgrenze: $0,4 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	711	1	8	12	42	71	170	793	24,8	14,9	14,0 - 15,8
Geschlecht											
Jungen	366	1	7	11	35	52	103	330	19,7	13,7	12,7 - 14,8
Mädchen	345	0	8	12	51	87	267	793	30,2	16,4	14,9 - 17,9
Alte/neue Bundesländer											
alte Bundesländer	510	1	8	13	42	67	146	793	25,2	15,8	14,7 - 16,9
neue Bundesländer	201	0	7	9	47	81	215	453	23,8	12,9	11,5 - 14,5
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Jungen	263	1	8	13	38	53	86	257	20,5	14,9	13,6 - 16,3
Mädchen	247	0	8	13	48	72	220	793	30,2	16,8	15,1 - 18,7
neue Bundesländer											
Jungen	104	0	7	9	20	54	151	330	17,7	11,0	9,6 - 12,6
Mädchen	97	0	7	10	69	112	306	453	30,3	15,3	12,7 - 18,5
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
blond	408	1	8	12	42	71	164	508	23,9	14,9	13,8 - 16,1
braun	231	0	8	12	42	61	107	453	21,7	14,6	13,3 - 16,1
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	196	1	8	13	55	72	159	453	25,8	16,2	14,3 - 18,4
vor 2 bis 3 Tagen	235	0	8	12	43	111	228	508	27,3	15,7	14,1 - 17,5
vor 4 und mehr Tagen	223	0	7	10	32	45	58	102	15,7	12,6	11,6 - 13,6

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.8.6.4: **Kupfergehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)**
spezifische Gliederung
 [Bestimmungsgrenze: 0,4 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Kupfergehalt im Trinkwasser *											
bis 30 $\mu\text{g/l}$	219	0	7	10	29	58	118	793	21,7	12,1	10,9 - 13,3
über 30 bis 300 $\mu\text{g/l}$	307	0	8	12	34	49	102	356	20,6	14,4	13,3 - 15,5
über 300 $\mu\text{g/l}$	185	1	9	17	70	121	253	508	35,4	20,3	17,7 - 23,4
Kupfer-Wasserleitungen *											
nein	251	1	7	11	36	72	263	793	26,1	13,8	12,4 - 15,3
ja	273	0	8	14	54	81	174	508	28,5	17,6	16,0 - 19,5
Häufigkeit der Schwimmbadbenutzung *											
weniger als 1mal / Woche	334	0	7	11	33	52	124	508	20,7	13,2	12,2 - 14,3
mindestens 1 mal / Woche	377	1	8	13	50	85	175	793	28,4	16,6	15,2 - 18,1

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.9 Magnesium

5.9.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Magnesiumgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt 30,5 $\mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 3817$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 29,5 bis 31,4 $\mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden 1201 $\mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 1,2 $\mu\text{g/g}$ liegen 0,2 % der analysierten Proben (Tab. 5.9.6.1).

5.9.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.9.1.1.1 Geschlecht

25- bis 69jährige Männer weisen mit 20,6 $\mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Frauen mit 44,2 $\mu\text{g/g}$ einen signifikant und deutlich niedrigeren mittleren Magnesiumgehalt im Haar auf. Bei einem Vergleich der Gehalte in unbehandelten Haaren der Männer und Frauen ist der Unterschied wesentlich geringer ausgeprägt (Männer: 20,4 $\mu\text{g/g}$, Frauen: 25,5 $\mu\text{g/g}$).

5.9.1.1.2 Alte/neue Bundesländern

Das Haar der Bevölkerung der neuen Bundesländer weist im Vergleich zur Bevölkerung der alten Bundesländer keinen statistisch signifikant unterschiedlichen Magnesiumgehalt auf. Jedoch sind die unterschiedlichen Gehalte im Haar der Frauen und Männern in den neuen Bundesländern (Frauen: 52,4 $\mu\text{g/g}$, Männer: 18,9 $\mu\text{g/g}$) deutlicher ausgeprägt als in den alten Ländern (Frauen: 42,3 $\mu\text{g/g}$, Männer: 21,1 $\mu\text{g/g}$).

5.9.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)

Frauen mit einer Dauerwelle weisen mit 56,8 $\mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Magnesiumgehalt im Haar auf als Frauen ohne Dauerwelle mit 33,4 $\mu\text{g/g}$. Bei Anwendung einer Färbung/Tönung wird mit 62,7 $\mu\text{g/g}$ ein signifikant höherer Wert bestimmt als bei Nichtanwendung (34,1 $\mu\text{g/g}$).

5.9.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnten im grauen Haar signifikant niedrigere Gehalte (18,0 $\mu\text{g/g}$) als in blondem Haar (22,6 $\mu\text{g/g}$) und braunem Haar (23,8 $\mu\text{g/g}$) festgestellt werden.

5.9.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Mit zunehmendem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme kann ein signifikant niedrigerer Magnesiumgehalt im Haar festgestellt werden. Fand die Haarwäsche maximal 1 Tag vor der Probenahme statt, so liegt ein Gehalt von 23,0 $\mu\text{g/g}$ vor. Lag die Haarwäsche dagegen mehr als 4 Tage vor der Probenahme, so beträgt der Gehalt im Haar 18,8 $\mu\text{g/g}$.

5.9.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Magnesiumgehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Berufstätigkeit:

Bei Berufstätigen liegt der Magnesiumgehalt im Haar mit $33,5 \mu\text{g/g}$ höher als bei Nichtberufstätigen mit $29,2 \mu\text{g/g}$.

Magnesiumgehalt im Trinkwasser:

Bei einem Magnesiumgehalt im Trinkwasser bis zu $6 \mu\text{g/l}$ (entspricht etwa dem Härtebereich I) beträgt der mittlere Magnesiumgehalt im Haar $21,8 \mu\text{g/g}$. Bei einem Magnesiumgehalt im Wasser von mehr als $20 \mu\text{g/l}$ (etwa Härtebereich III) liegt ein Gehalt im Haar von $45,5 \mu\text{g/g}$ vor.

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit $35,0 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit $28,6 \mu\text{g/g}$ ein höherer mittlerer Magnesiumgehalt im Haar ermittelt.

5.9.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Magnesiumgehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt $16,6 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 711$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $15,6$ bis $17,7 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $357 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $1,2 \mu\text{g/g}$ liegen $0,3 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.9.6.3).

5.9.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.9.2.1.1 Geschlecht

6- bis 14jährige Jungen weisen mit $13,2 \mu\text{g/g}$ einen signifikant geringeren mittleren Magnesiumgehalt im Haar auf als Mädchen mit $21,4 \mu\text{g/g}$.

5.9.2.1.2 Alte/neue Bundesländer

Kinder der neuen Bundesländer weisen im Vergleich zu Kindern der alten Bundesländer keinen statistisch signifikanten Unterschied des Magnesiumgehaltes im Haar auf.

5.9.2.1.3 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnte kein Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe der Kinder (blond, braun) und dem Magnesiumgehalt im Haar festgestellt werden.

5.9.2.1.4 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Zwischen dem Zeitraum der letzten Haarwäsche und der Probenahme und den Magnesiumgehalten im Haar der Kinder konnte kein bivariater Zusammenhang ermittelt werden.

5.9.2.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Magnesiumgehalt im Haar der Kinder eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Lebensalter:

Mit zunehmendem Alter nimmt der mittlere Gehalt an Magnesium im Haar zu. 6- bis 7jährige Kinder weisen mit 13,9 $\mu\text{g/g}$ einen deutlich niedrigeren Gehalt auf als z. B. die 12- bis 14jährigen Kinder mit 20,8 $\mu\text{g/g}$.

Buddeln, Graben, Höhlenbauen:

Kinder die angaben, nie in dieser Art zu spielen, weisen mit 20,5 $\mu\text{g/g}$ einen höheren Gehalt auf als Kinder, die dies oft tun, mit 14,3 $\mu\text{g/g}$.

Magnesiumgehalt im Trinkwasser:

Bei einem Magnesiumgehalt im Trinkwasser bis zu 6 $\mu\text{g/l}$ (entspricht etwa dem Härtebereich I) beträgt der mittlere Magnesiumgehalt im Haar 11,6 $\mu\text{g/g}$. Bei einem Magnesiumgehalt im Wasser von mehr als 20 $\mu\text{g/l}$ (etwa Härtebereich III) liegt ein Gehalt im Haar von 25,7 $\mu\text{g/g}$ vor.

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit 19,8 $\mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit 15,1 $\mu\text{g/g}$ ein höherer mittlerer Magnesiumgehalt im Haar ermittelt.

5.9.2.3 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

6- bis 14jährigen Kinder weisen mit 16,6 $\mu\text{g/g}$ einen signifikant geringeren mittleren Magnesiumgehalt auf als Erwachsene mit 30,5 $\mu\text{g/g}$. Bei den Kindern läßt sich mit zunehmendem Alter eine Zunahme der Gehalte feststellen, bei den Erwachsenen ist kein Altersgang vorhanden.

5.9.3 Zusammenfassung und Diskussion

Daß ein Vergleich der in dieser Studie ermittelten Magnesiumgehalte im Haar mit den Daten aus der Literatur nur eingeschränkt möglich ist, wurde in Kapitel 5.1 diskutiert. Dennoch sind in den Tabellen 5.9.4.1 und 5.9.4.2 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und diverser anderer aktueller Studien zusammengestellt.

Für die Erwachsenen der Bundesrepublik konnten keine vergleichbaren Angaben in der Literatur gefunden werden. Angaben aus Saudi-Arabien (Ahmed und Elmubarak 1990) und aus den USA (Paschal et al. 1989) zum Magnesiumgehalt im Haar liegen um einen Faktor von etwa 2-3 höher als die im Umwelt-Survey ausgewiesenen Werte. Auch bei den Kindern sind die Daten der Umwelt-Surveys eher niedrig, jedoch vergleichbar mit anderen Werten aus der Bundesrepublik. Geringere Gehalte im Haar wurden aus den USA (Paschal et al. 1989) berichtet.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Frauen (Mädchen) haben einen höheren Magnesiumgehalt im Haar als Männer (Jungen).

Daß Frauen deutlich höhere Magnesiumgehalte im Haar aufweisen als Männer, wurde schon anhand der Daten des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 deutlich (Krause et al. 1989a) und auch in anderen Untersuchungen bestätigt (DiPietro et al. 1989). Dieser Effekt ist sicherlich zu einem großen Teil durch die chemische Haarbehandlung in Form einer *Dauerwelle* oder *Färbung/Tönung* bedingt. Da jedoch auch in unbehandeltem Haar der Frauen signifikant höhere Magnesiumgehalte gefunden werden, dürfte eine andere Ursache von Bedeutung sein. So ist möglicherweise der höhere Aschegehalt der weiblichen Haare (Anke und Risch 1971) als Erklärung heranzuziehen. Vor diesem Hintergrund erscheinen auch die in dieser und in anderen Studien (Wilbrand et al. 1991, Morita et al. 1986) gefundenen höheren Gehalte im Haar der Mädchen plausibel.

Nur bei den Kindern wird eine Zunahme des mittleren Magnesiumgehaltes mit dem **Lebensalter** gefunden. Sie weisen insgesamt einen geringeren Gehalt auf als die Erwachsenen.

Dieses Ergebnis wurde auch in einer Untersuchung in den USA ermittelt, bei der u.a. ein Subkollektiv des National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) untersucht wurde. Dort wurde eine altersabhängige Zunahme der Magnesiumgehalte im Haar - zusammen mit weiteren Erdalkalielelementen (Ba, Sr, Ca) - bei bis zu 12jährigen Kindern festgestellt. Bei weiter zunehmendem Alter wiesen dann die Daten eine große Streubreite ohne deutliche Tendenz auf (Paschal et al. 1989). Wilbrand et al. (1991) berichteten von zunehmenden Magnesiumgehalten bei 2- bis 16jährigen Kindern.

Das Gliederungsmerkmal *Buddeln, Graben, Höhlenbauen*, welches bei den Magnesiumgehalten im Haar der Kinder einen signifikanten Zusammenhang liefert, spiegelt ähnlich wie bei Calcium, Strontium und Zink den Alterstrend wider, d. h. jüngere Kinder (geringere Gehalte) gehen diesen Spielweisen häufiger nach. Vor diesem Hintergrund erscheint das vorliegende Ergebnis - häufiges Buddeln, Graben, Höhlenbauen (niedrigere Gehalte) - plausibel.

Die Anwendung einer **Dauerwelle** und die einer **Färbung/Tönung** führen zu deutlich höheren Magnesiumgehalten im Haar. Bei den Erwachsenen ergibt sich für **graues Haar** der geringste Magnesiumgehalt. Bei den Kindern wird kein signifikanter Unterschied zwischen den Gehalten im Haar und der natürlichen Haarfarbe ermittelt.

Die Wirkung der chemischen Haarbehandlung dürfte auf eine Veränderung der absorptiven bzw. der adsorptiven Eigenschaften des Haares zurückzuführen sein. DiPietro et al. (1989) beschreiben für ein amerikanisches Kollektiv (NHANES) für Magnesium zusammen mit den anderen Erdalkalielelementen gleichfalls einen Effekt durch eine Dauerwelle und Farbbehandlung. Wie bei weiteren Elementen wird für graues Haar ein geringerer Magnesiumgehalt im Haar gefunden. Dies entspricht Ergebnissen, wie sie in der Literatur für einige Elemente (Cu, Mn, Pb, Cd) berichtet werden (Chutsch und Krause 1987).

Die Magnesiumgehalte im Haar sowohl der Erwachsenen als auch der Kinder in den **alten und neuen Bundesländern** unterscheiden sich nicht.

Ergänzend zu diesen Ergebnissen sei erwähnt, daß in den neuen Ländern signifikant höhere Magnesiumgehalte im Trinkwasser als in den alten Ländern gemessen und für die ostdeutschen Erwachsenen längere Zeiträume zwischen letzter Haarwäsche und Probenahme beobachtet werden. Danach könnte man höhere Gehalte in den neuen Bundesländer erwarten, was jedoch nicht der Fall ist. Möglicherweise wird dieser Effekt durch andere ggf. gegenläufige Größen überlagert. Eine weitergehende Klärung des Befundes kann nur im Rahmen multivariater Auswertungen erfolgen.

In den **Sommermonaten** wird bei Erwachsenen und Kindern ein höherer Magnesiumgehalt im Haar festgestellt.

Eine zusätzliche Auswertung nach der mittleren Tageshöchsttemperatur während der jeweiligen Untersuchungswoche pro Erhebungsort ergab ebenfalls einen höheren Magnesiumgehalt im Haar bei höheren Temperaturen. Für einige Elemente konnten Zusammenhänge zu den Jahreszeiten aufgezeigt werden (z. B. Blei und Cadmium), wodurch dort ein Effekt der Immissionssituation beschrieben wird. Solche Hinweise liegen allerdings bisher für Magnesium in der Literatur nicht vor. Ein solcher Effekt ist für Magnesium eher unwahrscheinlich, da weder bei den Erwachsenen noch bei den Kindern eine Signifikanz der Merkmale *Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume* bzw. *Aufenthalt im Freien (Kinder)* festzustellen ist. Vielmehr könnte dieser Befund mit dem *Magnesiumgehalt im Trinkwasser* korrelieren. Im Sommer dürfte durch vermehrtes Trinken von Wasser und häufigeres Haarewaschen ein häufigerer Wasserkontakt bestehen. Die Auswertung ergab, daß durch die Haarwäsche vermutlich Magnesium auf das Haar aufgebracht wird.

Berufstätige weisen niedrigere Magnesiumgehalte im Haar auf als Nicht-Berufstätige.

Da Frauen häufiger nicht berufstätig sind, eher eine Dauerwelle oder Färbung/Tönung angewandt haben, die zu höheren Magnesiumgehalten im Haar führen können, dürfte der vorliegende Befund durch andere Größen wie z. B. 'Geschlecht' oder 'chemische Haarbehandlung' überlagert sein.

Mit zunehmendem Magnesiumgehalt im Trinkwasser wird bei Erwachsenen und Kindern ein höherer Magnesiumgehalt im Haar ermittelt.

Der Magnesiumgehalt im Trinkwasser kann durch eine orale Aufnahme oder durch direkten Kontakt (Waschen) zu einer Erhöhung des Gehaltes im Haar führen. Da in frisch gewaschenem Haar höhere mittlere Magnesiumgehalte als in längere Zeit nicht gewaschenem Haar nachgewiesen werden, kann angenommen werden, daß der direkte Wasserkontakt von Bedeutung ist.

Tab. 5.9.4.1: Magnesiumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Magnesium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey I (Krause et al. 1989a)	1985-1986	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung nur Westdeutschland	n=937	GM=45,3
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=3187	GM=30,5
<u>Pakistan</u> (Ashraf et al. 1995c)	?	M, F	Kontrollkollektiv Normalpersonen	M (n=43) F (n=42)	AM=147 AM=174
<u>Saudi-Arabien</u> (Ahmed/Elmubarak 1990)	?	M: 15-22 J.	Vorortbevölkerung keine Industrie	n=22	GM=95
<u>Schweden</u> <u>Indien</u> (Srikumar et al. 1992)	?	M, F: 25-62 J. M, F: 23-68 J.	Vegetarier, Nicht-Vegetarier gesund	n=47 n=83	AM=113 AM=137
<u>UK</u> (Barlow et al. 1985)	?	F: 16-49 J.	schwängere Frauen der Allgemeinbevölkerung	n=261	AM=67,4
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentl. Angestellte NHANES-Kollektiv	n=332	GM=64,1
<u>USA</u> (Californien) <u>Indien</u> (Shrestha/Schrauzer 1989)	?	M, F: 6-49 J. M, F: 1-43 J.	keine industrielle Belastung	n=20 n=27	AM=189 AM=186

M = Männer, F = Frauen, n = Anzahl, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

Tab. 5.9.4.2: Magnesiumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Magnesium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
Bundesrepublik Deutschland Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=711	GM=16,7
BRD (Berlin) (Wilbrand et al. 1991)	1986	J, Mä: 2-16 J.	Stadtbevölkerung	J (n=523) Mä (n=324)	50.P.=18,8 50.P.=24,9
Japan (Morita et al. 1986)	1983	J, Mä: 7-13 J.	Landgebiet	J (n=158) Mä (n=184)	GM=30,40 GM=61,21
Türkei (Donma et al. 1990)	?	J, Mä \leq 3 J.	z.T. kranke Kinder	n=94	GM=122
USA (Paschal et al. 1989)	?	J, Mä \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=8,86

J = Jungen, Mä = Mädchen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel

5.9.5 Abbildungen

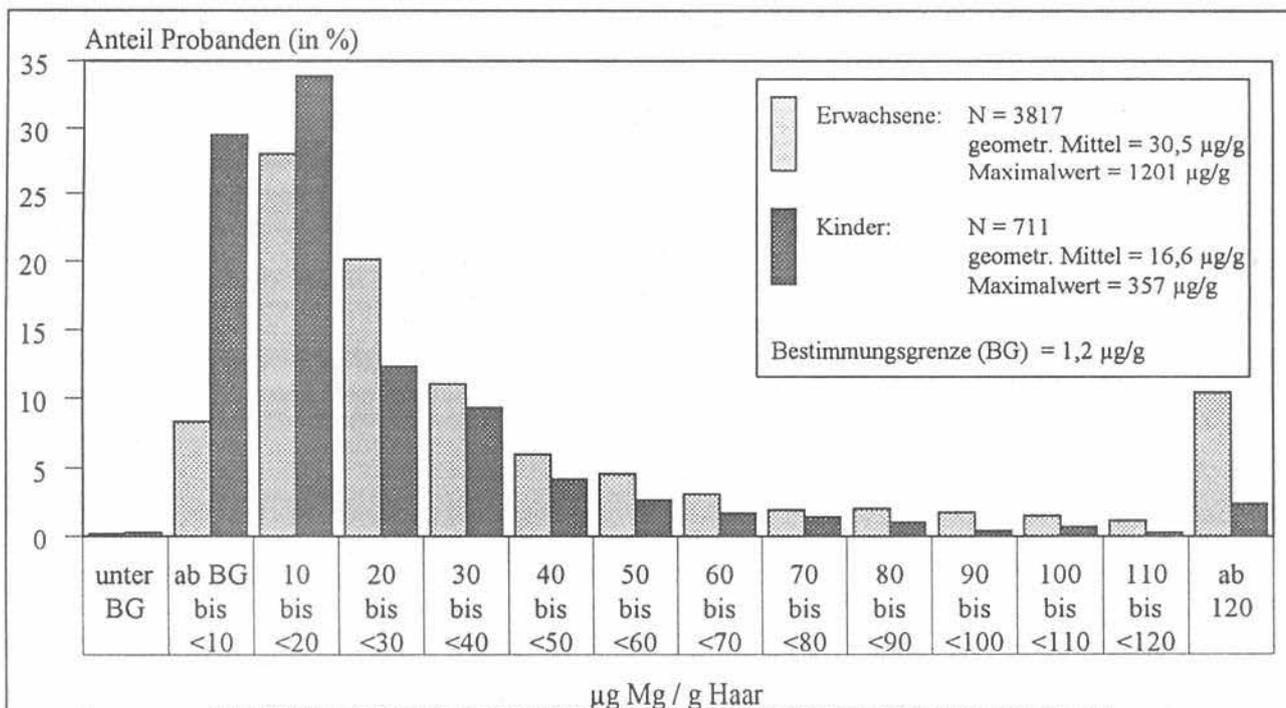


Abb. 5.9.5.1: **Magnesiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6 - 14 und 25 - 69 Jahre)**

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

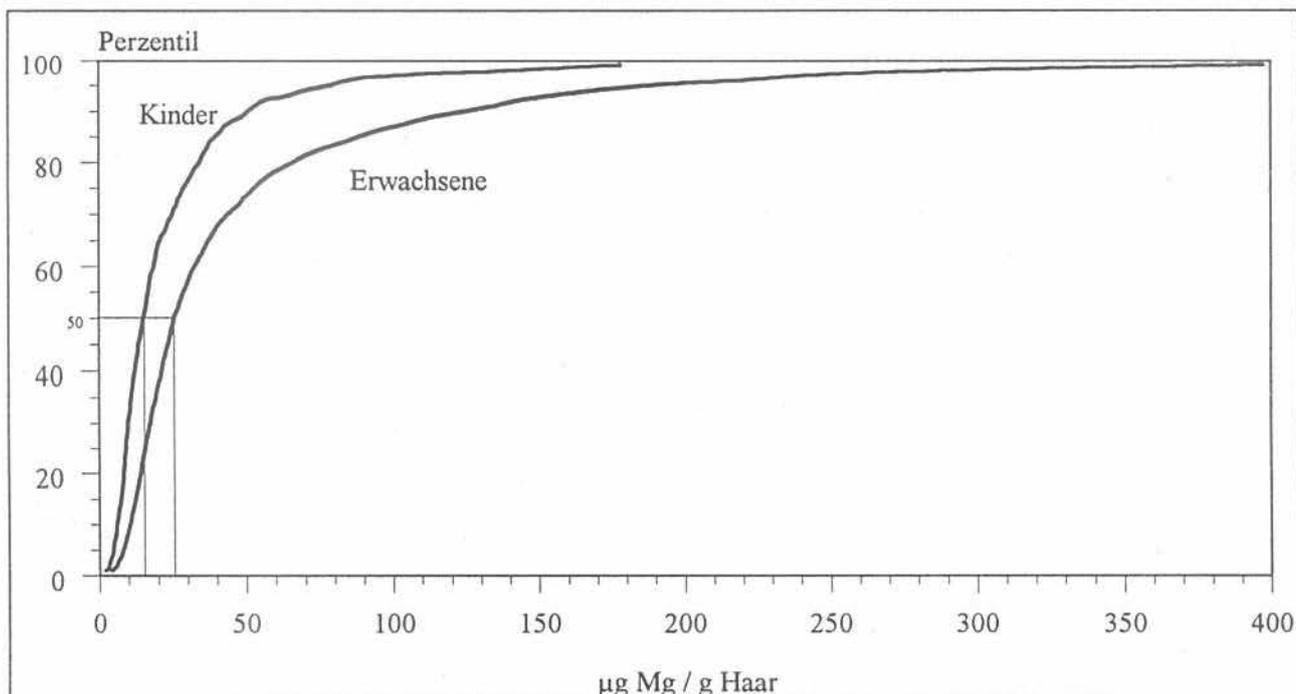


Abb. 5.9.5.2: **Magnesiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6 - 14 und 25 - 69 Jahre)**

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

5.9.6 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

Tab. 5.9.6.1: Magnesiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: 1,2 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	3817	7	11	26	125	189	299	1201	52,5	30,5	29,5 - 31,4
Geschlecht *											
Männer	1865	2	9	20	52	74	117	403	27,3	20,6	20,0 - 21,3
Frauen	1952	5	14	39	179	259	394	1201	76,6	44,2	42,2 - 46,3
Geschlecht (unbehandeltes Haar) *											
Männer	1806	2	9	20	51	72	111	403	26,9	20,4	19,8 - 21,1
Frauen	543	2	12	23	69	94	154	722	36,2	25,5	23,9 - 27,2
Alte/neue Bundesländer											
alte Bundesländer	3027	6	11	26	117	174	284	1014	50,9	30,1	29,1 - 31,1
neue Bundesländer	790	1	11	26	146	232	364	1201	58,8	32,1	29,9 - 34,4
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Männer	1484	1	9	20	53	79	117	403	28,0	21,1	20,4 - 21,9
Frauen	1542	5	13	38	170	252	374	1014	72,9	42,3	40,1 - 44,5
neue Bundesländer											
Männer	380	1	9	18	44	63	105	251	24,5	18,9	17,6 - 20,2
Frauen	410	0	15	48	219	302	452	1201	90,5	52,4	47,4 - 57,8
Dauerwelle (Frauen) *											
nein	917	2	13	29	113	175	245	801	51,6	33,4	31,5 - 35,3
ja	1018	2	14	55	243	339	452	1201	99,2	56,8	53,1 - 60,8
Färbung/Tönung (Frauen) *											
nein	1116	3	12	29	135	202	317	722	57,1	34,1	32,2 - 36,1
ja	819	1	18	57	242	343	469	1201	103,2	62,7	58,6 - 67,2
Haarfarbe (unbehandeltes Haar) *											
teilw./überw. grau	769	1	8	17	42	61	95	220	23,3	18,0	17,2 - 18,9
blond	546	1	10	21	60	88	175	722	33,5	22,6	21,1 - 24,1
braun	843	2	11	23	61	85	121	251	30,7	23,8	22,8 - 25,0
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	1247	2	10	22	61	85	126	403	30,6	23,0	22,1 - 23,9
vor 2 bis 3 Tagen	675	1	9	20	50	74	117	722	28,7	20,6	19,5 - 21,8
vor 4 und mehr Tagen	425	1	9	18	48	77	112	251	24,9	18,8	17,6 - 20,1

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

**Tab. 5.9.6.2: Magnesiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung
(25 bis 69 Jahre)
spezifische Gliederung
[Bestimmungsgrenze: 1,2 $\mu\text{g/g}$]**

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Berufstätigkeit *											
berufstätig	2492	4	11	25	107	168	259	1014	48,3	29,1	28,1 - 30,2
nicht berufstätig	1185	1	11	28	154	238	342	1201	61,5	33,5	31,6 - 35,6
Magnesiumgehalt im Trinkwasser *											
bis 6 $\mu\text{g/l}$	1063	2	8	19	73	110	227	1201	36,5	21,8	20,7 - 23,0
über 6 bis 20 $\mu\text{g/l}$	1914	1	11	26	118	169	257	918	49,8	30,8	29,5 - 32,0
über 20 $\mu\text{g/l}$	840	3	15	39	197	292	403	1014	79,1	45,5	42,5 - 48,8
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	2610	6	10	24	112	171	266	1201	48,3	28,6	27,6 - 29,7
warme (Mai bis September)	1207	1	12	30	143	233	352	1014	61,7	35,0	33,1 - 37,0

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

**Tab. 5.9.6.3: Magnesiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
Standardgliederung**

[Bestimmungsgrenze: 1,2 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	711	2	6	15	51	79	145	357	25,8	16,6	15,6 - 17,7
Geschlecht *											
Jungen	366	2	5	12	36	50	76	132	17,8	13,2	12,2 - 14,2
Mädchen	345	0	8	19	70	114	179	357	34,3	21,4	19,4 - 23,5
Alte/neue Bundesländer											
alte Bundesländer	510	1	6	15	50	73	120	357	24,8	16,2	15,0 - 17,5
neue Bundesländer	201	1	7	16	53	97	180	275	28,4	17,8	15,7 - 20,1
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Jungen	263	1	5	13	38	54	75	132	18,1	13,2	12,0 - 14,6
Mädchen	247	0	7	19	65	103	164	357	31,8	20,1	18,0 - 22,5
neue Bundesländer											
Jungen	104	1	6	12	31	47	77	106	16,9	13,0	11,3 - 14,9
Mädchen	97	0	9	22	91	178	228	275	40,6	24,9	20,7 - 29,9
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
blond	408	2	6	14	49	73	132	275	23,7	15,2	14,0 - 16,6
braun	231	0	9	17	56	71	108	230	25,9	18,8	17,0 - 20,7
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)											
vor 0 bis 1 Tag	196	1	7	17	51	65	83	275	25,0	17,6	15,6 - 19,8
vor 2 bis 3 Tagen	235	1	7	17	49	79	168	183	26,1	17,8	16,0 - 19,8
vor 4 und mehr Tagen	223	0	6	12	42	75	132	270	21,6	14,1	12,6 - 15,7

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.9.6.4: **Magnesiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)**
spezifische Gliederung
 [Bestimmungsgrenze: 1,2 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Lebensalter *											
6-7 Jahre	153	0	5	12	39	73	136	357	22,2	13,9	12,2 - 15,9
8-9 Jahre	167	1	6	12	41	63	148	183	22,1	14,5	12,8 - 16,5
10-11 Jahre	144	0	7	14	52	84	170	324	26,3	16,1	13,9 - 18,5
12-14 Jahre	247	1	9	20	57	81	125	275	30,2	20,8	18,6 - 23,2
Buddeln, Graben, Höhlenbauen *											
nie	310	0	8	19	62	89	175	324	31,0	20,5	18,6 - 22,6
selten, gelegentlich	217	2	6	13	38	56	111	275	20,7	14,1	12,6 - 15,7
häufig, sehr häufig	182	0	5	12	44	71	153	357	23,0	14,3	12,6 - 16,2
Magnesiumgehalt im Trinkwasser *											
bis 6 $\mu\text{g/l}$	205	1	5	11	30	50	71	85	15,5	11,6	10,5 - 12,9
über 6 bis 20 $\mu\text{g/l}$	337	1	7	15	43	70	132	357	24,5	16,6	15,2 - 18,2
über 20 $\mu\text{g/l}$	169	0	9	26	73	171	229	324	40,7	25,7	22,3 - 29,6
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	459	2	6	13	49	77	176	357	25,2	15,1	13,9 - 16,5
warme (Mai bis September)	252	0	8	19	53	79	100	164	26,9	19,8	18,0 - 21,8

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.10 Phosphor

5.10.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Phosphorgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt 137,2 µg/g (Größe der Stichprobe: N = 3817 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 135,5 bis 139,0 µg/g. Als Maximalwert werden 2324 µg/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 1,8 µg/g liegen 0,1 % der analysierten Proben (Tab. 5.10.6.1).

5.10.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.10.1.1.1 Geschlecht

Zwischen den Phosphorgehalten im Haar der 25- bis 69jährigen Männer und Frauen wird kein signifikanter Unterschied festgestellt. Gleiches gilt für unbehandeltes Haar.

5.10.1.1.2 Alte/neue Bundesländer

Der Phosphorgehalt im Haar der Bevölkerung der neuen Bundesländer ist mit 120,1 µg/g signifikant niedriger als der der Bevölkerung der alten Bundesländer mit 142,1 µg/g.

5.10.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)

Im Haar der Frauen, die angaben eine Färbung/Tönung angewandt zu haben, wird mit 144,7 µg/g ein signifikant höherer mittlerer Phosphorgehalt ermittelt als im Haar der Frauen (132,7 µg/g), die angaben keine Färbung/Tönung angewandt zu haben. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anwendung einer Dauerwelle und den Phosphorgehalten im Haar konnte hingegen nicht festgestellt werden; das Signifikanzniveau von $p \leq 0,001$ wird knapp verfehlt.

5.10.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnte kein Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe (grau, blond, braun) und dem Phosphorgehalt im Haar festgestellt werden.

5.10.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Zwischen dem mittleren Phosphorgehalt im Haar und dem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme konnte kein Zusammenhang festgestellt werden.

5.10.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Phosphorgehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Da sich nur die *Jahreszeit* als signifikantes Merkmal ($p \leq 0,001$) herausstellte, wird auch nur dieses Merkmal in die Tabellen aufgenommen.

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit 145,5 $\mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit 133,6 $\mu\text{g/g}$ ein höherer mittlerer Phosphorgehalt im Haar ermittelt.

5.10.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Phosphorgehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 111,4 $\mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 711$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 107,7 bis 115,1 $\mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden 399 $\mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 1,8 $\mu\text{g/g}$ liegt keine der analysierten Proben (Tab. 5.10.6.3).

5.10.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.10.2.1.1 Geschlecht

Bei den 6- bis 14jährigen Jungen und Mädchen wurden keine signifikant unterschiedlichen mittleren Phosphorgehalte im Haar festgestellt.

5.10.2.1.2 Alte/neue Bundesländer

Kinder der neuen Bundesländer weisen mit 123,3 $\mu\text{g/g}$ im Vergleich zu Kindern der alten Bundesländer mit 107,0 $\mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Phosphorgehalt im Haar auf.

5.10.2.1.3 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Kinder mit blonden Haaren haben mit 105,6 $\mu\text{g/g}$ im Vergleich zu Kindern mit braunen Haaren mit 121,9 $\mu\text{g/g}$ einen signifikant niedrigeren Phosphorgehalt im Haar.

5.10.2.1.4 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Ein Zusammenhang zwischen dem Phosphorgehalt im Haar der Kinder und dem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme konnte nicht festgestellt werden.

5.10.2.2 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

6- bis 14jährigen Kinder weisen mit 111,4 µg/g einen niedrigeren mittleren Phosphorgehalt im Haar auf als Erwachsene mit 137,3 µg/g. Dabei ist festzustellen, daß gerade die Kinder der alten Bundesländer einen geringeren Phosphorgehalt im Haar aufweisen, während für die neuen Bundesländer bei einem Vergleich der Gehalte im Haar kein auffälliger Unterschied zwischen den Erwachsenen und Kindern festgestellt werden kann.

5.10.3 Zusammenfassung und Diskussion

Daß ein Vergleich der in dieser Studie ermittelten Phosphorgehalte im Haar mit den Daten aus der Literatur nur eingeschränkt möglich ist, wurde in Kapitel 5.1 diskutiert. Dennoch sind in den Tabellen 5.10.4.1 und 5.10.4.2 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und diverser anderer Studien zusammengestellt.

Für die Bundesrepublik konnten für den Phosphorgehalt im Haar von Erwachsenen in der Literatur keine vergleichbaren Angaben gefunden werden. Angaben aus den USA (Paschal et al. 1989) und aus Großbritannien (Barlow et al. 1985) sind jedoch in guter Übereinstimmung. Die von Wilbrand et al. (1991) bei 2- bis 16jährigen Kindern ermittelten Gehalte im Haar liegen in der gleichen Größenordnung wie die im Haar der Kinder der Umwelt-Surveys. Sie konnten, wie in dieser Studie, keine Abhängigkeit des Phosphorgehaltes vom Lebensalter der Kinder feststellen. Daß für Kinder niedrigere Gehalte als für Erwachsene ermittelt werden, wurde auch in der Untersuchung aus den USA an Kindern bis zu einem Alter von 12 Jahren beobachtet (Paschal et al. 1989).

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Zwischen dem Phosphorgehalt im Haar der Erwachsenen und Kinder und dem **Geschlecht** sowie dem **Lebensalter** konnten keine Zusammenhänge nachgewiesen werden.

Kinder mit **blonden Haaren** haben einen im Vergleich zu Kindern mit **braunen Haaren** niedrigeren Phosphorgehalt im Haar. Die Anwendung einer **Färbung/Tönung** führt bei den Erwachsenen zu höheren Phosphorgehalten im Haar.

Erwachsene der **neuen Bundesländer** haben einen niedrigeren, Kinder der neuen Bundesländer haben einen höheren Phosphorgehalt im Haar als die entsprechenden Bevölkerungsgruppen in den **alten Bundesländern**. Der Unterschied des Gehaltes zwischen Erwachsenen und Kindern ergibt sich durch die niedrigen Phosphorgehalte im Haar der Kinder der alten Bundesländer.

In den **Sommermonaten** wird bei Erwachsenen ein höherer Phosphorgehalt im Haar festgestellt.

Durch Milchprodukte werden ca. 25 %, durch Back-, Fleisch- und Wurstwaren ca. 25 % des Phosphates mit der Nahrung zugeführt (Krämer und Anke 1993). Zugeführtes Phosphat unterliegt im Körper einer physiologischen Regulation. Anthropogene Verbreitung erfolgt u.a. in Form von Phosphorsäureester (als Insektizide), in Form von Phosphatdüngern und Fertigprodukten. Der Unterschied der Gehalte im Haar der Erwachsenen und Kinder der alten und neuen Bundesländer läßt sich vor dem Hintergrund dieser Informationen jedoch nicht erklären. Daß Kinder geringere Gehalte im Haar aufweisen als Erwachsene berichteten auch Paschal et al. (1989).

Hintergrund der Prüfung des Einflusses der *Jahreszeit* ist die Annahme, daß sich die Verweildauer im Freien in den Jahreszeiten unterscheidet und somit im Sommer höhere Elementgehalte im Haar zu erwarten sind. Für einige Elemente konnten Zusammenhänge zu den Jahreszeiten aufgezeigt werden (z. B. Blei und Cadmium), wodurch ein Effekt der Immissionssituation beschrieben wird. Solche Hinweise liegen allerdings bisher für Phosphor in der Literatur nicht vor. Ein solcher Effekt ist für Phosphor zudem überraschend, da weder bei den Erwachsenen noch bei den Kindern eine Signifikanz der Merkmale *Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume* bzw. *Aufenthalt im Freien (Kinder)* festzustellen ist. Die zusätzliche Auswertung der Phosphorgehalte im Haar nach der mittleren Tageshöchsttemperatur während der Untersuchungswoche ergab ebenfalls keine Signifikanz.

Tab. 5.11.4.1: Phosphorgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

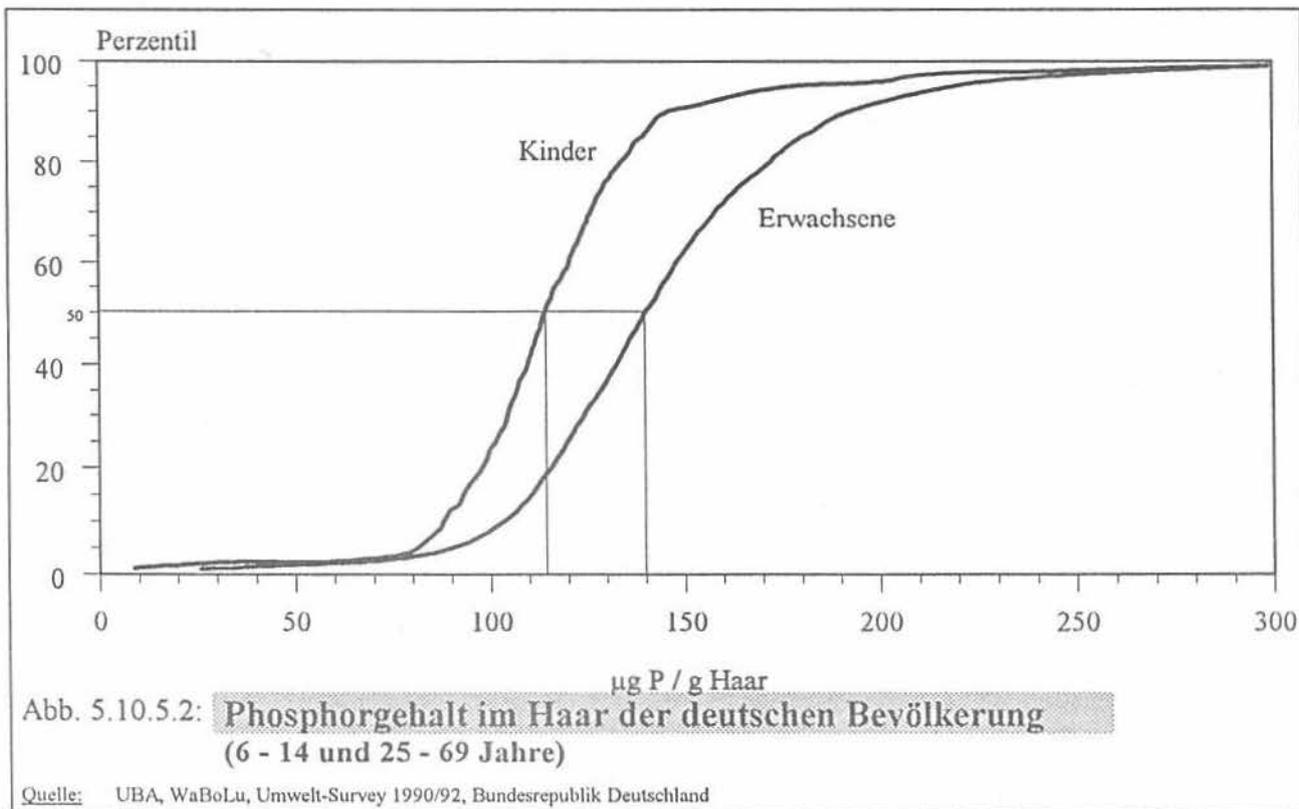
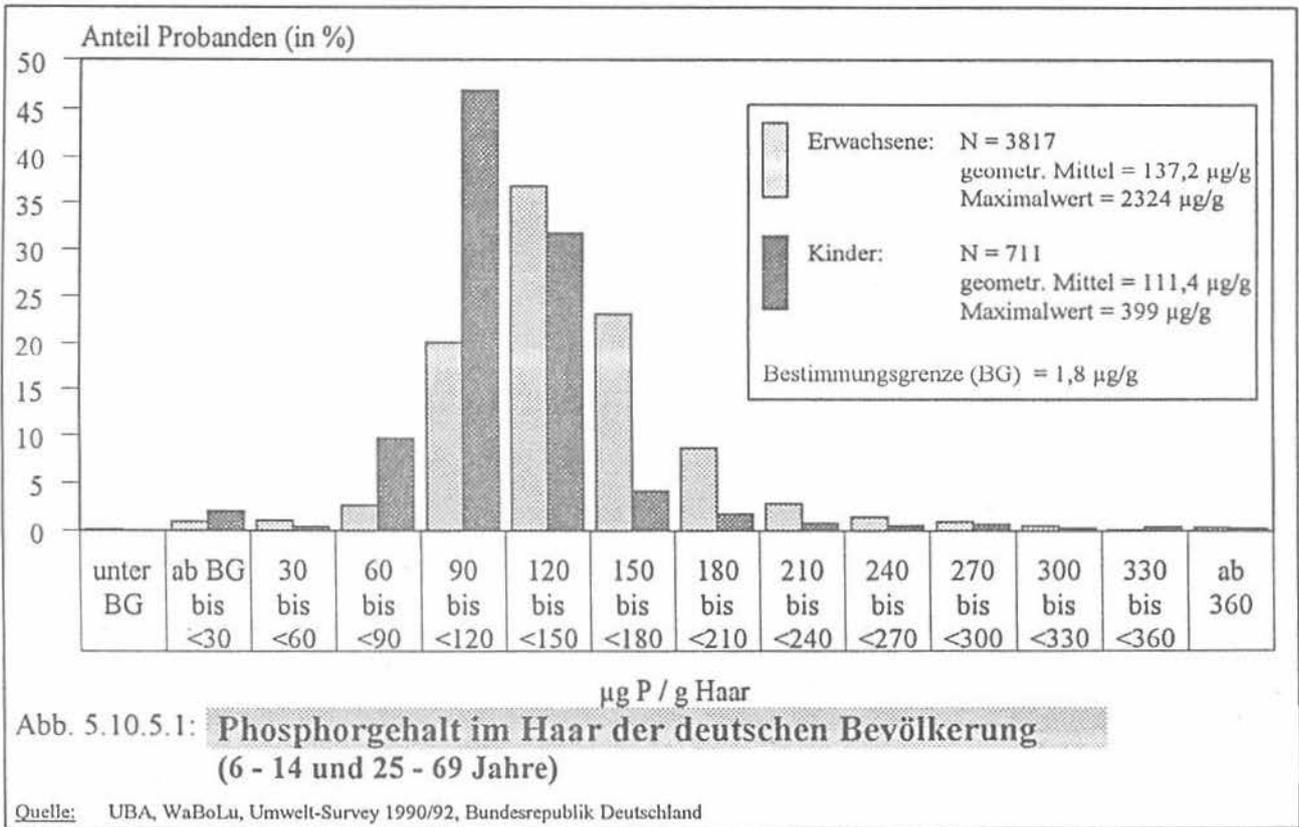
Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Phosphor im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey I (Krause et al. 1989a)	1985-1986	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung nur Westdeutschland	n=1340	GM=129
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=3817	GM=137
<u>UK</u> (Barlow et al. 1985)	?	F: 16-49 J.	schwangere Frauen der Allgemeinbevölkerung	n=261	AM=147
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentliche Angestellte NHANES-Kollektiv	n=332	GM=147

Tab. 5.11.4.2: Phosphorgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Phosphor im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=711	GM=111 50.P.=114
<u>BRD (Berlin)</u> (Wilbrand et al. 1991)	1986	J, Mä: 2-16 J.	Stadtbevölkerung	J (n=523) Mä (n=324)	50.P.=118 50.P.=112
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	J, Mä \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=135

M = Männer, F = Frauen, J = Jungen, Mä = Mädchen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

5.10.5 Abbildungen



5.10.6 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

Tab. 5.10.6.1: Phosphorgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: 1,8 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	3817	4	104	140	193	219	268	2324	145,7	137,2	135,5 - 139,0
Geschlecht											
Männer	1865	2	105	138	188	209	244	2324	144,0	136,8	134,6 - 139,1
Frauen	1952	1	101	142	200	230	280	538	147,3	137,6	135,0 - 140,3
Geschlecht (unbehandeltes Haar)											
Männer	1806	1	105	138	188	209	244	492	143,5	137,0	134,9 - 139,3
Frauen	543	0	105	144	201	224	261	429	149,7	141,2	136,6 - 146,0
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	3027	2	108	146	199	225	272	492	150,5	142,1	140,1 - 144,2
neue Bundesländer	790	2	94	122	155	175	211	2324	127,0	120,1	116,9 - 123,4
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Männer	1484	1	109	144	192	216	256	492	148,6	141,9	139,4 - 144,4
Frauen	1542	1	106	147	204	243	282	484	152,4	142,3	139,1 - 145,5
neue Bundesländer											
Männer	380	2	98	122	148	157	180	2324	125,9	118,7	113,9 - 123,8
Frauen	410	0	90	123	165	188	246	538	128,1	121,4	117,1 - 125,8
Dauerwelle (Frauen)											
nein	917	0	108	147	203	225	263	429	151,9	144,1	140,7 - 147,6
ja	1018	1	98	137	190	240	293	538	143,2	132,0	128,1 - 136,1
Färbung/Tönung (Frauen) *											
nein	1116	1	98	139	192	213	264	429	142,8	132,7	129,0 - 136,4
ja	819	0	107	146	214	250	290	538	153,5	144,7	141,0 - 148,5
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
teilw./überw. grau	769	1	101	137	186	212	244	492	142,1	135,4	132,0 - 138,9
blond	546	1	103	137	191	208	249	429	141,7	133,9	129,4 - 138,5
braun	843	0	109	144	194	215	259	330	148,4	142,7	139,8 - 145,7
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)											
vor 0 bis 1 Tag	1247	1	107	142	197	219	262	492	147,6	140,2	137,4 - 143,1
vor 2 bis 3 Tagen	675	1	106	138	186	206	259	429	143,4	136,3	132,5 - 140,3
vor 4 und mehr Tagen	425	0	101	137	181	205	225	372	139,4	134,4	130,7 - 138,2

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

**Tab. 5.10.6.2: Phosphorgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung
(25 bis 69 Jahre)
spezifische Gliederung
[Bestimmungsgrenze: $1,8 \mu\text{g/g}$]**

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	2610	3	104	137	181	204	251	2324	141,4	133,6	131,5 - 135,7
warme (Mai bis September)	1207	1	103	148	212	244	279	538	154,9	145,5	142,2 - 148,9

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.10.6.3: **Phosphorgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)**
Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: 1,8 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	711	0	88	114	146	178	245	399	119,2	111,4	107,7 - 115,1
Geschlecht											
Jungen	366	0	87	113	144	182	247	399	117,7	108,5	103,0 - 114,3
Mädchen	345	0	90	116	152	176	238	371	120,8	114,5	110,0 - 119,2
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	510	0	88	113	141	153	169	371	113,6	107,0	102,9 - 111,3
neue Bundesländer	201	0	91	118	210	264	311	399	133,4	123,3	116,2 - 130,8
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Jungen	263	0	85	112	140	144	167	206	111,1	103,8	97,7 - 110,3
Mädchen	247	0	89	115	142	157	171	371	116,2	110,5	105,1 - 116,1
neue Bundesländer											
Jungen	104	0	91	115	231	277	336	399	134,2	121,5	110,1 - 134,0
Mädchen	97	0	91	121	205	251	301	357	132,5	125,2	117,5 - 133,5
Haarfarbe (unbehandeltes Haar) *											
blond	408	0	85	111	141	158	204	399	113,3	105,6	100,8 - 110,6
braun	231	0	96	121	153	206	282	354	126,7	122,0	117,7 - 126,4
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)											
vor 0 bis 1 Tag	196	0	89	116	141	153	205	305	116,7	109,4	102,2 - 117,1
vor 2 bis 3 Tagen	235	0	89	114	144	190	283	399	119,9	112,5	106,8 - 118,5
vor 4 und mehr Tagen	223	0	88	114	152	202	254	354	119,8	112,4	106,4 - 118,7

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.11 Strontium

5.11.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Strontiumgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt $1,01 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 3817$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $0,97$ bis $1,05 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $132,0 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $0,04 \mu\text{g/g}$ liegen $0,2 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.11.5.1).

5.11.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.11.1.1.1 Geschlecht

25- bis 69jährige Frauen weisen mit $1,56 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Strontiumgehalt im Haar auf als Männern mit $0,64 \mu\text{g/g}$. Vergleicht man die Gehalte in chemisch unbehandelten Haaren von Männern und Frauen sind keine signifikanten Unterschiede mehr feststellbar.

5.11.1.1.2 Alte/neue Bundesländer

Der Strontiumgehalt im Haar der Bevölkerung der neuen Bundesländer und der alten Bundesländer unterscheidet sich im Mittel nicht signifikant.

5.11.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)

Frauen mit einer Dauerwelle weisen mit $2,29 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu Frauen ohne Dauerwelle mit $1,02 \mu\text{g/g}$ einen signifikant höheren mittleren Strontiumgehalt im Haar auf. Bei Anwendung einer Färbung/Tönung wird mit $2,48 \mu\text{g/g}$ ein signifikant höherer Strontiumgehalt im Haar bestimmt als bei Nichtanwendung mit $1,11 \mu\text{g/g}$.

5.11.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung kann ein signifikanter Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe (grau, blond, braun) und dem Strontiumgehalt im Haar festgestellt werden. Blonde Haare haben mit einem Strontiumgehalt von $0,76 \mu\text{g/g}$ einen ähnlichen Gehalt wie braune Haare mit $0,77 \mu\text{g/g}$. In grauen Haaren wird ein deutlich niedrigerer Strontiumgehalt von $0,45 \mu\text{g/g}$ bestimmt.

5.11.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Mit zunehmendem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme wird ein signifikant niedrigerer Strontiumgehalt im Haar festgestellt. Lag die Haarwäsche maximal 1 Tag vor der Probenahme, so liegt ein Gehalt von $0,78 \mu\text{g/g}$ vor. Fand die Haarwäsche dagegen mehr als 4 Tage vor der Probenahme statt, so beträgt der Gehalt im Haar $0,44 \mu\text{g/g}$.

5.11.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Strontiumgehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Lebensalter:

Der mittlere Strontiumgehalt im Haar verringert sich mit zunehmendem Alter. Bei 25- bis 29jährigen Personen wird ein mittlerer Strontiumgehalt im Haar von $1,16 \mu\text{g/g}$ bestimmt, für 60- bis 69jährige Personen dagegen ein Gehalt von $0,87 \mu\text{g/g}$. Die statistischen Kennwerte für die ungewichteten Randaltersklassen der neuen Bundesländer sind im Anhang 9.1 wiedergegeben.

Strontiumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk):

Mit zunehmendem Strontiumgehalt im Trinkwasser steigt der mittlere Strontiumgehalt im Haar an. Bei einem Gehalt im Wasser von bis zu $250 \mu\text{g/l}$ ergibt sich ein Gehalt im Haar von $0,67 \mu\text{g/g}$. Bei einem Gehalt im Trinkwasser von über $500 \mu\text{g/l}$ resultiert ein Gehalt im Haar von $1,58 \mu\text{g/g}$.

Gemeindegrößenklasse:

Bei Bewohnern einer Gemeinde mit weniger als 20 000 Einwohnern wird ein mittlerer Strontiumgehalt im Haar von $0,89 \mu\text{g/g}$, bei Bewohnern einer Gemeinde ab 100 000 Einwohner ein Gehalt von $1,12 \mu\text{g/g}$ bestimmt.

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit $1,14 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit $0,95 \mu\text{g/g}$ ein höherer mittlerer Strontiumgehalt im Haar ermittelt.

5.11.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Strontiumgehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt $0,56 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 711$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $0,52$ bis $0,61 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $10,2 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $0,04 \mu\text{g/g}$ liegen $0,3 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.11.5.3).

5.11.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.11.2.1.1 Geschlecht

Bei den 6- bis 14jährigen Jungen wird mit $0,42 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu den Mädchen mit $0,77 \mu\text{g/g}$ ein signifikant niedrigerer mittlerer Strontiumgehalt im Haar festgestellt.

5.11.2.1.2 Alte/neue Bundesländer

Die Strontiumgehalte im Haar der Kinder der neuen Bundesländer und alten Bundesländer unterscheiden sich im Mittel nicht signifikant.

5.11.2.1.3 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnte kein Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe der Kinder (blond, braun) und dem Strontiumgehalt im Haar festgestellt werden.

5.11.2.1.4 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Mit zunehmendem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme kann ein niedrigerer Strontiumgehalt im Haar der Kinder festgestellt werden. Lag die Haarwäsche maximal 1 Tag vor der Probenahme, so liegt ein Gehalt von 0,69 µg/g vor. Fand die Haarwäsche dagegen mehr als 4 Tage vor der Probenahme statt, beträgt der Gehalt im Haar 0,39 µg/g.

5.11.2.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Strontiumgehalt im Haar der Kinder eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Lebensalter:

Mit zunehmendem Alter nimmt der mittlere Gehalt an Strontium im Haar zu. 6- bis 7jährige Kinder weisen mit 0,42 µg/g einen deutlich geringeren Gehalt auf als z. B. die 12- bis 14jährigen Kinder mit 0,73 µg/g.

Buddeln, Graben, Höhlenbauen:

Kinder, die angaben, häufig in Form von Buddeln, Graben oder Höhlenbauen zu spielen, weisen mit 0,70 µg/g einen höheren Strontiumgehalt im Haar auf als Kinder, die angaben, nie in dieser Art zu spielen (0,47 µg/g).

Strontiumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk):

Mit zunehmendem Strontiumgehalt im Trinkwasser steigt der mittlere Strontiumgehalt im Haar der Kinder an. Bei einem Gehalt im Wasser von bis zu 250 µg/l ergibt sich ein Gehalt im Haar von 0,41 µg/g. Bei einem Gehalt im Trinkwasser von über 500 µg/l liegt ein Gehalt im Haar von 0,96 µg/g vor.

Jahreszeit:

Fand die Probenahme in den Monaten Mai bis September statt, so wird mit 0,69 µg/g im Vergleich zu den Monaten Oktober bis April mit 0,50 µg/g ein höherer mittlerer Strontiumgehalt im Haar ermittelt.

5.11.2.3 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

6- bis 14jährige Kinder weisen mit $0,56 \mu\text{g/g}$ einen niedrigeren mittleren Strontiumgehalt im Haar auf als Erwachsene mit $1,01 \mu\text{g/g}$. Aus den Altersgängen läßt sich erkennen, daß für die Kinder mit zunehmendem Alter eine Zunahme der Gehalte vorliegt. Für die Erwachsenen wird eine Abnahme mit dem Alter festgestellt.

5.11.3 Zusammenfassung und Diskussion

Daß ein Vergleich der in dieser Studie ermittelten Strontiumgehalte im Haar mit den Daten aus der Literatur nur eingeschränkt möglich ist, wurde in Kapitel 5.1 diskutiert. Dennoch sind in den Tabellen 5.11.4.1 und 5.11.4.2 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und diverser anderer Studien zusammengestellt.

Bei einer Untersuchung im Einzugsbereich eines Stahlwerkes konnten Günther et al. (1989) bei 13 unbelasteten Männern einen vergleichbaren Strontiumgehalt im Haar feststellen. Angaben aus den USA (Paschal et al. 1989) und aus Saudi-Arabien (Ahmed und Elmubarak 1990) liegen deutlich höher. Bei 27 unbelasteten Kindern wurden von Günther et al. (1991) höhere Gehalte als in dieser Studie gemessenen.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Frauen (Mädchen) weisen höhere Strontiumgehalte im Haar auf als Männer (Jungen).

Wie bei den anderen Erdalkalielelementen werden bei Frauen und Mädchen höhere Strontiumgehalte im Haar ermittelt als bei Männern und Jungen. Dieses Ergebnis hatte sich auch im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 ergeben (Krause et al. 1989a). Für diesen Effekt ist bei den Erwachsenen hauptsächlich die unterschiedliche chemische Behandlung der Haare maßgeblich, denn bei Frauen und Männern mit unbehandeltem Haar ist kein Unterschied mehr vorhanden. Liu et al. (1994) beschreiben höhere Gehalte im Haar chinesischer Frauen im gebärfähigem Alter gegenüber den Männern und bringen dies in Zusammenhang zum hormonellen Status. Die dort gemessenen Gehalte (ca. $12 \mu\text{g/g}$) lagen allerdings weit über denen, die ansonsten in der Literatur angegeben werden.

Daß bei den Kindern Mädchen höhere Strontiumgehalte im Haar als Jungen aufweisen, wird auch von Wilbrand et al. (1991) und Morita et al. (1986) berichtet.

Mit zunehmendem Lebensalter der Kinder steigt der Strontiumgehalt im Haar. Bei den Erwachsenen wird eine Abnahme des Gehaltes festgestellt. Kinder weisen einen geringeren Strontiumgehalt im Haar auf als Erwachsene.

Ähnlich wie bei den Calcium- und Zinkgehalten im Haar ist zu berücksichtigen, daß zwischen dem Lebensalter und der natürlichen Haarfarbe sowie dem Zeitpunkt der letzten Haarwäsche hohe Assoziationen bestehen (vgl. Anhang 9.5), d. h. ältere Personen häufiger graues Haar (niedrigere Gehalte) haben und sie sich die

Haare seltener waschen (niedrigere Gehalte). Das vorliegende Ergebnis kann demnach von diesen und ggf. anderen Größen überlagert sein.

Auch bei den Kindern bestehen signifikante Assoziationen (vgl. Anhang 9.6) zwischen dem *Lebensalter* und der *Haarfarbe* sowie dem Zeitpunkt der *letzten Haarwäsche*, d. h. jüngere Kinder haben häufiger blondes Haar (niedrigere Gehalte) und waschen sich ihr Haare seltener (niedrigere Gehalte). Vor diesem Hintergrund sind auch die ermittelten niedrigeren Strontiumgehalte im Haar der Kinder bei häufigen Spielweisen wie *Buddeln*, *Graben*, *Höhlenbauen* und *Körperliche Betätigung im Freien* zu sehen, da diesen Betätigungen häufiger jüngere Kinder nachgehen. Welche Größen tatsächlich die Strontiumgehalte im Haar beeinflussen, kann jedoch im Rahmen der deskriptiven Auswertung nicht abschließend geklärt werden.

Bei einer Untersuchung in den USA, die u.a. bei einem Subkollektiv des National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) durchgeführt wurde, ergaben sich höhere Strontiumgehalte im Haar der bis zu 12jährigen untersuchten Kinder - zusammen mit weiteren Erdalkalielelementen (Ba, Ca, Mg) - bei zunehmendem Lebensalter. Bei weiter zunehmendem Alter wiesen dann die Daten eine große Streubreite ohne deutliche Tendenz auf (Paschal et al. 1989). Liu et al. (1994) beschreiben gleichfalls einen Anstieg des Strontiumgehaltes bis zum 20. Lebensjahr, daran anschließend eine Phase ohne Altersgang und ca. ab dem 40. Lebensjahr ein Absinken des Gehaltes. Auch Wilbrand et al. (1991) berichten von zunehmenden Strontiumgehalten mit dem Lebensalter für 2- bis 16jährige Kinder. Paschal et al. (1989) berichten ebenfalls wie in der vorliegenden Studie von geringeren Gehalten im Haar der Kinder.

Sowohl für die erwachsene als auch für die kindliche Bevölkerung der alten und neuen Bundesländer werden keine unterschiedlichen Strontiumgehalte im Haar ermittelt.

Die im Rahmen der bivariaten Testung ermittelten signifikanten Gliederungsmerkmale für die Strontiumgehalte im Haar sind im wesentlichen in den alten und neuen Ländern gleich ausgeprägt, so daß das vorliegende Ergebnis plausibel erscheint.

Bei den Erwachsenen ist in **grauen** Haaren der Strontiumgehalt vergleichsweise gering. Die Anwendung sowohl einer **Dauerwelle** als auch einer **Färbung/Tönung** führt zu höheren Strontiumgehalten im Haar.

Die Anwendung einer Dauerwelle oder einer Färbung/Tönung dürfte die ad- bzw. absorptiven Eigenschaften des Haares verändern. DiPietro et al. (1989) berichten ebenfalls von höheren Gehalten bei Frauen, die eine Dauerwelle oder eine Färbung/Tönung angewandt haben. Graues Haar weist bei vergleichsweise geringer Pigmentierung einen geringeren Strontiumgehalt auf. Dies entspricht Ergebnissen aus der Literatur für Cu, Mn, Pb und Cd (Chutsch und Krause 1987).

Mit zunehmender **Gemeindegrößenklasse** steigt der Strontiumgehalt im Haar Erwachsenen nicht jedoch der Kinder an.

Im Rahmen der deskriptiven Auswertung des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 hatte sich in bezug auf die Gemeindegrößenklasse ein ähnlicher Befund jedoch nur für die Frauen ergeben (Krause et al. 1989a). Das Ergebnis ist

wahrscheinlich eher nicht auf eine immissionsbedingte Belastung zurückzuführen, da andere Merkmale, die einen Immissions-Effekt beschreiben, wie *Strontium-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät)*, *Aufenthalt im Freien* etc. nicht signifikant sind. Zudem ist der Zusammenhang nur bei den Gehalten im Haar der Erwachsenen, nicht jedoch bei den der Kinder, signifikant. Ergänzend sei erwähnt, daß die Strontiumgehalte im Trinkwasser, die im Zusammenhang mit den Strontiumgehalten im Haar stehen (s. weiter unten), mit zunehmender Gemeindegrößenklasse tendentiell zunehmen. Vor diesem Hintergrund erscheint das Ergebnis wiederum plausibel. Welche Einflußgrößen tatsächlich den genannten Befund bewirken, kann im Rahmen der deskriptiven Auswertung jedoch nicht geklärt werden.

In den Sommermonaten wird ein höherer Strontiumgehalt im Haar der Erwachsenen und der Kinder festgestellt.

Für einige Elemente konnten Zusammenhänge zu den Jahreszeiten aufgezeigt werden (z. B. Blei und Cadmium), wodurch ein Effekt der Immissionssituation beschrieben wird. Solche Hinweise liegen allerdings bisher für Strontium in der Literatur nicht vor. Zwar liefert auch das Merkmal *Gemeindegrößenklasse* eine Signifikanz, jedoch wird weder bei den Erwachsenen noch bei den Kindern eine Signifikanz der Merkmale *Strontium-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher)*, *Strontium-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät)*, *Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume* bzw. *Aufenthalt im Freien (Kinder)* festgestellt. Vielmehr könnte dieser Befund mit dem *Strontiumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk)* korrelieren. Im Sommer dürfte ein häufigerer Wasserkontakt durch Trinken von Wasser und häufigeres Haarewaschen bestehen.

Mit zunehmendem Strontiumgehalt im Trinkwasser wird bei Erwachsenen und Kindern ein höherer Strontiumgehalt im Haar festgestellt.

Der Strontiumgehalt im Trinkwasser kann durch eine orale Aufnahme oder durch direkten Kontakt (Waschen) zu einer Erhöhung des Gehaltes im Haar führen. Da in frisch gewaschenem Haar höhere mittlere Strontiumgehalte als in längere Zeit nicht gewaschenem Haar nachgewiesen werden, kann angenommen werden, daß der direkte Wasserkontakt von Bedeutung ist.

Tab. 5.12.4.1: Strontiumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

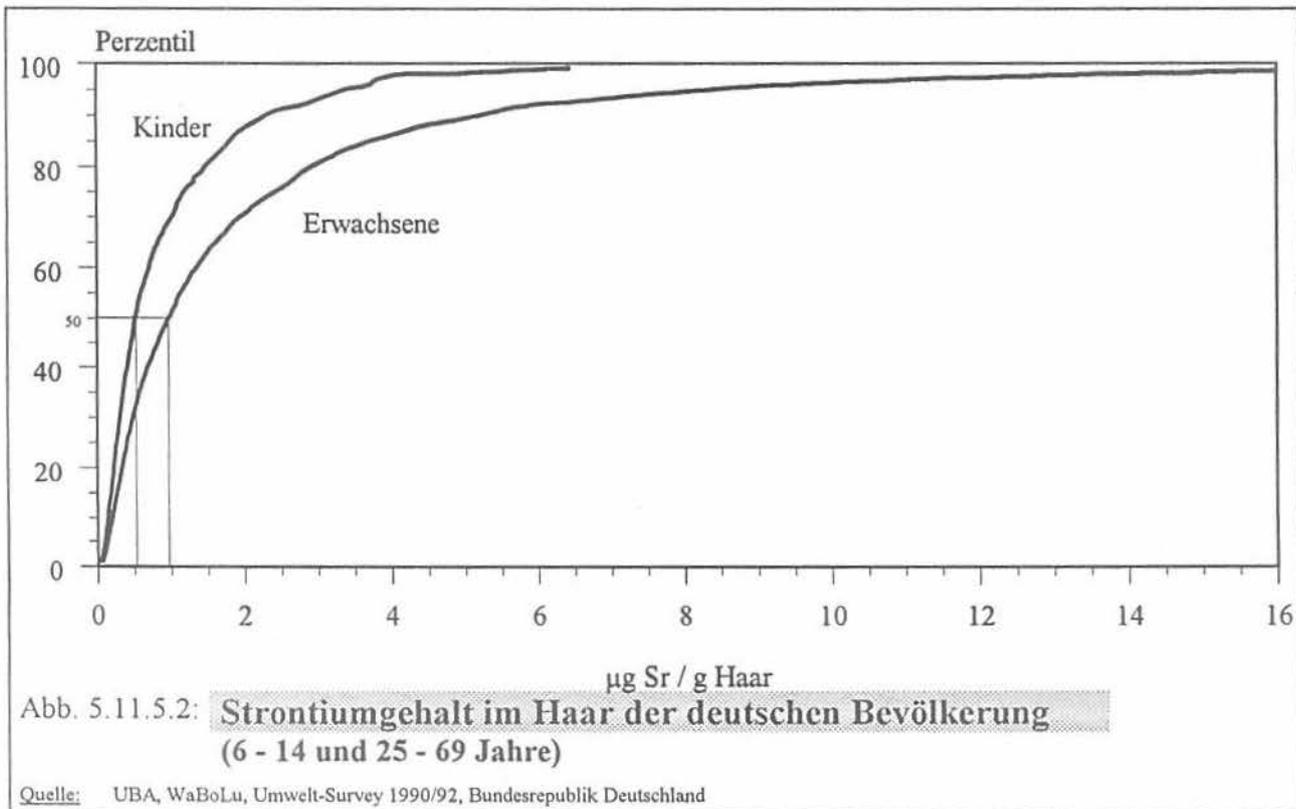
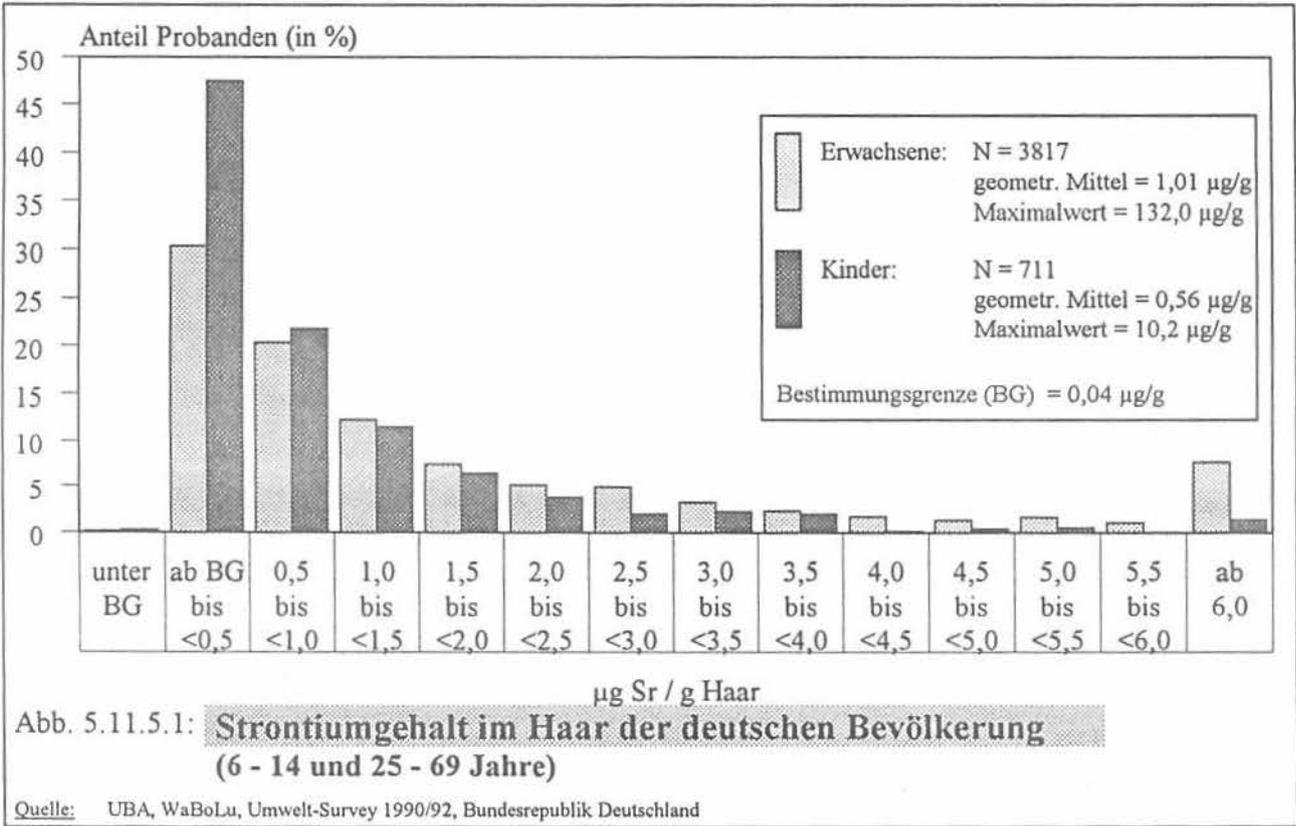
Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Strontium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey I (Krause et al. 1989a)	1985-1986	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung nur Westdeutschland	n=936	GM=1,75
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=3817	GM=1,00
<u>BRD</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	M	Kontrollkollektiv nicht kontaminiertes Gebiet	n=13	GM=0,64
<u>Saudi-Arabien</u> (Ahmed/Elmubarak 1990)	?	M: 15-22 J.	Vorortbevölkerung keine Industrie	n=22	GM=7,8
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentliche Angestellte NHANES-Kollektiv	n=332	GM=3,97

Tab. 5.12.4.2: Strontiumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Strontium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=711	GM=0,56
<u>BRD</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	J, M	Kontrollkollektiv	n=27	GM=1,75
<u>BRD (Berlin)</u> (Wilbrand et al. 1991)	1986	J, Mä: 2-16 J.	Stadtbevölkerung	J (n=523) Mä (n=324)	50.P.=0,45 50.P.=0,68
<u>Japan</u> (Morita et al. 1986)	1983	J, Mä: 7-15 J.	Landgebiet	J (n=158) Mä (n=184)	GM=0,51 GM=2,75
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	J, Mä \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=0,27

M = Männer, F = Frauen, J = Jungen, Mä = Mädchen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel

5.11.5 Abbildungen



5.11.5 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

Tab. 5.11.6.1: Strontiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung
(25 bis 69 Jahre)
Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: $0,04 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	3817	6	0,2	1,0	5,2	8,3	14,2	132,0	2,22	1,01	0,97 - 1,05
Geschlecht *											
Männer	1865	2	0,2	0,6	2,5	3,1	4,4	132,0	1,14	0,64	0,61 - 0,67
Frauen	1952	3	0,3	1,7	8,0	12,1	17,6	55,4	3,25	1,56	1,48 - 1,66
Geschlecht (unbehandeltes Haar)											
Männer	1806	2	0,2	0,6	2,4	3,1	4,3	132,0	1,11	0,63	0,60 - 0,66
Frauen	543	2	0,2	0,7	2,8	4,2	5,8	15,8	1,24	0,67	0,61 - 0,74
Alte/neue Bundesländer											
alte Bundesländer	3027	5	0,2	1,0	5,1	8,4	14,2	132,0	2,23	1,01	0,97 - 1,06
neue Bundesländer	790	1	0,2	0,9	5,5	8,3	13,0	55,4	2,17	0,99	0,91 - 1,08
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht *											
alte Bundesländer											
Männer	1484	1	0,2	0,7	2,5	3,2	4,6	132,0	1,22	0,67	0,63 - 0,70
Frauen	1542	3	0,3	1,6	7,9	12,3	18,7	47,2	3,21	1,51	1,42 - 1,61
neue Bundesländer											
Männer	380	1	0,2	0,5	1,9	2,7	3,6	20,2	0,84	0,52	0,48 - 0,58
Frauen	410	0	0,3	1,9	8,1	10,8	16,6	55,4	3,40	1,78	1,58 - 2,00
Dauerwelle (Frauen) *											
nein	917	2	0,2	1,0	4,9	7,6	12,4	37,5	2,09	1,02	0,94 - 1,10
ja	1018	1	0,5	2,4	10,0	14,9	21,6	55,4	4,27	2,29	2,13 - 2,47
Färbung/Tönung (Frauen) *											
nein	1116	3	0,2	1,1	5,5	8,2	12,1	42,5	2,22	1,11	1,03 - 1,19
ja	819	0	0,5	2,7	11,2	16,5	22,4	55,4	4,62	2,48	2,29 - 2,69
Haarfarbe (unbehandeltes Haar) *											
teilw./überw. grau	769	2	0,1	0,4	1,7	2,5	3,7	15,8	0,80	0,45	0,42 - 0,48
blond	546	1	0,2	0,8	2,8	3,9	6,1	132,0	1,57	0,76	0,69 - 0,83
braun	843	2	0,2	0,8	2,6	3,4	4,7	20,2	1,19	0,77	0,72 - 0,82
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	1247	2	0,2	0,8	2,7	3,4	4,9	132,0	1,37	0,78	0,74 - 0,82
vor 2 bis 3 Tagen	675	2	0,2	0,5	2,0	3,1	4,5	14,1	0,94	0,55	0,51 - 0,60
vor 4 und mehr Tagen	425	1	0,1	0,4	1,8	2,8	4,1	13,2	0,80	0,44	0,40 - 0,49

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.11.6.2: **Strontiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)**
 spezifische Gliederung
 [Bestimmungsgrenze: 0,04 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Lebensalter *											
25-29 Jahre	513	0	0,3	1,2	4,4	6,7	9,5	38,8	2,08	1,16	1,06 - 1,28
30-39 Jahre	907	1	0,3	1,1	4,6	7,3	12,9	132,0	2,32	1,12	1,04 - 1,21
40-49 Jahre	791	2	0,2	0,9	5,1	8,2	12,8	42,5	2,10	1,02	0,93 - 1,10
50-59 Jahre	900	2	0,2	0,8	5,6	9,6	16,0	55,4	2,31	0,92	0,85 - 1,01
60-69 Jahre	705	1	0,1	0,8	5,8	9,8	14,8	24,9	2,22	0,87	0,79 - 0,97
Strontiumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk) *											
bis 250 $\mu\text{g/l}$	1925	4	0,2	0,7	3,6	5,5	9,7	38,8	1,53	0,73	0,69 - 0,77
über 250 bis 500 $\mu\text{g/l}$	1113	2	0,3	1,2	5,6	9,0	14,3	55,4	2,46	1,25	1,17 - 1,34
über 500 $\mu\text{g/l}$	609	0	0,4	1,7	9,3	15,0	22,1	47,2	3,67	1,76	1,60 - 1,94
Gemeindegrößenklasse *											
unter 20000 Einw.	1641	4	0,2	0,8	4,9	8,3	15,2	47,2	2,07	0,89	0,84 - 0,95
20000 bis unter 100000 Einw	977	0	0,2	1,1	5,5	8,2	12,9	55,4	2,25	1,09	1,01 - 1,18
100000 und mehr Einw.	1199	2	0,2	1,1	5,3	8,4	14,2	132,0	2,40	1,12	1,04 - 1,20
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	2610	5	0,2	0,9	5,1	8,1	12,3	132,0	2,13	0,95	0,91 - 1,00
warme (Mai bis September)	1207	1	0,2	1,1	5,3	9,7	16,1	47,2	2,41	1,14	1,07 - 1,22

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.11.6.3: Strontiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: 0,04 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	711	2	0,1	0,5	2,3	3,4	4,9	10,2	0,99	0,56	0,52 - 0,61
Geschlecht *											
Jungen	366	2	0,1	0,4	1,5	1,9	3,0	9,5	0,67	0,42	0,38 - 0,47
Mädchen	345	0	0,2	0,7	3,2	3,8	6,2	10,2	1,32	0,77	0,68 - 0,86
Alte/neue Bundesländer											
alte Bundesländer	510	1	0,1	0,6	2,3	3,4	4,9	9,9	1,02	0,58	0,53 - 0,64
neue Bundesländer	201	1	0,2	0,5	2,1	3,5	5,7	10,2	0,91	0,52	0,45 - 0,60
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Jungen	263	1	0,1	0,5	1,7	2,0	3,0	9,5	0,73	0,45	0,40 - 0,51
Mädchen	247	0	0,2	0,8	3,2	3,8	5,6	9,9	1,32	0,76	0,66 - 0,87
neue Bundesländer											
Jungen	104	1	0,1	0,3	1,0	1,2	2,7	5,4	0,52	0,35	0,30 - 0,42
Mädchen	97	0	0,2	0,7	3,3	4,4	6,6	10,2	1,33	0,79	0,65 - 0,97
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)											
blond	408	2	0,1	0,5	2,2	3,2	4,9	9,9	0,91	0,51	0,46 - 0,56
braun	231	0	0,2	0,6	2,1	3,6	4,2	10,2	1,01	0,63	0,56 - 0,71
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	196	1	0,2	0,7	2,4	3,3	4,8	6,2	1,09	0,69	0,59 - 0,79
vor 2 bis 3 Tagen	235	1	0,2	0,6	2,5	3,6	5,3	9,9	1,06	0,62	0,54 - 0,71
vor 4 und mehr Tagen	223	0	0,1	0,4	1,3	2,2	3,2	10,2	0,64	0,39	0,34 - 0,44

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.11.6.4: Strontiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
spezifische Gliederung
 [Bestimmungsgrenze: 0,04 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Lebensalter *											
6-7 Jahre	153	0	0,1	0,4	1,8	2,3	6,1	7,8	0,77	0,42	0,35 - 0,50
8-9 Jahre	167	1	0,2	0,5	1,7	2,9	3,6	3,8	0,76	0,50	0,43 - 0,57
10-11 Jahre	144	0	0,2	0,5	2,5	3,7	4,8	10,2	0,99	0,58	0,49 - 0,68
12-14 Jahre	247	1	0,2	0,7	3,1	3,9	5,6	9,9	1,27	0,73	0,63 - 0,83
Buddeln, Graben, Höhlenbauen *											
nie	310	0	0,2	0,7	3,1	3,7	5,3	10,2	1,19	0,70	0,62 - 0,78
selten, gelegentlich	217	2	0,1	0,5	1,8	2,7	4,7	7,8	0,82	0,49	0,42 - 0,56
häufig, sehr häufig	182	0	0,1	0,4	1,9	2,8	4,3	7,8	0,83	0,47	0,40 - 0,55
Strontiumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk) *											
bis 250 $\mu\text{g/l}$	350	0	0,1	0,4	1,7	2,3	3,8	9,5	0,70	0,41	0,37 - 0,45
über 250 bis 500 $\mu\text{g/l}$	192	2	0,2	0,6	2,5	3,3	5,6	9,9	1,10	0,66	0,57 - 0,77
über 500 $\mu\text{g/l}$	133	0	0,3	1,0	3,4	4,3	7,6	10,2	1,51	0,96	0,82 - 1,14
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	459	2	0,1	0,5	2,2	3,4	5,2	10,2	0,93	0,50	0,46 - 0,56
warme (Mai bis September)	252	0	0,2	0,6	2,4	3,3	4,7	9,5	1,09	0,69	0,61 - 0,78

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.12 Zink

5.12.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Zinkgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt 156 $\mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 3817$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 154 bis 158 $\mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden 2410 $\mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 2,4 $\mu\text{g/g}$ liegen 0,03 % der analysierten Proben (Tab. 5.12.6.1).

5.12.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.12.1.1.1 Geschlecht

25- bis 69jährige Männer weisen im Vergleich zu Frauen keinen signifikant unterschiedlichen Zinkgehalt im Haar auf. Dies gilt auch bei einem Vergleich der Gehalte in unbehandeltem Haar (Frauen: 163 $\mu\text{g/g}$, Männer: 154 $\mu\text{g/g}$).

5.12.1.1.2 Alte/neue Bundesländer

Die mittleren Zinkgehalte im Haar der Bevölkerung der neuen und alten Bundesländer unterscheiden sich nicht signifikant (151 $\mu\text{g/g}$ und 158 $\mu\text{g/g}$).

5.12.1.1.3 Chemische Haarbehandlung (Frauen)

Frauen mit einer Dauerwelle weisen mit 153 $\mu\text{g/g}$ im Vergleich zu Frauen ohne Dauerwelle mit 165 $\mu\text{g/g}$ einen signifikant niedrigeren mittleren Zinkgehalt im Haar auf. Für das Gliederungsmerkmal *Färbung/Tönung (Frauen)* wurden keine signifikanten Unterschiede ermittelt (Anwendung einer Färbung/Tönung: 161 $\mu\text{g/g}$; ohne Anwendung: 157 $\mu\text{g/g}$).

5.12.1.1.4 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe (grau, blond, braun) und dem Zinkgehalt im Haar festgestellt werden. In grauen Haaren wurden 149 $\mu\text{g/g}$, in blonden Haaren 156 $\mu\text{g/g}$ und in braunen Haaren 163 $\mu\text{g/g}$ gemessen.

5.12.1.1.5 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Mit zunehmendem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme kann ein signifikant niedrigerer Zinkgehalt im Haar festgestellt werden. Lag die Haarwäsche mehr als 4 Tage vor der Probenahme beträgt der Gehalt im Haar 144 $\mu\text{g/g}$, fand die Haarwäsche dagegen maximal 1 Tag vor der Probenahme statt, so liegt ein Gehalt von 161 $\mu\text{g/g}$ vor.

5.12.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Zinkgehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Lebensalter:

Der mittlere Zinkgehalt im Haar nimmt mit zunehmendem Alter zunächst ab, bleibt aber dann für ein Alter von 50 bis 69 Jahren relativ konstant. So wird für 25- bis 29jährige Personen ein mittlerer Zinkgehalt im Haar von 169 $\mu\text{g/g}$ und für 50- bis 59jährige Personen ein Gehalt von 146 $\mu\text{g/g}$ festgestellt. Die statistischen Kennwerte für die ungewichteten Randaltersklassen der neuen Länder sind im Anhang 9.1 wiedergegeben.

Schulabschluß:

Mit zunehmender Höhe des Schulabschlusses wird ein höherer mittlerer Zinkgehalt im Haar ermittelt. Personen ohne oder mit Volks-/Hauptschulabschluß weisen einen Gehalt von 151 $\mu\text{g/g}$ auf und Personen mit Fachhochschulreife/Abitur einen Gehalt von 165 $\mu\text{g/g}$.

Zinkgehalt im Trinkwasser:

Bei einem Zinkgehalt im Wasser von mehr als 1000 $\mu\text{g/l}$ (einem Fünftel des derzeit gültigen Richtwertes der Trinkwasserverordnung) liegt ein Gehalt im Haar von 169 $\mu\text{g/g}$ vor. Bei einem Zinkgehalt im Trinkwasser bis zu 100 $\mu\text{g/l}$ beträgt der mittlere Zinkgehalt im Haar 145 $\mu\text{g/g}$.

5.12.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Zinkgehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 141 $\mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 711$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 136 bis 147 $\mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden 1020 $\mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 2,4 $\mu\text{g/g}$ liegen 0,3 % der analysierten Proben (Tab. 5.12.6.3).

5.12.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

5.12.2.1.1 Geschlecht

6- bis 14jährige Jungen weisen mit 127 $\mu\text{g/g}$ einen signifikant niedrigeren mittleren Zinkgehalt im Haar auf als die Mädchen mit 157 $\mu\text{g/g}$.

5.12.2.1.2 Alte/neue Bundesländer

Bei den 6- bis 14jährigen Kindern der alten und neuen Bundesländer wurde für den Zinkgehalt im Haar kein signifikanter Unterschied berechnet.

5.12.2.1.3 Haarfarbe (unbehandeltes Haar)

Bei bivariater Prüfung konnte ein Zusammenhang zwischen der natürlichen Haarfarbe der Kinder (blond, braun) und dem mittleren Zinkgehalt im Haar festgestellt werden. Bei Kindern mit blonden Haaren liegt ein Zinkgehalt von 134 µg/g und bei Kindern mit braunen Haaren ein Zinkgehalt von 156 µg/g vor.

5.12.2.1.4 Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)

Bei den Kindern konnte kein Zusammenhang zwischen dem Zeitraum zwischen der letzten Haarwäsche und der Probenahme und dem mittleren Zinkgehalt im Haar festgestellt werden.

5.12.2.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Zinkgehalt im Haar der Kinder eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Buddeln, Graben, Höhlenbauen:

Kinder, die angaben, nie in dieser Art zu spielen, weisen mit 155 µg/g einen höheren Gehalt auf als Kinder, die dies häufig tun, mit 129 µg/g.

Zinkgehalt im Trinkwasser:

Mit zunehmendem Zinkgehalt im Trinkwasser liegt ein höherer mittlerer Zinkgehalt im Haar vor. Bei einem Gehalt im Wasser von mehr als 1000 µg/l (einem Fünftel des derzeit gültigen Richtwertes der Trinkwasserverordnung) liegt ein Gehalt im Haar von 161 µg/g vor. Bei einem Gehalt im Wasser bis zu 100 µg/l ergibt sich ein Gehalt im Haar von 129 µg/g.

5.12.2.3 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

6- bis 14jährige Kinder weisen mit 141 µg/g einen niedrigeren mittleren Zinkgehalt im Haar auf als Erwachsene mit 156 µg/g. Aus den Altersgängen läßt sich erkennen, daß für die Kinder mit zunehmendem Alter eine Zunahme der Gehalte vorliegt. Für die Erwachsenen wird eine Abnahme mit dem Alter festgestellt. Jungen weisen deutlich niedrigere Gehalte im Haar auf als Männer. Bei den Mädchen ist der Gehalt im Vergleich zu den Frauen nur wenig geringer.

5.12.3 Zusammenfassung und Diskussion

Daß ein Vergleich der in dieser Studie ermittelten Zinkgehalte im Haar mit den Daten aus der Literatur nur eingeschränkt möglich ist, wurde in Kapitel 5.1 diskutiert. Dennoch sind in den Tabellen 5.12.4.1 und 5.12.4.2 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und diverser anderer Studien zusammengestellt.

In der Bundesrepublik durchgeführte Untersuchungen an regional begrenzten und kleinen Kollektiven ergaben bei Erwachsenen Zinkgehalte im Haar in vergleichbarer Größenordnung wie in dieser Studie (Günther et al. 1992 und Wilhelm et al. 1990, 1994). Gleiches gilt für die Daten der Human-Organprobenbank der Umweltprobenbank (UBA 1993). Auch in der Mehrzahl der internationalen Studien werden Gehalte gleicher Größenordnung angegeben. In Pakistan (Ashraf et al. 1995c), der ehemaligen UdSSR (Batzevich 1995) und Indien (Shrestha und Schrauzer 1989, Sukumar und Subramanian 1992) durchgeführte Studien weisen jedoch höhere Gehalte auf.

Bei Kindern wurden im Rahmen anderer Untersuchungen in der Bundesrepublik teils etwas geringere (Wilhelm et al. 1994), aber auch ähnliche Gehalte (Günther et al. 1992) ermittelt. In den USA untersuchte Kinder (bis zu einem Alter von 12 Jahren) weisen ebenfalls einen vergleichsweise niedrigeren geometrischen Mittelwert auf (Paschal et al. 1989).

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Männer und Frauen weisen keinen unterschiedlichen Zinkgehalt in den Haaren auf. Mädchen weisen höhere Gehalte auf als Jungen.

Der Vergleich der mittleren Zinkgehalte im unbehandelten Haar der Frauen und der Männer zeigt zwar für Frauen die höheren Gehalte (163 $\mu\text{g/g}$; Männer: 154 $\mu\text{g/g}$), jedoch ist der Unterschied nicht signifikant. Die Daten der Human-Organprobenbank der Umweltprobenbank lassen ebenfalls keinen Effekt des Geschlechts erkennen (UBA 1993). Wilhelm et al. (1990) fanden hingegen einen höheren Zinkgehalt im Haar der Frauen, wobei zu berücksichtigen ist, daß es sich hier um ein sehr kleines Kollektiv ($N = 41$) handelt. Sturaro et al. (1994) fanden gerade bei unbehandeltem Haar einen höheren Zinkgehalt im Haar der Frauen. Daß für Mädchen höhere Zinkgehalte im Haar als für Jungen anzunehmen sind, wird auch vielfach in der Literatur angegeben (Prucha 1987, Wilbrand et al. 1991, Vivoli et al. 1990, Schuhmacher et al. 1993).

Mit zunehmendem Alter der Erwachsenen wird bis zur Gruppe der 50- bis 59jährigen eine Abnahme des Zinkgehaltes im Haar festgestellt. Bei den Kindern liegt eine Zunahme mit dem Alter vor. Kinder weisen einen geringeren Gehalt auf als Erwachsene.

Eine tendenzielle Abnahme des Zinkgehaltes mit dem Lebensalter bei den Erwachsenen konnte auch im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 beobachtet werden (Krause et al. 1989a). Dieser Befund wird auch in anderen Studien gefunden (Wilhelm et al. 1990, Folin et al. 1991). Ähnlich wie bei den Calcium-, Kupfer und Strontiumgehalten im Haar ist auch hier zu berücksichtigen, daß zwischen dem *Lebensalter* und der *natürlichen Haarfarbe* sowie dem Zeitpunkt der *letzten Haarwäsche* hohe Assoziationen bestehen (vgl. Anhang 9.5), so daß das Ergebnis von diesen und ggf. anderen Größen überlagert sein kann.

Bei den Kindern liegt eine Zunahme der Gehalte im Haar mit dem Alter vor. Auch bei den Kindern bestehen signifikante Assoziationen (vgl. Anhang 9.6) zwischen dem *Lebensalter* und der natürlichen *Haarfarbe* sowie dem Zeitpunkt der *letzten Haarwäsche*, d. h. jüngere Kinder haben häufiger blondes Haar (niedrigere Gehalte)

und waschen sich ihr Haar seltener (niedrigere Gehalte). Vor diesem Hintergrund sind auch die ermittelten niedrigeren Zinkgehalte im Haar der Kinder bei häufigen Spielweisen wie *Buddeln, Graben, Höhlenbauen* zu sehen, da diesen Betätigungen häufiger jüngere Kinder nachgehen. Eine Zunahme der Zinkgehalte im Haar von Kindern wurde auch in anderen Studien beschrieben (Wilbrand et al. 1991, Schuhmacher et al. 1993).

Daß die untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder im Vergleich zu den untersuchten Erwachsenen einen geringeren Zinkgehalt in den Haaren aufweisen, bestätigt andere internationale Studienergebnisse (Eltayeb und Van Grieken 1990, Paschal et al. 1989, Sturaro et al. 1994).

Die mittleren Zinkgehalte im Haar der Erwachsenen und Kinder der alten und der neuen **Bundesländer** unterscheiden sich nicht.

Ergänzend zu diesen Ergebnissen sei erwähnt, daß in den alten Ländern signifikant höhere Zinkgehalte im Trinkwasser als in den neuen Ländern gemessen werden, für die westdeutschen Erwachsenen kürzere Zeiträume zwischen letzter Haarwäsche und Probenahme beobachtet und ein höherer Anteil an Abiturienten in den alten gegenüber den neuen Ländern ermittelt werden. Danach könnte man allerdings höhere Gehalte in den alten Bundesländer erwarten, was sich auch in der Tendenz bei den Erwachsenen zeigt, nicht jedoch auf dem Niveau $p \leq 0,001$ signifikant ist.

Der Zinkgehalt im unbehandelten Haar der Erwachsenen nimmt von **grau** über **blond** zu **braun** zu. Bei den Kindern wird für braunes Haar ein höherer Zinkgehalt festgestellt als für blondes Haar. Bei Anwendung einer **Dauerwelle** werden niedrigere Zinkgehalte im Haar als bei Nichtanwendung ermittelt.

Bereits für eine Reihe von Elementen (Ba, Ca, Cu, Mg, Sr) konnten bei grauem Haar geringere Gehalte ermittelt werden. Als Ursache ist die abnehmende Pigmentierung grauen Haares anzunehmen. Vor diesem Hintergrund erscheinen die vorliegenden Ergebnisse plausibel. Allerdings sei auch bei diesem Ergebnis auf die hohe Assoziation zwischen *Lebensalter* und *Haarfarbe* (s. weiter oben) hingewiesen.

Sturaro et al. (1994) berichten ebenfalls für unbehandeltes Haar von einer Zunahme der Gehalte von blond über braun allerdings bis zu schwarz. Wie im Umwelt-Survey ermittelten auch Prucha et al. (1987) und Schuhmacher et al. (1993) bei Kindern in braunem Haar höhere Gehalte als in blondem Haar. Wilhelm et al. (1990) hingegen fanden keinen Effekt der Haarfarbe bei Erwachsenen, wobei das relativ kleine Kollektiv (N = 41) zu berücksichtigen ist.

Für die meisten Elemente wird eine Zunahme des Gehaltes im Haar durch die Anwendung einer Dauerwelle ermittelt. Zink bildet jedoch zusammen mit Phosphor eine Ausnahme. Der Effekt ist jedoch vergleichsweise eher gering.

Mit zunehmendem **Schulabschluß** wird ein höherer Zinkgehalt im Haar ermittelt.

Bei der Interpretation dieses Ergebnisses sind die hohen Assoziationen zwischen *Schulabschluß* und *Lebensalter* und *Geschlecht* zu berücksichtigen. Bei jüngeren Personen werden höhere Zinkgehalte im Haar ermittelt und Jüngere haben eher einen Fachhochschulabschluß oder Abitur. Ferner ist der Anteil der Abiturienten bei

den Männern höher als bei den Frauen. Männer und insgesamt jüngere Personen waschen sich häufiger die Haare, so daß bei diesen Personengruppen ein stärkerer Effekt des Zinkgehaltes im Trinkwasser möglich wäre. Dies wird durch die Signifikanz der Merkmale *Zinkgehalt im Trinkwasser* und *Letzte Haarwäsche* untermauert. Die Nichtsignifikanz des Merkmals *Staubbelastung am Arbeitsplatz* weist zudem nicht auf eine berufliche Belastung hin.

Mit zunehmendem Zinkgehalt im häuslichen Trinkwasser wird ein höherer Zinkgehalt im Haar der Erwachsenen und Kinder festgestellt.

Der Zinkgehalt im Trinkwasser kann durch eine orale Aufnahme oder durch direkten Kontakt (Waschen) zu einer Erhöhung des Gehaltes im Haar führen. Da in frisch gewaschenem Haar höhere mittlere Zinkgehalte als in längere Zeit nicht gewaschenem Haar nachgewiesen werden, kann angenommen werden, daß der direkte Wasserkontakt von Bedeutung ist.

Tab. 5.12.4.1: Zinkgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Zink im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey I (Krause et al. 1989a)	1985-1986	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung nur Westdeutschland	n=1340	GM=154
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=3817	GM=156
<u>BRD</u> Umweltprobenbank (UBA 1993)	1991	M, F: 15-64 J. 10-47 J. 20-59 J.	Münster, Studenten Leipzig, Studenten Halle, Arbeiter / Angest.	n=89 n=59 n=50	50.P.=181 50.P.=195 50.P.=146
<u>BRD</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	M	Kontrollkollektiv, nicht kontaminiertes Gebiet	n=13	GM=137
<u>BRD</u> (Bonn und Umgeb.) (Wilhelm et al. 1990)	?	M, F: 18-84 J.	Stadt / ländliches Gebiet	n=41	GM=149
<u>BRD</u> (NRW) (Wilhelm et al 1994)	1987-1988	M, F	Industrie / ländliches Gebiet	M (n=32) F (n=36)	GM=152 / 169 GM=185 / 165
<u>Griechenland</u> (Leotsinidis/Kondakis 1990)	?	M, F > 50 J.	Landarbeiter, nicht konta- miniertes Gebiet, keine berufl. Belastung, keine Stadtwohnung	M (n=75) F (n=69)	GM=179 GM=183
<u>Indien</u> (Sukumar/Subramanian 1992)	?	M, F: 30-60 J.	landw. Beschäftigte, Haus- frauen, Büroangestellte	n=121	AM=183-244
<u>Italien</u> (Folin et al. 1991)	?	M: 20-59 J.	Blutspender	n=107	AM=167
<u>Italien</u> (Sturaro et al. 1994)	?	M, F: 4-40 J.	gesund, ohne chemische Haarbehandlung	M (n=72) F (n=60)	AM=266 AM=285
<u>Pakistan/Bangladesh</u> (Jamall/Allen 1990)	1986	F: 18-55 J. F: 16.51 J.	industrielle Region ländliche Region	n=41 n=42	GM=189 GM=114

Tab. 5.12.4.1 (Fortsetzung): Zinkgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Zink im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Pakistan</u> (Ashraf et al. 1995c)	?	M, F: 24-30 J.	Kontrollkollektiv Normalpersonen	M (n=43) F (n=42)	AM=230 AM=336
<u>Saudi-Arabien</u> (Ahmed/Elmubarak 1990)	?	M: 15-22 J.	Vorortbevölkerung keine Industrie	n=22	GM=133
<u>Schweden</u> <u>Indien</u> (Srikumar et al. 1992)	?	M, F: 25-62 J. M, F: 23-68 J.	Vegetarier, Nicht-Vegetarier gesund	n=47 n=83	AM=157 AM=162
<u>Sudan</u> (Eltayeb/VanGrieken 1990)	?	M, F: 22-25 J.	Universitäts-Studenten	n=23	GM=124
<u>ehemalige UDSSR</u> (Batzevich 1995)	?	M, F: 18-60 J.	ethnische Gruppen	M (n=837) F (n=965)	AM=141-220 AM=142-295
<u>UK</u> (Barlow et al. 1985)	?	F: 16-49 J.	schwängere Frauen der Allgemeinbevölkerung	n=261	AM=183
<u>USA (Californien)</u> <u>Indien</u> (Shrestha/Schrauzer 1989)	?	M, F: 6-49 J. M, F: 1-43 J.	keine industrielle Belastung	n=20 n=27	AM=178 AM=284
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentl. Angestellte NHANES-Kollektiv	n=332	GM=151

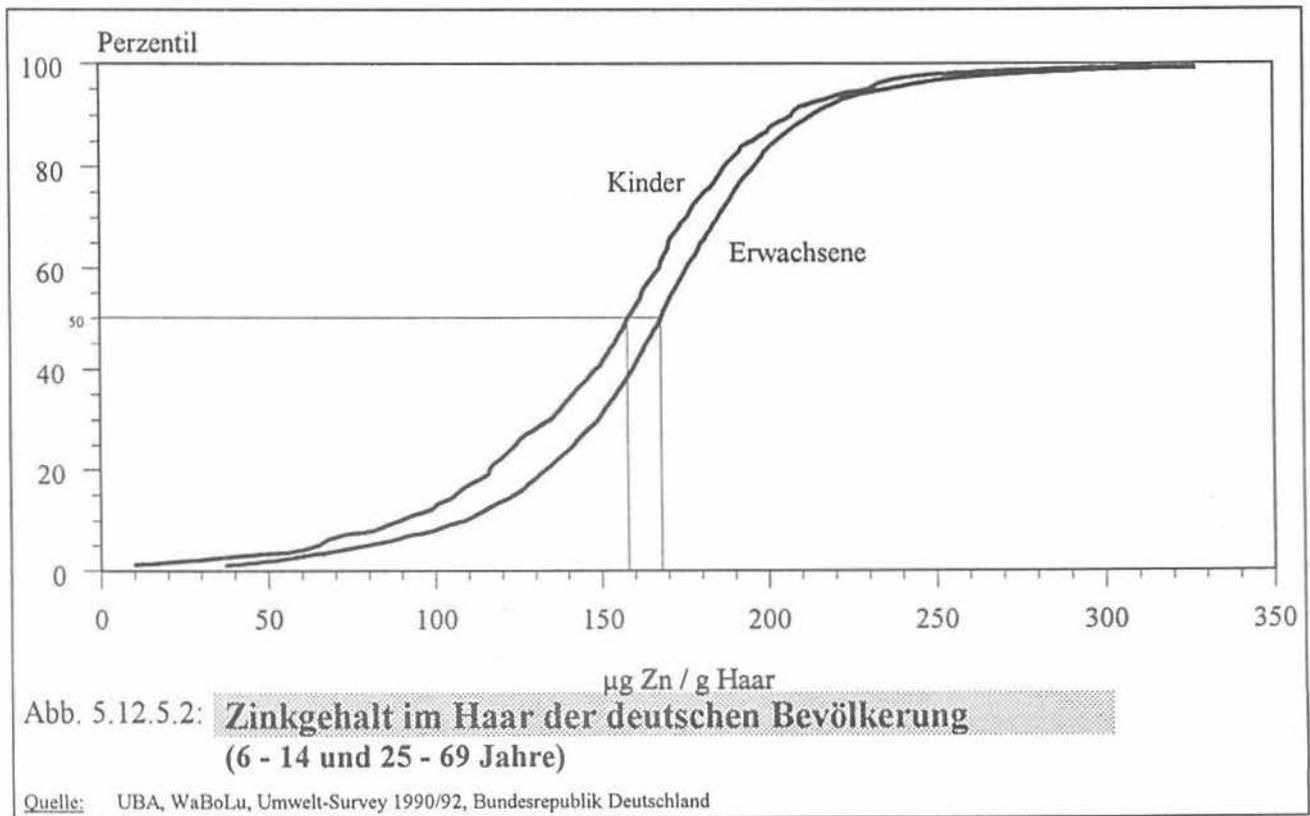
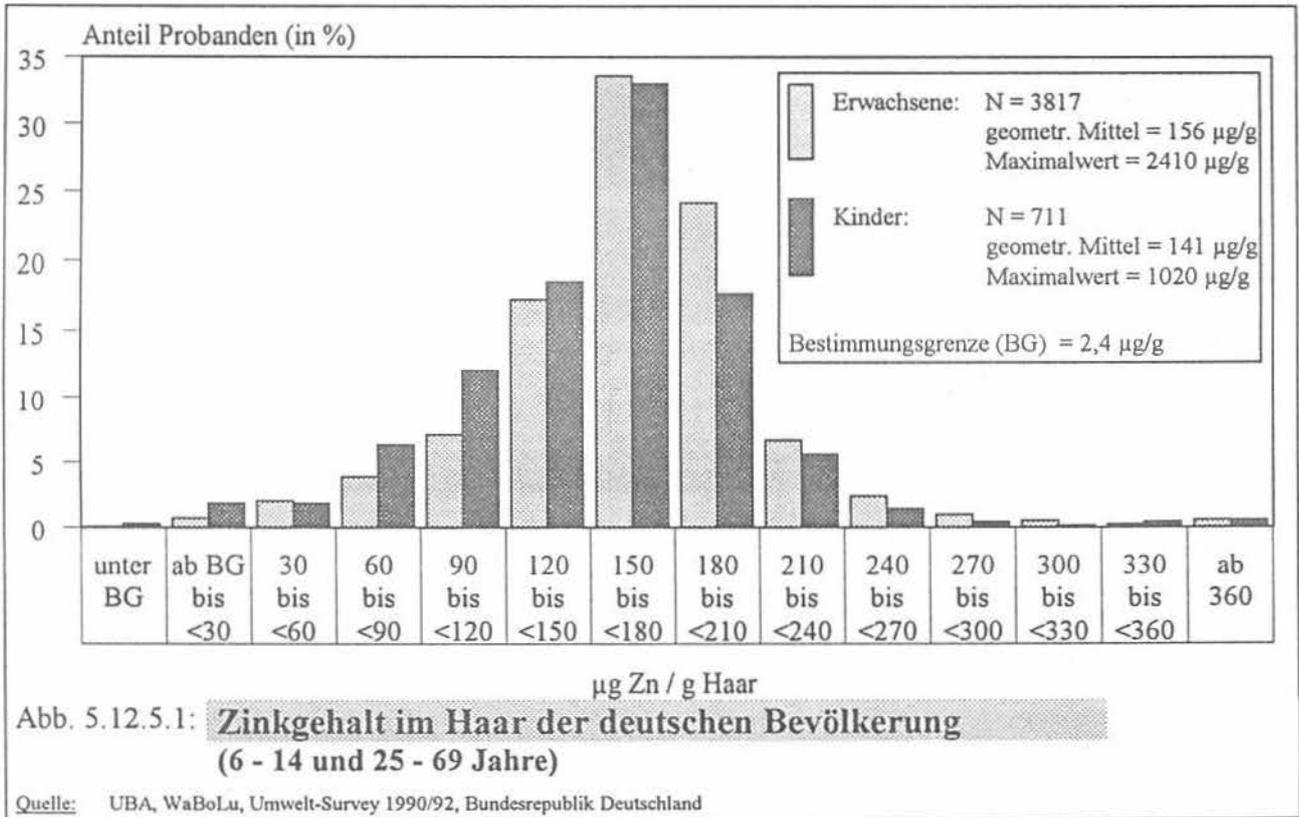
M = Männer, F = Frauen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

Tab. 5.12.4.2: Zinkgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Zink im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland	n=711	GM=141
<u>BRD (Rhein-Main-Gebiet)</u> (Prucha 1987)	1982-1986	J, Mä: 10 J.	Rhein-Main-Gebiet	J (n=1269) Mä (n=1243)	AM=179 AM=216
<u>BRD (Berlin)</u> (Wilbrand et al. 1991)	1986	J, Mä: 2-16 J.	Stadtbevölkerung	J (n=523) Mä (n=324)	50.P.=139 50.P.=159
<u>BRD (NRW)</u> (Wilhelm et al. 1991)	?	J, Mä: 3-7 J.	Stadt / ländliches Gebiet	n=474	AM=118
<u>BRD (ehemalige DDR)</u> (Günther et al. 1992)	1984-1988	J, Mä	Vergleichskollektiv	n=27	GM=150
<u>BRD (NRW)</u> (Wilhelm et al. 1994)	1985-1986	J, Mä: 5-9 J.	ehemals belastetes / Kontrollkollektiv	n=47	GM=103 / GM=118
<u>Ghana</u> (Golow und/Kwaansa-Ansah 1994)	?	J, Mä	Schulkinder aus 4 Städten	Mä (n=200) J (n=200)	AM=176,78-274,08 AM=164,23-291,00
<u>Italien (Trento)</u> (Vivoli et al. 1990)	?	J, Mä: 11-14 J.	Schulkinder	J (n=203) Mä ((n=188)	AM=170,84 AM=183,31
<u>Spanien)</u> (Schuhmacher et al. 1993)	?	J, Mä: 6-15 J.	Schulkinder	n=174 n=128	AM=1152,42 AM=145,11
<u>Sudan</u> (Eltayeb/VanGrieken 1990)	?	J, Mä: 6-16 J.	Landbevölkerung	n=11	50.P.=321
<u>Türkei</u> (Domna et al. 1990)	?	J, Mä \leq 3 J.	z.T. kranke Kinder	n=94	GM=166
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	J, Mä \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=84,3

J = Jungen, Mä = Mädchen, n = Anzahl, 50.P. = 50er Perzentil, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

5.12.5 Abbildungen



5.12.6 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

**Tab. 5.12.6.1: Zinkgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung
(25 bis 69 Jahre)**

Standardgliederung

[Bestimmungsgrenze: $2,4 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	3817	1	110	170	210	240	270	2410	166	156	154 - 158
Geschlecht											
Männer	1865	1	110	170	210	220	250	450	162	154	151 - 156
Frauen	1952	0	110	170	220	250	300	2410	170	159	156 - 162
Geschlecht (unbehandeltes Haar)											
Männer	1806	1	110	170	210	220	250	450	162	154	152 - 157
Frauen	543	0	120	180	220	240	270	650	172	163	158 - 168
Alte/neue Bundesländer											
alte Bundesländer	3027	1	110	170	210	230	270	1080	167	158	155 - 160
neue Bundesländer	790	0	100	160	210	250	320	2410	163	151	147 - 156
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Männer	1484	1	110	170	210	220	250	450	164	156	154 - 159
Frauen	1542	0	110	170	220	240	290	1080	170	159	155 - 162
neue Bundesländer											
Männer	380	0	100	160	200	220	260	350	153	144	138 - 151
Frauen	410	0	110	160	230	290	380	2410	172	158	151 - 164
Dauerwelle (Frauen) *											
nein	917	0	120	180	220	240	280	650	173	165	161 - 169
ja	1018	0	100	160	220	260	330	2410	168	153	149 - 158
Färbung/Tönung (Frauen)											
nein	1116	0	110	170	220	240	300	1080	169	157	153 - 161
ja	819	0	110	170	220	250	320	2410	172	161	157 - 165
Haarfarbe (unbehandeltes Haar) *											
teilw./überw. grau	769	1	100	160	200	210	230	450	157	149	145 - 153
blond	546	0	110	170	210	230	270	650	166	156	151 - 162
braun	843	0	120	170	210	240	260	360	170	163	160 - 167
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar) *											
vor 0 bis 1 Tag	1247	0	120	170	220	240	260	450	169	161	158 - 164
vor 2 bis 3 Tagen	675	1	110	170	210	220	250	650	164	155	151 - 160
vor 4 und mehr Tagen	425	0	90	160	200	210	220	450	152	144	139 - 149

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.12.6.2: Zinkgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung

(25 bis 69 Jahre)

spezifische Gliederung

[Bestimmungsgrenze: $2,4 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Lebensalter *											
25-29 Jahre	513	0	130	180	240	270	310	460	180	169	163 - 176
30-39 Jahre	907	0	120	170	220	250	280	2410	175	166	162 - 170
40-49 Jahre	791	1	110	170	210	230	280	1080	168	157	153 - 162
50-59 Jahre	900	0	100	160	200	210	230	440	155	146	142 - 150
60-69 Jahre	705	0	90	160	210	220	250	520	158	148	143 - 152
Schulabschluß *											
keiner; Volks-, Hauptschule	2118	1	100	160	210	230	260	1080	161	151	148 - 154
Realschule, mittl. Reife	935	0	120	170	220	250	290	2410	172	161	157 - 166
Fachhochschulreife, Abitur	724	0	120	170	220	240	280	580	173	165	161 - 169
Zinkgehalt im Trinkwasser *											
bis $100 \mu\text{g/l}$	623	0	90	160	200	210	230	420	154	145	141 - 150
über 100 bis $1000 \mu\text{g/l}$	2387	1	110	170	210	220	250	520	164	155	153 - 157
über $1000 \mu\text{g/l}$	807	0	120	180	250	280	340	2410	183	169	164 - 174

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse; Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.12.6.3: **Zinkgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)**
Standardgliederung
 [Bestimmungsgrenze: 2,4 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	711	2	90	160	210	230	250	1020	155	141	136 - 147
Geschlecht *											
Jungen	366	2	80	150	190	210	230	340	141	127	120 - 135
Mädchen	345	0	110	170	220	250	310	1020	171	157	150 - 165
Alte/neue Bundesländer											
alte Bundesländer	510	1	90	160	200	220	250	640	153	139	132 - 146
neue Bundesländer	201	1	90	160	220	240	320	1020	163	147	136 - 158
Alte/neue Bundesländer x Geschlecht											
alte Bundesländer											
Jungen	263	1	70	150	190	210	220	340	142	128	119 - 137
Mädchen	247	0	110	170	210	240	270	640	164	152	143 - 161
neue Bundesländer											
Jungen	104	1	80	140	190	210	240	270	138	125	112 - 141
Mädchen	97	0	120	170	230	270	510	1020	189	173	160 - 187
Haarfarbe (unbehandeltes Haar) *											
blond	408	2	80	150	200	230	270	1020	151	134	126 - 142
braun	231	0	120	160	210	220	240	390	162	156	150 - 162
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)											
vor 0 bis 1 Tag	196	1	100	170	220	230	260	400	163	148	137 - 161
vor 2 bis 3 Tagen	235	1	80	160	210	230	290	1020	156	141	132 - 151
vor 4 und mehr Tagen	223	0	90	150	200	210	230	590	146	135	127 - 144

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.12.6.4: **Zinkgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)**
 spezifische Gliederung
 [Bestimmungsgrenze: $2,4 \mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Buddeln, Graben, Höhlenbauen *											
nie	310	0	120	170	220	240	270	400	167	155	147 - 164
selten, gelegentlich	217	2	100	150	200	210	230	270	146	132	121 - 144
häufig, sehr häufig	182	0	70	140	200	220	360	1020	147	129	121 - 139
Zinkgehalt im Trinkwasser *											
bis $100 \mu\text{g/l}$	129	0	80	150	190	190	220	230	141	129	118 - 142
über 100 bis $1000 \mu\text{g/l}$	403	1	90	160	200	220	250	400	150	136	129 - 144
über $1000 \mu\text{g/l}$	179	1	100	170	230	250	380	1020	178	161	150 - 174

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.13 Weitere Elemente

Im Folgenden werden die Verteilungen der weiteren im Haar gemessenen Elemente Bor, Cäsium, Palladium, Platin, Thallium, Uran und Vanadium aufgrund ihrer meßanalytischen Qualität bzw. der teilweise nicht für Deutschland repräsentativen untersuchten Unterstichproben (Kap. 3.3 und 3.4) nur kurz tabellarisch dargestellt. Ein Vergleich mit Literaturdaten wird trotz der in Kapitel 5.1 aufgeführten Einschränkungen und der sehr begrenzten Literaturstellen zu diesen Elementen textlich vorgenommen.

5.13.1 Bor

Der geometrische Mittelwert des Borgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt 0,50 µg/g (Größe der Stichprobe: N = 2896 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 0,49 bis 0,52 µg/g. Als Maximalwert werden 30,9 µg/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 0,4 µg/g liegen 38,5 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.1.1).

Der geometrische Mittelwert des Borgehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 0,43 µg/g (Größe der Stichprobe: N = 576 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 0,41 bis 0,46 µg/g. Als Maximalwert werden 3,9 µg/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 0,4 µg/g liegen 41,7 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.1.1).

Die 6- bis 14jährigen Kinder weisen mit 0,43 µg/g einen im Vergleich zu den Erwachsenen mit 0,50 µg/g geringeren mittleren Borgehalt im Haar auf. Dieser relativ geringe Unterschied erwies sich bei statistischer Prüfung als signifikant.

Tab. 5.13.1.1: Borgehalt im Haar (µg/g Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre und 6 bis 14 Jahre)

[Bestimmungsgrenze: 0,4 µg/g]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Erwachsene (25 bis 69 Jahre)	2896	1114	<0,4	0,5	1,6	1,9	2,6	30,9	0,73	0,50	0,49 - 0,52
Alte/neue Bundesländer (25 bis 69 Jahre) *											
alte Bundesländer	2295	792	<0,4	0,6	1,7	2,0	2,6	30,9	0,79	0,55	0,53 - 0,57
neue Bundesländer	601	323	<0,4	<0,4	1,1	1,4	2,0	10,3	0,52	0,37	0,35 - 0,39
Kinder (6 bis 14 Jahre)	576	240	<0,4	0,5	1,1	1,3	1,7	3,9	0,57	0,43	0,41 - 0,46

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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;

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

Trotz der genannten Einschränkungen (Kap. 3.4) sei an dieser Stelle erwähnt, daß in den alten Bundesländern für die Erwachsenen mit 0,55 µg/g ein im Vergleich zu den neuen Bundesländern mit 0,37 µg/g signifikant höherer Borgehalt im Haar festgestellt wird. Gleiches gilt für die Kinder mit 0,49 µg/g gegenüber 0,33 µg/g in den alten bzw. neuen Bundesländern. Ein Effekt des *Geschlechts* ließ sich weder für die Erwachsenen noch für

die Kinder feststellen. Zwischen der Anwendung einer *Dauerwelle* oder *Färbung/Tönung* und den Borgehalten im Haar der Frauen konnte kein bivariater Zusammenhang ermittelt werden.

Im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 wurde für die Erwachsenen ein mittlerer Borgehalt im Haar von 1,30 µg/g bestimmt (Krause et al. 1989a), also ein mehr als doppelt so hoher Wert wie in dieser aktuellen Studie. Ob tatsächlich eine Abnahme der Gehalte stattgefunden hat oder sich die unterschiedlichen Gehalte aus den unterschiedlichen analytischen Prozeduren ableiten lassen, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.

Valkovic (1988) zitiert eine ältere Studie aus den USA, in der bei bis zu 15jährigen ein Gehalt von 0,88 µg/g und für ältere Personen ein nur leicht erhöhter Gehalt von 0,98 µg/g ermittelt wurde. Ciba und Chrusciel (1992) berichten von Borgehalten im Haar in einem Wertebereich von 0 bis 5 µg/g. Paschal et al. (1989) fanden für das von ihnen untersuchte Erwachsenenkollektiv einen mittleren Borgehalt im Haar von 0,37 µg/g. Allerdings entspricht der von ihnen ermittelte Gehalt für die Kinder von 2,08 µg/g nicht der Größenordnung der anderen Daten aus der Literatur und den Angaben der Umwelt-Surveys.

5.13.2 Cäsium

Cäsium wurde nur im Haar eines Teilkollektivs der Bevölkerung der neuen Bundesländer bestimmt. Vor diesem Hintergrund wurden die Daten keiner Wichtungsprozedur unterzogen. Der geometrische Mittelwert des Cäsiumgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Personen dieser Stichprobe beträgt 0,46 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 632 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 0,43 bis 0,49 ng/g. Als Maximalwert werden 11,8 ng/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 0,4 ng/g liegen 47,2 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.2.1).

Der geometrische Mittelwert des Cäsiumgehaltes im Haar der untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 0,73 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 131 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 0,61 bis 0,88 ng/g. Als Maximalwert werden 6,5 ng/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 0,4 ng/g liegen 32,1 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.2.1).

Die untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder weisen mit 0,73 ng/g einen im Vergleich zu den 25- bis 69jährigen Erwachsenen mit 0,46 ng/g signifikant höheren mittleren Cäsiumgehalt im Haar auf (Tab. 5.13.2.1).

Tab. 5.13.2.1: Cäsiumgehalt im Haar (ng/g Haar) - Teilkollektive aus den neuen Bundesländern

[Bestimmungsgrenze: 0,4 ng/g]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Erwachsene (25 bis 69 Jahre)	632	298	<0,4	0,4	1,6	2,1	3,1	11,8	0,72	0,46	0,43 - 0,49
Kinder (6 bis 14 Jahre)	131	42	<0,4	0,7	3,5	4,1	5,8	6,5	1,28	0,73	0,61 - 0,88

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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

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

Ergänzend sei darauf hingewiesen, daß bei den untersuchten Männern mit 0,53 ng/g im Vergleich zu den Frauen mit 0,40 ng/g ein signifikant höherer mittlerer Cäsiumgehalt im Haar ermittelt wird. Bei den Kindern wird mit 0,91 ng/g für die Jungen ein höherer mittlerer Gehalt im Haar als für die Mädchen mit 0,59 ng/g festgestellt, wobei aufgrund des geringeren Stichprobenumfangs das Signifikanzniveau von $p \leq 0,001$ nicht erreicht wird. Bei den *dauergewellten Haaren* der Frauen liegen höhere Cäsiumgehalte vor (0,46 ng/g gegenüber 0,33 ng/g), bei *gefärbtem/getöntem Haar* ist kein Unterschied zu beobachten.

Valkovic (1988) zitiert z. B. eine ältere Studie aus Italien, wo Werte in einem Bereich von 0,05 bis 0,10 µg/g angegeben wurden, die deutlich höher sind als in der vorliegenden Untersuchung. Cäsium wurde im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 nicht bestimmt.

5.13.3 Palladium

Auch Palladium wurde nur im Haar eines Teilkollektivs der Bevölkerung der neuen Bundesländer bestimmt. Vor diesem Hintergrund wurden die Daten ebenfalls keiner Wichtungsprozedur unterzogen. Der geometrische Mittelwert des Palladiumgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Personen dieser Stichprobe beträgt 1,66 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 593 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 1,56 bis 1,77 ng/g. Als Maximalwert werden 35,5 ng/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 1,8 ng/g liegen 56,8 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.3.1).

Der geometrische Mittelwert des Palladiumgehaltes im Haar der untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 1,35 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 131 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 1,21 bis 1,51 ng/g. Als Maximalwert werden 8,1 ng/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 1,8 ng/g liegen 68,7 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.3.1).

Die untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder weisen im Vergleich zu den Erwachsenen bzgl. des mittleren Palladiumgehaltes im Haar keinen statistisch signifikanten Unterschied auf.

Tab. 5.13.3.1: Palladiumgehalt im Haar (ng/g Haar) - Teilkollektive aus den neuen Bundesländern
[Bestimmungsgrenze: 1,8 ng/g]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Erwachsene (25 bis 69 Jahre)	593	337	<1,8	<1,8	5,3	7,3	10,7	35,5	2,40	1,66	1,56 - 1,77
Kinder (6 bis 14 Jahre)	131	90	<1,8	<1,8	3,4	5,9	7,9	8,1	1,77	1,35	1,21 - 1,51

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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

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

Bei den untersuchten Männern der neuen Bundesländern wird mit 1,30 ng/g im Vergleich zu den Frauen mit 2,08 ng/g ein signifikant niedrigerer Palladiumgehalt im Haar festgestellt. Ein solcher Effekt des *Geschlechts* ließ sich bei den Kindern nicht feststellen. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Palladiumgehalten im Haar der Frauen und der Anwendung einer *Dauerwelle* ist gegeben. Bei Anwendung

wurden 2,44 ng/g und ohne Anwendung 1,66 ng/g Palladium im Haar bestimmt. Eine *Färbung/Tönung* hat keinen statistisch signifikanten Effekt auf den Palladiumgehalt im Haar.

Palladium wurde im Rahmen des 1. Umwelt-Surveys 1985/86 nicht bestimmt. Valkovic (1988) zitiert eine ältere Studie aus den USA aus dem Jahr 1975, in der Palladiumgehalte im Haar unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,02 µg/g analysiert wurden. Dies steht im Einklang mit der vorliegenden Untersuchung.

5.13.4 Platin

Der geometrische Mittelwert des Platingehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt 2,52 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 2589 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 2,44 bis 2,61 ng/g. Als Maximalwert werden 191,7 ng/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 1,6 ng/g liegen 28,6 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.4.1).

Der geometrische Mittelwert des Platingehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 1,84 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 576 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 1,72 bis 1,96 ng/g. Als Maximalwert werden 30,7 ng/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 1,6 ng/g liegen 42,0 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.4.1).

Die 6- bis 14jährigen Kinder weisen mit 1,84 ng/g einen im Vergleich zu den Erwachsenen mit 2,52 ng/g signifikant geringeren mittleren Platingehalt im Haar auf.

Tab. 5.13.4.1: Platingehalt im Haar (ng/g Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre und 6 bis 14 Jahre)
[Bestimmungsgrenze: 1,6 ng/g]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Erwachsene (25 bis 69 Jahre)	2589	741	<1,6	2,8	7,4	10,3	15,9	191,7	3,94	2,52	2,44 - 2,61
Alte/neue Bundesländer (25 bis 69 Jahre) *											
alte Bundesländer	2054	361	<1,6	3,3	8,0	11,3	16,8	191,7	4,56	3,08	2,97 - 3,19
neue Bundesländer	535	380	<1,6	1,1	3,4	4,9	6,8	16,5	1,56	1,17	1,11 - 1,24
Kinder (6 bis 14 Jahre)	576	242	<1,6	1,9	5,4	7,6	10,5	30,7	2,65	1,84	1,72 - 1,96

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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;

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

Für die Erwachsenen in den alten Bundesländern wird mit 3,08 ng/g ein im Vergleich zu den neuen Bundesländern mit 1,17 ng/g signifikant höherer Platingehalt im Haar festgestellt. Gleiches gilt für die Kinder mit 2,30 ng/g gegenüber 1,03 ng/g in den alten bzw. neuen Bundesländern. Ein Effekt des *Geschlechts* ließ sich weder für die Erwachsenen noch für die Kinder feststellen. Bei Anwendungen einer *Dauerwelle* oder *Färbung/Tönung* wurde gleichfalls kein Zusammenhang mit den Platingehalten im Haar der Frauen ermittelt.

In der Literatur finden sich kaum Vergleichswerte zu Platingehalten im Haar. Johnson et al. (1975) berichten von Platingehalten im Haar einer Population aus Kalifornien, die alle unterhalb einer Nachweisgrenze von 0,05 µg/g lagen. Diese Nachweisgrenze liegt deutlich höher als die in der vorliegenden Studie. Aus Australien wurde von einem mittleren Platingehalt im Haar von 3,84 ng/g berichtet (Vaughan und Florence 1992), also von einem vergleichbaren Gehalt.

5.13.5 Thallium

Der geometrische Mittelwert des Thalliumgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt 0,74 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 3246 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 0,72 bis 0,75 ng/g. Als Maximalwert werden 67,6 ng/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 1,0 ng/g liegen 73,3 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.5.1).

Der geometrische Mittelwert des Thalliumgehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 0,63 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 637 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 0,60 bis 0,66 ng/g. Als Maximalwert werden 15,5 ng/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 1,0 ng/g liegen 84,5 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.5.1).

Die 6- bis 14jährigen Kinder weisen mit 0,63 ng/g einen im Vergleich zu den Erwachsenen mit 0,74 ng/g geringeren mittleren Thalliumgehalt im Haar auf. Dieser geringe Unterschied erwies sich bei statistischer Prüfung als signifikant.

Tab. 5.13.5.1: **Thalliumgehalt im Haar (ng/g Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre und 6 bis 14 Jahre)**

[Bestimmungsgrenze: 1,0 ng/g]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Erwachsene (25 bis 69 Jahre)	3246	2378	<1,0	<1,0	2,0	3,8	8,5	67,6	1,21	0,74	0,72 - 0,75
Alte/neue Bundesländer (25 bis 69 Jahre) *											
alte Bundesländer	2574	1826	<1,0	<1,0	2,1	3,9	9,3	67,6	1,27	0,76	0,74 - 0,78
neue Bundesländer	672	551	<1,0	<1,0	1,7	3,0	6,4	32,0	0,98	0,66	0,62 - 0,69
Kinder (6 bis 14 Jahre)	637	539	<1,0	<1,0	1,4	2,5	6,5	15,5	0,89	0,63	0,60 - 0,66

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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;

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

Für die Erwachsenen in den alten Bundesländern wird mit 0,76 ng/g ein im Vergleich zu den neuen Bundesländern mit 0,66 ng/g signifikant höherer Thalliumgehalt im Haar festgestellt. Eine Tendenz in gleicher Richtung liegt bei den Kindern vor. Ein Zusammenhang zwischen dem *Geschlecht* und den Thalliumgehalten im Haar ließ sich weder für die Erwachsenen noch für die Kinder nachweisen. Die Anwendung einer *Dauerwelle* oder einer *Färbung/Tönung* sind gleichfalls bei bivariater Testung ohne Effekt auf die Thalliumgehalte im Haar der Frauen.

Paschal et al. (1989) berichten von Thalliumgehalten bei US-amerikanischen Erwachsenen von 0,056 µg/g und bei Kindern von 0,066 µg/g, also deutlich höheren Gehalten als in der vorliegenden Studie (0,0007 µg/g bzw. 0,0006 µg/g). Dies ist um so verwunderlicher als für andere Elemente eine recht gute Vergleichbarkeit zu der vorliegenden Studie vorhanden ist. Ob möglicherweise die unterschiedlichen Waschprozeduren (Natriumlaurylsulfat/Wasser bzw. Aceton/Wasser) gerade einen Einfluß auf die Thalliumgehalte im Haar haben, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. In einer älteren Studie aus der Bundesrepublik wurde in der Nähe einer Zementfabrik ein mittlerer Gehalt vom 9,5 ng/g gefunden (Brockhaus et al. 1981).

5.13.6 Uran

Uran wurde nur im Haar eines Teilkollektivs der Bevölkerung der neuen Bundesländer bestimmt. Vor diesem Hintergrund wurden die Daten keiner Wichtungsprozedur unterzogen. Der geometrische Mittelwert des Urangehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Personen dieser Stichprobe beträgt 8,72 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 632 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 7,74 bis 9,83 ng/g. Als Maximalwert werden 512,2 ng/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 0,14 ng/g liegen 1,3 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.6.1).

Der geometrische Mittelwert des Urangehaltes im Haar der untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 14,38 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 131 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 11,17 bis 18,52 ng/g. Als Maximalwert werden 878,1 ng/g gemessen. Alle analysierten Proben weisen Werte über der Bestimmungsgrenze von 0,14 ng/g (Tab. 5.13.6.1).

Die untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder weisen mit 14,38 ng/g im Vergleich zu den Erwachsenen mit 8,72 ng/g einen signifikant höheren mittleren Urangehalt im Haar auf.

Tab. 5.13.6.1: Urangehalt im Haar (ng/g Haar) - Teilkollektive aus den neuen Bundesländern
[Bestimmungsgrenze: 0,14 ng/g]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Erwachsene (25 bis 69 Jahre)	632	8	1,2	9,0	60,5	84,6	129,6	512,2	22,81	8,72	7,74 - 9,83
Kinder (6 bis 14 Jahre)	131	0	2,4	12,3	107,4	154,8	292,5	878,1	44,09	14,38	11,17 - 18,52

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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

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

Ein Zusammenhang zwischen dem *Geschlecht* und den Urangehalten im Haar ließ sich weder für die Erwachsenen mit behandeltem oder unbehandeltem Haar noch für die Kinder feststellen. Dauergewelltes Haar weist mit 11,3 ng/g einen signifikant höheren mittleren Urangehalt auf als nicht dauergewelltes Haar mit 6,1 ng/g. Im Gegensatz hierzu ist bei Anwendung einer *Färbung/Tönung* kein Zusammenhang mit dem Urangehalt im Haar der Frauen feststellbar.

Igarashi et al. (1989) untersuchten in Japan eine mögliche Aufnahme von Uran durch das Rauchen und stellten Gehalte im Haar zwischen 0,38 und 5,66 ng/g fest. Byrne und Benedik (1991) ermittelten bei einem Kontrollkollektiv einen mittleren Urangehalt im Haar von 11,5 ng/g. Sie wiesen darauf hin, daß in der älteren Literatur

sehr unterschiedliche Wertebereiche für den Urangehalt im Haar angegeben wurden. Für Arbeiter einer Uranmine wurden von den Autoren bis zu 1000fach höhere Werte angegeben. In gleicher Größenordnung lagen die Haargehalte von periodisch exponierten Angestellten einer atomaren Einrichtung in Australien (0,25 - 10,4 µg/g; Bentley und Wyatt 1980) und von Arbeitern in Phosphatminen in Syrien (Othman 1993).

5.13.7 Vanadium

Vanadium wurde nur im Haar eines Teilkollektivs der Bevölkerung der neuen Bundesländer bestimmt. Vor diesem Hintergrund wurden die Daten ebenfalls keiner Wichtungsprozedur unterzogen. Der geometrische Mittelwert des Vanadiumgehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Personen dieser Stichprobe beträgt 9,70 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 632 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 9,00 bis 10,45 ng/g. Als Maximalwert werden 194,5 ng/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 2,8 ng/g liegen 8,5 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.7.1).

Der geometrische Mittelwert des Vanadiumgehaltes im Haar der untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder beträgt 14,92 ng/g (Größe der Stichprobe: N = 131 Fälle) mit einem Konfidenzintervall von 13,06 bis 17,05 ng/g. Als Maximalwert werden 130,5 ng/g gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von 2,8 ng/g liegen 0,8 % der analysierten Proben (Tab. 5.13.7.1).

Die untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder weisen mit 14,92 ng/g im Vergleich zu den Erwachsenen mit 9,70 ng/g einen signifikant höheren mittleren Vanadiumgehalt im Haar auf.

Tab. 5.13.7.1: Vanadiumgehalt im Haar (ng/g Haar) - Teilkollektive aus den neuen Bundesländern
[Bestimmungsgrenze: 2,8 ng/g]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Erwachsene (25 bis 69 Jahre)	632	54	3,1	9,8	31,3	54,5	69,4	194,5	15,43	9,70	9,00 - 10,45
Kinder (6 bis 14 Jahre)	131	1	5,9	13,7	42,8	52,2	78,1	130,5	20,38	14,92	13,06 - 17,05

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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

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

Für die untersuchten Männer wird mit 11,7 ng/g ein im Vergleich zu den Frauen mit 8,14 ng/g signifikant höherer Vanadiumgehalt im Haar festgestellt. Gleiches kann auch für chemisch nicht behandeltes Haar beobachtet werden. Zwischen der Anwendung einer *Dauerwelle* und den Vanadiumgehalten im Haar der Frauen besteht ein bivariater Zusammenhang, d. h. in nicht dauergewelltem Haar werden im Mittel 6,3 ng/g Vanadium und im dauergewellten Haar 9,9 ng/g Vanadium bestimmt.

Daß ein Vergleich des in dieser Studie ermittelten Vanadiumgehaltes im Haar mit den Daten aus der Literatur nur eingeschränkt möglich ist, wurde bereits in Kapitel 5.1 diskutiert. Dennoch sind in den Tabellen 5.13.7.2 und 5.13.7.3 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys und die diverser aktueller Studien zusammengestellt.

Daten aus den USA zum Vanadiumgehalt im Haar liegen bei den Erwachsenen und den Kindern in etwa gleicher Größenordnung (Paschal et al. 1989). Gleiches gilt für Kinder aus den Niederlanden (Wibowo et al. 1986). In Studien aus Großbritannien und der Tschechischen Republik wurden höhere Gehalte im Haar bestimmt (Barlow et al. 1985, Kucera et al. 1992).

Tab. 5.13.7.2: Vanadiumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Vanadium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-Ost	1991-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung Ostdeutschland	n=632	GM=9,70 ng/g
<u>UK</u> (Barlow et al. 1985)	?	F: 16-49 J.	schwängere Frauen der Allgemeinbevölkerung	n=261	AM=0,38
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	M, F: 13-73 J.	öffentliche Angestellte NHANES-Kollektiv	n=332	GM=0,019

Tab. 5.13.7.3: Vanadiumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Vanadium im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-Ost	1991-1992	J, Mä: 6-14 J.	Allgemeinbevölkerung Ostdeutschland	n=131	GM=14,9 ng/g
<u>Niederlande</u> (Wibowo et al. 1986)	?	J, Mä: 4-5 J.		n=223	GM=0,09
<u>Tschechische Republik</u> (Kucera et al. 1992)	?	J, Mä	Kontrollkollektiv	n=17	GM=0,098
<u>USA</u> (Paschal et al. 1989)	?	J, Mä \leq 12 J.	Patienten, NHANES-Kollektiv	n=199	GM=0,010

M = Männer, F = Frauen, J = Jungen, Mä = Mädchen, n = Anzahl, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel

5.14 Nikotin

5.14.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Nikotingehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland beträgt $1,90 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 1317$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $1,70$ bis $2,13 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $441,0 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $0,1 \mu\text{g/g}$ liegen $9,9 \%$ der analysierten Proben (Tab. 5.14.6.1). Die Haarproben wurden im Labor mit Aceton/Wasser (IAEA-Standardmethode, vgl. Kap. 3.1) gereinigt, hierdurch sind Verluste an Nikotin (ca. 24% , G. Merkel, persönliche Mitteilung) möglich.

5.14.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

Zunächst erfolgt die Deskription der Nikotingehalte im Haar getrennt für die 25- bis 69jährige Bevölkerung in den alten und neuen Bundesländern. Da das Rauchen für den Nikotingehalt im Haar den entscheidenden Einflußfaktor darstellt, werden die Verteilungen der Nikotingehalte getrennt für Raucher und Nichtraucher dargestellt. Es folgen die Gliederungsmerkmale *Rauchstatus*, *Rauchstatus x Geschlecht*, *Rauchstatus x Lebensalter*, *Rauchdauer (Raucher)*, *tägliche Zigarettenzahl (Zigarettenraucher)* und *Färbung/Tönung (Raucherinnen)*.

In der Literatur werden „Nichtraucher“ teilweise unterschiedlich definiert. Bei Eliopoulos et al. (1994) werden hierunter nur Personen ohne Tabakrauchbelastung verstanden (Personen mit Tabakrauchexposition werden als „Passivraucher“ bezeichnet). Nach Kintz et al. (1992 b) ist ein Nichtraucher eine Person, die seit mindestens einem Jahr nicht mehr raucht. In der folgenden Deskription werden als „Nichtraucher“ alle Nie-Raucher und alle ehemaligen Raucher, die schon länger als sechs Monate nicht mehr rauchen, definiert. Bei dem gewählten Zeitraum wird davon ausgegangen, daß einerseits der zur Analyse entnommene 4-cm-Haarabschnitt (bei einem Haarwuchs von ca. 1 cm / Monat) nicht mehr durch das frühere aktive Rauchen beeinflusst ist. Andererseits wurden sechs Monate gewählt, um individuelle Schwankungen der Haarwuchsrate zu berücksichtigen. Die Nikotingehalte im Haar von 14 Probanden, die angaben, seit weniger als 6 Monaten nicht mehr zu rauchen, wurden bei der Auswertung nach dem Rauchstatus nicht berücksichtigt.

5.14.1.1.1 Alte/neue Bundesländer

Der Nikotingehalt im Haar der Bevölkerung der alten Bundesländer unterscheidet sich mit $1,93 \mu\text{g/g}$ im Mittel nicht signifikant von demjenigen der Bevölkerung der neuen Bundesländer mit $1,80 \mu\text{g/g}$.

5.14.1.1.2 Rauchstatus

Raucher weisen mit $9,40 \mu\text{g/g}$ signifikant höhere mittlere Nikotingehalte im Haar auf als Nichtraucher mit $0,85 \mu\text{g/g}$. Die mittleren Nikotingehalte im Haar der Nie-Raucher ($0,78 \mu\text{g/g}$) unterscheiden sich nicht signifikant von denen der Ex-Raucher ($1,00 \mu\text{g/g}$).

5.14.1.1.3 Rauchstatus x Geschlecht

Es bestehen signifikante Zusammenhänge zwischen dem Nikotingehalt im Haar, dem Geschlecht und dem Rauchstatus. 25- bis 69jährige nichtrauchende Männer weisen mit 1,09 µg/g im Vergleich zu den nichtrauchenden Frauen mit 0,70 µg/g ein im Mittel signifikant höheren Nikotingehalt im Haar auf. Höhere Nikotingehalte im Haar werden auch bei den rauchenden Männern mit 13,97 µg/g gegenüber den rauchenden Frauen mit 5,79 µg/g ermittelt. Betrachtet man nur Personen mit unbehandeltem Haar, so ergeben sich keine signifikant unterschiedlichen Nikotingehalte im Haar der Männern und Frauen, wobei aber die beschriebenen Tendenzen bestehen bleiben.

5.14.1.1.4 Rauchstatus x Lebensalter

Sowohl bei den Nichtrauchern als auch bei den Rauchern kann kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Nikotingehalt im Haar festgestellt werden.

5.14.1.1.5 Rauchdauer (Raucher)

Zwischen der Dauer des Rauchens und dem Nikotingehalt im Haar kann kein statistisch signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

5.14.1.1.6 Tägliche Zigarettenzahl (Zigarettenraucher)

Zwischen dem Nikotingehalt im Haar und der Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang. Der mittlere Nikotingehalt im Haar steigt mit der Anzahl der angegebenen gerauchten Zigaretten an, d. h. von 2,38 µg/g bei „bis zu 5 Zigaretten am Tag“ bis zu 21,81 µg/g bei „über 21 Zigaretten pro Tag“.

5.14.1.1.7 Färbung/Tönung (Raucherinnen)

Bei rauchenden Frauen wird ein signifikant niedrigerer Nikotingehalt im gefärbten/getönten Haar (3,49 µg/g) als im unbehandelten Haar (8,69 µg/g) ermittelt. Hingegen kann bei nichtrauchenden Frauen kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der An- bzw. Nichtanwendung einer Färbung/Tönung und dem Nikotingehalt im Haar festgestellt werden.

5.14.1.2 Stratifizierung nach weiteren Gliederungsmerkmalen

Aus inhaltlichen Gründen wurde für den Nikotingehalt im Haar eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft (vgl. Kap. 5.1). Bei statistischer Signifikanz ($p \leq 0,001$) wurden diese in die Tabellen aufgenommen.

Passivrauchen (Nichtraucher):

Eine Operationalisierung der passiven Tabakrauchexposition erfolgte gemäß der Angaben der Probanden im Fragebogen (vgl. Merkmal *Passivrauchen* im Anhang 9.2). Bei Nichtrauchern ohne Tabakrauchbelastung

werden im Mittel mit $0,62 \mu\text{g/g}$ signifikant niedrigere Nikotingehalte im Haar als bei Nichtrauchern mit Tabakrauchbelastung ($1,45 \mu\text{g/g}$) gemessen. Eine Unterteilung der passiven Tabakrauchexposition in „schwach“ und „stark“ führt bei den jeweiligen Nichtrauchern zu tendenziell unterschiedlichen Mittelwerten von $1,14 \mu\text{g/g}$ und $1,74 \mu\text{g/g}$ Nikotin im Haar.

Raucher im Haushalt (Nichtraucher):

In Haushalten, in denen keine Raucher leben, ergibt sich ein mittlerer Nikotingehalt von $0,67 \mu\text{g/g}$ im Haar der nichtrauchenden Probanden. Wohnt dagegen mindestens ein Raucher im Haushalt des nichtrauchenden Probanden, liegt ein statistisch signifikant höherer mittlerer Gehalt im Haar von $1,67 \mu\text{g/g}$ vor.

Aufenthalt in stark verrauchten Räumen (Nichtraucher):

Zwischen der Häufigkeit des Aufenthaltes in stark verrauchten Räumen und dem Nikotingehalt im Haar besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang. Halten sich Nichtraucher selten in verrauchten Räumen auf, wird im Haar ein geringerer mittlerer Nikotingehalt von $0,74 \mu\text{g/g}$ als bei häufigem Aufenthalt in verrauchten Räumen ($1,53 \mu\text{g/g}$) ermittelt.

5.14.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Nikotingehaltes im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder beträgt $0,24 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 255$ Fälle) mit einem Konfidenzintervall von $0,20$ bis $0,30 \mu\text{g/g}$. Als Maximalwert werden $21,8 \mu\text{g/g}$ gemessen. Unter der Bestimmungsgrenze von $0,1 \mu\text{g/g}$ liegen $45,1\%$ der gemessenen Werte (Tab. 5.14.6.2). Drei der Kinder gaben an, Raucher zu sein. Ein Kind gab an, sein Haar getönt/gefärbt zu haben. Bei der folgenden Deskription wurden die Nikotingehalte im Haar dieser vier Kinder mit berücksichtigt, da die vorliegende Auswertung primär der Beschreibung der tatsächlichen Belastungssituation der deutschen Kinder (incl. Vergleich alte vs. neue Bundesländer) dient.

5.14.2.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

Zunächst erfolgt der Vergleich der Daten für die Kinder der alten und neuen Bundesländer. Aus inhaltlichen Gründen wurde eine Reihe weiterer Gliederungsmerkmale geprüft, die bei einer statistischen Signifikanz ($p \leq 0,001$) in die Tabelle aufgenommen wurden (vgl. Kap. 5.1).

Alte/neue Bundesländer:

Kinder der neuen Bundesländer weisen mit $0,52 \mu\text{g/g}$ im Vergleich zu Kindern der alten Bundesländer mit $0,18 \mu\text{g/g}$ signifikant höhere mittlere Nikotingehalte im Haar auf. Eine weitergehende Auswertung nur der tabakrauchbelasteten Kinder ergab, daß bei den Kindern der neuen Länder mit $0,71 \mu\text{g/g}$ höhere mittlere Nikotingehalte im Haar vorliegen als bei Kindern der alten Länder mit $0,21 \mu\text{g/g}$. Selbst wenn keine passive Tabakrauchbelastung angegeben wurde, weisen Kinder der neuen Länder einen signifikant höheren mittleren Nikotingehalt von $0,21 \mu\text{g/g}$ im Haar auf als Kinder der alten Länder mit $< 0,1 \mu\text{g/g}$.

Jahreszeit:

Fand die Haarprobenahme in der kalten Jahreszeit (Oktober bis April) statt, so wird mit 0,37 µg/g ein höherer mittlerer Nikotingehalt im Haar der Kinder festgestellt als bei einer Probenahme in den Monaten Mai bis September (0,16 µg/g).

Passivrauchen (Nichtraucher):

Eine Operationalisierung der passiven Tabakrauchexposition erfolgte gemäß der Angaben der Kinder im Fragebogen (vgl. Merkmal *Passivrauchen* im Anhang 9.2). Im Haar der Kinder, die angaben, keiner passiven Tabakrauchbelastung ausgesetzt zu sein, werden signifikant geringere mittlere Nikotingehalte von 0,11 µg/g festgestellt als im Haar der Kinder, die sich einer Tabakrauchbelastung ausgesetzt fühlten (0,28 µg/g). Bei „starker“ Exposition wird sogar ein Gehalt von 0,81 µg/g bestimmt. Ein Vergleich der mittleren Nikotingehalte im Haar bei Kindern mit einer „schwachen“ und „keiner“ Tabakrauchexposition ergab kein statistisch signifikant unterschiedliches Ergebnis, allerdings sind die Gehalte im Haar jeder dieser Gruppen signifikant niedriger als die Gehalte im Haar der Kinder mit „starker“ Exposition.

Raucher im Haushalt (Nichtraucher):

Kinder aus Haushalten, in denen mindestens ein Raucher lebt, weisen mit 0,52 µg/g einen signifikant höheren mittleren Nikotingehalt im Haar auf als Kinder aus Haushalten, in denen kein Raucher lebt (<0,1 µg/g).

5.14.2.2 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

Die 6- bis 14jährigen nichtrauchenden Kinder weisen mit 0,23 µg/g im Vergleich zu den nichtrauchenden 25- bis 69jährigen Erwachsenen mit 0,85 µg/g einen niedrigeren mittleren Nikotingehalt im Haar auf. Vergleicht man die mittleren Nikotingehalte im Haar der 6- bis 14jährigen nichtrauchenden Kinder aus Raucherhaushalten mit den Gehalten der nichtrauchenden 25- bis 69jährigen Erwachsenen aus Raucherhaushalten, ergeben sich für die Kinder mit 0,53 µg/g niedrigere Gehalte gegenüber den Erwachsenen mit 1,67 µg/g. Betrachtet man nur Nichtraucherhaushalte, so werden die niedrigsten mittleren Nikotingehalte im Haar für die nichtrauchenden 6- bis 14jährigen Kinder mit 0,09 µg/g und für die nichtrauchenden 25- bis 69jährigen Erwachsenen mit 0,67 µg/g ermittelt.

5.14.3 Zusammenfassung und Diskussion

Daß ein Vergleich der in dieser Studie ermittelten Nikotingehalte im Haar mit den Daten aus der Literatur nur eingeschränkt möglich ist, wurde in Kapitel 5.1 diskutiert. Dennoch sind in der Tabelle 5.14.1 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys 1990/92 und die diverser anderer Studien - meist jedoch mit geringeren Fallzahlen - zusammengestellt. Außer den teilweise sehr unterschiedlichen angewandten Bestimmungsmethoden (vgl. Tab. 5.14.1) ist der Vergleich mit Angaben aus der Literatur zusätzlich durch die unterschiedlichen Zielsetzungen der Studien erschwert. Während im Rahmen der Umwelt-Surveys die Erfassung der tatsächlichen Belastung der Bevölkerung im Vordergrund steht, werden in anderen Studien primär die Zusammenhänge

zwischen den Nikotingehalten im Haar, der aktiven und passiven Tabakrauchexposition und den entsprechenden Angaben der Probanden untersucht.

Tab. 5.14.1: Angewandte Methoden zur Nikotinbestimmung im Haar

Autor (Jahr)	Waschvorgang mit	Probenaufbereitung	analytische Methode	Nachweisgrenze ($\mu\text{g/g}$)
Umwelt-Survey (1990/92)	Aceton / Wasser (IAEA-Methode)	alkalische Hydrolyse	HPLC/UV	0,03
Eliopoulos et al. (1994)	Detergenz	alkalische Hydrolyse	RIA	0,25
Haley und Hoffmann (1985)	Shampoo	Extraktion mit Aceton	RIA	1 ^a
Kintz et al. (1992 a, b; 1993)	nicht gewaschen	alkalische Hydrolyse	GC/MS	0,005-0,01
Koren et al. (1992)	Detergenz	alkalische Hydrolyse	RIA	0,25
Li und Cheng (1993)	Shampoo	alkalische Hydrolyse	GC/FID	0,02
Zahlsen und Nilsen (1990)	Shampoo	alkalische Hydrolyse	GC/NPD	0,1
Zahlsen und Nilsen (1994)	Shampoo	alkalische Hydrolyse	GC/MS	0,02

^a Angabe in $\mu\text{g/l}$

In der Literatur wird zur Unterscheidung zwischen Rauchern und Nichtrauchern ein „Cut-off-Wert“ definiert, um Falschangaben zum Rauchstatus im Fragebogen korrigieren zu können. Von Kintz et al. (1992 a, b) wird ein Cut-off-Wert von 2 $\mu\text{g/g}$ festgesetzt. Zahlsen und Nilsen (1994) hingegen beurteilen die Möglichkeit, einen Cut-off-Wert für den Nikotingehalt im Haar festsetzen zu können, vorsichtig. Nach ihrer Meinung könnte dieser Wert im Bereich zwischen 2 und 5 $\mu\text{g/g}$ liegen. Vor der Anwendung eines solchen Wertes sollte nach Zahlsen und Nilsen (1994) aber mehr über die Einflußgrößen bekannt sein, die den Nikotingehalt im Haar mitbestimmen (z. B. Einbaumechanismus des Nikotins in das Haar, unterschiedliche Adsorptionsverhalten und Wachstumsraten der Haare). Dennoch wird häufig in der Literatur bei Überschreitung des Cut-off-Wertes eine korrigierende Einordnung des entsprechenden Meßwertes in die Gruppe der Raucher vorgenommen, wodurch ein Vergleich dieser Ergebnisse mit denen der Umwelt-Surveys nahezu unmöglich wird.

Zur Klärung der Frage, inwieweit der Nikotingehalt im Haar auf einen exogenen Einbau des Nikotins zurückzuführen ist, wurden von Nilsen et al. (1994) Modellversuche durchgeführt. Haarproben wurden in einer Testkammer verschiedenen Nikotingehalten in der Luft, die der Tabakrauchbelastung des Menschen entsprechen (1,5 $\mu\text{g Nikotin/m}^3$, 15 $\mu\text{g Nikotin/m}^3$ und 45 $\mu\text{g Nikotin/m}^3$), über einen Zeitraum von 8 Wochen ausgesetzt. Die Bestimmung der Nikotingehalte in diesen Haarproben ließ nach 4 Wochen (bei 45 $\mu\text{g Nikotin/m}^3$) und nach 6 Wochen (bei 15 $\mu\text{g Nikotin/m}^3$) das Eintreten eines Sättigungsphänomens bzw. einer Änderung der Aufnahme rate erkennen. Von Nilsen et al. (1994) wird angenommen, daß sich zwischen dem in der Luft enthaltenen Nikotin, dem auf der Haaroberfläche adsorbierten Nikotin und dem Nikotin, das langsam in das Haarinnere diffundiert, ein Gleichgewicht einstellt. Diese Diffusion würde die weitere Aufnahme von Nikotin auf der Haaroberfläche ermöglichen, bis eine Sättigung eintritt.

Zahlsen und Nilsen (1990) haben im Haar sowohl von Rauchern als auch von Nichtrauchern einen Anstieg des Nikotingehaltes vom Haarschaft bis zur Haarspitze (und damit mit zunehmendem Alter des Haarsegmentes) gefunden. Nach Schütz et al. (1993) ist ein solches Ergebnis ein Hinweis auf eine exogene Belastung. Nilsen et al. (1994) zitieren auch eine Untersuchung von Balabanova et al. (1992), die im Schweiß der Kopfhaut-

schweißdrüsen (ekkriner Schweiß) von Rauchern Nikotingehalte von 0,8 µg/ml bestimmt haben. Dieser Nikotingehalt im Schweiß könnte nach Meinung von Nilsen et al. (1994) den Einbau von aus dem Blut stammenden Nikotin in das Haar vortäuschen. Im Gegensatz dazu nehmen Haley und Hoffmann (1985) einen auch systemischen Einbau von Nikotin an. Bei Extraktionsversuchen mit Hexan konnten sie nur etwa 10 % des Nikotingehaltes von Raucherhaaren, aber höhere Anteile des Nikotingehaltes von Nichtraucherhaaren extrahieren. Die Ergebnisse der Untersuchungen von Haley und Hoffmann (1985), Zahlsen und Nilsen (1990) und von Nilsen et al. (1994) machen eine eindeutige Aussage zu der Frage, welche Anteile des im Tabakrauch befindlichen Nikotins exogen und welche endogen in das Haar eingebaut werden, nicht möglich.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Raucher haben im Vergleich zu Nichtrauchern einen um das Zehnfache höheren mittleren Nikotingehalt im Haar.

Daß Raucher wesentlich höhere Nikotingehalte im Haar aufweisen als Nichtraucher, wird auch in diversen anderen Studien beobachtet (vgl. Tab. 5.14.4.1). Die dort angegebenen Gehalte liegen unter Beachtung der unterschiedlichen Analysenmethoden und der geringen Fallzahlen in vergleichbarer Größenordnung wie in dieser Studie.

Da der Tabakrauch die wesentliche Quelle für die Exposition des Menschen mit Nikotin darstellt, entsprechen die Ergebnisse den Erwartungen. In der Literatur wird weiter beschrieben, daß die Aufnahme von Nikotin über nikotinhaltige Nahrungsmitteln wie Tee, Tomaten, Kartoffeln und grünem Pfeffer (Sheen 1988, Davis et al. 1991) im Vergleich zur Exposition über den Tabakrauch im allgemeinen vernachlässigt werden kann. Ergänzende Auswertungen der Daten der Umwelt-Surveys bestätigen diese Ausführungen. Die bivariaten Testungen der potentiellen Einflußfaktoren wie Konsum von gekochtem Frischgemüse, Konservengemüse, rohem Gemüse/Salat, gekochten Kartoffeln, frittierten Speisen und Tee ergaben keine signifikant unterschiedlichen Nikotingehalte im Haar der Kinder und Erwachsenen.

Sowohl bei nichtrauchenden als auch bei rauchenden Männern liegen die mittleren Nikotingehalte im Haar deutlich über denen der nicht- bzw. rauchenden Frauen.

Der im Umwelt-Survey ermittelte Befund, daß rauchende Männer höhere Nikotingehalte im Haar aufweisen als rauchende Frauen, kann damit erklärt werden, daß Männer signifikant mehr Zigaretten im Mittel rauchen als Frauen (mittlere Anzahl der täglichen Zigaretten bei rauchenden Frauen 11 und bei rauchenden Männern 16). Der Effekt, daß auch die Nikotingehalte im Haar der nichtrauchenden Männer höher sind als die der nichtrauchenden Frauen, läßt sich mit der häufigeren und stärkeren passiven Tabakrauchbelastung der Männer erklären. In der Literatur wird keine nach beiden Geschlechtern differenzierte Betrachtung innerhalb einer Untersuchung vorgenommen.

Der mittlere Nikotingehalt im Haar steigt mit der Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten an.

Vor dem Hintergrund, daß der Tabakrauch die wesentliche Quelle für die Nikotinexposition des Menschen darstellt, ist das vorliegende Ergebnis plausibel. In der Literatur wird bezüglich der Anzahl der gerauchten Zigaretten und dem Nikotingehalt im Haar häufig eine zweistufige Auswertung, d. h. 'unter 20 Zigaretten/Tag' und 'über 20 Zigaretten/Tag', vorgenommen (vgl. Tab. 5.14.4.1). Eine entsprechende zusätzliche Auswertung der Daten der Umwelt-Surveys ergab bei 1-20 täglich gerauchten Zigaretten einen mittleren arithmetischen Nikotingehalt von 19,6 µg/g und ab 21 täglich gerauchten Zigaretten einen Wert von 39,3 µg/g im Haar. Diese Werte liegen in vergleichbarer Größenordnung zu den zitierten Literaturangaben.

Bei Anwendung einer Färbung/Tönung wird bei rauchenden Frauen ein geringerer mittlerer Nikotingehalt im Haar bestimmt als bei Nichtanwendung.

Auch der Vergleich der mittleren Nikotingehalte im Haar der nichtrauchenden, aber passivrauchexponierten Frauen, die eine Färbung/Tönung angewandt bzw. nicht angewandt haben, zeigt in der Tendenz niedrigere mittlere Gehalte im behandelten Haar. Die genannten Effekte dürften somit höchstwahrscheinlich auf eine Veränderung der ad- oder absorptiven Eigenschaften des Haares durch die Anwendung einer Färbung/Tönung gegenüber Nikotin aus Tabakrauch zurückzuführen sein. Vergleichbare Angaben sind der Literatur nicht zu entnehmen.

Eine Passivrauchexposition trägt bei nichtrauchenden Erwachsenen und nichtrauchenden Kindern zu höheren mittleren Nikotingehalten im Haar bei.

Im Rahmen der Umwelt-Surveys wurden zur Definition von Passivrauchern diverse Merkmale herangezogen. Hierzu zählen das Rauchverhalten der Haushaltsmitglieder, das Rauchverhalten in dem Wohnraum, in dem sich der Erwachsene bzw. das Kind am längsten aufhält und die Häufigkeit des Aufenthaltes des Erwachsenen in stark verrauchten Räumen bzw. des Kindes in verrauchten Räumen (unabhängig von der jeweiligen Örtlichkeit). Bei Berücksichtigung dieser Merkmale im einzelnen oder in Kombination werden im Haar der Erwachsenen und Kinder immer positive signifikante Zusammenhänge zwischen der passiven Tabakrauchexposition und den Nikotingehalten ermittelt. Selbst der Effekt des Ausmaßes der passiven Tabakrauchexposition ('schwach' vs. 'stark') auf die Nikotingehalte im Haar der Kinder und der Erwachsenen ist statistisch nachweisbar, wenn auch bei den Erwachsenen auf einem niedrigeren Signifikanzniveau. Von gesundheitspolitisch besonderer Bedeutung ist der Nachweis höherer Nikotingehalte im Haar der Kinder, sobald mindestens ein Raucher in demselben Haushalt wohnt.

Auch in der Literatur werden unterschiedliche Nikotingehalte im Haar bei Nichtrauchern ohne Tabakrauchbelastung und bei Nichtrauchern mit Tabakrauchbelastung angegeben (Kintz 1992 a, Li und Chen, 1993). Desweiteren werden in der Literatur ebenfalls für Nichtraucher, die eine geringe Tabakrauchbelastung angeben, signifikant niedrigere Nikotingehalte im Haar vorgestellt als für Nichtraucher, die einer hohen Tabakrauchbelastung ausgesetzt sind (Zahlsen und Nilsen 1990, Li und Cheng 1993).

Für Kinder liegen in diesem Zusammenhang in der Literatur keine Angaben vor.

Kinder der neuen Bundesländer weisen im Vergleich zu **Kindern der alten Bundesländer** einen dreifach höheren mittleren Nikotingehalt im Haar auf.

Auch die Nikotingehalte im Haar der nicht passivrauchexponierten Kinder der neuen Bundesländer sind deutlich höher als die vergleichbaren Gehalte in den alten Ländern, so daß primär nicht von unterschiedlichen Passivrauchexpositionen der Kinder in den neuen und alten Länder ausgegangen werden kann.

In den Kinder-Haarproben, die in der **kalten Jahreszeit** (Oktober - April) genommen wurden, werden höhere mittlere Nikotingehalte bestimmt als in Haarproben, die in der **warmen Jahreszeit** (Mai - September) genommen wurden.

Eine weitergehende Auswertung ergab, daß tendenziell auch ein Zusammenhang zwischen dem Nikotingehalt im Haar der Kinder, dem Probenahmezeitpunkt ('Winter' vs. 'Sommer') und der passiven Tabakrauchbelastung besteht. Bei Kindern, die angaben einer passiven Tabakrauchbelastung ausgesetzt zu sein, wurden im Falle der Probenahme in der kalten Jahreszeit im Mittel mit 0,52 µg/g höhere Nikotingehalte im Haar ermittelt als bei Kindern, bei denen die Probenahme in der warmen Jahreszeit erfolgte (0,17 µg/g). Lag keine Tabakrauchbelastung vor, unterscheiden sich die Nikotingehalte im Haar der Kinder in Abhängigkeit von den Probenahmezeiträumen nicht.

Erklärbar sind diese Zusammenhänge höchst wahrscheinlich damit, daß sich Kinder während der warmen Jahreszeit häufiger im Freien aufhalten und damit auch seltener einer passiven Tabakrauchbelastung ausgesetzt sind.

Die Nikotingehalte im Haar der 6- bis 14jährigen nichtrauchenden **Kinder** sind niedriger als im Haar der 25- bis 69jährigen nichtrauchenden **Erwachsenen**.

Dieser Effekt kann damit begründet werden, daß sich Kinder häufiger im Freien und in Innenräumen ohne Tabakrauchbelastung (z. B. Kindergarten, Schulgebäuden) aufhalten als Erwachsene.

Tab. 5.14.4.1: Nikotingehalt im Haar der Bevölkerung in verschiedenen Ländern

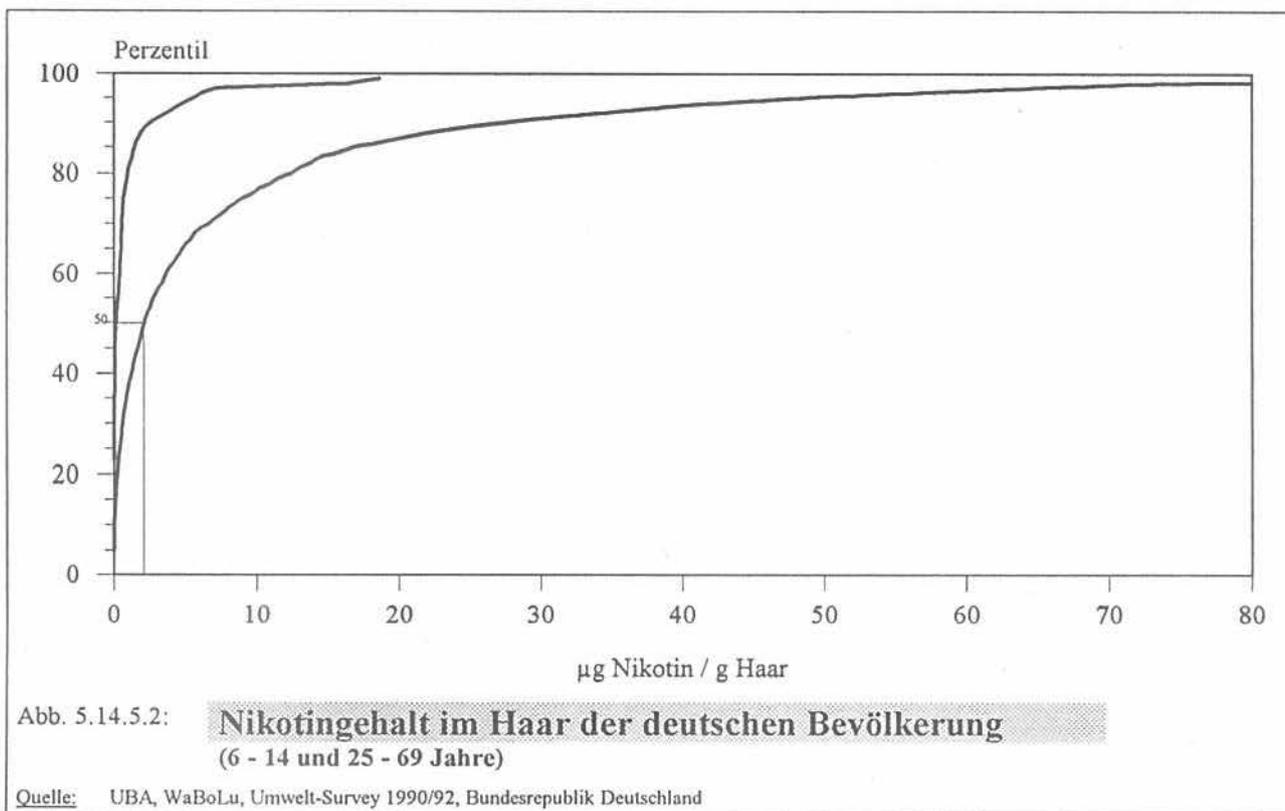
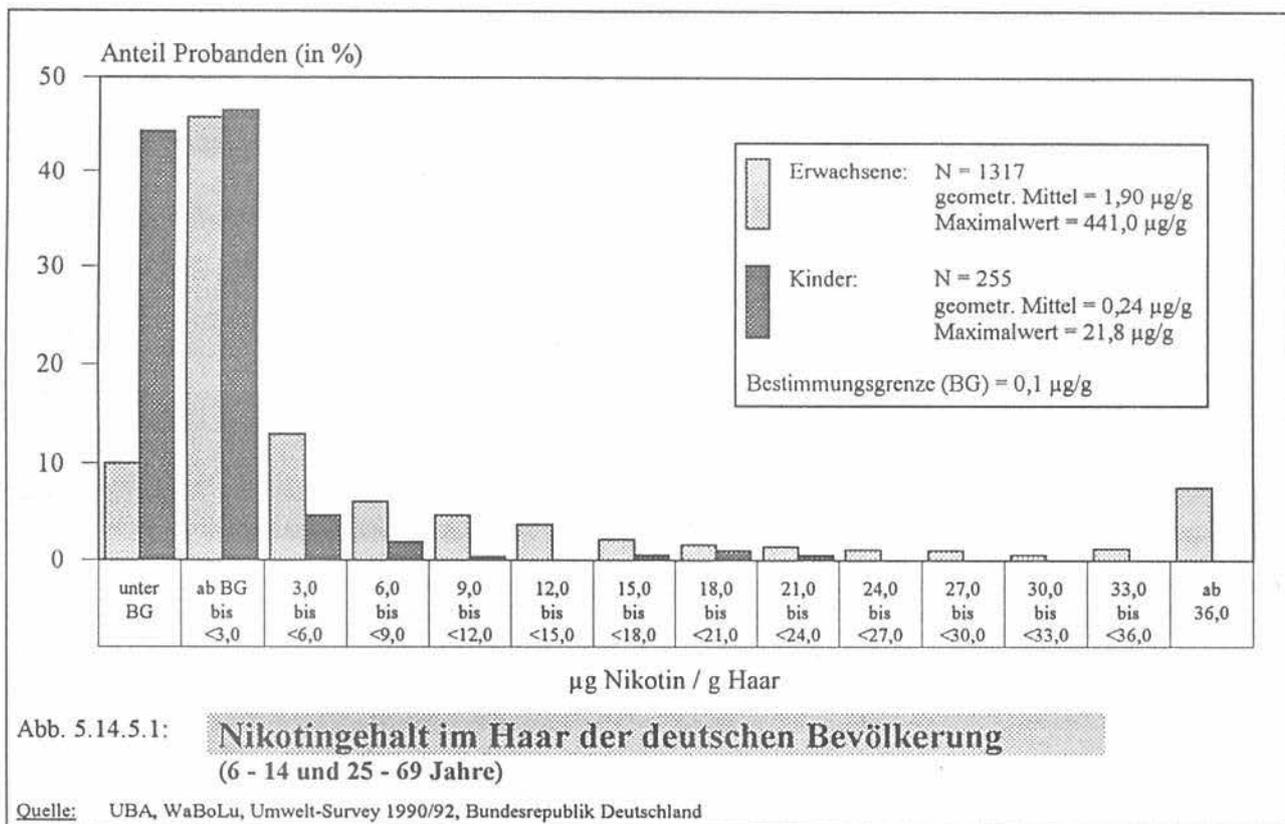
Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Nikotin im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung West- und Ostdeutschland Allgemeinb. R Allgemeinb. NR	n=1317 n= 861 n=428	GM=1,90 AM=10,11 GM=0,85 AM=3,64 GM=9,40 AM=23,29
<u>China</u> (Liund Cheng 1993)	?	M, F	Allgemeinb. R über 20 Zigaretten/Tag Allgemeinb. R unter 20 Zigaretten/Tag Allgemeinb. NR hohe Tabakrauchbelastung Allgemeinb. NR niedrige Tabakrauchbelastung Allgemeinb. NR keine Tabakrauchbelastung	n=10 n=10 n=10 n=10 n=10	AM=46,93 AM=16,76 AM=4,45 AM=1,81 AM \leq 0,3
<u>Frankreich</u> (Kintz et al. 1992 a)		M, F (R ; 17-69 J.) M, F (NR; 7-64 J.)	Allgemeinb. R NR ohne/mit Tabakrauchbelastung NR ohne Tabakrauchbelastung NR mit Tabakrauchbelastung	n=64 n=31 n=? n=?	Range 0,91-38,27 Range 0,06-1,82 Range 0,06-0,33 Range 0,54-1,82
<u>Frankreich</u> (Kintz et al. 1992 b)	?	M, F	Allgemeinb. R Allgemeinb. NR ohne/mit Tabakrauchbelastung Allgemeinb. NR* ohne Tabakrauchbelastung Allgemeinb. NR* mit Tabakrauchbelastung	n=42 n=22 n=? n=?	Range 0,91-33,89 Range 0,06-1,82 Range 0,06-0,33 Range 0,54-1,82
<u>Frankreich</u> (Kintz et al. 1993)	?	F	Schwangere R keine NR	n=40	Range 0,37-63,50
<u>Kanada</u> (Koren et al. 1992)	?	F	Schwangere R Schwangere NR ohne Tabakrauchbelastung Schwangere NR mit Tabakrauchbelastung	n=21 n=4 n=7	AM=21,3 AM=0,9 AM=0,9
<u>Norwegen</u> (Zahlsen u. Nilsen 1990)	?	M, F	Allgemeinb. R Allgemeinb. NR Allgemeinb. R über 20 Zigaretten/Tag Allgemeinb. R unter 20 Zigaretten/Tag Allgemeinb. NR niedrige Tabakrauchbelastung Allgemeinb. NR hohe Tabakrauchbelastung	n=24 n=24 n=14 n=10 n=10 n=14	AM=38,5 AM=1,4 AM=67,9 AM=11,8 AM=0,85 AM=1,76

Tab. 5.14.4.1 (Fortsetzung): Nikotingehalt im Haar der Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Nikotin im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Norwegen</u> (Zahlsen und Nilsen 1994)	?	M, F (25-64 J.)	Allgemeinb. R	n=13	AM=42,4
			Allgemeinb. Nichtraucher	n=7	AM=0,87
<u>USA</u> (Haley u. Hoffmann 1985)	?	M	Allgemeinb. R	n=10	AM=15,8
			Allgemeinb. NR ohne/mit Tabakrauchbelastung	n=10	AM=2,42
<u>USA</u> (Eliopoulos et al. 1994)	?	F	Schwangere R	n=36	AM=19,2
			Schwangere NR ohne Tabakrauchbelastung	n=35	AM=1,2
			Schwangere NR ^b mit Tabakrauchbelastung	n=23	AM=3,2

Allgemeinb. = Allgemeinbevölkerung, F = Frauen, M = Männer, NR = Nichtraucher, R = Raucher, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel
^a : raucht seit über einem Jahr nicht mehr ^b : als „Passivraucher“ bezeichnet

5.14.5 Abbildungen



5.14.6 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

Tab. 5.14.6.1: Nikotiningehalte im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung
(25 bis 69 Jahre)

[Bestimmungsgrenze: 0,1 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	1317	131	<0,1	2,1	27,5	48,5	73,1	441,0	10,11	1,90	1,70 - 2,13
Alte/neue Bundesländer											
alte Bundesländer	1042	86	<0,1	2,1	26,9	47,1	72,1	441,0	9,58	1,93	1,71 - 2,18
neue Bundesländer	275	45	<0,1	2,3	33,9	52,9	120,2	218,0	12,10	1,80	1,37 - 2,35
Rauchstatus *											
Nichtraucher	861	120	<0,1	1,0	9,4	14,1	24,9	135,0	3,64	0,85	0,76 - 0,96
Nie-Raucher	539	77	<0,1	0,8	8,8	13,4	24,0	135,0	3,62	0,78	0,67 - 0,90
Ex-Raucher	322	43	<0,1	1,2	10,9	16,1	32,1	51,0	3,68	1,00	0,82 - 1,22
Raucher	428	9	1,4	10,9	61,8	73,6	123,6	441,0	23,29	9,40	8,08 - 10,93
Rauchstatus x Geschlecht											
Nichtraucher											
Männer	390	49	<0,1	1,4	11,0	14,0	22,6	51,0	3,58	1,09	0,92 - 1,29
Frauen	471	71	<0,1	0,7	8,8	14,5	28,8	135,0	3,69	0,70	0,59 - 0,82
Raucher											
Männer	236	2	2,7	14,9	65,0	87,5	148,6	218,0	27,44	13,97	11,79 - 16,54
Frauen	192	7	0,6	6,7	42,0	66,4	112,3	441,0	18,20	5,79	4,52 - 7,42
Rauchstatus x Lebensalter											
Nichtraucher											
25-29 Jahre	87	12	<0,1	1,2	8,1	13,8	17,2	24,0	2,73	0,85	0,59 - 1,22
30-39 Jahre	161	12	<0,1	1,4	9,8	19,0	36,6	51,0	4,05	1,19	0,91 - 1,54
40-49 Jahre	239	28	<0,1	1,4	11,9	14,7	22,3	105,0	3,81	1,06	0,85 - 1,33
50-69 Jahre	374	68	<0,1	0,7	7,2	13,7	25,5	135,0	3,56	0,65	0,54 - 0,78
Raucher											
25-29 Jahre	75	1	1,0	6,3	29,6	42,7	50,9	83,2	11,69	6,04	4,48 - 8,15
30-39 Jahre	154	3	1,8	12,9	64,3	99,8	132,2	218,0	24,62	10,21	7,97 - 13,07
40-49 Jahre	108	1	1,5	10,8	71,9	79,4	130,6	206,0	24,95	10,40	7,73 - 14,00
50-69 Jahre	90	4	0,7	13,6	62,6	70,1	151,7	441,0	28,72	10,47	7,20 - 15,23

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;

Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.14.6.1: (Fortsetzung)

[Bestimmungsgrenze: 0,1 µg/g]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Rauchdauer (Raucher)											
bis 10 Jahre	62	1	0,7	6,3	28,3	45,3	69,7	90,0	12,49	5,71	3,96 - 8,24
über 10 bis 15 Jahre	88	2	1,0	9,1	40,8	108,3	186,7	218,0	21,33	7,57	5,38 - 10,64
über 15 bis 20 Jahre	83	2	1,9	10,6	64,5	71,6	99,5	206,0	22,96	10,12	7,31 - 14,01
über 20 Jahre	190	4	1,7	12,8	66,6	75,4	141,6	441,0	27,72	11,84	9,47 - 14,80
Tägliche Zigarettenzahl (Zigarettenraucher) *											
1-5 Zigaretten	73	4	0,3	3,1	14,5	39,3	49,9	56,1	6,76	2,38	1,65 - 3,45
6-10 Zigaretten	78	2	1,0	8,6	46,9	87,5	105,8	122,0	17,47	7,38	5,29 - 10,29
11-15 Zigaretten	66	2	2,0	11,6	41,9	74,1	116,2	218,0	20,33	9,87	7,01 - 13,88
16-20 Zigaretten	101	1	3,0	21,5	65,1	78,4	165,5	206,0	30,05	15,71	12,12 - 20,37
ab 21 Zigaretten	81	1	5,8	25,8	72,5	101,7	173,7	441,0	39,30	21,81	16,42 - 28,96
Färbung/Tönung (Raucherinnen) *											
nein	106	3	1,2	10,0	48,2	72,4	131,6	441,0	24,00	8,69	6,39 - 11,83
ja	84	4	0,4	4,7	33,1	39,6	71,2	110,0	11,01	3,49	2,38 - 5,13
Passivrauchen (Nichtraucher) *											
keine Tabakrauch-Exp.	538	90	<0,1	0,7	6,3	11,6	19,5	135,0	2,67	0,62	0,54 - 0,72
Tabakrauch-Exp.	299	27	<0,1	1,8	13,8	21,5	38,9	114,0	5,34	1,45	1,19 - 1,77
schwache Tabakrauch-Exp.	127	12	<0,1	1,4	10,6	13,9	29,5	105,0	4,05	1,14	0,85 - 1,53
starke Tabakrauch-Exp.	172	15	<0,1	2,1	14,8	24,7	43,5	114,0	6,30	1,74	1,33 - 2,27
Raucher im Haushalt (Nichtraucher) *											
keiner	634	101	<0,1	0,7	6,7	12,9	19,7	135,0	2,78	0,67	0,59 - 0,77
mindestens ein Raucher	212	17	0,1	2,0	13,8	24,3	48,0	114,0	6,12	1,67	1,31 - 2,12
Aufenthalt in verrauchten Räumen (Nichtraucher) *											
seltener	697	106	<0,1	0,8	7,8	13,5	22,3	135,0	3,20	0,74	0,65 - 0,84
häufiger	150	14	<0,1	2,0	13,9	20,4	38,7	114,0	5,57	1,53	1,16 - 2,03

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;

Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

Quelle:

UfA, WaBoLu, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 5.14.6.2: Nikotingehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)[Bestimmungsgrenze: 0,1 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	255	113	<0,1	0,2	2,6	5,6	16,5	21,8	1,16	0,24	0,20 - 0,30
Alte/neue Bundesländer *											
alte Bundesländer	183	97	<0,1	<0,1	1,8	3,5	6,1	18,0	0,74	0,18	0,14 - 0,22
neue Bundesländer	72	16	<0,1	0,6	5,3	17,2	20,3	21,8	2,23	0,52	0,35 - 0,78
Jahreszeit *											
kalte (Oktober bis April)	121	43	<0,1	0,5	5,0	6,8	18,0	21,8	1,73	0,37	0,27 - 0,50
warme (Mai bis September)	134	70	<0,1	<0,1	1,4	2,4	5,3	18,0	0,65	0,16	0,13 - 0,21
Passivrauchen (Nichtraucher) *											
keine Tabakrauch-Exp.	54	33	<0,1	<0,1	0,6	0,7	0,8	0,8	0,20	0,11	<0,1 - 0,15
Tabakrauch-Exp.	194	78	<0,1	0,3	3,4	5,8	14,8	21,8	1,27	0,28	0,22 - 0,36
schwache Tabakrauch-Exp	123	68	<0,1	<0,1	1,3	2,5	4,3	6,7	0,50	0,15	0,12 - 0,20
starke Tabakrauch-Exp.	71	10	<0,1	0,7	6,1	16,4	20,0	21,8	2,62	0,81	0,55 - 1,18
Raucher im Haushalt (Nichtraucher) *											
keiner	120	84	<0,1	<0,1	0,6	0,7	0,9	3,8	0,19	<0,1	<0,1 - 0,11
mindestens ein Raucher	131	29	<0,1	0,6	4,9	6,5	17,6	21,8	1,81	0,52	0,39 - 0,69

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

5.15 Cotinin

5.15.1 Deutsche Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)

Der geometrische Mittelwert des Cotiningehaltes im Haar der 25- bis 69jährigen Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland liegt unterhalb der Bestimmungsgrenze von $0,2 \mu\text{g/g}$ (Größe der Stichprobe: $N = 1317$ Fälle). Unter der Bestimmungsgrenze von $0,2 \mu\text{g/g}$ liegen 78,4 % der analysierten Werte (Tab. 5.15.6.1). Als Maximalwert werden $11,0 \mu\text{g/g}$ gemessen. Die Haarproben wurden im Labor mit Aceton/Wasser (IAEA-Standardmethode, vgl. Kap. 3.1) gereinigt, hierdurch sind Verluste an Cotinin (ca. 15 %, G. Merkel, persönliche Mitteilung) möglich.

5.15.1.1 Stratifizierung nach Gliederungsmerkmalen

Zunächst bleibt festzuhalten, daß für ca. 90 % der Nichtraucher die Cotiningehalte im Haar unterhalb der Bestimmungsgrenze von $0,2 \mu\text{g/g}$ liegen. Dennoch werden zur Schaffung von Vergleichswerten in der vorliegenden Deskription die Verteilungen der Cotiningehalte im Haar nicht nur nach dem Rauchstatus (Raucher / Nichtraucher) sondern auch nach weiteren Merkmalen der Tabakrauchbelastung sowie nach soziodemographischen Merkmalen (Geschlecht und Alter) und nach alte/neue Bundesländer ausgewiesen.

Für die folgende Auswertung werden als „Nichtraucher“ alle Nie-Raucher und alle ehemaligen Raucher, die schon länger als sechs Monate nicht mehr rauchen, analog der Deskription zu den Nikotingehalten im Haar, definiert (vgl. Kap. 5.14.1.1).

5.15.1.1.1 Alte/neue Bundesländer

Die mittleren Cotiningehalte im Haar der Bevölkerung der neuen und der alten Bundesländer liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze von $0,2 \mu\text{g/g}$.

5.15.1.1.2 Rauchstatus

Raucher weisen mit $0,27 \mu\text{g/g}$ im Mittel einen signifikant höheren Cotiningehalt im Haar auf als Nichtraucher mit $< 0,2 \mu\text{g/g}$. Sowohl für die Nie-Raucher als auch für die Ex-Raucher wurde ein mittlerer Cotiningehalt im Haar unterhalb der Bestimmungsgrenze bestimmt.

5.15.1.1.3 Rauchstatus x Geschlecht

Signifikant höhere mittlere Cotiningehalte im Haar werden bei den rauchenden Männern mit $0,36 \mu\text{g/g}$ gegenüber den rauchenden Frauen mit $< 0,2 \mu\text{g/g}$ analysiert. Sowohl bei den nichtrauchenden Männern als auch bei den nichtrauchenden Frauen liegen die mittleren Cotiningehalte im Haar unter der Bestimmungsgrenze von $< 0,2 \mu\text{g/g}$.

5.15.1.1.4 Rauchstatus x Lebensalter

Nur bei den Rauchern besteht ein signifikanter Zusammenhang des Cotiningehaltes im Haar mit dem Lebensalter. Während bei den 25- bis 29jährigen Rauchern der mittlere Gehalt unterhalb der Bestimmungsgrenze von $< 0,2 \mu\text{g/g}$ liegt, wurde bei den 50- bis 69jährigen Rauchern ein Mittelwert von $0,38 \mu\text{g/g}$ bestimmt.

5.15.1.1.5 Rauchdauer (Raucher)

Zwischen der Dauer des Rauchens und dem mittleren Cotiningehalt im Haar besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang. Der mittlere Cotiningehalt im Haar steigt bei einer bis zu 15jährigen Rauchdauer von $< 0,2 \mu\text{g/g}$ über $0,29 \mu\text{g/g}$ bei einer Rauchdauer von über 15 bis 20 Jahren bis hin zu $0,38 \mu\text{g/g}$ bei einer Rauchdauer von mehr als 20 Jahren an.

5.15.1.1.6 Tägliche Zigarettenzahl (Zigarettensraucher)

Mit zunehmender Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten steigt der mittlere Cotiningehalte im Haar an: Von $< 0,2 \mu\text{g/g}$ bei einem Konsum von bis zu 5 Zigaretten pro Tag bis $0,52 \mu\text{g/g}$ bei einem Konsum ab 21 Zigaretten pro Tag.

5.15.1.1.7 Färbung/Tönung (Raucherinnen)

Die Anwendung einer Färbung/Tönung stellt kein statistisch signifikantes Gliederungsmerkmal für den mittleren Cotiningehalt im Haar der nicht- bzw. rauchenden Frauen dar.

Passivrauchen (Nichtraucher):

Eine Operationalisierung der Tabakrauchexposition erfolgte gemäß der Angaben der Probanden im Fragebogen (vgl. Anhang 9.2). Die gemessenen Cotiningehalte in Haarproben, die im Zusammenhang mit der Tabakrauchbelastung in Betracht kommen, liegen zu einem hohen Prozentsatz unterhalb der Bestimmungsgrenze von $0,2 \mu\text{g/g}$. Zur Berechnung der statistischen Kennwerte wurde ein Wert unterhalb der Bestimmungsgrenze mit der Hälfte der Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Dieses Verfahren kann bei einem hohen Prozentsatz an Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze zu einer Verfälschung der aus den berechneten Kennwerten abgeleiteten Aussagen führen, so daß für die Merkmale *Passivrauchen* (Nichtraucher), *Raucher im Haushalt* (Nichtraucher) und *Aufenthalt in verrauchten Räumen* (Nichtraucher) keine statistischen Kennwerte angegeben werden. Ein Vergleich der Anteile der unterhalb der Bestimmungsgrenze liegenden Werte nach diversen Gliederungsmerkmalen ist in Tabelle 5.15.1 angegeben. Es lassen sich schwache Tendenzen dahingehend erkennen, daß bei einer passiven Tabakrauchbelastung prozentual weniger Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen.

Tab. 5.15.1: Cotiningehalte im Haar der erwachsenen Nichtraucher mit unterschiedlicher Tabakrauchbelastung

Merkmal	Ausprägung	Anteil unter BG**
Passivrauch-Index (Nichtraucher)*	keine Tabakrauchexposition	93,5 %
	Tabakrauchexposition	86,8 %
	- schwache Tabakrauchexposition	85,8 %
	- starke Tabakrauchexposition	87,5 %
Raucher im Haushalt (Nichtraucher)	nein	94,0 %
	ja	82,8 %
Aufenthalt in verrauchten Räumen (Nichtraucher)	seltener	91,3 %
	häufiger	91,0 %

* Ausprägungen gemäß dem Umwelt-Fragebogen (vgl. Anhang 9.2).

** BG = Bestimmungsgrenze

5.15.2 Deutsche Kinder (6 bis 14 Jahre)

Bei den 6- bis 14jährigen Kindern liegen 95 % der Cotininwerte im Haar unter der Bestimmungsgrenze von 0,2 µg/g. Auch die Cotiningehalte im Haar der drei rauchenden Kinder liegen unter 0,2 µg/g. Wie weiter oben ausgeführt (Passivrauchen (Nichtraucher)), ist bei einem so hohen Prozentsatz der Werte unter der Bestimmungsgrenze die Angabe statistischer Kennwerte nicht mehr sinnvoll, so daß auch Angaben zum geometrischen Mittelwert und dem Konfidenzintervall entfallen. Als Maximalwert werden 0,5 µg/g gemessen.

Da bei dem hohen Prozentanteil von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze eine Berechnung statistischer Kennwerte nicht mehr sinnvoll ist, entfällt auch die Testung der Zusammenhänge zwischen dem Cotiningehalt im Haar und Gliederungsmerkmalen. Um aber für einige Merkmale Tendenzen aufzeigen zu können, werden in der folgenden Tabelle 5.15.2 die jeweiligen Anteile der unter der Bestimmungsgrenze liegenden Werte in den unterschiedlichen Ausprägungen angegeben. Die in dieser Tabelle angegebenen Prozente zeigen als schwache Tendenz einen Effekt der Passivrauchbelastung auf den Cotiningehalt im Haar der Kinder an.

Tab. 5.15.2: Cotiningehalt im Haar der Kinder nach ausgewählten Gliederungsmerkmalen

Merkmal	Ausprägung	Anteil unter BG**
Alte/neue Bundesländer	alte Bundesländer	93,9 %
	neue Bundesländer	97,8 %
Passivrauch-Index (Nichtraucher)*	keine Tabakrauchexposition	100,0 %
	Tabakrauchexposition	93,4 %
	- schwache Tabakrauchexposition	96,9 %
	- starke Tabakrauchexposition	87,5 %
Raucher im Haushalt (Nichtraucher)	nein	97,6 %
	ja	92,5 %

* Ausprägungen gemäß dem Kinder-Umwelt-Fragebogen (vgl. Anhang 9.2).

** BG=Bestimmungsgrenze

5.15.2.2 Vergleich mit der erwachsenen Bevölkerung

Ein Vergleich der mittleren Cotiningehalte im Haar der 6- bis 14jährigen Kinder mit denjenigen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen ist aufgrund der hohen Anteile an unterhalb der Bestimmungsgrenze liegenden Meßwerten nicht sinnvoll.

5.15.3 Zusammenfassung und Diskussion

Daß ein Vergleich der in dieser Studie ermittelten Cotiningehalte im Haar mit den Daten aus der Literatur nur eingeschränkt möglich ist, wurde in den Kapiteln 5.1 und 5.14 (Nikotin) diskutiert. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß in allen nichtrauchenden Teilpopulationen der Anteil der Meßwerte, die oberhalb der Bestimmungsgrenze liegen, mit maximal ca. 17 % äußerst gering ist, und somit ein Vergleich und eine Einschätzung entsprechender Literaturdaten nicht möglich ist. Dennoch sind in der Tabelle 5.15.4.1 die Ergebnisse der Umwelt-Surveys 1990/92 und die anderer Studien, jedoch mit sehr viel kleineren Fallzahlen, zusammengestellt.

Haley und Hoffmann (1985) gehen aufgrund ihrer Untersuchungen von einem endogenen Einbau des Cotinins in das Haar aus. Zur Frage des endogenen Einbaues des Cotinins in das Haar wurden von Gwent et al. (1995) Untersuchungen an sechs Nichtrauchern durchgeführt, denen oral eine Einzeldosis Nikotin (Kaugummi mit 4 mg Nikotin) verabreicht wurde. In den folgenden 14 Tagen nach der Verabreichung wurden Barthaare und Speichelproben gesammelt, in denen Nikotin- und Cotininbestimmungen durchgeführt wurden. Nach 24 Stunden waren im Speichel weder Nikotin noch Cotinin nachweisbar. Im Barthaar war Cotinin nach drei Tagen nachweisbar, erreichte nach 5 Tagen einen Maximalwert (geometrisches Mittel ca. 1,8 µg/g) und konnte nach 8 Tagen nicht mehr bestimmt werden. Die Autoren weisen darauf hin, daß bei diesem Verlauf zu bedenken ist, daß das Barthaar zwei Tage braucht, um über die Hautoberfläche zu wachsen. Der Einbau des Cotinins in das Haar scheint somit am ersten Tag zu erfolgen. Der über den Schweiß auf das Barthaar übertragbare Cotininanteil wird von den Autoren als gering eingeschätzt. Die von Haley und Hoffmann (1985) wie auch von Gwent et al. (1995) durchgeführten Untersuchungen können als ein Hinweis dafür angesehen werden, daß der in die Haarwurzel gelangende Cotininanteil endogen in das Haar eingebaut wird.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der bivariaten Testung zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Für die Cotiningehalte im Haar der Bevölkerung konnten nur für die Merkmale des **aktiven Rauchverhaltens** signifikante Zusammenhänge ermittelt werden.

Als Merkmale des aktiven Rauchverhaltens zählen im Rahmen der vorliegenden Auswertung der **aktuelle Rauchstatus**, die **Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten**, die **Rauchdauer** und das **Lebensalter der Raucher**.

Der ermittelte niedrigere Cotiningehalt im Haar der rauchenden *Frauen* gegenüber dem der rauchenden *Männer* kann damit erklärt werden, daß Frauen täglich weniger Zigaretten rauchen als Männer (mittlere Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten bei rauchenden Frauen 11 und bei rauchenden Männern 16).

Mit zunehmender *Rauchdauer* und *Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten* sowie mit zunehmendem *Lebensalter der Raucher* steigen die mittleren Cotiningehalte im Haar an. Da Cotinin ein Metabolit des Nikotins ist und die Hauptbelastungsquelle für Nikotin der Tabakrauch darstellt, sind die höheren Cotiningehalte im Haar bei steigender Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten und der zunehmenden Rauchdauer plausibel.

In der Literatur werden ebenfalls für Raucher höhere Cotiningehalte im Haar angegeben als für Nichtraucher (Haley und Hoffmann 1985, Kintz et al. 1992 a, b). Zu den weiteren Ergebnissen der vorliegenden Studie liegen in der Literatur keine Angaben vor.

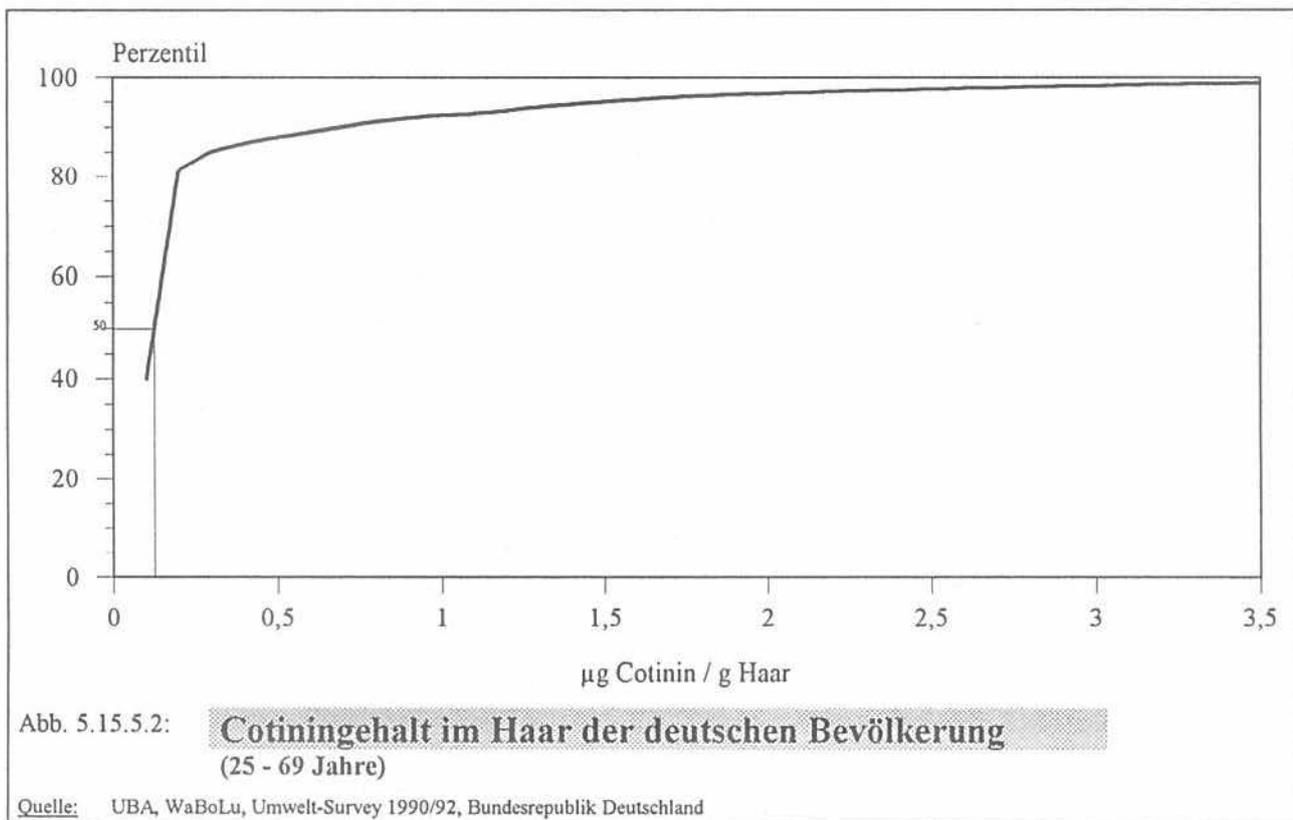
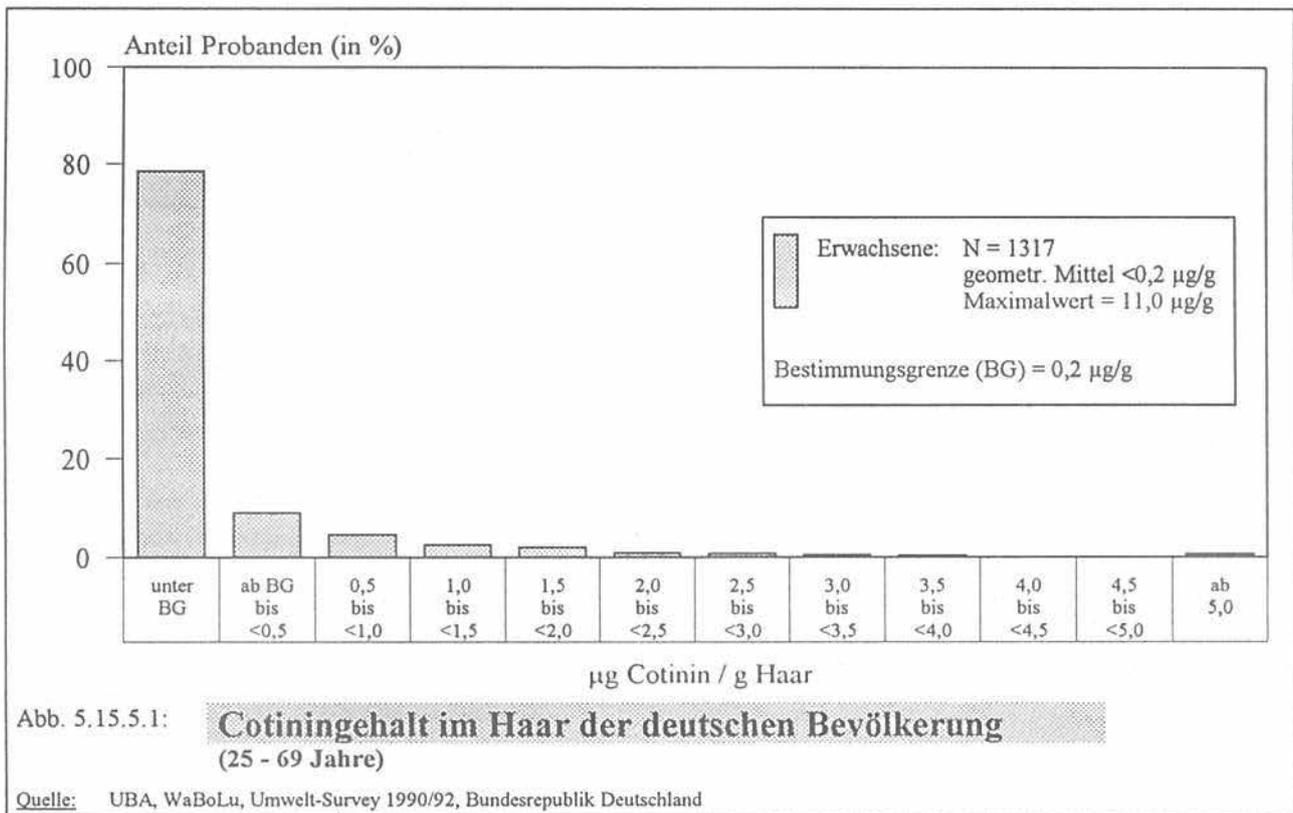
Zusammenfassend kann anhand der Ergebnisse der Umwelt-Surveys festgestellt werden, daß der Cotiningehalt im Haar eine Unterscheidung zwischen Rauchern und Nichtrauchern und Aussagen über längerfristige aktive Tabakrauchexpositionen (*Rauchdauer*) ermöglichen. Außerdem kann über den Cotiningehalt im Haar ein Zusammenhang mit der Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten nachgewiesen werden. Aussagen über die passive Tabakrauchbelastung von Nichtrauchern können jedoch über den Cotiningehalt im Haar nicht getroffen werden. Hierfür bietet sich der Nikotingehalt im Haar (vgl. Kap. 5.14) und, wie von Krause et al. (1996) berichtet, auch der Nikotin- und Cotiningehalt im Urin an.

Tab. 5.15.4.1: Cotiningehalt im Haar der Bevölkerung in verschiedenen Ländern

Land/Region (Autoren)	Unters.- jahr	Kollektiv	expositions-relevante Merkmale	statistische Kenngrößen Cotinin im Haar ($\mu\text{g/g}$)	
<u>Bundesrepublik Deutschland</u> Umwelt-Survey-West und -Ost	1990-1992	M, F: 25-69 J.	Allgemeinbevölkerung	n=1317	GM=<0,2 AM=0,32
			West- und Ostdeutschland	n= 872	GM=<0,2 AM=<0,2
			Allgemeinb. R Allgemeinb. NR	n= 419	GM=0,27 AM=0,67
<u>Frankreich</u> (Kintz et al. 1992 a)		M, F (R; 17-69 J.) M, F (NR; 7-64 J.)	Allgemeinb. R	n=56	Range 0,09-4,99
			Allgemeinb. NR ohne/mit Tabakrauchbelastung	n=31	Range 0,01-0,13
			Allgemeinb. NR ohne Tabakrauchbelastung	n=?	Range 0,01-0,13
			Allgemeinb. NR mit Tabakrauchbelastung	n=?	Range 0,01-0,13
<u>Frankreich</u> (Kintz et al. 1992 b)	?	M, F	Allgemeinb. R	n=42	Range 0,09-4,99
			Allgemeinb. NR ^a ohne/mit Tabakrauchbelastung	n=22	Range 0,01-0,13
			Allgemeinb. NR ^a ohne Tabakrauchbelastung	n=?	Range 0,01-0,13
			Allgemeinb. NR ^a mit Tabakrauchbelastung	n=?	Range 0,01-0,13
<u>Kanada</u> (Koren et al. 1992)	?	F	Schwangere R	n=21	AM=6
			Schwangere NR ohne Tabakrauchbelastung	n=4	AM=0,3
			Schwangere NR mit Tabakrauchbelastung	n=7	AM=0,6
<u>USA</u> (Haley u. Hoffmann 1985)	?	M	Allgemeinb. R	n=10	AM=0,5
			Allgemeinb. NR	n=10	AM=0,12
<u>USA</u> (Eliopoulos et al. 1994)	?	F	Schwangere R	n=36	AM=6,3
			Schwangere NR ohne Tabakrauchbelastung	n=35	AM=0,3
			Schwangere NR ^b mit Tabakrauchbelastung	n=23	AM=0,9

Allgemeinb. = Allgemeinbevölkerung, F = Frauen, M = Männer, NR = Nichtraucher, R = Raucher, GM = geometrisches Mittel, AM = arithmetisches Mittel
^a: seit über einem Jahr Ex-Raucher ^b: als „Passivraucher“ bezeichnet

5.15.5 Abbildungen



5.15.6 Kennwerttabellen mit Gliederungsmerkmalen

Tab. 5.15.6.1: Cotiningehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$ Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)
[Bestimmungsgrenze: 0,2 $\mu\text{g/g}$]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt	1317	1033	<0,2	<0,2	0,7	1,5	2,7	11,0	0,32	<0,2	<0,2 - <0,2
Alte/neue Bundesländer											
alte Bundesländer	1038	823	<0,2	<0,2	0,6	1,3	2,5	11,0	0,30	<0,2	<0,2 - <0,2
neue Bundesländer	278	209	<0,2	<0,2	1,2	1,9	3,6	7,4	0,40	<0,2	<0,2 - <0,2
Rauchstatus *											
Nichtraucher	872	794	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,6	11,0	0,14	<0,2	<0,2 - <0,2
Nie-Raucher	547	499	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,6	11,0	0,15	<0,2	<0,2 - <0,2
Ex-Raucher	325	295	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,6	2,2	0,13	<0,2	<0,2 - <0,2
Raucher	419	218	<0,2	<0,2	1,9	2,8	3,8	8,2	0,67	0,27	0,24 - 0,31
Rauchstatus x Geschlecht *											
Nichtraucher											
Männer	399	369	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	0,7	2,2	0,13	<0,2	<0,2 - <0,2
Frauen	473	425	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,6	11,0	0,15	<0,2	<0,2 - <0,2
Raucher											
Männer	232	101	<0,2	0,3	2,4	3,3	3,9	8,2	0,86	0,36	0,31 - 0,43
Frauen	187	117	<0,2	<0,2	1,2	1,7	3,0	7,8	0,43	<0,2	<0,2 - 0,22
Rauchstatus x Lebensalter *											
Nichtraucher											
25-29 Jahre	90	82	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	0,9	1,6	0,14	<0,2	<0,2 - <0,2
30-39 Jahre	162	149	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	0,6	1,6	0,13	<0,2	<0,2 - <0,2
40-49 Jahre	239	218	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	0,5	3,3	0,14	<0,2	<0,2 - <0,2
50-69 Jahre	381	344	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,6	11,0	0,16	<0,2	<0,2 - <0,2
Raucher											
25-29 Jahre	77	54	<0,2	<0,2	0,8	1,1	1,6	1,7	0,27	<0,2	<0,2 - 0,20
30-39 Jahre	154	86	<0,2	<0,2	2,1	3,3	3,9	8,2	0,69	0,26	0,21 - 0,32
40-49 Jahre	101	43	<0,2	0,3	1,6	1,9	2,4	2,5	0,61	0,33	0,26 - 0,41
50-69 Jahre	87	36	<0,2	0,3	3,0	3,8	6,6	7,8	1,05	0,38	0,29 - 0,52

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;

Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

Tab. 5.15.6.1: (Fortsetzung)

[Bestimmungsgrenze: 0,2 µg/g]

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Rauchdauer (Raucher) *											
bis 10 Jahre	61	41	<0,2	<0,2	0,7	1,1	1,5	1,7	0,26	<0,2	<0,2 - 0,20
über 10 bis 15 Jahre	92	63	<0,2	<0,2	1,6	2,3	3,1	4,0	0,45	<0,2	<0,2 - 0,24
über 15 bis 20 Jahre	82	40	<0,2	<0,2	2,0	3,0	5,7	8,2	0,75	0,29	0,22 - 0,39
über 20 Jahre	179	72	<0,2	0,3	2,4	3,3	5,4	7,8	0,88	0,38	0,31 - 0,46
Tägliche Zigarettenzahl (Zigarettenraucher) *											
1-5 Zigaretten	74	61	<0,2	<0,2	0,3	0,4	2,2	2,9	0,21	<0,2	<0,2 - <0,2
6-10 Zigaretten	75	41	<0,2	<0,2	1,4	2,0	3,1	3,8	0,48	0,23	<0,2 - 0,30
11-15 Zigaretten	62	39	<0,2	<0,2	1,8	2,5	3,3	3,7	0,54	0,23	<0,2 - 0,31
16-20 Zigaretten	97	40	<0,2	0,3	2,3	3,8	6,8	8,2	0,99	0,40	0,30 - 0,52
ab 21 Zigaretten	80	19	<0,2	0,6	2,9	3,7	5,0	7,8	1,04	0,52	0,40 - 0,68
Färbung/Tönung (Raucherinnen)											
nein	104	59	<0,2	<0,2	1,4	2,3	5,9	7,8	0,58	0,23	<0,2 - 0,29
ja	80	57	<0,2	<0,2	0,6	1,1	1,4	2,9	0,25	<0,2	<0,2 - <0,2

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze; 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 bzw. Merkmalskombination signifikant ($p < 0,001$) nach Varianzanalyse;
 Erläuterungen zu den Gliederungsmerkmalen siehe Anhang 9.2

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

6 Basisdaten für Referenzwerte der deutschen Bevölkerung (6 bis 14 und 25 bis 69 Jahre)

Nach der Definition der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes (Bundesgesundheitsblatt 6/96) ist der Referenzwert für einen chemischen Stoff in einem Körpermedium ein rein statistisch definierter Wert, der aus einer Reihe von Meßwerten berechnet wird und der sich auf die Konzentration eines Stoffes im betreffenden Körpermedium für eine bestimmte Bevölkerungsgruppe zum Zeitpunkt der Durchführung der Untersuchung bezieht. Ihm kommt per se keine gesundheitliche Bedeutung zu, d. h. seine Überschreitung ist nicht zwangsläufig mit einer Gesundheitsgefährdung verbunden. Die Kommission empfiehlt, zur statistischen Definition eines Referenzwertes in Anlehnung an die Richtlinie der IUPAC (Holst et al. 1994) das 95. Populationsperzentil anzugeben. Durch den so definierten Referenzwert werden die 5 % Höchstbelasteten der betreffenden Population charakterisiert.

Die in den Übersichtstabellen der vorangegangenen Kapitel angegebenen 95. Stichprobenperzentile können als Schätzungen der jeweiligen unbekanntenen 95. Populationsperzentile aufgefaßt werden. Es ist jedoch damit zu rechnen, daß diese Schätzungen teilweise merklich von den gesuchten Populationsperzentilen abweichen. Dies liegt zum einen daran, daß meist äußere Perzentile schlechter als das mittlere Perzentil (Median) geschätzt werden, da sie häufig in den Meßbereichen liegen, in denen extreme zufallsbedingte Meßwerte liegen. Zum anderen haben fast alle der untersuchten Substanzgehalte eine stark asymmetrische Verteilungsform mit ausschließlich im oberen Meßbereich auftretenden "Ausreißern". Das 95. Stichprobenperzentil ist äußerst empfindlich gegenüber Ausreißern des oberen Meßbereiches und variiert stark zwischen zufällig gezogenen Teilstichproben.

Um die „Vertrauenswürdigkeit“ der Schätzung des 95. Populationsperzentils besser beurteilen zu können, wird in Anlehnung an die oben genannte IUPAC-Richtlinie die Ermittlung und Angabe des 95%-Konfidenzintervalls für das 95. Populationsperzentil empfohlen. Um möglichst „glatte“ Werte angeben zu können, kann im Rahmen des Konfidenzintervalls gerundet werden. Die in der folgenden Tabelle angegebenen Konfidenzintervalle für das 95. Populationsperzentil sind weniger anfällig gegenüber Ausreißern im Datenmaterial, weil die angenetzte Lognormalverteilung, deren Anwendbarkeit von Ott (1990) für Konzentrationen und Gehalte theoretisch begründet wurde, einen Glättungseffekt bewirkt. Außerdem wird die nach Datenauswertung bleibende Ungewißheit durch die Intervallbreite adäquat widerspiegelt. Die Intervalle besitzen alle einheitlich eine Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 %, d. h. das jeweilige unbekanntene 95. Populationsperzentil liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % in einem solchen Intervall. Mit jeweils 2,5 % Wahrscheinlichkeit liegt das 95. Populationsperzentil oberhalb bzw. unterhalb des Konfidenzintervalls. Ist der Meßwert eines Probanden größer als die obere Grenze des Konfidenzintervalls, so gehört der Proband mit einer Wahrscheinlichkeit von 97,5 % zu den 5 % Höchstbelasteten der Population. Ist auf der anderen Seite der Meßwert eines Probanden kleiner als die untere Grenze des Konfidenzintervalls, so gehört der Proband mit einer Wahrscheinlichkeit von 97,5 % nicht zu den 5 % Höchstbelasteten der Population. In dem verbleibenden Fall, wo der Meßwert im Konfidenzintervall liegt, kann keine wahrscheinlichkeitstheoretisch abgesicherte Aussage getroffen werden.

Bei der Berechnung der Konfidenzintervalle wurden gewichtete Daten verwendet, um die Bevölkerungsproportion der neuen zu den alten Bundesländern adäquat zu erfassen. Die Stichprobenumfänge (gesamt, Frauen, Männer, Raucher, Nichtraucher), die für die Bestimmung der Intervallbreiten ausschlaggebend sind, werden dadurch nur in einer Größenordnung beeinflusst, die dem Rundungsfehler entspricht.

Zur Festlegung von Referenzwerten durch die Kommission „Human-Biomonitoring“ des UBA sind in den folgenden Tabellen die 95 %-Konfidenzintervalle für das 95. Populationsperzentil, berechnet nach den Angaben der IUPAC-Richtlinie, angegeben.

Tab. 9.1: Elementgehalte im Haar ($\mu\text{g/g}$) - neue Bundesländer - ungewichtete Randaltersklassen

	BG	Lebensalter	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Aluminium ($\mu\text{g/g}$ Haar)	1,0	15-17 Jahre	58	1	1,5	4,4	11,4	13,5	20,4	24,3	5,75	4,31	3,50 - 5,31
		18-24 Jahre	134	3	1,8	4,1	14,9	27,8	68,8	97,6	7,91	4,36	3,89 - 5,35
		70-79 Jahre	56	0	2,6	6,1	16,7	25,8	38,2	41,7	8,75	6,34	5,36 - 7,99
Barium ($\mu\text{g/g}$ Haar)	0,2	15-17 Jahre	58	3	0,2	0,6	1,1	1,8	5,5	9,6	0,82	0,57	0,47 - 0,70
		18-24 Jahre	134	14	<0,2	0,7	3,1	4,6	7,5	18,7	1,31	0,69	0,57 - 0,83
		70-79 Jahre	56	5	0,2	0,6	3,2	4,5	5,2	5,4	1,21	0,70	0,52 - 0,93
Blei ($\mu\text{g/g}$ Haar)	0,1	15-17 Jahre	71	0	0,2	0,7	5,4	7,6	9,8	10,7	1,65	0,83	0,64 - 1,09
		18-24 Jahre	157	0	0,3	0,9	5,8	12,5	22,9	92,9	2,99	1,14	0,95 - 1,38
		70-79 Jahre	97	1	0,3	1,0	6,9	13,4	29,0	145,1	4,08	1,13	0,87 - 1,51
Cadmium ($\mu\text{g/g}$ Haar)	0,006	15-17 Jahre	68	0	0,02	0,05	0,15	0,18	0,21	0,26	0,069	0,051	0,042 - 0,062
		18-24 Jahre	153	6	0,01	0,06	0,27	0,54	1,60	2,84	0,158	0,058	0,048 - 0,072
		70-79 Jahre	87	1	0,01	0,06	0,27	0,46	2,06	2,44	0,161	0,064	0,049 - 0,083
Calcium ($\mu\text{g/g}$ Haar)	20	15-17 Jahre	71	0	140	340	1680	3770	4650	7240	793	428	336 - 546
		18-24 Jahre	157	0	150	540	3050	4360	7310	11190	1157	588	491 - 703
		70-79 Jahre	97	1	110	300	2470	3610	4860	5800	841	412	324 - 524
Chrom ($\mu\text{g/g}$ Haar)	0,02	15-17 Jahre	58	1	0,04	0,10	0,19	0,25	0,30	0,32	0,111	0,094	0,079 - 0,110
		18-24 Jahre	134	3	0,05	0,10	0,27	0,40	0,67	1,04	0,137	0,101	0,089 - 0,115
		70-79 Jahre	56	1	0,05	0,09	0,20	0,27	0,65	0,80	0,126	0,095	0,078 - 0,116
Kupfer ($\mu\text{g/g}$ Haar)	0,4	15-17 Jahre	71	0	7	11	34	90	121	320	21,4	13,2	11,0 - 15,8
		18-24 Jahre	157	0	6	10	21	37	66	112	13,7	10,7	9,6 - 11,8
		70-79 Jahre	97	0	6	9	15	21	31	34	10,4	9,4	8,6 - 10,3
Magnesium ($\mu\text{g/g}$ Haar)	1,2	15-17 Jahre	71	0	11	22	77	142	314	602	44,4	26,0	21,2 - 31,9
		18-24 Jahre	157	0	12	28	187	248	352	547	63,4	35,1	30,0 - 41,1
		70-79 Jahre	97	0	10	32	204	308	531	909	77,2	38,4	30,7 - 48,0
Phosphor ($\mu\text{g/g}$ Haar)	1,8	15-17 Jahre	71	0	95	128	318	342	403	425	161,2	145,5	131,4 - 161,1
		18-24 Jahre	157	0	96	122	149	166	175	214	120,9	114,8	107,1 - 123,1
		70-79 Jahre	97	0	81	116	148	164	181	363	115,0	106,1	96,4 - 116,7
Strontium ($\mu\text{g/g}$ Haar)	0,04	15-17 Jahre	71	0	0,2	0,6	3,5	6,2	10,6	11,6	1,48	0,72	0,55 - 0,95
		18-24 Jahre	157	0	0,2	1,0	6,5	9,4	13,4	39,4	2,39	1,10	0,91 - 1,33
		70-79 Jahre	97	1	0,1	0,9	7,7	11,2	13,8	15,0	2,38	0,91	0,67 - 1,23
Zink ($\mu\text{g/g}$ Haar)	2,4	15-17 Jahre	71	0	130	170	240	260	290	550	182	174	162 - 186
		18-24 Jahre	157	0	110	170	280	310	410	780	182	166	154 - 179
		70-79 Jahre	97	0	90	160	220	260	430	3270	188	148	132 - 165

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;

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

7 Literatur

- Ahmad, P., Kutbi, I.I., Abulfaraj, W.H., Ahmed, M.: Measurements of hair concentrations in children of four cities in Saudi Arabia, *Environ. Intern.* 14 (1988) 237-242
- Ahmed, A.F.M., Elmubarak, A.H.: Assessment of trace elements in hair of a Saudi Arabien suburban adult male population, *Environ. Techn.* 12 (1990) 387-392
- Ashraf, W., Jaffar, M., Mohammad, D.: Levels of selected trace metals in hair of urban and rural adult male population of Pakistan, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 54 (1995a) 207-213
- Ashraf, W., Jaffar, M., Anwer, K., Ehsan, U.: Age- and sex- vased comparative distributions of selected metals in the scalp hair of an urban population from two cities in Pakistan, *Environ. Pollution* 87 (1995b) 61-64
- Ashraf, W., Jaffar, M., Mohammed, D., Iqbal, J.: Utilization of scalp hair for evaluating epilepsy in male and female groups of Pakistan population, *Sci. Total Environ.* 164 (1995c) 69-73
- Balabanova, S., Bühler, G., Schneider, E., Boschek, H.J., Schneitler, H.: Über die Ausscheidung von Nikotin mit dem apokrinen und ekkrinen Schweiß bei Rauchern und Passiv-Rauchern, *Hautarzt* 43 (1992) 73-76
- Barlow, P.J., Sidani, S.A., Lyons, M.: Trace elements in hair in the UK: Results and interpretation in the preconception situation, *Sci. Total Environ.* 42 (1985) 121-131
- Batzevich, V.A.: Hair trace element analysis in human ecology studies, *Sci. Total Environ.* 164 (1995) 89-98
- Bencko, V., Geist, T., Arbetova, B., Dharmadikari, D.M., Svandova, E.: Biological monitoring of environmental pollution and human exposure to some trace elements, *J. of Hygiene Epidem. Microbiol. Epidem.* 30, 1 (1986) 1-10
- Bentley, K.W., Wyatt, J.H.: Quantitative Determination of fissionable materials in human hair, *Environ. Res.* 21 (1980) 407-415
- Bernigau, W., Becker, K., Chutsch-Abelmann, M., Henke, M., Krause, C., Schulz, C., Schwarz, E., Thefeld, W.: Umwelt-Survey Band IV b, Blei, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, WaBoLu-Hefte 7/1993, 1996
- Bertram, H.P.: Spurenelemente, Analytik, ökotoxikologische und medizinisch-klinische Bedeutung, Urban & Schwarzenberg, München, 1992
- Bosque, M.A., Domingo, J.L., Llobet, J.M., Corbella, J.: Cadmium in hair of school children living in Tarragona Province, Spain, *Biol. Trace Element Res.* 28 (1991) 147-155
- Breslow, N.E., Day, N.E.: Statistical methods in cancer research, International Agency for Research on Cancer, Lyon, 1980
- Brockhaus, A., Dolgner, R., Ewers, U., Krämer, U., Soddemann, H., Wiegand, H.: Intake and health effects of thallium among a population living in the vicinity of a cement plant emitting thallium containing dust, *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 48 (1981) 375 - 389
- Bundesgesundheitsblatt 6/96: Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes: Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM) in der Umweltmedizin, 1996, 221-224
- Bustueva, K.A., Revich, B.A., Bezpalko, L.E.: Cadmium in the Environment of three Russian cities and in human hair and urine, *Arch. Environ. Health* 49, 4 (1994) 284-288
- Byrne, A.R., Benedik, L.: Uranium content of blood, urine and hair of exposed and non-exposed persons determined by radiochemical neutron activation analysis, with emphasis on quality control, *Sci. Total Environ.* 107 (1991) 143-157

- Chatt, A., Katz, A.: Hair analysis, applications in the biomedical and environmental sciences, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1988
- Chattopadhyay, P.K., Joshi, H.C., Samaddar, K.R.: Hair cadmium level of smoker and non-smoker human volunteers in and around Calcutta City, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 45 (1990) 177-180
- Chutsch, M.; Krause, C.: Zusammenfassende Bewertung von Haaranalysen, in: Krause, C., Chutsch, M.: *Haaranalyse in Medizin und Umwelt*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York, 1987
- Ciba, J., Chrusciel, A.: Spectrophotometric determination of boron in human hair with Azomethine H, *Frese-nius J. Anal. Chem* 342 (1992) 147-149
- Davis, R.A., Stiles, M.F., DeBethizy, J.D., Reynolds, J.H.: Dietary nicotine: a source of urinary cotinine, *Fd. Chem. Toxic.* 29 (1991) 821-827
- Dermelj, M., Horvat, M., Byrne, A.R., Stegnar, P.: Mercury, methyl-mercury and selenium in scalp hair of inhabitants from mediterranean areas, *Chemosphere* 16, 4 (1987) 877-886
- DiPietro, E., Phillips, D.L., Paschal, D.C., Neese, J.W.: Determination of trace elements in human hair, reference intervals for 28 elements in nonoccupationally exposed adults in the US and effects of hair treatments, *Biol. Trace Element Res.* 22 (1989) 83-100
- Donma, O., Günbey, S., Tas, M.A., Donma, M.M.: Zinc, copper, and magnesium concentrations in hair of children from southeastern Turkey, *Biol. Trace Element Res.* 24 (1990) 39-47
- Eliopoulos C., Klein J., Khahn Phan M., Knie, B., Greenwald, M., Chitayat D., Koren G.: Hair concentrations of nicotine and cotinine in women and their newborn infants, *JAMA* 271 (1994) 621-623
- Elliot, D.: Weighting for non-response, a survey researchers guide, Office of Population Censuses and Surveys, London, 1991
- Eltayeb, M.A.H., Van Grieken, R.E.: Iron, copper, zinc and lead in hair from Sudanese populations of different age groups, *Sci. Total Environ.* 95 (1990) 157-165
- Ewers, U., Kramer, M., Körtling, H.: Diagnostik der inneren Exposition (Human Biomonitoring), in: Wichmann, H.-E., Schlipkötter, H.-W., Füllgraf, G.: *Handbuch der Umweltmedizin*, ecomed Verlag, Landsberg/Lech, 1992
- Faris, R., Kamal, A.-A.M., Shoman, A.: Lead related behavioral and psychological performance changes in primary school children from industrial, urban and rural areas in Egypt, *Wissenschaft und Umwelt* 1-2 (1991) 31-36
- Folin, M., Contiero, E., Vaselli, M.: Trace element determination in humans, the use of blood and hair, *Biol. Trace Element Res.* 31 (1991) 147-158
- Frery, N., Girard, F., Moreau, T., Blot, P., Sahuquillo, J., Hajem, S., Orssaud, G., Huel, G.: Validity of hair cadmium in detecting chronic cadmium exposure in general populations, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 50 (1993) 736-743
- Fullmer, C.S., Rosen, J.F.: Effect of dietary calcium and lead status on intestinal calcium absorption, *Environ. Res.* 51 (1990) 91-99
- Golow, A.A., Kwaansa-Ansah, E.E.: Comparison of lead and zinc levels in the hair of pupils from four towns in the Kumasi municipal area of Ghana, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 53 (1994) 325-331
- Grandjean, P., Olsen, N.B., Hollnagel, H.: Influence of smoking and alcohol consumption on blood lead levels, *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 48 (1981) 391-397
- Grasmick, C., Huel, G., Moreau, T., Sarmini, H.: The combined effect of tobacco and alcohol consumption on the level of lead and cadmium in blood, *Sci. Total Environ.* 41 (1985) 207-217

- Günther, H., Marquardt, D., Wilbrandt, B., Leppin, S.: Biologisches Monitoring im Einzugsbereich eines Stahlwerkes, *Zbl. Hyg.* 192 (1992) 509-521
- Gwent, S.H., Wilson, J.F., Tsanaclis, L.M., Wicks, F.C.: Time course of appearance in human beard hair after a single dose of nicotine, *Therap. Drug Metabol.* 17 (1995) 195-198
- Harley, N. J., Hoffmann, D.: Analysis for nicotine and cotinine in hair to determine cigarette smoker status, *Clin. Chem.* 31 (1985) 1598-1600
- Hense, H.-W., Filipiak, B., Novak, L., Stoepler, M.: Nonoccupational determinants of blood lead concentrations in a general population, *Int. J. Epid.* 21 (1992) 753-762
- Herber, R.F.M., Wibowo, A.A.E., Das, H.A., Egger, R.J., VanDeyck, W., Zielhuis, R.L.: Trace element levels in hair of eight-year-old children, *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 53 (1983) 127-137
- Hoffmeister, H., Bellach, B.-M.: Die Gesundheit der Deutschen. Ein Ost-West-Vergleich, Robert Koch-Institut, Bundesinstitut für Infektionskrankheiten und nicht übertragbare Krankheiten, RKI-Heft 7/1995, Berlin 1995
- Holst, E., Christensen, J.M.: Intervals for the description of the biological level of a trace element in a reference population, *The Statistician* 41 (1992) 233-242
- Holst, E., Christensen, J.M., Poulsen, O.M.: Intervals for the description of the biological level of a trace metal in a reference population, Danish National Institute of Occupational Health, Copenhagen, Denmark, 1994
- IAEA: Activation of hair as an indicator of contamination of man by environmental trace element pollutants, Rep. IAEA/RL/41, January 1977, updated IAEA/RL/50, October 1978
- Igarashi, Y., Yamakawa, A., Oki, Y., Seki, R., Ikeda, N.: Consideration on intake of uranium through smoking, *J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters* 135, 3 (1989) 157-164
- Iyengar, G.V.: Reference values for elemental concentrations in some human samples of clinical interest: a preliminary evaluation, *Sci. Total Environ.* 38 (1984) 125-131
- Iyengar V. und Woittiez, J.: Trace elements in human clinical specimens: Evaluation of literature data to identify reference values, *Clin. Chem.* 34, 3 (1988) 474-481
- Jamall, I.S., Allen, P.V.: Use of hair as an indicator of environmental lead pollution in women of child-bearing age in Karachi, Pakistan and Bangladesh, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 44 (1990) 350-356
- Johnson, D.E., Tillery, J.B., Prevost, R.J.: Levels of platinum, palladium, and lead in populations of southern California, *Environ. Health Perspectives* 12 (1975) 27-33
- Kintz, P.: Gas chromatographic analysis of nicotine and cotinine in hair, *J Chromatogr.* 580 (1992a) 347-353
- Kintz, P., Ludes, B., Mangin, P.: Evaluation of nicotine and cotinine in human hair, *J. Forens. Sci.* 37 (1992b) 72-76
- Kintz, P., Kieffer, I., Messer, J., Mangin, P.: Nicotin analysis in neonates' hair for measuring gestational exposure to tobacco, *J. Forens. Sci.* 38 (1993) 119-123
- Koren, G., Klein, J., Forman, R., Graham, K., Phan, M-K.: Biological markers of intrauterine exposure to cocaine and cigarette smoking, *Dev. Pharmacol. Ther.* 18 (1992) 228-236
- Krämer, K., Anke, M.: Die Phosphoraufnahme Erwachsener Deutschlands nach der Duplikat- und Basketmethode - ein Vergleich, 13. Arbeitstagung Mengen- und Spurenelemente, Jena, 1993
- Krause, C., Chutsch, M.: Haaranalyse in Medizin und Umwelt, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York, 1987

- Krause, C., Chutsch, M., Henke, M., Huber, M., Kliem, C., Schulz, C., Schwarz, E.: Umwelt-Survey Band I: Studienbeschreibung und Humanbiologisches Monitoring, Institut für Wasser-, Boden- und Luft-hygiene des Bundesgesundheitsamtes, WaBoLu-Hefte 5/1989a
- Krause, C., Chutsch, M., Windmüller, L.: Kupfergehalt im Haar in Abhängigkeit vom Trinkwasser, *Ärztliche Kosmetologie* 19 (1989b) 461-467
- 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-Bio-monitoring, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamt, WaBoLu-Heft 1/96, 1996
- Kreuter, H., Klaes, L., Hoffmeister, H., Laaser, U.: Prävention von Herz-Kreislaufkrankheiten, Juventa-Verlag, Weinheim, 1995
- Kruse-Jarres, J.D.: Möglichkeiten und Grenzen der Spurenelementbestimmung in biologischem Material, in: Defizite und Überschüsse an Mengen- und Spurenelementen, 14. Arbeitstagung Mengen und Spurenelemente in der Ernährung, Jena, 1994, 10-15
- Kucera, J., Byrne, A.R., Mravcova, A., Lener, J.: Vanadium levels in hair and blood of normal exposed persons, *Sci. Total Environ.* 15 (1992) 191-205
- Leotsinidis, M., Kondakis, X.: Trace metals in scalp hair of Greek agricultural workers, *Sci. Total Environ.* 95 (1990) 149-156
- Li, Y., Cheng, L.: Analysis of nicotine in hair as a biological marker for its exposure, in: Seifert, B. et al. (Hrsg), *Proceedings 6th Int. Conf. Indoor Air Quality and Climate (INDOOR AIR '93)*, Helsinki, 4.-8. July 1993 1 (1993) 687-692, Gummerus Oy, Jyväskylä, Finland
- Liu, X., Su, B., Yin, F., Han, Q., Hu, Z.: Relation between age and hair strontium in a population from the Dalia district of China, *Clin. Chem.* 40, 12 (1994) 2324-2325
- Loranger, S., Zayed, J.: Environmental and occupational exposure to manganese: a multimedia assessment, *Int. Arch. Environ. Health* 67 (1995) 101-110
- Manuwald, O., Wilhelm, M., Bronisch, M., Herzog, V., Palaske, G., Scheer, S.: Bleikonzentration in Erfurter Kinderhaaren, *Forum Städte-Hygiene* 41 (1991) 355-360
- Maranelli, G., Apostoli, P., Ferrari, P.: Influence of smoking, alcohol, and dietary habits on blood Pb and Cd levels, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 45 (1990) 804-810
- Miettinen, O.S.: *Theoretical epidemiology*, John Wiley & Sons, New York 1985
- Mizuno, A., Uematsu, T., Oshima, A., Nakamura, M., Nakashima, M.: Analysis of nicotine content of hair for assessing individual cigarette-smoking behavior, *Ther. Drug Mon.* 15 (1993) 99-104
- Moon, J., Smith, T.J., Tamaro, S., Enarson, D., Fadl, S., Davison, A.J., Weldon, L.: Trace metals in scalp hair of children and adults in three Alberta indian villages, *Sci. Total Environ.* 54 (1986) 107-125
- Morita, H., Shimomura, S., Kimura, A., Morita, M.: Interrelationships between the concentrations of magnesium, calcium, and strontium in the hair of Japanese school children, *Sci. Total Environ.* 54 (1986) 95-105
- Nilsen, T., Zahlsen, K., Nilsen, O.G.: Uptake of nicotine in hair during controlled environmental air exposure to nicotine vapour: evidence for a major contribution of environmental nicotine to the overall nicotine found in hair from smokers and non-smokers, *Pharmacol. Toxicol.* 75 (1994) 136-142
- Nöllke, P., Becker, K., Bernigau, W., Hoffmann, K., Krause, C., Seiwert, C., Schulz, C., Schwabe, R.: Trace elements in domestic tap water in the F.R.G., *Epidemiology* 6, 4 (1995) S23

- Ong, C.N., Lee, W.R.: Interaction of calcium and lead in human erythrocytes, *British J. Industr. Med.* 37 (1980) 70-77
- Othamn, I.: The relationship between uranium in blood and the number of working years in the Syrian phosphate miners, *J. Environ. Radioactivity* 18, 2 (1993) 151-161
- Ott, W.R.: A physical explanation of the lognormality of pollutant concentrations, *J. Air Waste Management Assoc.* 40 (1990) 1378-1383
- Paschal, D.C., DiPietro, E., Phillips, D.L., Gunter, E.W.: Age dependence of metals in a selected U.S. population, *Environ. Research* 48 (1989) 17-28
- Probst-Hensch, N., Braun-Fahrlaender, C., Bodenmann, A., Ackermann-Liebich, U.: Alcohol consumption and other lifestyle factors: Avoidable sources of excess lead exposure, *Soz. Präventivmed.* 38 (1993) 43-50
- Prucha, J.: Schwermetallgehalt des Kinderhaares, *Zbl. Bakt. Hyg. B* 185 (1987) 273-290
- Revich, B.A.: Lead in hair and urine of children and adults from industrialized areas, *Arch. of Environ. Health* 49, 1 (1994) 59-62
- Ryabukhin, Y. u. S.: Activation analysis of hair as an indicator of contamination of man by environmental trace element pollutants, Rep. IAEA/RL/41, January 1977; updated IAEA/RL/50, October 1978
- Schütz, H., Ahrens, J., Erdmann, F., Rochholz, G.: Nachweis von Arznei- und anderen Fremdstoffen in Haaren, *Pharmazie in unserer Zeit*, 22. Jg. (1993) 63-78
- Schuhmacher, M., Domingo, J.L., Llobet, J.M., Corbella, J.: Lead in childrens hair, as related to exposure in Tarragona province, Spain, *Sci. Total Environ.* 104 (1991) 167-173
- Schuhmacher, M., Domingo, J.L., Llobet, J.M., Corbella, J., Marti, J.B.: Chromium, copper and zinc concentrations in hair of school children from Southern Catalonia, Spain, *Trace Elements in Medicine* 10, 1 (1993) 21-26
- Schwarz, E., Chutsch, M., Krause, C., Schulz, C., Thefeld, W.: Umwelt-Survey Band IV a, Cadmium, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, WaBoLu-Hefte 2/1993
- Shrestha, K.P., Schrauzer, G.N.: Trace elements in hair: a study of residents in Darjeeling (India) and San Diego, California (USA), *Sci. Total Environ.* 79 (1989) 171-177
- SPSS, 1993: SPSS Base System Syntax Reference Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 1993
- Srikumar, T.S., Källgard, B., Öckermann, P.A., Akkesson, B.: The effects of a 2-years switch from a mixed to a lactovegetarian diet on trace element status in hypertensive subjects, *Eurocean J. Clin. Nutr.* 46 (1992) 661-669
- Stewart-Pinkham, S.M.: The Effect of ambient cadmium air pollution on the hair mineral content of children, *Sci. Total Environ.* 78 (1989) 289-296
- Sturaro, A., Parvoli, G., Doretto, L., Allegri, G., Costa, C.: The influence of color, age, and sex on the content of zinc, copper, nickel, manganese, and lead in human hair, *Biol. Trace Elem. Res.* 40 (1994) 1-8
- Sukumar, A., Subramanian R.: Elements in hair and nails of residents from a village adjacent to New Delhi, *Biol. Trace Element Res.* 34 (1992) 99-105
- Suzuki, S.: Hair and Nails: Advantages and pitfalls when used in biological monitoring, in: Clarkson, T.W., Friberg, L., Nordberg, G.F., Sager, P.R.: *Biological monitoring of toxic metals*, Plenum Press, New York, 1988
- Takeuchi, T., Nakano, Y., Aoki, A., Ohmori, S., Tsukatani, T.: Comparisons of elemental concentrations in hair of the inhabitants of heavy metal polluted areas with those of normal Japanese, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 112 (1987) 259-272

- UBA; Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltprobenbank, Jahresbericht 1991, Texte des Umweltbundesamtes 3, 1993
- UBA, Umweltbundesamt (Hrsg.): Daten zur Umwelt 1992/93, E. Schmidt Verlag, Berlin, 1994
- Valentine, J.L., Kang, H.K., Faraji, B., Lachnebruch, P.A.: Selenium status and age effects, in: Wendel, A.: Selenium in biology and medicine, Springer Verlag, Berlin, 1988, 286-293
- Valkovic, V.: Human Hair, CRC Press, Boca Raton, 1988
- Vaughan, G.T., Florence, T.M.: Platinum in the diet, blood, hair and excreta, *Sci. Total Environ.* 111 (1992) 47-58
- VDI 2449: VDI-Richtlinie 2449, Entwurf, VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5, Düsseldorf, 1995
- Vivoli, G., Fantuzzi, G., Bergomi, M., Tonelli, E., Gatto, M.R., Zanetti, F., DelDot, M.: Relationship between zinc in serum and hair and some hormones during sexual maturation in humans, *Sci. Total Environ.* 95 (1990) 29-40
- Wibowo, A.A.E., Herber, R.F.M., Das, H.A., Roeleveld, N., Zielhuis, R.L.: Levels of metals on hair of young children as an indicator of environmental pollution, *Env. Res.* 40 (1986) 346-356
- Wilbrand B., Marquardt, D., Lüderitz, P.: Spurenelementgehalt im Kopfhair Berliner Kinder, *Forum Städte Hygiene* 42 (1991) 351-354
- Wilhelm, M.: Metalle/Aluminium, in: Wichmann, H.-E., Schlipkötter, H.-W., Füllgraf, G.: Handbuch der Umweltmedizin, ecomed Verlag, Landsberg/Lech, 1992
- Wilhelm, M., Lombeck, I., Hafner, D., Ohnesorge, F.K.: Hair lead in young children from the F.R.G., *J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis.* 3 (1989a) 165-170
- Wilhelm, M., Hafner, D., Lombeck, I., Ohnesorge, F.K.: Monitoring of cadmium, copper, lead and zinc status in young children using toenails: comparison with scalp hair, *Sci. Total Environ.* 103 (1991) 199-207
- Wilhelm, M., Passlick, J., Busch, T., Szydlík, M., Ohnesorge, F.K.: Scalp hair as an indicator of aluminium exposure: Comparison to bone and plasma, *Human Toxicol.* 8 (1989b) 5-9
- Wilhelm, M., Ohnesorge, F.K.: Cadmium, copper, lead and zinc concentrations in human scalp and pubic hair, *Sci. Total Environ.* 92 (1990) 199-206
- Wilhelm, M., Lombeck, I., Ohnesorge, F.K.: Cadmium, copper, lead and zinc concentrations in hair and toenails of young children and family members: A follow-up study, *Sci. Total Environ.* 141 (1994) 275-280
- Wolfsperger, M., Hauser, G., Göbner, W., Schlagenhafen, C.: Heavy metals in human hair samples from Austria and Italy: Influence of sex and smoking habits, *Sci. Total Environ.* 156 (1994) 235-242
- Yamato, N.: Concentrations and chemical species of arsenic in human urine and hair, *Bull. Environ. Cotam. Toxicol.* 40 (1988) 633-649
- Zachwieja, Z., Schlegel-Zawadzka, M., Chlopicka, J., Zagrodzki, P., Krosniak, M., Wypchło, J.: The comparison of the copper content in the hair of children living in several cities in Southern Poland, in: Anke, M., Meissner, D., Mills, C.F. (Eds.): Trace Elements in Man and Animal, TEMA 8, 1993
- Zahlsen, K., Nilsen, O.G.: Gas chromatographic analysis of nicotine in hair, *Environ. Technol.* 11 (1990) 353-364
- Zahlsen, K., Nilsen, O.G.: Nicotine in hair of smokers and non-smokers: sampling procedure and gas chromatographic/mass spectrometric analysis, *Pharm. Toxicol.* 75 (1994) 143-149

8 Verzeichnisse

8.1 Abkürzungsverzeichnis

AAS	Atomabsorptionsspektrometrie
Al	Aluminium
AM	arithmetischer Mittelwert
B	Bor
Ba	Barium
BG	Bestimmungsgrenze
BGA	Bundesgesundheitsamt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMI	Body Mass Index
Ca	Calcium
Cd	Cadmium
Cr	Chrom
Cs	Cäsium
Cu	Kupfer
DHP	Deutsche Herz-Kreislauf-Präventionsstudie
EFB	Epidemiologische Forschung Berlin
Einw.	Einwohner
ExR	Exraucher
GGK	Gemeindegrößenklasse
GM	geometrischer Mittelwert
GW	Grenzwert der TrinkwV
HB	Härtebereich
HPLC	Hochdruckflüssigkeitschromatographie
ICP-MS	Induktiv gekoppelte Plasmaemissionsspektrometrie mit gekoppelter Massenspektrometrie
IW	Immissionswert der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft des BImSchG
KI GM	Konfidenzintervall des geometrischen Mittelwertes
MAX	Maximum
Mg	Magnesium
MZ	Mikrozensus
n	Anzahl von Probanden / der Werte
N	Stichprobenumfang
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey
NieR	Nie-Raucher
NR	Nichtraucher
NRW	Nordrhein-Westfalen
n.s.	nicht signifikant
Ost	neue Bundesländer
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
P	Phosphor

Pb	Blei
Pd	Palladium
POS	Polytechnische Oberschule
Pt	Platin
R	Raucher
RW	Richtwert der TrinkwV
s	Standardabweichung
SE	Standardfehler
Sr	Strontium
SWA	Sollwertabweichung
TA-Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft des BImSchG
Tl	Thallium
TRGS 410	Technische Regel 410 der Gefahrstoffverordnung
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
U	Uran
UBA	Umweltbundesamt
V	Vanadium
VK	Variationskoeffizient
WaBoLu	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
West	alte Bundesländer
WHO	World Health Organisation
ZEG	Zentrum für Epidemiologie und Gesundheitsforschung
Zn	Zink

8.2 Tabellenverzeichnis

- Tab. Z1: Substanzgehalte im Haar der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)
- Tab. Z2: Substanzgehalte im Haar der deutschen Kinder (6 bis 14 Jahre)
- Tab. Z3: Vergleich der geometrischen Mittelwerte der Substanzgehalte im Haar der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre und 6 bis 14 Jahre) in den alten und neuen Bundesländern mit Signifikanzangaben
- Tab. S1: Elements and compounds in hair of the general population (25 to 69 years) of the F.R.G.
- Tab. S2: Elements and compounds in hair of german children (6 to 14 years)
- Tab. S3: Comparison of the geometric means of elements and compounds in hair of adults (25 to 69 years) and children (6 to 14 years) in West- and East-Germany with specification of the significant levels
- Tab. 2.1.1: Anteile der verfügbaren Kopfhhaarproben (in %) bezogen auf die jeweiligen Nettostichproben
- Tab. 3.1.1: Analysenmethoden zur Bestimmung der Substanzgehalte im Kopfhhaar
- Tab. 3.2.1: Deskription der gewonnenen Haarmenge (in mg) nach Geschlecht und Alter
- Tab. 3.2.2: Bestimmungsgrenzen substanzspezifischer Korrelationen mit der Einwaage zur Festlegung der Kappungsgrenzen
- Tab. 3.2.3: Für die Kennwertberechnungen zugrunde gelegten Bestimmungsgrenzen
- Tab. 3.3.1: Interne Qualitätskontrolle
- Tab. 4.6.1: Korrelationen zwischen den logarithmierten Elementgehalten im Haar
- Tab. 5.2.4.1: Aluminiumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.2.4.2: Aluminiumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.2.6.1: Aluminiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.2.6.2: Aluminiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.2.6.3: Aluminiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.2.6.4: Aluminiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.3.4.1: Bariumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.3.4.2: Bariumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.3.6.1: Bariumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.3.6.2: Bariumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.3.6.3: Bariumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.3.6.4: Bariumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.4.4.1: Bleigehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.4.4.2: Bleigehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.4.6.1: Bleigehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.4.6.2: Bleigehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, spezifische Gliederung

- Tab. 5.4.6.3: Bleigehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.4.6.4: Bleigehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.5.4.1: Cadmiumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.5.4.2: Cadmiumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.5.6.1: Cadmiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.5.6.2: Cadmiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.5.6.3: Cadmiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.5.6.4: Cadmiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.6.4.1: Calciumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.6.4.2: Calciumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.6.6.1: Calciumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.6.6.2: Calciumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.6.6.3: Calciumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.6.6.4: Calciumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.7.4.1: Chromgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.7.4.2: Chromgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.7.6.1: Chromgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.7.6.2: Chromgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.7.6.3: Chromgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.7.6.4: Chromgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.8.4.1: Kupfergehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.8.4.2: Kupfergehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.8.6.1: Kupfergehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.8.6.2: Kupfergehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.8.6.3: Kupfergehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.8.6.4: Kupfergehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.9.4.1: Magnesiumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.9.4.2: Magnesiumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.9.6.1: Magnesiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.9.6.2: Magnesiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.9.6.3: Magnesiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, Standardgliederung

- Tab. 5.9.6.4: Magnesiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.10.4.1: Phosphorgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.10.4.2: Phosphorgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.10.6.1: Phosphorgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.10.6.2: Phosphorgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.10.6.3: Phosphorgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.11.4.1: Strontiumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.11.4.2: Strontiumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.11.5.1: Strontiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.11.6.2: Strontiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.11.6.3: Strontiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.11.6.4: Strontiumgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.12.4.1: Zinkgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.12.4.2: Zinkgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.12.6.1: Zinkgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.12.6.2: Zinkgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.12.6.3: Zinkgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, Standardgliederung
- Tab. 5.12.6.4: Zinkgehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Kinder 6 bis 14 Jahre, spezifische Gliederung
- Tab. 5.13.1.1: Borgehalt im Haargehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 und 6 bis 14 Jahre)
- Tab. 5.13.2.1: Cäsiumgehalt im Haar (ng/g Haar) - Teilkollektive aus den neuen Bundesländern
- Tab. 5.13.3.1: Palladiumgehalt im Haar (ng/g Haar) - Teilkollektive aus den neuen Bundesländern
- Tab. 5.13.4.1: Platingehalt im Haar (ng/g Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 und 6 bis 14 Jahre)
- Tab. 5.13.5.1: Thalliumgehalt im Haar (ng/g Haar) der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 und 6 bis 14 Jahre)
- Tab. 5.13.6.1: Urangehalt im Haar (ng/g Haar) - Teilkollektive aus den neuen Bundesländern
- Tab. 5.13.7.1: Vanadiumgehalte im Haar (ng/g Haar) - Teilkollektive aus den neuen Bundesländern
- Tab. 5.13.7.2: Vanadiumgehalt im Haar der erwachsenen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.13.7.3: Vanadiumgehalt im Haar der kindlichen Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.14.1: Angewandte Methoden zur Nikotinbestimmung im Haar
- Tab. 5.14.4: Nikotingehalt im Haar der Bevölkerung in verschiedenen Ländern
- Tab. 5.14.6.1: Nikotingehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre
- Tab. 5.14.6.2: Nikotingehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 6 bis 14 Jahre
- Tab. 5.15.1: Cotiningehalt im Haar der erwachsenen Nichtraucher mit unterschiedlicher Tabakrauchexposition

Tab. 5.15.2:	Cotiningehalt im Haar der Kinder nach ausgewählten Gliederungsmerkmalen
Tab. 5.15.4:	Cotiningehalt im Haar der Bevölkerung in verschiedenen Ländern
Tab. 5.15.6.1:	Cotiningehalt im Haar ($\mu\text{g/g}$) der deutschen Bevölkerung 25 bis 69 Jahre
Tab. 6.1:	95 %-Konfidenzintervalle für 95. Populationsperzentil für Substanzgehalte im Haar der deutschen Bevölkerung (25 bis 69 Jahre)
Tab. 6.2:	95 %-Konfidenzintervalle für 95. Populationsperzentil für Substanzgehalte im Haar der Kinder (6 bis 14 Jahre)
Tab. 9.1:	Substanzgehalte im Haar ($\mu\text{g/g}$) - neue Bundesländer - ungewichtete Randaltersklassen
Tab. 9.3:	Prozentuale Angaben zu den Haarmerkmalen (Erwachsene unterteilt nach Geschlecht und Alter)
Tab. 9.4:	Prozentuale Angaben zu den Haarmerkmalen (Kinder unterteilt nach Geschlecht und Alter)
Tab. 9.5:	Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen (Erwachsene 26 bis 69 Jahre)
Tab. 9.6:	Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen (Kinder 6 bis 14 Jahre)

8.3 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 5.2.5.1: Aluminiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.2.5.2: Aluminiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.3.5.1: Bariumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.3.5.2: Bariumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.4.5.1: Bleigehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.4.5.2: Bleigehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.5.5.1: Cadmiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.5.5.2: Cadmiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.6.5.1: Calciumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.6.5.2: Calciumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.7.5.1: Chromgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.7.5.2: Chromgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.8.5.1: Kupfergehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.8.5.2: Kupfergehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.9.5.1: Magnesiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.9.5.2: Magnesiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.10.5.1: Phosphorgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.10.5.2: Phosphorgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.11.5.1: Strontiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.11.5.2: Strontiumgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.12.5.1: Zinkgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.12.5.2: Zinkgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.14.5.1: Nikotingehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.14.5.2: Nikotingehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (6-14 und 25-69 Jahre), Perzentilfunktionen
- Abb. 5.15.5.1: Cotiningehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (25-69 Jahre), Histogramm
- Abb. 5.15.5.2: Cotiningehalt im Haar der deutschen Bevölkerung (25-69 Jahre), Perzentilfunktionen

9 Anhang

9.1 Statistische Kennwerte für die Randaltersklassen

Tab. 9.1: Elementgehalte im Haar (µg/g) - neue Bundesländer - ungewichtete Randaltersklassen

	BG	Lebensalter	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Aluminium (µg/g Haar)	1,0	15-17 Jahre	58	1	1,5	4,4	11,4	13,5	20,4	24,3	5,75	4,31	3,50 - 5,31
		18-24 Jahre	134	3	1,8	4,1	14,9	27,8	68,8	97,6	7,91	4,56	3,89 - 5,35
		70-79 Jahre	56	0	2,6	6,1	16,7	25,8	38,2	41,7	8,75	6,54	5,36 - 7,99
Barium (µg/g Haar)	0,2	15-17 Jahre	58	3	0,2	0,6	1,1	1,8	5,5	9,6	0,82	0,57	0,47 - 0,70
		18-24 Jahre	134	14	<0,2	0,7	3,1	4,6	7,5	18,7	1,31	0,69	0,57 - 0,83
		70-79 Jahre	56	5	0,2	0,6	3,2	4,5	5,2	5,4	1,21	0,70	0,52 - 0,93
Blei (µg/g Haar)	0,1	15-17 Jahre	71	0	0,2	0,7	5,4	7,6	9,8	10,7	1,65	0,83	0,64 - 1,09
		18-24 Jahre	157	0	0,3	0,9	5,8	12,5	22,9	92,9	2,99	1,14	0,95 - 1,38
		70-79 Jahre	97	1	0,3	1,0	6,9	13,4	29,0	145,1	4,08	1,15	0,87 - 1,51
Cadmium (µg/g Haar)	0,006	15-17 Jahre	68	0	0,02	0,05	0,15	0,18	0,21	0,26	0,069	0,051	0,042 - 0,062
		18-24 Jahre	153	6	0,01	0,06	0,27	0,54	1,60	2,84	0,158	0,058	0,048 - 0,072
		70-79 Jahre	87	1	0,01	0,06	0,27	0,46	2,06	2,44	0,161	0,064	0,049 - 0,083
Calcium (µg/g Haar)	20	15-17 Jahre	71	0	140	340	1680	3770	4650	7240	793	428	336 - 546
		18-24 Jahre	157	0	150	540	3050	4360	7310	11190	1157	588	491 - 703
		70-79 Jahre	97	1	110	300	2470	3610	4860	5800	841	412	324 - 524
Chrom (µg/g Haar)	0,02	15-17 Jahre	58	1	0,04	0,10	0,19	0,25	0,30	0,32	0,111	0,094	0,079 - 0,110
		18-24 Jahre	134	3	0,05	0,10	0,27	0,40	0,67	1,04	0,137	0,101	0,089 - 0,115
		70-79 Jahre	56	1	0,05	0,09	0,20	0,27	0,65	0,80	0,126	0,095	0,078 - 0,116
Kupfer (µg/g Haar)	0,4	15-17 Jahre	71	0	7	11	34	90	121	320	21,4	13,2	11,0 - 15,8
		18-24 Jahre	157	0	6	10	21	37	66	112	13,7	10,7	9,6 - 11,8
		70-79 Jahre	97	0	6	9	15	21	31	34	10,4	9,4	8,6 - 10,3
Magnesium (µg/g Haar)	1,2	15-17 Jahre	71	0	11	22	77	142	314	602	44,4	26,0	21,2 - 31,9
		18-24 Jahre	157	0	12	28	187	248	352	547	63,4	35,1	30,0 - 41,1
		70-79 Jahre	97	0	10	32	204	308	531	909	77,2	38,4	30,7 - 48,0
Phosphor (µg/g Haar)	1,8	15-17 Jahre	71	0	95	128	318	342	403	425	161,2	145,5	131,4 - 161,1
		18-24 Jahre	157	0	96	122	149	166	175	214	120,9	114,8	107,1 - 123,1
		70-79 Jahre	97	0	81	116	148	164	181	363	115,0	106,1	96,4 - 116,7
Strontium (µg/g Haar)	0,04	15-17 Jahre	71	0	0,2	0,6	3,5	6,2	10,6	11,6	1,48	0,72	0,55 - 0,95
		18-24 Jahre	157	0	0,2	1,0	6,5	9,4	13,4	39,4	2,39	1,10	0,91 - 1,33
		70-79 Jahre	97	1	0,1	0,9	7,7	11,2	13,8	15,0	2,38	0,91	0,67 - 1,23
Zink (µg/g Haar)	2,4	15-17 Jahre	71	0	130	170	240	260	290	550	182	174	162 - 186
		18-24 Jahre	157	0	110	170	280	310	410	780	182	166	154 - 179
		70-79 Jahre	97	0	90	160	220	260	430	3270	188	148	132 - 165

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;

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

9.2 Erläuterung der Gliederungsmerkmale

Soziodemographische Variablen

- 1) **Geschlecht:** Geschlecht des Probanden
Ausprägungen: Männer, Frauen (bei Erwachsenen), Jungen, Mädchen (bei Kindern)
verwendet für: alle Elemente (Erwachsene, Kinder), Nikotin, Cotinin (Erwachsene)

- 2) **Geschlecht (unbehandeltes Haar):** Geschlecht des Probanden; eingeschränkt auf Probanden, die keine Dauerwelle, kein gefärbtes und kein getöntes Haar haben
Ausprägungen: Männer, Frauen (bei Erwachsenen)
verwendet für: alle Elemente (Erwachsene)

- 3) **Lebensalter:** Lebensalter des Probanden
Ausprägungen: 25-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69 Jahre (bei Erwachsenen)
 6-7, 8-9, 10-11, 12-14 Jahre (bei Kindern) 15-17,
 18-24, 70-79 Jahre (Randaltersklassen)
verwendet für: Aluminium, Calcium, Kupfer, Strontium, Zink, Nikotin, Cotinin (Erwachsene)
 Aluminium, Blei, Calcium, Chrom, Magnesium, Strontium (Kinder)
 alle Elemente/Verbindungen (Randaltersklassen)

- 4) **Schulabschluß:** Höchster erreichter Schulabschluß des Probanden
Ausprägungen: keiner oder Volks- oder Hauptschulabschluß oder Abschluß 8. Klasse, Realschulabschluß oder mittlere Reife oder Abschluß 10. Klasse (POS), Fachhochschulreife oder Abitur oder Abschluß einer Fachoberschule
unberücksichtigt: andere Schulabschlüsse
verwendet für: Aluminium, Barium, Cadmium, Kupfer, Zink (Erwachsene)

- 5) **Berufstätigkeit:** Berufstätigkeits-Situation des Probanden zum Zeitpunkt der Befragung
Ausprägungen: berufstätig, nicht berufstätig
verwendet für: Blei, Kupfer, Magnesium (Erwachsene)

Haarmerkmale

- 6) **Dauerwelle (Frauen):** Proband (Frau) hat eine Dauerwelle zum Zeitpunkt der Befragung
Ausprägungen: nein, ja
verwendet für: alle Elemente (Erwachsene)

- 7) **Färbung/Tönung (Frauen):** Proband (Frau) hat gefärbtes oder getöntes Haar zum Zeitpunkt der Befragung
Ausprägungen: nein, ja
verwendet für: alle Elemente (Erwachsene)

- 8) *Färbung/Tönung (Raucherinnen)*: Proband (Raucherin) hat gefärbtes oder getöntes Haar zum Zeitpunkt der Befragung
Ausprägungen: nein, ja
verwendet für: Nikotin, Cotinin (Erwachsene)
- 9) *Haarfarbe (unbehandeltes Haar)*: Natürliche Haarfarbe des Probanden; eingeschränkt auf Probanden, die keine Dauerwelle, kein gefärbtes und kein getöntes Haar haben
Ausprägungen: teilweise/überwiegend grau, blond, braun (Erwachsene); blond, braun (Kinder)
verwendet für: alle Elemente (Erwachsene, Kinder)
- 10) *Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)*: Zeitpunkt der letzten Haarwäsche des Probanden; eingeschränkt auf Probanden, die keine Dauerwelle, kein gefärbtes und kein getöntes Haar haben
Ausprägungen: vor 0 bis 1 Tag, vor 2 bis 3 Tagen, vor 4 und mehr Tagen (Erwachsene, Kinder)
verwendet für: alle Elemente (Erwachsene, Kinder)

Expositionspfad Rauchen

- 11) *Rauchstatus*: gegenwärtiges (zum Zeitpunkt der Befragung) oder früheres Rauchen von Zigaretten, Zigarren, Stumpen, Zigarillos oder Pfeifen
Ausprägungen: zweistufig: Nichtraucher, Raucher dreistufig: Nie-Raucher, Ex-Raucher, Raucher
verwendet für: Blei, Cadmium (Erwachsene, zweistufig), Nikotin, Cotinin (Erwachsene, zwei- und dreistufig)
- 12) *Rauchdauer (Raucher)*: Zeitraum zwischen dem Beginn des regelmäßigen Rauchens und dem Interview-Datum, sofern Proband gegenwärtig raucht
Bemerkung: Zwischenzeitliche Nichtraucher-Phasen wurden nicht berücksichtigt.
Ausprägungen: bis 10, über 10 bis 15, über 15 bis 20, über 20 Jahre
verwendet für: Nikotin, Cotinin (Erwachsene)
- 13) *Tägliche Zigarettenzahl (Zigarettenraucher)*: durchschnittliche Anzahl zum Zeitpunkt der Befragung gerauchter Zigaretten mit/ohne Filter und selbstgedrehter Zigaretten pro Tag
unberücksichtigt: Raucher von Zigarren, Zigarillos, Stumpen oder Pfeifen wurden nicht berücksichtigt, da ihre Rauchbelastung nicht direkt vergleichbar ist. Eine separate Tabellierung dieser heterogenen Teilgruppe wurde aufgrund der geringen Fallzahl nicht vorgenommen.
Ausprägungen: 1-5, 6-10, 11-15, 16-20, ab 21 Zigaretten
verwendet für: Blei, Nikotin, Cotinin (Erwachsene)
- 14) *Passivrauchen (Nichtraucher)*: Index für das Passivrauchen, eingeschränkt auf Nichtraucher
Ausprägungen: Es liegt *keine Tabakrauchexposition* vor, wenn folgende drei Bedingungen gelten:
 - kein Haushaltsmitglied raucht;
 - im vom Probanden meist genutzten Zimmer der Wohnung wird gewöhnlich nicht geraucht;
 - der Proband hält sich nicht häufiger in Räumen auf, in denen stark geraucht wird (Frageformulierung bei Erwachsenen), bzw. der Proband hält sich nie in Räumen auf, in denen geraucht wird (Frageformulierung bei Kindern).

Wenn mindestens eine dieser Bedingungen nicht zutrifft, liegt Tabakrauchexposition vor. Die Probanden dieser Gruppe werden unterteilt in Personen mit *schwacher* und mit *starker Tabakrauchexposition*. Starke Tabakrauch-Exposition liegt vor, wenn

- im meist genutzten Zimmer der Wohnung täglich mindestens 10 Zigaretten geraucht werden oder
- der Proband sich häufiger in Räumen aufhält, in denen stark geraucht wird (Frageformulierung bei Erwachsenen), bzw. der Proband sich (sehr) häufig in Räumen aufhält, in denen geraucht wird (Frageformulierung bei Kindern).

verwendet für: Nikotin (Erwachsene, Kinder)

- 15) *Raucher im Haushalt (Nichtraucher)*: Anzahl der im gleichen Haushalt lebenden Raucher zum Zeitpunkt der Befragung, eingeschränkt auf Probanden, die Nichtraucher sind

Ausprägungen: keiner, mindestens ein Raucher

verwendet für: Nikotin (Erwachsene und Kinder), Cotinin (Erwachsene)

- 16) *Aufenthalt in verrauchten Räumen (Nichtraucher)*: Häufigkeit des Aufenthalts in Räumen, in denen stark geraucht wird, eingeschränkt auf Probanden, die Nichtraucher sind

Ausprägungen: seltener, häufiger

verwendet für: Nikotin (Erwachsene)

Expositionspfad Ernährung

- 17) *Häufigkeit Milchprodukte*: Verzehrshäufigkeit von Magerkäse, Quark, Joghurt, Käse mit hohem Fettgehalt, Vollmilch, fettarme Milch und Sauermilch

Bemerkung: Die Häufigkeiten wurden im Fragebogen für vier Milchproduktgruppen getrennt und jeweils sechsstufig mit Codierungen 1 - 6 erfaßt. Die vier Merkmale wurden additiv zusammengefaßt. Eine Code-Summe über 12 wird als häufiger und bis 12 als weniger häufig interpretiert.

Ausprägungen: weniger häufig, häufiger

verwendet für: Blei (Erwachsene)

- 18) *Konsumierte Alkoholmenge*: durchschnittliche täglich getrunkene Alkoholmenge in Gramm

Bemerkung: Ein Glas Wein, Sekt oder Obstwein á 0,25 l wurde mit 20 g, ein kleines Glas Rum, Weinbrand, Likör, Schnaps u.ä. á 2 cl mit 6,5 g und 1 Liter Bier mit 40 g verrechnet.

Ausprägungen: 0 g, über 0 g bis 30 g, über 30 g pro Tag

verwendet für: Blei (Erwachsene)

- 19) *Häufigkeit Bier*: Häufigkeit des Trinkens von Bier

Ausprägungen: nie, maximal 1 mal / Monat, 2-3 mal / Monat, 1 mal / Woche, öfter als 1 mal / Woche

verwendet für: Blei (Erwachsene)

Expositionspfad Wasser

- 20) *Bariumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk):* Bariumgehalt im Haushalts-Trinkwasser, bestimmt in dem Wasserwerk, an das der Haushalt angeschlossen ist. Bei Anschluß an mehrere Wasserwerke wurden die Bariumgehalte der angeschlossenen Wasserwerke gemittelt gemäß ihren Anteilen am Haushaltswasser. Anschließend wurden die anteilig gemittelten Werte in drei Klassen unterteilt.
- Bemerkung: Die Klassengrenzen wurden als GW/10 und GW/20 gewählt, wobei GW = 1 mg/l der Trinkwasser-Grenzwert nach Bundesgesetzblatt 1990, Teil I, ist.
- Ausprägungen: bis 50, über 50 bis 100, über 100 µg/l
- verwendet für: Barium (Erwachsene, Kinder)
- 21) *Bleigehalt im Trinkwasser:* Bleigehalt im Haushalts-Trinkwasser, bestimmt als Mittelwert zweier Messungen in der Wohnung, einer zum Zeitpunkt des Interviews (Spontanprobe) und einer am Morgen (Stagnationsprobe), anschließend unterteilt in drei Klassen
- Bemerkung: Die Klassengrenzen wurden als GW/10 und GW/100 gewählt, wobei GW = 40 µg/l der Trinkwasser-Grenzwert nach Bundesgesetzblatt 1990, Teil I, ist..
- Ausprägungen: bis 0,4, über 0,4 bis 4, über 4 µg/l
- verwendet für: Blei (Erwachsene, Kinder)
- 22) *Cadmiumgehalt im Trinkwasser:* Cadmiumgehalt im Haushalts-Trinkwasser, bestimmt als Mittelwert zweier Messungen in der Wohnung, einer zum Zeitpunkt des Interviews (Spontanprobe) und einer am Morgen (Stagnationsprobe), anschließend unterteilt in drei Klassen
- Bemerkung: Die Klassengrenzen wurden als GW/10 und GW/100 gewählt, wobei GW = 5 µg/l der Trinkwasser-Grenzwert nach Bundesgesetzblatt 1990, Teil I, ist.
- Ausprägungen: bis 0,05, über 0,05 bis 0,5, über 0,5 µg/l
- verwendet für: Cadmium (Erwachsene, Kinder)
- 23) *Calciumgehalt im Trinkwasser:* Calciumgehalt im Haushalts-Trinkwasser, bestimmt als Mittelwert zweier Messungen in der Wohnung, einer zum Zeitpunkt des Interviews (Spontanprobe) und einer am Morgen (Stagnationsprobe), anschließend unterteilt in drei Klassen
- Bemerkung: Die Klassengrenzen wurden so gewählt, daß die untere Klasse dem Härtebereich 1, die mittlere Klasse den Härtebereichen 2 und 3 sowie die obere Klasse dem Härtebereich 4 entsprechen.
- Ausprägungen: bis 40, über 40 bis 110, über 110 µg/l
- verwendet für: Calcium (Erwachsene, Kinder)

- 24) *Kupfergehalt im Trinkwasser*: Kupfergehalt im Haushalts-Trinkwasser, bestimmt als Mittelwert zweier Messungen in der Wohnung, einer zum Zeitpunkt des Interviews (Spontanprobe) und einer am Morgen (Stagnationsprobe), anschließend unterteilt in drei Klassen
- Bemerkung: Die Klassengrenzen wurden als RW/10 und RW/100 gewählt, wobei RW = 3 mg/l der Trinkwasser-Richtwert nach Bundesgesetzblatt 1990, Teil I, ist.
- Ausprägungen: bis 30, über 30 bis 300, über 300 µg/l
- verwendet für: Kupfer (Erwachsene, Kinder)
- 25) *Magnesiumgehalt im Trinkwasser*: Magnesiumgehalt im Haushalts-Trinkwasser, bestimmt als Mittelwert zweier Messungen in der Wohnung, einer zum Zeitpunkt des Interviews (Spontanprobe) und einer am Morgen (Stagnationsprobe), anschließend unterteilt in drei Klassen
- Bemerkung: Die Klassengrenzen wurden so gewählt, daß die untere Klasse dem Härtebereich 1, die mittlere Klasse den Härtebereichen 2 und 3 sowie die obere Klasse dem Härtebereich 4 entsprechen.
- Ausprägungen: bis 6, über 6 bis 20, über 20 µg/l
- verwendet für: Magnesium (Erwachsene, Kinder)
- 26) *Strontiumgehalt im Trinkwasser (Wasserwerk)*: Strontiumgehalt im Haushalts-Trinkwasser, bestimmt in dem Wasserwerk, an das der Haushalt angeschlossen ist. Bei Anschluß an mehrere Wasserwerke wurden die Strontiumgehalte der angeschlossenen Wasserwerke gemittelt gemäß ihren Anteilen am Haushaltswasser. Anschließend wurden die anteilig gemittelten Werte in drei Klassen unterteilt.
- Bemerkung: Da kein Trinkwasser-Grenzwert für Strontium existiert, wurden die Klassen so gewählt, daß 10-20 % der Werte zur obersten Klasse gehören und die zweite Klassengrenze doppelt so hoch wie die erste ist.
- Ausprägungen: bis 250, über 250 bis 500, über 500 µg/l
- verwendet für: Strontium (Erwachsene, Kinder)
- 27) *Zinkgehalt im Trinkwasser*: Zinkgehalt im Haushalts-Trinkwasser, bestimmt als Mittelwert zweier Messungen in der Wohnung, einer zum Zeitpunkt des Interviews (Spontanprobe) und einer am Morgen (Stagnationsprobe), anschließend unterteilt in drei Klassen
- Bemerkung: Die Klassengrenzen wurden als RW/5 und RW/50 gewählt, wobei RW = 5 mg/l der Trinkwasser-Richtwert nach Bundesgesetzblatt 1990, Teil I, ist.
- Ausprägungen: bis 100, über 100 bis 1000, über 1000 µg/l
- verwendet für: Zink (Erwachsene, Kinder)
- 28) *Blei-Wasserleitungen*: ausschließliche oder teilweise Verwendung von Blei als Material für die im Wohnhaus installierten Wasserrohre
- Bemerkung: Es handelte sich hier um eine subjektive Angabe des Probanden, die nicht nachgeprüft wurde.
- Ausprägungen: nein, ja
- verwendet für: Blei (Erwachsene)

- 29) *Kupfer-Wasserleitungen*: ausschließliche oder teilweise Verwendung von Kupfer als Material für die im Wohnhaus installierten Wasserrohre

Bemerkung: Es handelte sich hier um eine subjektive Angabe des Probanden, die nicht nachgeprüft wurde.

Ausprägungen: nein, ja

verwendet für: Kupfer (Erwachsene, Kinder)

- 30) *Schwimmbadbenutzung*: Häufigkeit der Benutzung eines Schwimmbads bzw. eines Swimmingpools

Ausprägungen: weniger als 1 mal / Woche, mindestens 1 mal / Woche

verwendet für: Kupfer (Kinder)

Expositionspfad Staub

- 31) *Aluminium-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher)*: Aluminium-Niederschlag aus einem Staubsammelbecher, einem normierten Becher, der in dem Raum der Wohnung, in dem sich der Proband gewöhnlich am längsten aufhält, aufgestellt wurde und dort ein Jahr lang stand

Bemerkung: Die Klassen wurden so gewählt, daß etwa 10 % der Werte zur obersten Klasse gehören und die zweite Klassengrenze doppelt so hoch wie die erste ist.

Ausprägungen: bis 20, über 20 bis 40, über 40 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$

verwendet für: Aluminium (Erwachsene)

- 32) *Barium-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher)*: Barium-Niederschlag aus einem Staubsammelbecher, einem normierten Becher, der in dem Raum der Wohnung, in dem sich der Proband gewöhnlich am längsten aufhält, aufgestellt wurde und dort ein Jahr lang stand

Bemerkung: Die Klassen wurden so gewählt, daß etwa 10 % der Werte zur obersten Klasse gehören und die zweite Klassengrenze doppelt so hoch wie die erste ist.

Ausprägungen: bis 1, über 1 bis 2, über 2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$

verwendet für: Barium (Kinder)

- 33) *Blei-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher)*: Blei-Niederschlag aus einem Staubsammelbecher, einem normierten Becher, der in dem Raum der Wohnung, in dem sich der Proband gewöhnlich am längsten aufhält, aufgestellt wurde und dort ein Jahr lang stand

Bemerkung: Die Klassen wurden so gewählt, daß etwa 10 % der Werte zur obersten Klasse gehören und die zweite Klassengrenze doppelt so hoch wie die erste ist.

Ausprägungen: bis 0,5, über 0,5 bis 1, über 1 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$

verwendet für: Blei (Erwachsene, Kinder)

- 34) *Cadmium-Niederschlag (Innenraum, Staubsammelbecher)*: Cadmium-Niederschlag aus einem Staubsammelbecher, einem normierten Becher, der in dem Raum der Wohnung, in dem sich der Proband gewöhnlich am längsten aufhält, aufgestellt wurde und dort ein Jahr lang stand.

Bemerkung: Die Klassen wurden so gewählt, daß etwa 10 % der Werte zur obersten Klasse gehören und die zweite Klassengrenze doppelt so hoch wie die erste ist.
Ausprägungen: bis 0,015, über 0,015 bis 0,03, über 0,03 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$
verwendet für: Cadmium (Erwachsene)

35) *Aluminium-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät):* Jahresmittelwert des Aluminium-Niederschlages, der aus den monatlichen Messungen des im Point (Wohnort) aufgestellten Bergerhoff-Gerätes berechnet wurde, unterschieden nach drei Klassen.

Bemerkung: Da kein TA-Luft-Langzeit-Grenzwert für Aluminium existiert, wurden die Klassen so gewählt, daß 10-20 % der Werte zur obersten Klasse gehören und die zweite Klassengrenze doppelt so hoch wie die erste ist.

Ausprägungen: bis 0,5, über 0,5 bis 1, über 1 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$
verwendet für: Aluminium (Erwachsene)

36) *Barium-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät):* Jahresmittelwert des Barium-Niederschlages, der aus den monatlichen Messungen des im Point (Wohnort) aufgestellten Bergerhoff-Gerätes berechnet wurde, unterschieden nach drei Klassen

Bemerkung: Da kein TA-Luft-Langzeit-Grenzwert für Barium existiert, wurden die Klassen so gewählt, daß 10-20 % der Werte zur obersten Klasse gehören und die zweite Klassengrenze doppelt so hoch wie die erste ist.

Ausprägungen: bis 17,5, über 17,5 bis 35, über 35 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$
verwendet für: Barium (Erwachsene, Kinder)

37) *Blei-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät):* Jahresmittelwert des Blei-Niederschlages, der aus den monatlichen Messungen des im Point (Wohnort) aufgestellten Bergerhoff-Gerätes berechnet wurde, unterschieden nach drei Klassen

Bemerkung: Die Klassengrenzen wurden als $\text{IW}/10$ und $\text{IW}/20$ gewählt, wobei $\text{IW} = 250 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$ der TA-Luft-Langzeit-Grenzwert ist. Zur oberen Klasse gehören etwa 10 % der Probanden.

Ausprägungen: bis 12,5, über 12,5 bis 25, über 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$
verwendet für: Blei (Kinder)

38) *Kupfer-Niederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät):* Jahresmittelwert des Kupfer-Niederschlages, der aus den monatlichen Messungen des im Point (Wohnort) aufgestellten Bergerhoff-Gerätes berechnet wurde, unterschieden nach drei Klassen

Bemerkung: Da kein TA-Luft-Langzeit-Grenzwert für Kupfer existiert, wurden die Klassen so gewählt, daß 10-20 % der Werte zur obersten Klasse gehören und die zweite Klassengrenze doppelt so hoch wie die erste ist.

Ausprägungen: bis 10, über 10 bis 20, über 20 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$
verwendet für: Kupfer (Erwachsene)

39) *Staubbelastung am Arbeitsplatz*: Häufigkeit der Staubbelastung am Arbeitsplatz

Bemerkung: Im Umwelt-Fragebogen wurde hinsichtlich des Arbeitsplatzes die Häufigkeit von Staub in der Luft, von Staub auf Arbeitsmitteln und Produkten, von Staub am Boden sowie von Schmutz an der Arbeitskleidung erfragt. In den Tabellen wurde die Frage zur Arbeitskleidung verwendet, da sie durchgängig die beste Differenzierung brachte.

Ausprägungen: nie oder selten, häufig oder immer

verwendet für: Aluminium, Blei, Cadmium, Chrom (Erwachsene)

Wohnort und Wohnung

40) *Alte/neue Bundesländer*: Wohnortlage bezogen auf Bundesländer

Ausprägungen: alte Bundesländer, neue Bundesländer

verwendet für: alle Elemente/Verbindungen (Erwachsene, Kinder)

41) *Wohngebiet*: Art des Wohngebiets nach Einschätzung des Interviewers

Ausprägungen: Land/ländlich, vorstädtisch, städtisch

verwendet für: Kupfer (Erwachsene)

42) *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 für: Kupfer, Strontium (Erwachsene)

43) *Baujahr des Wohnhauses*: Baujahr des Hauses, in dem der Proband wohnt

Ausprägungen: bis 1949, 1950-1980, ab 1981

verwendet für: Blei (Erwachsene, Kinder)

44) *Ofenheizung mit Holz/Kohle*: Verwendung von Holz/Kohle als Brennstoff für eine in der Wohnung genutzte Ofenheizung

Ausprägungen: nein, ja

Bemerkung: Auf die Frage nach dem in der Wohnung verfügbaren Heizungssystem waren ebenso Mehrfachantworten möglich wie auf die gleichfalls gestellte Frage nach dem verwendeten Brennstoff zum Heizen. Obiges Merkmal erhielt die Ausprägung "ja", wenn unter den Antworten zur ersten Frage eine Ofenheizung und unter den Antworten zur zweiten Frage Holz/Kohle dabei waren.

verwendet für: Blei, Cadmium (Erwachsene)

Sonstige Variablen

45) *Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume*: durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit außerhalb von geschlossenen Räumen

Ausprägungen: bis 4, über 4 bis 7, über 7 Stunden

verwendet für: Aluminium, Blei, Cadmium (Erwachsene)

- 46) *Täglicher Aufenthalt in motorisierten Fahrzeugen:* durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Pkw, Lkw, Taxen, Bussen (oder Straßenbahnen) oder auf einem Mofa, Moped oder Motorrad nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: bis 30 min, 31 bis 119 min, ab 120 min
verwendet für: Blei (Erwachsene)
- 47) *Sportliche Betätigung:* durchschnittlicher wöchentlicher Zeitaufwand für Sport
Ausprägungen: bis 2 Stunden, über 2 Stunden pro Woche
verwendet für: Kupfer (Erwachsene)
- 48) *Körperliche Betätigung im Freien:* Häufigkeit solcher Tätigkeiten wie Fahrrad, Roller, Skateboard fahren, Rollschuhlaufen, Ball spielen, toben, rennen und klettern
Ausprägungen: seltener, häufiger
verwendet für: Aluminium, Blei, Cadmium, Calcium, Chrom (Kinder)
- 49) *Buddeln, Graben, Höhlenbauen:* Häufigkeit der angegebenen Beschäftigungen von Kindern im Freien
Ausprägungen: nie, selten oder gelegentlich, häufig oder sehr häufig
verwendet für: Aluminium, Blei, Calcium, Chrom, Magnesium, Strontium, Zink (Kinder)
- 50) *Jahreszeit:* Jahreszeitliche Einordnung des Untersuchungszeitraumes des Probanden
Ausprägungen: kalte Jahreszeit (Oktober bis April), warme Jahreszeit (Mai bis September)
verwendet für: Barium, Blei, Cadmium, Chrom, Magnesium, Phosphor, Strontium (Erwachsene)
Barium, Blei, Cadmium, Magnesium, Strontium, Nikotin (Kinder)
- 51) *Bleigehalt im Blut:* Bleigehalt im Blut des Probanden, nach Messung aus dem Umwelt-Survey
Ausprägungen: bis 70, über 70 bis 100, über 100 µg/l (Erwachsene)
bis 35, über 35 bis 50, über 50 µg/l (Kinder)
verwendet für: Blei (Erwachsene, Kinder)

**Tab. 9.3: Prozentuale Angaben zu den Haarmerkmalen
(Erwachsene, unterteilt nach Geschlecht und Alter)**

	Männer						Frauen					
	25-29 Jahre	30-39 Jahre	40-49 Jahre	50-59 Jahre	60-69 Jahre	25-69 Jahre	25-29 Jahre	30-39 Jahre	40-49 Jahre	50-59 Jahre	60-69 Jahre	25-69 Jahre
Probandenzahl	252	515	459	469	286	1981	281	539	422	460	338	2040
Färbung/Tönung												
nein	96,4	95,0	96,5	95,3	95,1	95,6	67,3	52,1	49,3	50,9	63,6	55,2
ja	1,2	1,4	0	0,6	0,7	0,8	30,2	44,5	47,9	46,5	33,7	41,9
keine Angabe	2,4	3,7	3,5	4,1	4,2	3,6	2,5	3,4	2,8	2,6	2,7	2,9
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)												
teilweise/überwiegend grau	0,4	5,2	27,2	53,3	75,9	31,3	0,4	0,4	8,8	25,7	48,2	15,7
blond	38,5	27,8	19,8	14,1	4,9	20,7	32,7	24,3	16,8	8,3	5,0	17,1
braun	47,2	50,5	40,5	22,2	12,2	35,5	29,9	23,6	20,6	13,9	9,2	19,3
schwarz	6,8	10,9	8,7	5,5	1,4	7,2	2,8	2,8	2,6	2,0	0,6	2,2
rot	3,2	0,6	0,2	0	0,3	0,7	0,4	0,7	0,2	0,4	0,3	0,4
keine Angabe	3,9	5,0	3,6	4,9	5,3	4,6	33,8	48,3	51,0	49,8	36,7	45,3
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)												
vor 0 bis 1 Tag	70,6	60,2	54,5	43,7	24,5	51,1	49,1	47,1	39,8	24,6	14,2	35,3
vor 2 bis 3 Tagen	20,2	26,4	29,6	29,0	31,5	27,7	36,7	30,2	31,0	31,1	26,6	30,9
vor 4 und mehr Tagen	7,1	10,1	13,3	24,5	39,9	18,2	12,5	20,4	26,8	42,4	56,5	31,6
keine Angabe	2,1	3,3	2,6	2,8	4,1	3,0	1,7	2,3	2,4	1,9	2,7	2,2
Haarstruktur												
von Natur aus glatt	63,5	66,2	65,1	69,1	75,5	67,6	38,1	39,1	36,3	25,2	15,4	31,3
von Natur aus gewellt	25,0	25,0	24,8	24,3	19,2	24,0	10,7	11,1	14,2	12,4	12,7	12,3
von Natur aus kraus	7,1	3,5	5,9	3,2	1,0	4,1	2,8	1,9	2,1	2,8	1,2	2,2
Dauerwelle	2,0	1,9	1,1	0,6	0	1,2	46,6	45,5	45,0	57,6	68,6	52,1
keine Angabe	2,4	3,4	3,1	2,8	4,3	3,1	1,8	2,4	2,4	2,0	2,1	2,1
vermehrter Haarausfall												
nie	90,1	92,2	92,4	93,4	93,4	92,4	85,8	84,0	81,8	90,4	92,3	86,6
selten	5,5	4,7	3,7	4,5	4,2	4,4	7,8	6,5	9,7	5,7	4,7	6,9
häufig / sehr häufig	4,4	2,7	3,5	2,1	2,1	2,9	6,4	9,5	8,5	3,7	2,7	6,4
keine Angabe	0	0,4	0,4	0	0,3	0,3	0	0	0	0,2	0,3	0,1
Benutzung von Antischuppen-Haarwaschmittel												
nein	79,8	75,9	75,6	83,4	78,3	78,4	86,8	83,1	85,3	84,8	87,3	85,1
ja	16,3	18,1	20,7	12,6	16,1	16,9	10,7	13,0	10,7	10,7	6,8	10,6
keine Angabe	4,1	6,0	3,7	4,0	5,6	4,7	2,5	3,9	4,0	4,5	5,9	4,3
Haarwuchs am Entnahmeort												
dicht	90,5	81,7	67,1	51,8	39,2	66,2	95,4	94,8	89,1	83,7	77,2	88,3
schütter	7,1	14,0	30,1	44,3	55,9	30,1	2,1	3,0	7,6	12,6	20,7	8,9
keine Angabe	2,4	4,3	2,8	3,8	4,9	3,7	2,5	2,2	3,3	3,7	2,1	2,8

Anmerkungen: Prozentangaben beziehen sich auf die jeweilige Altersklasse und das jeweilige Geschlecht;
Spaltenweise Addition der Prozente ergibt bei jedem Haarmerkmal 100 % ;
Datenbasis sind alle Probanden, die die Fragebögen zum Gesundheits- und zum Umwelt-Survey ausgefüllt und abgegeben haben;
Prozentangaben basieren auf ungewichteten Daten

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

**Tab. 9.4: Prozentuale Angaben zu den Haarmerkmalen
(Kinder, unterteilt nach Geschlecht und Alter**

	Jungen					Mädchen				
	6-7 Jahre	8-9 Jahre	10-11 Jahre	12-14 Jahre	6-14 Jahre	6-7 Jahre	8-9 Jahre	10-11 Jahre	12-14 Jahre	6-14 Jahre
Probandenzahl	72	87	79	136	374	73	73	82	134	362
Färbung/Tönung										
nein	97,2	96,6	96,2	96,3	96,5	90,4	98,6	95,1	92,5	93,9
ja	0	1,1	0	0	0,3	0	0	0	4,5	1,7
keine Angabe	2,8	2,3	3,8	3,7	3,2	9,6	1,4	4,9	3,0	4,4
Haarfarbe (unbehandeltes Haar)										
blond	69,4	55,2	60,8	49,3	57,0	68,5	67,1	58,5	45,5	57,5
braun	25,0	35,6	34,2	44,9	36,6	20,5	27,4	31,7	42,5	32,6
schwarz	2,8	2,3	0	1,5	1,6	0	1,4	2,4	3,7	2,2
rot	0	2,3	1,3	0,7	1,1	1,4	2,7	2,4	0,7	1,7
keine Angabe	2,8	4,6	3,7	3,6	3,7	9,6	1,4	5,0	7,5	6,0
Letzte Haarwäsche (unbehandeltes Haar)										
vor 0 bis 1 Tag	16,7	17,2	32,9	31,6	25,7	23,3	26,0	24,4	44,0	31,8
vor 2 bis 3 Tagen	51,4	31,0	34,2	39,7	38,8	20,5	34,2	31,7	34,3	30,9
vor 4 und mehr Tagen	30,6	50,6	31,6	27,2	34,2	53,4	37,0	37,8	21,7	34,8
keine Angabe	1,3	1,2	1,3	1,5	1,3	2,8	2,8	6,1	0	2,5
Haarstruktur										
von Natur aus glatt	91,7	92,0	91,1	88,2	90,4	90,4	84,9	84,1	70,9	80,7
von Natur aus gewellt	5,6	6,9	6,3	9,6	7,5	5,5	12,3	12,2	21,6	14,4
von Natur aus kraus	0	0	0	0,7	0,3	0	0	0	0,7	0,3
Dauerwelle	0	0	0	0	0	0	0	1,2	4,5	1,9
keine Angabe	2,7	1,1	2,6	1,5	1,8	4,1	2,8	2,5	2,3	2,7
Benutzung von Antischuppen-Haarwaschmittel										
nein	94,4	94,3	93,7	83,8	90,4	93,2	91,8	89,0	84,3	88,7
ja	4,2	2,3	5,1	13,2	7,2	1,4	4,1	8,5	13,4	8,0
keine Angabe	1,4	3,4	1,2	3,0	2,4	5,4	4,1	2,5	2,3	3,3

Anmerkungen: Prozenze beziehen sich auf die jeweilige Altersklasse und das jeweilige Geschlecht;
Spaltenweise Addition der Prozente ergibt bei jedem Haarmerkmal 100 % ;
Datenbasis sind alle Probanden, die die Fragebögen zum Gesundheits- und zum Umwelt-Survey ausgefüllt und abgegeben haben;
Prozentangaben basieren auf ungewichteten Daten;
vier Kinder hatten selten vermehrten Haarausfall, die anderen Kinder nie;
der Haarwuchs am Entnahmeort war bei allen Kindern dicht

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

Tab. 9.5: Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen
(Erwachsene, 25 bis 69 Jahre)

	Ost/ West	Ge- schlecht	Lebens- alter	Rauch- status	Alkohol- menge	Dauer- welle	Färb./ Tönung	Haar- farbe	L. Haar- wäsche
Ost/ West		n.s.	n.s.	0,07	0,10	n.s.	n.s.	n.s.	0,24
Ge- schlecht	n.s.		n.s.	0,31	0,33	0,58	0,51	0,10	0,18
Lebens- alter	n.s.	n.s.		0,17	0,07	0,11	n.s.	0,45	0,23
Rauch- status	Ost: Raucher- anteil geringer	Frauen: Raucher- anteil geringer	Jüngere: Raucher- anteil höher		0,12	0,23	0,13	0,11	0,10
Alkohol- menge	Ost: weniger Absti- nenzler	Frauen: mehr Absti- nenzler	mittl. Alter: trinken mehr Alkohol	Raucher: trinken mehr Alkohol		0,20	0,14	n.s.	n.s.
Dauer- welle	n.s.	Frauen: häufiger Dauerwelle im Haar	Jüngere: seltener Dauerwelle im Haar	Raucher: seltener Dauerwelle im Haar	Personen mit Dauerwelle trinken weniger Alk.		0,32	n.s.	0,20
Färb./ Tönung	n.s.	Frauen: häufiger Haar ge- färbt / getönt	n.s.	Raucher: seltener Haar ge- färbt / getönt	Personen mit gefärbtem Haar trinken weniger Alk.	bei Dauer- welle: Haar häufiger ge- färbt / getönt		X	0,08
Haar- farbe	n.s.	Frauen: häufiger blondes Haar	Jüngere: seltener graues Haar	Raucher: seltener graues Haar	n.s.	n.s.	X		0,16
L. Haar- wäsche	Ost: Haarwäsche seltener	Frauen: Haarwäsche seltener	Jüngere: Haarwäsche häufiger	Raucher: Haarwäsche häufiger	n.s.	bei Dauer- welle: Haarwäsche seltener	bei gefärb- tem Haar: Haarwäsche seltener	bei grauem Haar: Haarwäsche seltener	

Anmerkungen: Bei signifikanter Abhängigkeit ($\alpha=0,001$) ist oberhalb der Diagonale das Cramérsche Assoziationsmaß angegeben und unterhalb der Diagonale der Zusammenhang verbal beschrieben.

n.s. = nicht signifikante Abhängigkeiten;

X = Merkmale schließen sich gegenseitig aus;

Erläuterungen der Gliederungsmerkmale siehe Anhang 9.2

Quelle:

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

Tab. 9.6: Zusammenhänge zwischen den Gliederungsmerkmalen (Kinder, 6 bis 14 Jahre)

	Ost/ West	Ge- schlecht	Lebens- alter	Haar- farbe	L. Haar- wäsche
Ost/ West		n.s.	n.s.	0,18	n.s.
Ge- schlecht	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.
Lebens- alter	n.s.	n.s.		0,13	0,14
Haar- farbe	Ost: seltener blondes Haar	n.s.	Jüngere: häufiger blondes Haar		n.s.
L. Haar- wäsche	n.s.	n.s.	Jüngere: Haarwäsche seltener	n.s.	

Anmerkungen: Bei signifikanter Abhängigkeit ($\alpha=0,001$) ist oberhalb der Diagonale das Cramérsche Assoziationsmaß angegeben und unterhalb der Diagonale der Zusammenhang verbal beschrieben.

n.s. = nicht signifikante Abhängigkeiten;

Erläuterungen der Gliederungsmerkmale siehe Anhang 9.2

Quelle:

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