

WaBoLu **Hefte**

Institut für
Wasser-,
Boden- und
Lufthygiene

WaBoLu

7

99

ISSN
0175-4211

Umwelt-Survey - 1990/92

Band X:

**Blei -
Zusammenhangsanalyse**

von

W. Bernigau, K. Becker,
K. Hoffmann, G. Krause, G. Friedrich,
G. Schulz, B. Seifert

Umwelt
Bundes
Amt

WaBoLu

7

99

ISSN
0175-4211

Umwelt-Survey - 1990/92

Band X:

Blei -

Zusammenhangsanalyse

von

W. Bernigau, K. Becker,

K. Hoffmann, C. Krause, C. Friedrich,

C. Schulz, B. Seifert

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 (10,26 Euro)
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 -
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiete II 1.4 (K)
Dr. Kerstin Becker

Berlin, September 2000

W. Bernigau, K. Becker, C. Friedrich, K. Hoffmann,
C. Krause, C. Schulz, B. Seifert

Umwelt-Survey 1990/92

Band X:

Blei - Zusammenhangsanalyse

im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit

Durchführung: Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes
(früher: Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes)
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: W. Bernigau *, K. Becker **, C. Friedrich **, K. Hoffmann **, C. Krause **
C. Schulz **, B. Seifert **
* Statistische Datenanalyse, Beratung und Biometrie
** Umweltbundesamt

unter weiterer Mitarbeit von: V. Aglaster, M. Doberschütz, L. Donner, M. Drews, N. Englert, C. Fleischer, M. Gabriel, I. Hahn, M. Heiss, U. Kortwich, E. Kraubmann, U. Lippold, C. Lusansky, E. Meyer, P. Nöllke, H. Pick-Fuß, B. Raffius, W. Schimmelpfennig, R. Schleyer, M. Seiwert, E. Stottmeister, E. Utesch, I. Vorwerk, L. Windmüller, C. Woodgett, Felteams der Gesundheits-Surveys, Infratest Gesundheitsforschung, Epidemiologische Forschung Berlin, Zentrum für Epidemiologie und Gesundheitsforschung, Bundesanstalt für Arbeitsmedizin und 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)
Dr. D. Eis (ehemals Hygiene-Institut der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Abt. Allgemeine Hygiene, jetzt Robert Koch-Institut, Berlin)
Prof. Dr. U. Ewers (Hygieneinstitut des Ruhrgebiets Gelsenkirchen, Abt. Umweltmedizin und Umwelttoxikologie)
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

Die Auswertungen des im Rahmen der Umwelt-Surveys erhobenen sehr umfangreichen Datenmaterials werden aus systematischen und praktischen Gründen in mehreren Bänden dieser Veröffentlichungsreihe dargestellt. In den Bänden I - III, V und VI werden deskriptive Ergebnisse der verschiedenen Erhebungsinstrumente der Umwelt-Surveys dargestellt. In den weiteren Bänden werden komplexe hypothesengeleitete Zusammenhangsanalysen zwischen den diversen Meßwerten und den Fragebogenangaben vorgestellt.

- 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 -
Fragebogenerhebung zur Exposition der Bevölkerung im häuslichen Bereich und zu ausgewählten Problemen des Umweltschutzes in den alten Bundesländern
- Band IIb: Umwelt-Survey 1990/92
Fragebogenerhebung zur Exposition der Bevölkerung im häuslichen Bereich und zu ausgewählten Problemen des Umweltschutzes in der Bundesrepublik Deutschland
- Band IIc: Umwelt-Survey 1991/92
Bewertung der Exposition am Arbeitsplatz in den neuen Bundesländern
- Band III: Umwelt-Survey 1990/91
Zufuhr von Spurenelementen und Schadstoffen mit der Nahrung (Duplikate und Diet History) in den alten Bundesländern
- Band IV: Umwelt-Survey 1990/91
Personengebundene Exposition gegenüber flüchtigen organischen Verbindungen in den alten Bundesländern

- Band V: Umwelt-Survey 1990/92
Trinkwasser, Deskription der Spurenelementgehalte im Haushalts- und Wasserwerks-
Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland
- Band VI: Umwelt-Survey 1990/92
Hausstaub, Deskription der Spurenelementgehalte im Staub (Staubniederschlag,
Konzentrationen im Hausstaub) der Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland
- Band VII: Umwelt-Survey 1990/92
Quecksilber - Zusammenhangsanalyse
- Band VIII: Umwelt-Survey 1990/92
Arsen - Zusammenhangsanalyse
- Band IX: Umwelt-Survey 1990/92
Cadmium - Zusammenhangsanalyse

Band X: Umwelt-Survey 1990/92 Blei - Zusammenhangsanalyse
--

Der vorliegende Band X basiert auf den Daten des Umwelt-Surveys, der 1990/91 in den alten Bundesländern und 1991/92 in den neuen Bundesländern durchgeführt wurde. Er beinhaltet die multivariate Auswertung zur korporalen Bleibelastung (Blut, Urin und Haar) der Bevölkerung und zur Bleibelastung im häuslichen Bereich (Hausstaub).

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	1
Summary	7
1 Einleitung	11
2 Vorkommen, Verwendung und Wirkungen von Blei	13
3 Auswahl der potentiellen Prädiktoren	15
3.1 Blei im Blut	15
3.2 Blei im Kopfhair	21
3.3 Blei im Hausstaub	22
4 Studienbeschreibung	24
4.1 Stichproben	24
4.2 Erhebungsinstrumentarium	25
4.3 Analytik und Qualitätskontrolle	26
5 Statistische Methoden	28
5.1 Überblick über die Vorgehensweise	28
5.2 Die Prädiktorvariablen	28
5.3 Die Kriteriumsvariablen	29
5.4 Das Regressionsmodell	30
5.5 Die Modellbildung	31
5.6 Kennwerte für die Güte eines Regressionsmodells	31
5.7 Kennwerte der Prädiktoren	32
5.8 Stichprobe und Regressionsanalyse	34
6 Blei im Blut	35
6.1 Regressionsanalysen, Erwachsene	36
6.1.1 Varianzkomponenten der Regressionsmodelle	38
6.1.2 Modellgleichungen	40
6.1.4 Prädiktoren mit kleinen Effekten	51
6.2 Regressionsanalysen, Kinder	53
6.2.1 Varianzkomponenten des Regressionsmodells	54
6.2.2 Modellgleichung	57
6.2.3 Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle	58
6.2.4 Zusätzliche Prädiktoren	65
6.3 Vergleich der Regressionsmodelle der Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91	66

7	Blei im Kopfhaar	70
7.1	Regressionsanalysen, Erwachsene	70
7.1.1	Varianzkomponenten der Regressionsmodelle	72
7.1.2	Modellgleichungen	74
7.1.3	Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle	76
7.1.4	Zusätzliche Prädiktoren	82
7.2	Regressionsanalysen, Kinder	85
7.2.1	Varianzkomponenten der Regressionsmodelle	86
7.2.2	Modellgleichungen	88
7.2.3	Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle	89
7.2.4	Zusätzliche Prädiktoren	94
7.3	Vergleich der Regressionsmodelle der Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91	96
8	Bleigehalt im Hausstaub (Staubsauberbeutelprobe)	99
8.1	Regressionsanalysen	99
8.1.1	Varianzkomponenten der Regressionsmodelle	100
8.1.2	Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle	102
8.1.3	Prädiktoren mit kleinen Effekten	105
8.2	Vergleich der Regressionsmodelle der Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91	106
9	Bleiniederschlag in Wohnräumen (Staubsammelbecher)	107
9.1	Regressionsanalysen, Erwachsene	107
9.1.1	Varianzkomponenten des Regressionsmodells	108
9.1.2	Modellgleichung	110
9.1.3	Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle	112
9.1.4	Prädiktoren mit kleinen Effekten	119
9.2	Regressionsanalysen, Kinder	121
9.2.1	Varianzkomponenten der Regressionsmodelle	122
9.2.2	Modellgleichungen	124
9.2.3	Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle	126
9.2.4	Zusätzliche Prädiktoren	130
9.3	Vergleich der Regressionsmodelle der Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91	131
10	Schlußbemerkungen	134
11	Literatur	136
12	Verzeichnisse	145
12.1	Verzeichnis der Abkürzungen	145
12.2	Tabellenverzeichnis	147
12.3	Abbildungsverzeichnis	151

13	Anhang	154
13.1	Deskription von Blei im Blut, im Kopfhaar, Bleiniederschlag in Wohnräumen und Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels gegliedert nach Prädiktoren der Regressionsmodelle - gewichtete Daten	154
13.2	Regressionsanalysen für den Bleigehalt im Blut der Erwachsenen - zusätzliche statistische Kennwerte	162
13.3	Regressionsanalysen für den Bleigehalt im Blut der Kinder - zusätzliche statistische Kennwerte	170
13.4	Regressionsanalysen für den Bleigehalt im Kopfhaar der Erwachsenen - zusätzliche statistische Kennwerte	172
13.5	Regressionsanalysen für den Bleigehalt im Kopfhaar der Kinder - zusätzliche statistische Kennwerte	176
13.6	Regressionsanalysen für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels - zusätzliche statistische Kennwerte	180
13.7	Regressionsanalysen für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen - zusätzliche statistische Kennwerte	181
13.8	Regressionsanalysen für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder - zusätzliche statistische Kennwerte	185
13.9	Erläuterungen zu den in den Regressionsanalysen benutzten Variablen	191

Zusammenfassung

Im Rahmen der Umwelt-Surveys in der Bundesrepublik Deutschland 1990/91 (alte Bundesländer) und 1991/92 (neue Bundesländer) wurde eine repräsentative Stichprobe von Erwachsenen (25 bis 69 Jahre) aus der deutschen Wohnbevölkerung sowie eine Stichprobe von Kindern (6 bis 14 Jahre), die in den Haushalten der Erwachsenen lebten, hinsichtlich der Bleigehalte im Blut, im Kopfhair und im Hausstaub sowie in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) am Wohnort des Probanden untersucht. Dazu wurden von den Probanden eine Vielzahl von Informationen zu Soziodemographie, Lebensstil und Umgebungsbedingungen unterschiedlichster Art mit Fragebögen abgefragt.

Im vorliegenden Berichtsband werden die Ergebnisse multipler Regressionsanalysen für die Kriterien: Bleigehalte im Blut, im Kopfhair und im Hausstaub (Bleiniederschlag und Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels) dargestellt. Dabei sind die Daten von ca. 3750 Erwachsenen und 700 Kindern berücksichtigt. Die Regressionsanalysen wurden mit den logarithmierten Bleigehalten durchgeführt. Die generierten additiven Regressionsmodelle für die logarithmierten Bleigehalte werden nach Rücktransformation zu multiplikativen Modellen für die untransformierten Bleigehalte. Es werden für die alten und die neuen Bundesländer getrennte Regressionsmodelle angegeben, da die Prädiktoren zum Teil unterschiedlich sind.

Mit der multivariaten Analyse konnten erstmals Modelle für die deutsche Allgemeinbevölkerung einschließlich der neuen Bundesländer entwickelt werden. Weiterhin war ein Vergleich mit den Modellen des Umwelt-Survey 1985/86 möglich. Zahlreiche damals ermittelte Zusammenhänge zwischen Exposition und korporaler (Blut, Kopfhair) bzw. häuslicher (Hausstaub) Bleibelastung konnten bestätigt werden. Aus umwelthygienischer Sicht ergibt sich, daß die Bleibelastung der Bevölkerung unter anderem durch Verringerung der Bleimissionen und -immissionen reduziert werden konnte. Der Ersatz vorhandener häuslicher Trinkwasserleitungen aus Blei hat sich als günstig erwiesen und sollte fortgesetzt werden. Während diese Maßnahmen teilweise nur mit Hilfe von administrativen Regelungen möglich sind, kann die Änderung individueller Verhaltensweisen wie die Verringerung des Bier-, Wein- und Zigarettenkonsums zur Verringerung der Bleibelastung beitragen.

Durch das Regressionsmodell für den Bleigehalt im **Blut** konnten bei den Erwachsenen mit 9 Prädiktoren 33 % der Varianz (Streuung) der Bleigehalte erklärt werden. Bei den für die alten und neuen Bundesländer getrennt berechneten Modellen ergab sich für die alten Länder mit 8 Prädiktoren eine Varianzaufklärung von 27,0 % und für die neuen Ländern mit 10 Prädiktoren eine Varianzaufklärung von 43,7 %. Bei den Kindern konnten mit 6 Prädiktoren jedoch lediglich 14,6 % der Varianz (alte Bundesländer: 7,7 %; neue Bundesländer: 28,5 %) erklärt werden.

Durch die Prädiktoren Geschlecht und Zellpackungsvolumen können bei den Erwachsenen 11,5 % der Varianz der Bleigehalte im Blut erklärt werden. Im Modell für die Kinder der neuen Bundesländer werden durch das Geschlecht 7,7 % der Varianz erklärt. Für Männer (Jungen) werden gegenüber Frauen (Mädchen) höhere Bleigehalte im Blut ermittelt. Ein höheres Zellpackungsvolumen ist mit höheren Bleigehalten im Blut assoziiert.

Bedeutende Prädiktoren sind bei den Erwachsenen die Angaben zum Alkoholkonsum. Durch die Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein bzw. von Bier werden 9,3 % der Varianz der Bleigehalte im Blut erklärt. Für häufigeren Konsum von Wein, Sekt, Obstwein bzw. Bier werden mit dem Modell höhere Bleigehalte im Blut vorhergesagt. Der Prädiktor unterscheidet sich dabei in den alten und den neuen Ländern sowohl bzgl. des Anteils an der Erklärung der Varianz als auch hinsichtlich der Stärke des Effekts (in den alten Bundesländern stärkerer Effekt).

Durch die tägliche Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser wird im Regressionsmodell für die neuen Ländern 13,3 % der Varianz der Blut-Bleigehalte der Erwachsenen erklärt. In den alten Ländern ist ein solcher Prädiktor nicht signifikant. Bei den Kindern wurde der Bleigehalt im Trinkwasser (Stagnationsprobe) als Prädiktor im Regressionsmodell verwendet, da die tägliche Bleizufuhr mit dem Trinkwasser nicht erfaßt wurde. Durch ihn können für die Kinder in den neuen Bundesländern 5,3 % der Varianz der Bleigehalte im Blut aufgeklärt werden. Für die Kinder in den alten Bundesländern ist der Bleigehalt im Trinkwasser kein signifikanter Prädiktor.

Durch das Lebensalter erklären sich bei den Erwachsenen 1,9 % und bei den Kindern der neuen Bundesländer 5,6 % der Varianz der Bleigehalte im Blut. Für Kinder der alten Bundesländer ist das Lebensalter keine Einflußgröße. Bei den Erwachsenen geht ein höheres Lebensalter und bei den Kindern der neuen Bundesländer ein niedrigeres Lebensalter mit höheren Bleigehalten im Blut einher.

Das Alter des Wohnhauses ist ebenfalls ein Prädiktor, der nur in den neuen Bundesländern signifikant ist. Durch ihn können in der Stichprobe der Erwachsenen 1,7 % und in der der Kinder 4,8 % der Varianz erklärt werden. Bei Bewohnern älterer Häuser sind höhere Bleigehalte im Blut zu erwarten.

Weitere Prädiktoren in den Modellen für den Bleigehalt im Blut sind die täglich gerauchte Zigarettenzahl (Erwachsene, Varianzanteil 2,3 %), der Bleiniederschlag in der Außenluft (Erwachsene, Varianzanteil 1,2 %; Kinder der neuen Bundesländer, Varianzanteil 2,4 %), das Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz (Erwachsene, Varianzanteil 0,9 %) und die Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr (Kinder, Varianzanteil 2,8 %). Mit einer größeren Anzahl gerauchter Zigaretten, einem höheren Bleiniederschlag in der Außenluft, dem Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz und einer längeren Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr sind im Mittel höhere Bleigehalte im Blut verbunden.

Bei den Regressionsanalysen zum Bleigehalt im **Kopfhaar** konnten bei den Erwachsenen mit 7 Prädiktoren 22,7 % und bei den Kindern 24,9 % der Varianz der Bleigehalte erklärt werden.

Das Geschlecht erklärt bei den Erwachsenen 4,5 % und bei den Kindern 9,4 % der Varianz der Bleigehalte im Kopfhaar. Für Männer (Jungen) sind gegenüber Frauen (Mädchen) höhere Bleigehalte im Kopfhaar zu erwarten.

Durch den Bleigehalt des häuslichen Trinkwassers (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe) werden bei den Erwachsenen 6,0 % und bei den Kindern der alten Bundesländer 1,0 % (in den neuen Bundesländern nicht signifikant) der Varianz erklärt. Bei höheren Bleigehalten im Trinkwasser werden höhere Bleigehalte im Kopfhaar vorhergesagt.

Das Alter des Wohnhauses ist im Modell für die Kinder der alten Bundesländer nicht signifikant und erklärt im Modell für die Erwachsenen der alten Bundesländer nur einen geringen Teil der Varianz der Bleigehalte im Kopfhaar. Für die Erwachsenen der neuen Bundesländer werden durch das Alter des Wohnhauses 4,8 % und für die Kinder der neuen Bundesländer 8,1 % der Varianz der Bleigehalte im Kopfhaar mit den Modellen aufgeklärt. Für Bewohner älterer Wohnhäuser sind höhere Bleigehalte im Kopfhaar zu erwarten.

Weitere Prädiktoren in den Modellen für den Bleigehalt im Kopfhaar sind die täglich gerauchte Zigarettenzahl (Erwachsene, Varianzanteil 1,5 %), die Fülle des Haares (Erwachsene, Varianzanteil 2 %), die Aufenthaltsdauer außerhalb geschlossener Räume (Erwachsene, Varianzanteil 4,8 %), die mittlere Tageshöchsttemperatur während des Zeitraumes der Probenahme am Wohnort des Probanden (Erwachsene in den alten Bundesländern, Varianzanteil 6,8 %; im Modell der neuen Bundesländer nicht signifikant), das Lebensalter (Kinder, Varianzanteil 4,4 %; bei den Erwachsenen nicht signifikant), die körperliche Betätigung im Freien (Kinder, Varianzanteil 2,9 %), die Jahreszeit der Probenahme (Kinder in den alten Bundesländern, Varianzanteil 6,5 %; im Modell für Kinder der neuen Bundesländer nicht signifikant) und der Bleiniederschlag in der Außenluft (Kinder, Varianzanteil 0,8 %). Mit einer größeren Anzahl täglich gerauchter Zigaretten, schütterem Haar, einem häufigeren Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume, einer höheren mittleren Tageshöchsttemperatur während des Zeitraumes der Probenahme, einem niedrigeren Lebensalter, einer häufigeren körperlichen Betätigung im Freien, bei Probenahme während der Monate Mai bis September oder einem höheren Bleiniederschlag in der Außenluft sind im Mittel höhere Bleigehalte im Kopfhaar assoziiert.

Bei den Regressionsanalysen zum Bleigehalt im **Hausstaub (Staubsaugerbeutelprobe)** konnte nur ein geringer Teil der Varianz erklärt werden.

Im Modell für die alten Bundesländer erklärt die mittlere Tageshöchsttemperatur während des Zeitraumes der Probenahme am Wohnort des Erwachsenen 7,7 % der Varianz des Bleigehalts im Inhalt des Staubsaugerbeutels. Für höhere mittlere Tageshöchsttemperaturen während des Zeitraumes der Probenahme am Wohnort des Erwachsenen ergeben sich höhere Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels. In den neuen Bundesländern ist die mittlere Tageshöchsttemperatur nicht signifikant. Zusätzlich werden in den alten Bundesländern 0,2 % der Varianz durch den Bleiniederschlag in der Außenluft erklärt.

Im Modell für die neuen Bundesländer erklärt der Haustyp 1,8 % der Varianz der Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels. Bewohnt der Erwachsene ein Ein-, Zwei- oder Mehrfamilienhaus, so sind im Mittel höhere Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels zu erwarten als wenn der Erwachsene in einem Hochhaus oder Wohnblock wohnen würde. In den alten Bundesländern ist der Haustyp nicht signifikant. Weiter werden in den neuen Bundesländern 2,2 % der Kriteriumsvarianz durch den Bleiniederschlag in der Außenluft erklärt. Sowohl in den neuen als auch in den alten Bundesländern sind höhere Bleiniederschläge in der Außenluft mit höheren Bleigehalten im Inhalt des Staubsaugerbeutels verbunden. Dieser Effekt ist in den neuen gegenüber den alten Bundesländern stärker ausgeprägt.

Bei den Regressionsanalysen zum **Bleiniederschlag in Wohnräumen** (Staubsammelbecher) konnten bei den Erwachsenen mit 10 Prädiktoren 17,5 % und bei den Kindern mit 9 Prädiktoren 20,7 % der Varianz der Bleiniederschläge erklärt werden.

Durch das Alter des Wohnhauses können bei den Erwachsenen 5,3 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen erklärt werden. Im Modell für die Kinder der neuen Bundesländer werden durch das Alter des Wohnhauses 11,1 % der Varianz erklärt (im Modell für die alten Bundesländer nicht signifikant). In Wohnräumen älterer Wohnhäuser liegen höhere Bleiniederschläge vor. Die Heizungsart klärt bei den Erwachsenen 2,4 % der Kriteriumsvarianz auf. Für dezentral mit Kohle/Holz beheizte Wohnungen wird gegenüber Wohnungen, die zentral oder dezentral, aber nicht mit Kohle/Holz, beheizt werden, ein höherer Bleiniederschlag vorhergesagt. Durch die Beheizung der Wohnung mit einzeln zu bedienenden Öfen kann 9,8 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder der neuen Bundesländer erklärt werden. Dieser Prädiktor ist im Modell für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder der alten Bundesländer nicht signifikant. Wird in den neuen Bundesländern die Wohnung durch einzeln zu bedienende Öfen beheizt, so sind höhere Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder zu erwarten.

Durch die täglich im Probenahmeraum gerauchte Zigarettenzahl, die Personenzahl pro m² im Probenahmeraum, die Höhe des Probenahmeraumes und die tägliche Aufenthaltszeit des Probanden im Probenahmeraum werden 6,6 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen erklärt. Mit steigender Anzahl von im Probenahmeraum gerauchten Zigaretten, einer größeren Personenzahl pro m² im Probenahmeraum, einer größeren Höhe des Probenahmeraumes und einer längeren Aufenthaltszeit des

Probanden im Probenahmeraum sind höhere Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen zu erwarten.

9,0 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder der alten Bundesländer können durch die Wohndauer, die Höhe des Probenahmeraumes und die Personenzahl pro m² der Wohnung erklärt werden. Mit einer längeren Wohndauer, einer größeren Höhe des Probenahmeraumes und größeren Personenzahl pro m² der Wohnung sind höhere Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder der alten Bundesländer verbunden. Die letztgenannten drei Prädiktoren sind in den neuen Bundesländern nicht signifikant.

Durch die Entfernung bis zu einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (in alten Bundesländern nicht signifikant) sowie den Bleiniederschlag in der Außenluft sind 1,4 % der Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen und durch die Anzahl der Fahrspuren einer solchen Straße (in neuen Bundesländern nicht signifikant) sowie den Bleiniederschlag in der Außenluft sind 5,4 % der Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder erklärbar. Mit einer geringeren Entfernungen bis zur Straße, einer steigender Anzahl von Fahrspuren und höheren Bleiniederschlägen in der Außenluft sind höhere Bleiniederschläge in Wohnräumen assoziiert.

Die Anzahl der 6- bis 14jährigen Kinder im Haushalt und das Halten von Haustieren mit Fell oder Federn in der Wohnung können 1,8 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen der alten Bundesländer erklären. Mit einer zunehmenden Zahl von Kindern im Haushalt sowie bei Haltung von Haustieren mit Fell oder Federn in der Wohnung werden höhere Bleiniederschläge ermittelt. Beide Prädiktoren sind in den neuen Bundesländern nicht signifikant. Durch das Halten von Hunden in der Wohnung können 3,4 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder nur der alten Bundesländer aufgeklärt werden. Werden Hunde in der Wohnung gehalten, so sind höhere Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder zu erwarten.

Summary

In the Environmental Survey (GerES) conducted in the Federal Republic of Germany in 1990/91 (West-Germany before unification; GerES IIa) and in the former German Democratic Republic (East-Germany) in 1991/1992 (GerES IIb), a representative sample of adults (25 to 69 years of age) from the general population as well as a sample of children (6 to 14 years of age) from the adults' households were studied also with respect to lead levels in blood and scalp hair, in home dust and in dustfall outdoors (Bergerhoff sampler) in the subjects' home towns. A wide variety of sociodemographic data and information on life-style and ambient conditions were obtained from the subjects by way of questionnaires.

The present report describes the results of multiple regression analyses for the criteria: lead levels in blood, scalp hair and house dust (precipitated dust and content of vacuum cleaner bags), based on data of approx. 3750 adults and 700 children. The regression analyses were performed using the log values of the lead concentrations measured. Multiplicative models for the original lead concentrations were obtained by retransformation of the additive regression models generated for the logarithmic lead concentrations. Separate regression models were developed for East- and West-Germany, as some factors of influence (predictors) differed in the two parts of Germany.

The multivariate analysis of the data obtained in the 1990/92 Environmental Survey made it possible for the first time to develop models for the general German population, including East-Germany. It also permitted a comparison with the models of the 1985/86 Environmental Survey (GerES I). Many correlations between exposure and the lead burden in the human body (blood, scalp hair) and the domestic environment (home dust) found at that time could be confirmed. From the perspective of air hygiene, the lead body burden of the population has successfully been reduced by the reduction of lead emissions and lead exposure levels. In addition, efforts to replace existing lead pipes for domestic drinking water with pipes made of other materials proved beneficial and should be continued. While some of these measures can only be implemented through administrative regulations, changes in individual behaviour such as reducing the consumption of beer, wine and cigarettes can help reduce the lead burden (see below).

In the regression model for the lead content of **blood**, 9 predictors were found to account for 33% of the variance in the blood lead levels of adults. The separate models for East- and West-Germany include 8 predictors explaining 27% of the variance found for adults from West-Germany and 10 predictors explaining 43.7% of the variance found for adults from the East-Germany. In the model for children, 6 predictors explained only 14.6% of the variance (West-Germany: 7.7%; East-Germany: 28.5%).

The predictors "gender" and "packed cell volume" explain 11.5% of the variance in blood lead levels of adults. In the model for children from East-Germany, gender explains 7.7% of the variance. Blood lead levels were estimated to be higher for men (boys) than for women (girls). A larger packed cell volume is associated with higher lead blood levels.

For adults, the quality and quantity of alcohol consumption is an important predictor. The frequency of the consumption of wine, sparkling wine, fruit wine and/or beer explains 9.3% of the variance of blood lead levels. The model predicts blood lead levels to increase with more frequent consumption of wine, sparkling wine, fruit wine and/or beer. The predictor differs between East- and West-Germany in terms of both, its contribution to explained variance and the intensity of the effect (the effect being more pronounced in West-Germany).

In the regression model for East-Germany, daily intake of lead via domestic tap water explains 13.3% of the variance of the blood lead levels of adults. In West-Germany, it is not a significant predictor. For children, the lead content of tap water ("first draw" sample) was used as predictor in the regression model, as data on daily lead intake by children via tap water were not recorded, the former explaining 5.3% of the variance of blood lead levels of children from East-Germany. The lead content of tap water is not a significant predictor for children from West-Germany.

Age explains 1.9% of the variance of blood lead levels of adults while for children from East-Germany it explains 5.6% of the variance. Age is not a factor of influence for children from West-Germany. Blood lead levels of adults increase with age whereas for children from East-Germany, they decrease with age.

The age of the residential building is a significant predictor in East-Germany only, explaining 1.7% and 4.8%, respectively, of the variance found for the sample populations of adults and children. Residents of older buildings can be expected to have higher blood lead levels.

Further predictors in the models for blood lead levels are: number of cigarettes smoked per day (adults, 2.3% of variance), lead in dustfall outdoors (adults, 1.2% of variance; children from East-Germany, 2.4% of variance), presence of metals, metal compounds, iron or steel at the workplace (adults, 0.9% of variance) and time spent in road traffic (children, 2.8% of the variance). On average, blood lead levels can be expected to increase with the number of cigarettes smoked per day, the amount of lead precipitated with dust outdoors, the presence of metals, metal compounds, iron or steel at the workplace and the time spent in road traffic.

In the regression analyses for the lead content of **scalp hair**, 7 predictors were shown to explain 22.7% of the variance of the lead content of scalp hair of adults and 24.9% of the variance found for this criterion in children.

Gender explains 4.5% of the variance of the lead content of scalp hair of adults; for children, the figure is 9.4%. The lead content of scalp hair can be expected to be higher for men (boys) than for women (girls).

The lead content of tap water (mean from a "flush" and "first draw" sample) explains 6.0% of the variance found for adults and 1.0% of the variance found for children from West-Germany (predictor not significant in East-Germany). The lead content of scalp hair can be predicted to increase with increasing lead concentrations in tap water.

In the model for children from West-Germany, the age of the residential building is not a significant predictor. In the model for adults from West-Germany, it only accounts for a small percentage of the variance in the lead content of scalp hair. In the respective models for adults and children from East-Germany, the age of the residential building explains 4.8% and 8.1%, respectively, of the variance in the lead content of scalp hair. Scalp hair of residents of older buildings can be expected to have a higher lead content.

Further predictors in the models for the lead content of scalp hair are: number of cigarettes smoked per day (adults, 1.5% of variance), hair volume (adults, 2% of variance), time spent outdoors (adults, 4.8% of variance), average maximum daily temperature in the subject's home town during the sampling period (adults from West-Germany, 6.8% of variance; not significant in the model for East-Germany), age (children, 4.4% of variance; not relevant for adults), physical activity outdoors (children, 2.9% of variance), time of year sample was taken (children from West-Germany, 6.5% of variance; not significant in the model for children

from East-Germany) and lead in dustfall outdoors (children, 0.8% of variance). The lead content of scalp hair increases with the number of cigarettes smoked per day, hair thinness, the time spent outdoors, the average maximum daily temperature during the sampling period, young age, physical activity outdoors, the amount of lead precipitated with dust outdoors, and is also higher when the sample is taken during the months of May through September.

Explained variance proved to be very low in the regression analyses relating to the lead concentration in **home dust (sample from a vacuum cleaner bag)**.

In the model for adults from West-Germany, the average maximum daily temperature in the subject's home town during the sampling period explains 7.7% of the variance of lead concentrations in the content of vacuum cleaner bags. Lead concentrations in the content of vacuum cleaner bags increase with increasing average maximum daily temperatures in the subjects' home towns during the sampling period. In East-Germany, the average maximum daily temperature is not a significant predictor. An additional predictor for West-Germany is lead in dustfall outdoors, explaining 0.2% of the variance.

In the model for adults from East-Germany, the housing category explains 1.8% of the variance of lead concentrations in the content of vacuum cleaner bags. If the subject lives in a detached house or a house for two or several families, the lead concentration in the content of the vacuum cleaner bag can be expected to be higher than would be the case if he lived in a high-rise or a block of flats. In West-Germany, the housing category is not a significant predictor. A further predictor for East-Germany is lead in dustfall outdoors, explaining 2.2% of the variance found for the criterion in question. In both East- and West-Germany, lead concentrations in the content of vacuum cleaner bags increase with the lead levels in dustfall outdoors, the effect being more pronounced in East-Germany.

In the regression analyses relating to **lead precipitated with dust in living rooms** (collected using standard beakers), the model for adults showed 10 predictors explaining 17.5% of the variance in lead precipitation while in the model for children 9 predictors accounted for 20.7% of the variance.

In the model for adults, the age of the residential building could be shown to explain 5.3% of the variance of lead precipitation in living rooms. In the model for children from East-Germany, the age of the building explains 11.1% of the variance (not significant in the model for West-Germany). Lead precipitation in living rooms is higher in older buildings. In the model for adults, the type of heating system explains 2.4% of the criterion's variance. For homes that are heated with coal/wood using decentralised systems, lead precipitation is predicted to be higher than for homes heated with fuels other than coal/wood by central or decentralised systems. Heating with a stove is a predictor which explains 9.8% of the variance in lead precipitation in the rooms of children from East-Germany. In the model relating to lead precipitation in the rooms of children from West-Germany, it is not a significant predictor, however. Lead precipitation in the rooms of children from East-Germany can be expected to be higher when stoves are used for home heating.

In the model for adults, predictors explaining a total of 6.6% of the variance in lead precipitation in living rooms are: number of cigarettes smoked per day in the room in which sampling took place, occupancy per square metre, ceiling height and the time the subject spends in the room per day. The amount of lead precipitated with dust in the living rooms of adults can be expected to increase with the number of cigarettes smoked per day in the sampling room, occupancy per square metre, ceiling height and the time the subject spends in the room per day.

9.0% of the variance in lead precipitation in the rooms of children from West-Germany is accounted for by the length of residency, ceiling height of the room in which sampling took place and occupancy per square metre of living space. The amount of lead precipitated with dust in the rooms of children from West-Germany increases with the length of residency, the height of the room in which sampling took place and occupancy per square metre of living space. These three predictors have no significant influence in East-Germany.

The distance to a street visible from the sampling room (not significant in West-Germany) and lead in dustfall outdoors explain 1.4% of the variance of lead precipitation in the living rooms of adults, while the number of lanes of that street (of no significance in East-Germany) and the amount of lead precipitated with dust outdoors explain 5.4% of the variance of lead precipitation in the rooms of children. Lower distances to the street, a larger number of lanes and higher lead levels in dustfall outdoors are associated with higher lead precipitation in living rooms.

The number of children (6 to 14 years of age) belonging to the household and the keeping of furred or feathered animals as pets explain 1.8% of the variance in lead precipitation in the living rooms of adults from West-Germany. The amount of lead precipitated with dust in the living rooms of adults from West-Germany is predicted to increase with the number of such children as well as with the presence of furred or feathered animals. Neither of these predictors is of significance in East-Germany. Keeping of dogs in the home explains 3.4% of the variance in lead precipitation in the rooms of children from West-Germany only. The amount of lead precipitated with dust can be expected to be higher in households in which dogs are kept.

1 Einleitung

Der Umwelt-Survey dient der Ermittlung und Aktualisierung von repräsentativen Daten über ausgewählte korporale Schadstoffbelastungen (überwiegend Schwermetalle) und Schadstoffbelastungen im häuslichen Bereich der deutschen Allgemeinbevölkerung (25 bis 69 Jahre und 6 bis 14 Jahre) in der Bundesrepublik Deutschland. Die Daten der verschiedenen Erhebungsphasen (alte Bundesländer 1985/86¹ und 1990/91¹, neue Bundesländer 1991/92²) ermöglichen einen zeitlichen Vergleich (alte Bundesländer), einen regionalen Vergleich (Alte Bundesländer - Neue Bundesländer) und eine gesamtdeutsche Berichterstellung zum Human-Biomonitoring und zu Schadstoffbelastungen in den Haushalten. Die an repräsentativen Querschnittsstichproben gewonnenen Daten dienen darüber hinaus der Ermittlung von Vergleichswerten sowie der Erarbeitung von Referenzwerten in den Bereichen Human-Biomonitoring in der Umweltmedizin, Wohnraum- und Trinkwasserhygiene.

Das Erhebungsinstrumentarium der Umwelt-Surveys 1990/92 umfaßt hauptsächlich Blut-, Urin- und Kopfhhaarproben der Probanden, Hausstaub- (Staubsaugerbeutelinhalt und Hausstaubniederschlag) und Trinkwasserproben aus deren Haushalten, einen umweltbezogenen Fragebogen und einen mehr gesundheitlich und am Lebensstil orientierten Fragebogen.

Vor dem Hintergrund des Gefährdungspotentials durch Blei ist die Kenntnis der Einflußgrößen, welche die Gehalte in den oben genannten Körper- und Umweltmedien bestimmen, essentiell. Ein Instrument, solche Faktoren zu identifizieren und darüber hinaus deren Wirkung im komplexen Zusammenwirken zu quantifizieren, stellt die multivariate statistische Auswertung dar. Ziel ist es, dabei eine möglichst hohe Aufklärung der Varianz der Zielvariablen zu erreichen, d.h. auf der Grundlage der vorhandenen Informationen alle wichtigen Faktoren zu ermitteln, die z.B. den Bleigehalt im Blut bestimmen.

Die korporale Bleibelastung der bundesdeutschen Bevölkerung wurde anhand der Analyse des Blutes und des Kopfhhaares des repräsentativen Kollektivs bestimmt. Außerdem erfolgte zur Ermittlung der häuslichen Exposition die Bestimmung der Bleiniederschlagsrate (Staubsammelbecher) und die Bestimmung von Blei im Inhalt des Staubsaugerbeutels. Für diese Matricees werden multivariate Auswertungen durchgeführt.

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

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

Eine Bestimmung von Blei erfolgt im Rahmen des Umwelt-Surveys auch im häuslichen Trinkwasser und als Bleiniederschlag an der Außenluft. Diese Daten werden in den folgenden Auswertungen als potentielle, die hier auszuwertenden Zielgrößen beeinflussende Faktoren verstanden, d.h. eine multivariate Auswertung dieser Daten erfolgt nicht.

Vor dem Hintergrund, daß sich die Expositionsbedingungen und damit die Art und Stärke der Faktoren unterscheiden, werden getrennte Regressionsmodelle für die alten und neuen Bundesländer berechnet. Danach kann dann entschieden werden, ob die Angabe von für die gesamte Bevölkerung gültigen Modellen sinnvoll ist.

Da anzunehmen ist, daß sich die Expositionsbedingungen für von denen für Erwachsene (z. B. entfällt der Bereich der Arbeitsplatzexposition) unterscheiden, werden für Erwachsene und Kinder getrennte Auswertungen durchgeführt.

Die im Rahmen des Umwelt-Surveys 1985/86 durchgeführte multivariate Auswertung der damals ermittelten Bleigehalte (Bernigau et al. 1993) ermöglicht einen Vergleich der damaligen mit den nun vorliegenden Modellen. Es wird festzustellen sein, ob sich die in die jeweiligen Modelle aufgenommenen Prädiktoren und deren Effekte unterscheiden.

In dem vorliegenden Bericht erfolgt zunächst eine Einführung zur Bedeutung des Bleis als Umweltschadstoff (Kap. 2). Für die Zusammenhangsanalysen zwischen den Bleigehalten im Blut, im Kopfhhaar sowie im Hausstaub und den potentiellen Einflußgrößen wird einer hypothesenorientierten Auswertung der Vorzug gegeben. In Kapitel 3 wird die Auswahl der potentiellen Prädiktoren vorgestellt. Anschließend wird eine kurze Studienbeschreibung gegeben (Kap. 4), und es werden die angewandten statistischen Methoden beschrieben (Kap. 5). Die Ergebnisse der multivariaten Auswertungen zu den Bleigehalten in den Körper- und Umweltmedien werden dargestellt und diskutiert (Kap. 6 bis 9). Abschließend werden Schlußfolgerungen aus diesen Auswertungen formuliert (Kap. 10).

2 Vorkommen, Verwendung und Wirkungen von Blei

Blei zählt zu den nicht essentiellen Spurenelementen und ist ein ubiquitär verbreitetes toxisches Schwermetall. Es gelangt durch natürliche oder anthropogene Quellen in die Umwelt. Die natürlichen Quellen atmosphärischen Bleis, wie Gesteinsverwitterung und Vulkanemissionen, werden jedoch mit ca. 19 000 t/Jahr weitaus geringer geschätzt als die anthropogenen mit 126 000 t/Jahr, die sich durch den Abbau, die Metallverhüttung und den Verbrauch von weltweit mehr als 3 Millionen Tonnen Blei pro Jahr ergeben (WHO 1995).

Im Jahr 1994 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 332 000 t raffiniertes Blei bzw. Bleilegierungen produziert. Für den Zeitraum von 1990 bis 1994 betrug der Verbrauch zwischen 362 000 und 400 000 t ohne den deutlichen Trend einer Zu- oder Abnahme. Die Akkumulatorenproduktion ist mit rund 57 % des Gesamtverbrauchs das Hauptverwendungsgebiet und wies deutliche Steigerungsraten auf. Weiterhin wird Blei für die Produktion von Bleioxid und anderen Chemikalien verwendet, die wiederum bei der Produktion von technischem Glas, Keramik, Bunt- und Korrosionsschutzpigmenten, Stabilisatoren eingesetzt werden. Weitere Verwendungsgebiete sind die Produktion von Halbzeugen, Legierungen, Formgußteilen, Kabelmänteln, Bleikristallglas und TV-Bildröhren (Balzer 1996).

Bei Herstellung, Verwendung, Recycling und Abfallbehandlung von Blei und bleihaltigen Produkten können Immissionen auftreten und Blei in die Umwelt gelangen. In Ländern, in denen noch immer überwiegend verbleites Benzin verwendet wird, stellt der Straßenverkehr die hauptsächliche Quelle dar. In der Bundesrepublik sind durch die Einführung der Katalysatortechnik und durch das Benzinbleigesetz die Bleimissionen aus dem Straßenverkehr deutlich gesunken (UBA 1994). So kann seit 1972 ein abnehmender Trend der Bleikonzentration im Schwebstaub in ländlichen Räumen festgestellt werden. Neben der Reduktion der Bleimissionen aus dem Straßenverkehr dürfte dies zusätzlich durch die Verminderung von Blei- und Gesamtstaubemissionen aus stationären Quellen verursacht sein.

Für die Belastung der erwachsenen Allgemeinbevölkerung ist heute die Nahrung der wesentlichste Expositionspfad. Bei Kindern kann die Aufnahme von Blei durch Boden- und Staubkontakt zusätzlich von Bedeutung sein. Trinkwasser kann bei Vorhandensein von Bleileitungen zur Trinkwasserversorgung, besonders nach Stagnation des Wassers in der Leitung, eine relevante Bleiexposition verursachen. In vielen Ländern wurde in den späten 70er und in den 80er Jahren eine Reduktion der Zufuhr von Blei über den Nahrungspfad festgestellt (WHO 1995).

In der Bundesrepublik ist wie in einer Reihe anderer Länder in diversen Untersuchungen des Human-Bio-monitorings parallel zu der oben beschriebenen Reduktion der Bleimissionen eine Abnahme der korporalen Bleibelastung der Allgemeinbevölkerung (Krause et al. 1996a) festgestellt worden. Ein gleicher Trend konnte in Längsschnittstudien (z.B. MURL 1993) gefunden werden.

In Abhängigkeit von der chemischen Verbindung, der Partikelgröße und der Löslichkeit in Körperflüssigkeiten werden bis zu 50 % des inhalierten Bleis vom menschlichen Körper absorbiert. Die gastrointestinale Absorption wird ebenfalls von einer Reihe von Faktoren (z.B. Mangelernährung) beeinflusst und wird bei Erwachsenen auf 10 % und bei Kindern 50 % des mit der Nahrung aufgenommenen Bleis geschätzt. Es

erfolgt eine schnelle Aufnahme in das Blut und in Weichteilgewebe mit einer Halbwertszeit von 28 bis 36 Tagen. Beim Erwachsenen liegt der größte Anteil (90 %) der Gesamtkörperlast im Knochen vor, bei Kindern wird mehr Blei im Weichteilgewebe gespeichert. Auch in Knochen abgelagertes Blei kann unter bestimmten Bedingungen mobilisiert werden (WHO 1995).

Die Bestimmung der korporalen Belastung erfolgt meist über die Untersuchung des Bleigehaltes im Blut. Die Untersuchung des Urins ist weniger geeignet (Skerfving 1988). Teilweise kann die Untersuchung von Kopfhaar als Screeningmethode eingesetzt werden. Seit einiger Zeit ist es möglich, den Bleigehalt in Knochen nicht invasiv zu bestimmen (Silbergeld et al. 1993).

Wirkungen einer chronischen Bleiexposition betreffen vor allem das Nerven- und blutbildende System sowie die Nieren. Die Wirkungen auf die Häm-Synthese wurden vielfach untersucht. Bei erhöhtem Bleigehalt im Blut werden erhöhte Gehalte an erythrozytären Protoporphyrinen und eine erhöhte Ausscheidung von Koproporphyrin und δ -Aminolävulinsäure mit dem Urin festgestellt. Blei führt zu einer verringerten Hämoglobinsynthese. Bei Kindern wurden Anämien ab einem Gehalt im Blut von 400 $\mu\text{g/l}$ beobachtet (WHO 1995).

Das zentrale Nervensystem ist ein besonders bei Kindern empfindliches Zielorgan bei einer Bleiexposition. Neurotoxische Wirkungen werden ab Bleigehalten im Blut von 100 bis 150 $\mu\text{g/l}$ beobachtet, aber auch bereits bei niedrigeren Gehalten vermutet. Vieles spricht dafür, daß die pränatale Belastung für neurotoxische Wirkungen eine größere Bedeutung besitzt als die postnatale. Allgemein anerkannt ist, daß schon eine geringe Bleibelastung Intelligenzdefizite bei Kindern hervorrufen kann. Der Stellenwert dieses Zusammenhangs wird aber unterschiedlich beurteilt (Wilhelm und Ewers 1993).

Ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Bleigehalt im Blut und dem diastolischen bzw. systolischen Blutdruck von Erwachsenen wurde in vielen Studien untersucht. Die bisherigen Erkenntnisse deuten jedoch nicht darauf hin, daß ein solcher Zusammenhang eine große gesundheitliche Bedeutung hat (WHO 1995).

Vor dem Hintergrund neuerer Erkenntnisse zu Wirkungen von niedrigen Bleidosen besonders bei Kindern hat die Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (1996) einen vorläufigen HBM-I-Wert von 100 $\mu\text{g/l}$ für Kinder unter 13 Jahren und für Mädchen/Frauen zwischen 13 und 45 Jahren empfohlen. Für die übrigen Personen wurde ein Wert von 150 $\mu\text{g/l}$ festgelegt. Der HBM-I-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Unterschreitung nach dem aktuellen Stand der Bewertung nicht mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist und sich somit kein Handlungsbedarf ergibt. Der HBM-II-Wert, d.h. der Wert, ab dem relevante gesundheitliche Beeinträchtigungen möglich sind, wurde auf 150 $\mu\text{g/l}$ für die oben definierten Risikogruppen und auf 250 $\mu\text{g/l}$ für sonstige Personen festgelegt.

Im Umwelt-Survey 1990/92 beträgt der Anteil von Frauen, die einen Bleigehalt im Blut von mehr als 100 $\mu\text{g/l}$ aufweisen, etwa 2 %. Auch 2 % der sonstigen Personen weisen kontrollbedürftige Werte auf. Vereinzelt weisen Frauen im gebärfähigen Alter Bleigehalte im Blut von mehr als 150 $\mu\text{g/l}$ auf. Bei Kindern sind Überschreitungen des HBM-II-Wertes unwahrscheinlich. Dagegen konnte eine Überschreitung des HBM-I-Wertes bei Kindern im Umwelt-Survey 1990/92 in Einzelfällen beobachtet werden.

3 Auswahl der potentiellen Prädiktoren

Im Rahmen der vorliegenden Auswertung wurden zur Qualifizierung und Quantifizierung von Einflußgrößen auf die korporale Bleibelastung der deutschen Allgemeinbevölkerung im Vorfeld der multivariaten Analysen hypothesenorientiert die zu berücksichtigenden potentiellen Prädiktoren ausgewählt. Auf der Grundlage des im Umwelt-Survey vorliegenden Datenmaterials wurden diese so gut wie möglich operationalisiert. Letztlich wurden die im Anhang 13.9 aufgeführten Variablen in den multiplen Regressionsanalysen berücksichtigt. Diese wurden in Gruppen zusammengefaßt, die entweder körpereigene bzw. individuelle Faktoren, Ernährungsverhalten und sonstige Verhaltensweisen oder einen Expositionsraum (Wohnungsumfeld, häuslicher Bereich, Arbeitsplatz) beschreiben.

Soweit inhaltlich sinnvoll, wird die Liste der potentiellen Prädiktoren auch für den die Kinder betreffenden Datensatz herangezogen. Auf einige nur für die Kinder zutreffende Faktoren wird im Folgenden an entsprechender Stelle hingewiesen.

Die Berücksichtigung der im Umwelt-Survey ermittelten Gehalte in den Körper- und Umweltmedien erfolgt entlang der vorstellbaren Expositionspfade. So wird der in der Außenluft ermittelte Bleiniederschlag in der Gemeinde als Prädiktor für die Bleigehalte im Blut, im Kopfhair und im Hausstaub geprüft oder auch der Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser als Prädiktor für die Bleigehalte im Blut und im Kopfhair.

Von den bei der Auswertung des Umwelt-Surveys 1985/86 verwendeten regionalstatistischen Daten wurden in den vorliegenden Auswertungen lediglich die Bevölkerungsdichte der Gemeinde verwendet. Im Gegensatz zu 1985/86 konnte in die Auswertung der Daten des Umwelt-Surveys 1990/92 der gemessene Bleiniederschlag in der Außenluft am Wohnort des Probanden einbezogen werden. Von dieser Variablen war eine stärkerer Effekt auf die Bleigehalte im Blut, Kopfhair und Hausstaub zu erwarten als von den regionalstatistischen Daten. Zudem führten die 1985/86 durch Faktoranalysen aus den regionalstatistischen Daten hergeleiteten sekundären Variablen bereits damals zu Schwierigkeiten bei der Interpretation.

3.1 Blei im Blut

In verschiedenen großangelegten Studien mit multivariaten Auswertungen zur Ermittlung der Faktoren der Bleibelastung der Allgemeinbevölkerung wird von immer wiederkehrenden, für den Bleigehalt im Blut signifikanten Prädiktoren berichtet. Solche sind das Geschlecht, das Lebensalter, der Hämatokritwert und der Body Mass Index. Mit dem Bleigehalt im Blut zusammenhängende Verhaltensweisen sind der Alkoholkonsum und der Rauchstatus. Teilweise geht eine die Belastung der Umgebungsluft beschreibende Variable (Gemeindegröße, städtisches gegenüber ländlichem Wohngebiet, Bleiniederschlagsraten usw.) in die resultierenden Modelle ein. Eher selten läßt sich bei der Allgemeinbevölkerung eine berufliche Belastung

nachweisen (Arnetz und Nicolich 1990; Berode et al. 1991; Elinder et al. 1983; Hense et al. 1992; Liou et al. 1994; Morisi et al. 1992; Probst-Hensch et al. 1993; Wietlisbach et al. 1995).

Individuelle Faktoren

Als relevante, wahrscheinlich durch körpereigene Mechanismen beeinflusste, Prädiktoren der korporalen Bleibelastung erwiesen sich auch im Rahmen anderer großangelegter Studien mit multivariater Auswertung das **Geschlecht** und das **Lebensalter** (z.B. Arnetz und Nicolich 1990, Berode et al. 1991; Hense et al. 1992, Probst-Hensch 1993; Wietlisbach et al. 1995). Männer weisen einen höheren Bleigehalt im Blut auf als Frauen. Der Bleigehalt steigt in den ersten fünf Lebensjahren an, sinkt dann auf ein Minimum bei ungefähr 16 Jahren und steigt danach mit zunehmendem Alter wieder an (Liou et al. 1994). Ein ähnlicher Altersgang, allerdings mit einem leichten Absinken im höheren Alter, wurde auch bei den Auswertungen zum Umwelt-Survey 1985/86 (Krause et al. 1996a) gefunden.

Das im Rahmen dieser Studie bestimmte **Zellpackungsvolumen** (CCV) korreliert eng mit dem Hämatokritwert, welcher den Anteil der zellulären Bestandteile am Blutvolumen angibt. Im Rahmen der eigenen und von Auswertungen anderer Autoren (Arnetz und Nicolich 1990, Hense et al. 1992) konnte gezeigt werden, daß das Zellpackungsvolumen bzw. der Hämatokritwert und der Bleigehalt im Blut positiv korrelieren.

Ernährung

Für die Bundesrepublik wird, vor allem nach Einführung des unverbleiten Benzins, angenommen, daß die Nahrung den wesentlichsten Beitrag zur Bleiexposition der Allgemeinbevölkerung liefert. Jedoch ist eine eindeutige Zuordnung zu bestimmten Lebensmitteln oder Lebensmittelgruppen als Quellen schwierig. Lebensmittel wie Innereien und Wildpilze können zwar wesentlich zur Aufnahme von Blei mit der Nahrung beitragen, werden aber nicht in erheblichem Umfang konsumiert.

In vielen Studien wurde ein Zusammenhang zwischen dem **Konsum von Alkohol** und der korporalen Bleibelastung aufgezeigt (Dally et al. 1989; Grandjean 1981; Grasmick et al. 1985; Maranelli et al. 1990; Newton et al. 1992; Reina et al. 1990) und auch bei multivariaten Auswertungen bestätigt (Berode et al. 1991, Elinder et al. 1983; Hense et al. 1992; Liou et al. 1994; Morisi et al. 1992; 1992; Probst-Hensch et al. 1993; Wietlisbach et al. 1995). Im Rahmen der deskriptiven Auswertungen des Umwelt-Surveys 1990/92 wurden signifikante Zusammenhänge zwischen den Bleigehalten im Blut und dem **Alkoholkonsum** (berechnet als Zufuhr reinen Alkohols pro Tag), dem **Wein-/Sekt-/Obstweinkonsum** und, wenngleich weniger ausgeprägt, dem **Bierkonsum** ermittelt (Krause et al. 1996a). Auch bei der Auswertung der Daten des Umwelt-Surveys 1985/86 lieferten Prädiktoren, die aus Angaben zur Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt und Bier resultierten, einen wesentlichen Beitrag zur Varianzaufklärung des multiplen Regressionsmodells (Bernigau et al. 1993).

In einigen Studien konnte bei multivariater Auswertung gezeigt werden, daß bei erhöhtem **Konsum von Milchprodukten** (Berode et al. 1991) oder einer erhöhten Kalziumzufuhr (Lourekari et al. 1989) ein geringerer Bleigehalt im Blut vorliegt. Dabei wird eine Wirkung des Kalziums auf den Bleimetabolismus oder auf die Bleiaufnahme als Ursache vermutet (Fullmer und Rosen 1990).

Eine für den Bleigehalt im Blut relevante Zufuhr von **Kalzium** erfolgt möglicherweise auch durch das **Trinkwasser** (Elwood et al. 1983). Wichtiger in bezug auf eine Blei-Exposition der Allgemeinbevölkerung über das Trinkwasser dürfte jedoch der **Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser** bzw. das Vorhandensein einer **Bleileitung zur häuslichen Wasserversorgung** sein (Elwood et al. 1984; Sherlock et al. 1984; Liou et al. 1994). Im Rahmen der Auswertungen zum Umwelt-Survey 1990/92 wurde das täglich konsumierte **Trinkwasservolumen** im eigenen Haushalt und die damit verbundene **Zufuhr von Blei mit dem häuslichen Trinkwasser** (Krause et al. 1996a; Becker et al. 1997) als eine für den Bleigehalt im Blut relevante Größe ermittelt.

Verhaltensweisen

In diversen multivariaten Vorhersagemodellen war das Rauchen ein eigenständiger Prädiktor (Arnetz und Nicolich 1990; Berode et al. 1991; Elinder et al. 1983; Grandjean et al. 1992; Hense et al. 1992, Probst-Hensch et al. 1993). Andren et al. (1988) konnten das Passivrauchen als Expositionsparameter für Kinder ermitteln. Als potentielle Prädiktoren werden daher der **Rauchstatus**, die **Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten**, das **Passivrauchen** und der **Thiocyanatgehalt im Serum** berücksichtigt.

Speziell bei den untersuchten Kindern wurde die Frage nach Hobbys, die einen **Kontakt mit Metallen** (**Löten, Töpfern mit farbigen Glasuren** etc.) vermuten lassen, gestellt.

Bei der Definition der Exposition als Konzentration der einwirkenden Schadstoffe multipliziert mit der Einwirkzeit erlangen entsprechende **Aufenthaltszeiten** Bedeutung. Im Rahmen der Befragung wurden Erwachsene und Kinder nach Aufenthaltszeiten außerhalb geschlossener Räume, in Wohnräumen, im Freien und im Grünen befragt. Diese wurden separat nach warmer und kalter Jahreszeit erfaßt und jeweils auf die Zeit der Probenahme bezogen (vgl. Anhang 13.9).

Bei den Kindern kann der Kontakt mit Erdboden einen wesentlichen Expositionspfad mit Blei darstellen. Daher wurden die **Häufigkeit von Buddeln/Graben/Höhlenbauen** und der Grad der **Verschmutzung nach dem Spielen** berücksichtigt.

Wohnungsumfeld

Die in dieser Gruppe zusammengefaßten potentiellen Prädiktoren beschreiben im Wesentlichen den direkten oder indirekten Einfluß von Immissionen. In Ballungsgebieten, industrialisierten Räumen und Räumen mit

hohem Verkehrsaufkommen liegen höhere Bleiimmissionen vor (Lahmann 1987). In der Literatur finden sich für großangelegte Längsschnittstudien mit multivariater Auswertung der erhobenen Daten häufig Hinweise auf eine Abhängigkeit des Bleigehaltes im Blut von immissionsbedingten Faktoren (Arnetz und Nicolich 1990; Berode et al. 1991; Brockhaus et al. 1988; Elwood 1984; Hense et al. 1992; Trepka et al. 1997), manchmal auch in Form einer Angabe der Wohndistanz zu einer Straße/dem Straßenverkehr (Fawcett et al. 1996; Liou et al. 1994).

Faktoren wie die **Gemeindegrößenklasse**, das **Wohngebiet** (ländlich, städtisch, vorstädtisch) oder die **Bebauungsart** des Wohngebietes (Blockbebauung mit und ohne Grün, aufgelockerte Bebauung, Ein-, Zweifamilienhäuser, Villenviertel) sollten diesen Sachverhalt abbilden können.

Der **Bleiniederschlag in der Außenluft** und der **Gesamtstaubniederschlag** in der Außenluft sind im Rahmen des Umwelt-Surveys analytisch erfaßt worden.

Die direkte Beeinflussung durch potentielle Emittenten in der Wohnumgebung kann durch die Frage nach **Gewerbe, Kläranlagen, Müllverbrennungsanlagen oder Werkstätten im Umkreis von 3 km** zur Wohnung einbezogen werden. Dies gilt auch für die Fragen nach den **Verursachern einer schlechten Luftqualität** durch Staub und Schmutz oder Gase und Dämpfe in der Wohnumgebung (Industrie, private Verbraucher, Kraftwerke, vgl. Anhang 13.9).

Die mögliche Exposition durch den Straßenverkehr wurde durch die Fragen nach der **Aufenthaltszeit in motorisierten Fahrzeugen** und **im Straßenverkehr** erfaßt. Außerdem wurde für den Bereich der Wohnumgebung die Frage nach **dem Verkehr als Grund für eine schlechte Luftqualität** gestellt.

Häuslicher Bereich

Expositionen im häuslichen Bereich können durch interne Quellen (Heizungssysteme, häusliche Aktivitäten wie Hobbys, Renovierungstätigkeiten etc.) oder entsprechende Einträge von außen (Kleidung, Fenster, Türen) verursacht sein.

Im Wohnbereich wurden im Rahmen des Umwelt-Surveys **der Bleiniederschlag**, der **Gesamtstaubniederschlag** und der **Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels** bestimmt. Diese werden als mögliche Prädiktoren für den Bleigehalt im Blut berücksichtigt.

Das **Alter des Wohnhauses** und die **Wohndauer** werden u.a. wegen ihrer Zusammenhänge mit dem Bleigehalt im Blut berücksichtigt. Unterschiedliche **Energieträger für Koch- und Heizzwecke** führen zu einer unterschiedlichen Staubbelastung in der Wohnung und könnten daher auch für die korporale Belastung von Bedeutung sein.

Arbeitsplatz

In Studien zur Belastung der Allgemeinbevölkerung werden Probanden mit beruflicher Belastung häufig von der Untersuchung ausgeschlossen, so daß in der Literatur wenig Hinweise auf signifikante Einflüsse des Arbeitsplatzes zu finden sind. In einigen multivariaten Auswertungen konnten jedoch signifikante Zusammenhänge zwischen einer beruflichen Bleibelastung (Probst-Hensch et al. 1993) oder der beruflichen Stellung und dem Bleigehalt im Blut (Berode et al. 1991; Morisi et al. 1992) gefunden werden.

Für die Auswertung der Daten des Umwelt-Surveys 1990/92 wurden eine Vielzahl von Variablen zur Beschreibung der Exposition am Arbeitsplatz herangezogen. Diese beinhalten Fragen nach dem **Umgang mit Blei am Arbeitsplatz**, der **Berufstätigkeit in einer potentiell belasteten Branche** usw. (vgl. Anhang 13.9).

Die Fragen nach der **Berufstätigkeit** (ja/nein), der **beruflichen Stellung**, dem **Haushaltseinkommen** und der **Schulbildung** können zum einen den sozio-ökonomischen Status beschreiben, andererseits bilden sie möglicherweise eine Arbeitsplatzbelastung ab.

Sonstige Prädiktoren

Die **Jahreszeit**, zu der die Blut-, Kopfhair- und Staubsaugerbeutelproben gewonnen wurden, und die **mittlere Tageshöchsttemperatur** während des Zeitraumes, in dem die Untersuchungsteams am Wohnort des Probanden tätig waren, ließen sich keiner der genannten Prädiktorengruppen zuordnen. Für beide Prädiktoren ist ein Zusammenhang z. B. zum Ernährungsverhalten (höherer Konsum von Frischprodukten mit höherem Bleigehalt in der warmen Jahreszeit), zu individuellen Verhaltensweisen (Aufenthaltszeiten und Aktivitäten im Freien) und zum Wohnungsumfeld (unterschiedliche Luft- und Staubbelastung im Sommer und Winter) denkbar und daher eine Assoziation mit den Bleigehalten im Blut, im Haar sowie im Inhalt des Staubsaugerbeutels möglich.

Ergebnisse der deskriptiven Auswertung des Umwelt-Surveys 1990/92

Bei der bisher vorliegenden deskriptiven Auswertung der Daten des Umwelt-Surveys 1990/92 ergaben sich eine Reihe von signifikanten Zusammenhängen zwischen den o.g. Faktoren und dem Bleigehalt im Blut (Krause et al. 1996a):

Individuelle Faktoren	<i>Geschlecht, Lebensalter, Zellpackungsvolumen;</i>
Verhaltensweisen	<i>Rauchstatus;</i>
Ernährung	<i>konsumierte Alkoholmenge, Häufigkeit des Konsums von Wein/Sekt/Obstwein, Häufigkeit des Konsums von Bier, Häufigkeit des Konsums von Milchprodukten, Bleigehalt im Trinkwasser, Vorhandensein einer Bleiwasserleitung;</i>
Wohnungsumfeld	<i>Gemeindegrößenklasse, täglicher Aufenthalt in motorisierten Fahrzeugen, Bleiniederschlag in der Außenluft;</i>
Häuslicher Bereich	<i>Baujahr des Wohnhauses, Ofenheizung mit Holz/Kohle.</i>

Die kursiv geschriebenen Merkmale waren sowohl für Erwachsene als auch für Kinder, die Häufigkeit des Buddelns/Grabens/Höhlebauens nur für Kinder signifikant.

Ergebnisse der multivariaten Auswertung des Umwelt-Surveys 1985/86

Im Rahmen der multivariaten Auswertungen der Daten des Umwelt-Surveys 1985/86 wurden 17 Prädiktoren identifiziert, die einen signifikanten Beitrag zur Bleibelastung des Blutes der erwachsenen Allgemeinbevölkerung lieferten (Bernigau et al. 1993).

Individuelle Faktoren	<i>Geschlecht, Lebensalter, Quadrat des Lebensalters, Zellpackungsvolumen, Kalzium im Serum;</i>
Verhaltensweisen	<i>Thiocyanat im Serum;</i>
Ernährung	<i>Häufigkeit des Konsums von Wein/Sekt/Obstwein, Häufigkeit des Konsums von Bier, Bleigehalt im Trinkwasser (Spontanprobe);</i>
Wohnungsumfeld	<i>Bevölkerungsdichte in der Gemeinde; überdurchschnittlicher Anteil an Arbeitnehmern in der Elektro- und Metallindustrie im Kreis;</i>
Häuslicher Bereich	<i>Bleiniederschlag im Haushalt;</i>
Arbeitsplatz	<i>Metalle, Schwermetalle, sonst. Elemente als Arbeitsplatzbelastung, Bleibelastung im Beruf.</i>

Die Varianzaufklärung des multiplen Regressionsmodells lag bei 30,6 %. Die nun vorliegende Auswertung wird es ermöglichen, einen Vergleich der Art und der Stärke der Prädiktoren der multivariaten Modelle für die betrachteten Zeiträume 1985/86 und 1990/91 durchzuführen.

3.2 Blei im Kopfhaar

Die Grundlage der multivariaten Auswertung des Bleigehaltes im Kopfhaar bildet der Variablensatz der Auswertungen zum Bleigehalt im Blut. Dieser ist speziell für die Analyse der Gehalte in den Kopfhaaren um einige relevante haarspezifische Merkmale zu erweitern. Dies sind die **natürliche Haarfarbe**, der **Haarwuchs**, die **Haarlänge**, die chemische Haarbehandlung in Form einer **Dauerwelle** oder einer **Färbung/Tönung** und die **Zeit seit der letzten Haarwäsche**.

Im Rahmen der deskriptiven Auswertung der Daten des Umwelt-Surveys 1990/92 (Krause et al. 1996b) zeigte sich weder der Bleigehalt in den Kopfhaaren der Erwachsenen noch der Kinder von der natürlichen Haarfarbe beeinflusst. Je länger die letzte Haarwäsche zurücklag, desto höher war der Bleigehalt im Kopfhaar. Bei Anwendung einer Dauerwelle, nicht aber bei Färbung/Tönung lagen höhere Bleigehalte vor.

Außerdem zeigte sich für die Erwachsenen ein Zusammenhang zwischen dem Bleigehalt im Kopfhaar und dem Geschlecht, dem Rauchstatus, der Zahl der täglich gerauchten Zigaretten, der konsumierten Alkoholmenge sowie der Häufigkeit des Konsums von Milchprodukten. Weitere Abhängigkeiten ergaben sich zu den Gliederungsmerkmalen Berufstätigkeit, Staubbelastung am Arbeitsplatz, Bleigehalt im Trinkwasser, Baujahr des Wohnhauses, Ofenheizung mit Holz oder Kohle, Bleiniederschlag in Wohnräumen, täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume, Aufenthalt in motorisierten Fahrzeugen und Jahreszeit. Weiterhin konnte ein Zusammenhang zwischen dem Bleigehalt im Blut und im Kopfhaar ermittelt werden. Die erwachsene Bevölkerung der neuen Bundesländer wies etwas höhere Bleigehalte in den Haaren auf als die der alten Bundesländer.

Für die Kinder ergaben sich teilweise identische Gliederungsmerkmale ergänzt durch die Merkmale der Häufigkeit der körperlichen Betätigung im Freien und des Buddeln/Graben/Höhlebauens. Außerdem erwies sich der Bleiniederschlag in der Außenluft als signifikantes Gliederungsmerkmal.

Bei der multivariaten Auswertung der Daten des Umwelt-Surveys 1985/86 ergab sich ein multiples Regressionsmodell mit 7 Prädiktoren und einer Varianzaufklärung von 16,6 %. Die Prädiktoren waren: der Bleigehalt im Blut, die Jahreszeit, die Haareinwaage, die Staubbelastung im Beruf, Befragter ist in Pension oder (Früh-)Rente, der Bleiniederschlag im Haushalt und der Anteil der Beschäftigten in den Bereichen Energie, Wasser, Bergbau in der Region (Bernigau et al. 1993).

3.3 Blei im Hausstaub

Blei kann durch interne oder externe Quellen in den Hausstaub gelangen. Externe Quellen sind Boden und Staub, der an Schuhen oder Kleidung haftet, und die Außenluft, die über Luftaustausch durch Türen und Fenster in die Wohnung gelangt. Wohnungsinterne Quellen ergeben sich z. B. durch Hausbrand und menschliche Aktivitäten wie Rauchen, Renovierungen, Hobbys usw..

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde zum einen der Bleiniederschlag in Wohnräumen (Staubsammelbecher), zum anderen der Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels der Haushalte bestimmt. Zwar kann davon ausgegangen werden, daß die Bleigehalte im Inhalt der Staubsaugerbeutel in weit größerem Maß als der Bleiniederschlag durch den Eintrag von Boden und Straßenstaub beeinflusst ist, dennoch gilt für beide Matrices, daß sich die entsprechende Belastung der Region (Immissionen, Altlasten) widerspiegeln sollte.

Zur Auswertung werden alle die Variablen herangezogenen, die bereits bei der Auswertung der Blutbleigehalte als relevant erachtet wurden. Bezogen auf die Staubmatrices verlieren jedoch die mehr personenbezogenen Faktoren an Gewicht, und wohnungsspezifische Faktoren sind stärker zu berücksichtigen (vgl. Anhang 13.9).

So wird z.B. neben dem Alter des Wohnhauses auch die Lage und die Ausstattung der Wohnung in die Auswertung einbezogen (**Haustyp, Geschoßlage, Art des Bodenbelags**).

Die **Wohndichte**, die **Anzahl der Personen im Haushalt**, die **Anzahl der Kinder im Haushalt**, das **Halten von Haustieren** sind Merkmale, welche die Art und Intensität der Wohnungsnutzung beschreiben.

Das Rauchverhalten wird durch die **Anzahl der Raucher in der Wohnung** bzw. speziell für die Auswertung des Bleiniederschlags in Wohnräumen durch die Frage nach der **Anzahl der Raucher im Probenahmeraum** sowie die **Zahl der im Probenahmeraum gerauchten Zigaretten** erfaßt.

Bei der Auswertung der Daten zum Bleigehalt im Inhalt der Staubsaugerbeutel sind zusätzliche Faktoren, die sich aus der angewandten Methode ableiten, heranzuziehen. Diese beinhalten im wesentlichen die **Dauer der Beutelnutzung vor der Probenahme**, die **Häufigkeit des Saugens** und die **Art des gesaugten Fußbodenbelages** (vgl. Anhang 13.9).

Speziell bei der Auswertung der Daten zum Bleiniederschlag in Wohnräumen wurden Merkmale des Probenahmeraumes berücksichtigt. Diese sind im wesentlichen **Nutzungsart des Probenahmeraumes**, die **Anzahl der sich i.a. im Probenahmeraum aufhaltenden Personen**, das **Vorkommen von Zimmerpflanzen** sowie die **Dichtigkeit der geschlossenen Fenster**.

Ergebnisse der deskriptiven Auswertung des Umwelt-Surveys 1990/92

Bei der deskriptiven Auswertung der Bleigehalte in Staubbeutel und -bechern wurde für eine Vielzahl von Faktoren ein signifikanter Zusammenhang mit dem Bleiniederschlag in Wohnräumen beschrieben (Friedrich et al. 1997).

Für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen waren dies die Merkmale:

- Region: *Alte/neue Bundesländer, Bebauungsart der Wohngegend, Bleiniederschlag in der Außenluft;*
- Haus/Wohnung: Baujahr des Wohnhauses, Heizungsart, Halten von Haustieren mit Fell oder Federn in der Wohnung, Kinder bis 14 Jahre im Haushalt, Beurteilung der Luftqualität in der Wohnung;
- Probenahmeraum: Wohndichte im Raum, Anzahl der Raucher im Raum, Pflanzen im Probenahmeraum, Dichtigkeit der geschlossenen Fenster, Straße vom Probenahmeraum aus sichtbar.

Die kursiv gedruckten Merkmale waren auch für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder signifikante Gliederungsmerkmale.

Bei den Proben aus den Staubsaugerbeuteln wurde im Gegensatz zum Verfahren bei den Staubsammelbechern eine Konzentrationsbestimmung vorgenommen. Zur deskriptiven Berichterstattung wurden die folgenden signifikanten Gliederungsmerkmale für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels herangezogen:

- Region: Alte/neue Bundesländer, Gemeindegröße, Bebauungsart, Bleischlag an der Außenluft;
- Haus/Wohnung: Baujahr des Wohnhauses, Heizungsart.

Wenn mit dem Staubsauger auch außerhalb der Wohnung gesaugt wurde, erwies sich dies als ein wesentlicher zusätzlicher Faktor für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels.

Ergebnisse der multivariaten Auswertung des Umwelt-Surveys 1985/86

Bei der multivariaten Auswertung der Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels des Umwelt-Surveys 1985/86 konnten bei einer sehr geringen Varianzaufklärung von 3,7 % durch die multiplen Regressionsmodelle nur zwei signifikante Prädiktoren ermittelt werden (Bernigau et al. 1993). Diese waren das Vorhandensein von textilem Bodenbelag in der Wohnung und der Anteil der Verkehrsflächen in der Region.

Bei der Auswertung der Bleiniederschlagsraten ergab sich ein multiples Regressionsmodell mit 7 Prädiktoren (Varianzaufklärung 14 %): der Aufstellort des Bechers, das Alter des Wohnhauses, die Heizungsart, die Wohnfläche pro Person, die Etage der Wohnung, die Anzahl der Kinder zwischen 3 und 14 Jahren im Haushalt und die Bevölkerungsdichte in der Gemeinde.

4 Studienbeschreibung

In den Jahren 1990/91 wurde die zweite Erhebung des Umwelt-Surveys in den alten Bundesländern (Umwelt-Survey-West) und 1991/92 zum ersten Mal auch in den neuen Bundesländern (Umwelt-Survey-Ost) durchgeführt. Zur Erfassung der korporalen Schadstoffbelastung wurden in Blut-, Urin- und Kopfharpfen eine Reihe von Substanzen/Verbindungen bestimmt. Zur Erfassung der Schadstoffbelastung im häuslichen Bereich wurden Trinkwasser- und Hausstaubproben analysiert. In den Gemeinden wurden darüber hinaus Proben aus den Wasserwerken, die die untersuchten Haushalte versorgen, sowie der partikelförmige Niederschlag in der Außenluft analysiert. Mit umfangreichen Fragebögen wurden neben den soziodemographischen Daten lebensstilbedingte Einflußgrößen für potentielle Belastungen erfaßt. Eine ausführliche Studienbeschreibung findet sich in Band Ia des Umwelt-Surveys 1990/92 (Studienbeschreibung und Human-Biomonitoring, Krause et al. 1996a), so daß an dieser Stelle nur eine kurze zusammenfassende Beschreibung erfolgt. Das Design der Studie war weder im Hinblick auf die durchgeführte Analytik noch im Hinblick auf die Fragebögen nur allein auf Blei ausgerichtet.

4.1 Stichproben

Die Auswahl der Probanden erfolgte nach einer mehrfach geschichteten zweistufigen Zufallsstichprobenziehung. Die Querschnittsstichproben sind nach den Merkmalen Gemeindegrößenklasse, Alter und Geschlecht repräsentativ für die erwachsene deutsche Wohnbevölkerung. Die Grundgesamtheit für die Stichprobenziehung war die deutsche Allgemeinbevölkerung, die während der Befragungs- bzw. Untersuchungszeiträume in Privathaushalten lebte und in Einwohnermeldekarteien registriert war.

In den alten Bundesländern nahmen 2524 Personen im Alter von 25 bis 69 Jahren an der Untersuchung teil, in den neuen Ländern 1497 Personen im gleichen Altersbereich. In die Untersuchungen wurden auch 453 westdeutsche Kinder sowie 283 ostdeutsche Kinder im Alter von 6 bis 14 Jahren, die in den Haushalten der erwachsenen Probanden lebten, einbezogen. *

In der realisierten gesamtdeutschen Stichprobe waren Männer mit 49,3 % und Frauen mit 50,7 % in etwa ebenso wie in der Grundgesamtheit repräsentiert, wobei als Basis der Mikrozensus 1991 (Statistisches Bundesamt) diene. Gleiches gilt für die 25- bis 69jährigen in den alten und neuen Ländern (alte Länder - Mikrozensus vs. realisierte Stichprobe: Männer: 49,9 % / 49,7 % und Frauen 51,0 % / 50,3 %; neue Länder - Mikrozensus vs. realisierte Stichprobe: Männer 48,1 % / 48,6 % und Frauen 51,9 % / 51,4 %).

* Nur in den neuen Bundesländern nahmen zusätzlich noch Personen aus weiteren Altersgruppen teil: 266 Erwachsene im Alter von 18 bis 24 und 70 bis 79 Jahren sowie 76 Kinder im Alter von 15 bis 17 Jahren (vgl. Krause et al. 1996a). Die Probanden dieser Randaltersklassen wurden nicht in die Zusammenhangsanalysen einbezogen, da - um eine Verfälschung der Ergebnisse auszuschließen - in den alten und neuen Bundesländern der gleiche Altersbereich untersucht werden sollte.

Auch die nach den Merkmalen Lebensalter/Geschlecht und Gemeindegrößenklasse/Geschlecht realisierten Anteile stimmen im Großen und Ganzen recht gut mit den Anteilen im Vergleich zum Mikrozensus überein. Vereinzelt traten jedoch auch Unterschiede von mehr als 2 % auf (eine ausführliche Erläuterung findet sich in Band Ia der Berichte zum Umwelt-Survey (Krause et al. 1996a)).

4.2 Erhebungsinstrumentarium

Zur Bestimmung der Bleigehalte im Blut wurde unter Verwendung von schwermetalldarmen Vacutainer-Röhrchen und -kanülen (Fa. Becton Dickinson, Heidelberg) in zwei Röhrchen jeweils 3 bis 5 ml Blut entnommen. Die Blutproben wurden sofort nach der Entnahme eingefroren (-20 °C).

Die Entnahme der Kopfhaarproben erfolgte kopfhautnah am Hinterkopf (occipital) mit einer Schere aus Titannitrit. Gefordert war ein Haarabschnitt von 4 cm Länge und einem Mindestgewicht von 200 mg. Die Haare wurden bis zur Analyse in einem verschlossenen Pergamentumschlag aufbewahrt.

Die häuslichen Bleiniederschlagsproben wurden mit Hilfe eines Polystyrolbechers über einen Zeitraum von einem Jahr gesammelt (Aurand und Hoffmeister 1980). Für den Standort des Bechers war eine bestimmte Sollposition vorgegeben. Die Aufstellhöhe sollte ca. 1,7 m, die Entfernung von der Wand mindestens 20 cm, der Abstand zur nächsten Tür mindestens 1 m und der Luftraum über dem Becher mindestens 50 cm betragen.

Zur Bestimmung des Bleigehalts im Inhalt des Staubsaugerbeutels wurde der gesamte Staubsaugerbeutel, wie er zum Zeitpunkt der Befragung im Staubsauger des Hauses vorlag, entnommen. Dieser wurde dann in einem Folienbeutel aufbewahrt.

Eine ausführliche Beschreibung der Probenahmen findet sich in Band Ia des Umwelt-Surveys 1990/92 (Krause et al. 1996a).

In den eingesetzten Fragebögen wurden neben soziodemographischen Angaben auch Angaben über potentielle Einflußgrößen und zur Expositionssituation erfaßt. Bei den Erwachsenen wurde ein Fragebogen "Leben und Gesundheit in Deutschland" zum Selbstauffüllen und ein vom untersuchenden Arzt auszufüllender Anamnesebogen des Gesundheits-Surveys, ein Fragebogen "Umwelt und Gesundheit in Deutschland" und ein Dokumentationsbogen eingesetzt. Bei den Kindern/Jugendlichen wurde ein gesonderter interviewergesteuerter Fragebogen benutzt. Dieser enthält zusätzlich Fragen zum Freizeit- und Spielverhalten. In gesonderten Erhebungsbögen wurden wie bei den Erwachsenen die Angaben zu den gewonnenen Proben dokumentiert. Auch dazu finden sich detaillierte Angaben in Band Ia zum Umwelt-Survey 1990/92 (Krause et al. 1996a). Die Fragebögen der Umwelt-Surveys werden in Band IIa publiziert, die der Gesundheits-Surveys können über das Bundesinstitut für Infektionskrankheiten und nicht übertragbare Krankheiten (Robert Koch-Institut) in Berlin bezogen werden.

4.3 Analytik und Qualitätskontrolle

Die Bestimmung von **Blei im Vollblut** erfolgte mit Hilfe der AAS-Graphitrohrtechnik (Gerät Perkin-Elmer PE 5000) bei einer Bestimmungsgrenze von 15 µg/l.

Die Blutproben des Umwelt-Surveys-West wurden im Zeitraum von 1990 bis 1992 gemessen, die Blutproben des Umwelt-Surveys-Ost in den Jahren 1992 und 1993. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes wurden interne und externe Qualitätskontrollen durchgeführt. Im Jahr 1993 erfolgte ferner eine Qualitätskontrolle in Form von Wiederholungsmessungen, um die Vergleichbarkeit der Daten beider Surveys untereinander zu sichern. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in Band Ia der Berichte zum Umwelt-Survey (Krause et al. 1996a).

Zur internen Qualitätskontrolle wurden während der Analyse u.a. das Standardmaterial "Kontrollblut für Metalle 1" der Behring-Werke eingesetzt.

Tab. 4.1: Interne Qualitätskontrolle - Referenzmaterialien

Survey	Medium	BG (µg/l)	Sollwert (µg/l)	n	AM (µg/l)	s (µg/l)	VK (%)	SWA (%)
Ost	Blut	15	150	58	159	5,8	3,6	+ 6,0
West	Blut	15	150	107	160	8,8	5,5	+ 6,7
Ost/West	Blut	15	150	165	160	7,9	4,9	+ 6,7

Anmerkungen:

BG = Bestimmungsgrenze; n = Anzahl der Kontrollmessungen; AM = arithmetisches Mittel; s = Standardabweichung;

VK(%) = Variationskoeffizient in % = $100\% \cdot (s / \bar{X})$; SWA(%) = Sollwertabweichung in % = $100\% \cdot (\bar{X} - \text{Sollwert}) / \text{Sollwert}$

Die Ergebnisse der internen Qualitätskontrolle sind in der Tabelle 4.1 für den Umwelt-Survey-West 1990/91 und den Umwelt-Survey-Ost 1991/92 sowohl getrennt als auch zusammengefaßt dargestellt. Gemessen an den Variationskoeffizienten und den Sollwertabweichungen ist das Ergebnis der Qualitätskontrolle als sehr zufriedenstellend zu bewerten.

Da native zertifizierte Standardmaterialien in einem den jeweiligen tatsächlichen Proben gleichenden Konzentrationsbereich zum Zeitpunkt der Studie noch nicht zur Verfügung standen, wurden weitere interne Laborkontrollen (native Blute von Institutsangehörigen) laufend mit analysiert.

Darüber hinaus wurde regelmäßig an Ringversuchen zu externen Qualitätskontrollen gemäß der Technischen Regel 410 für Gefahrstoffe (TRGS 410) der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. teilgenommen. Jeweils in den Jahren 1991 und 1993 erfolgte die Vergabe des Zertifikates für die Bestimmung von Blei im Blut. 1992 wurden keine Ringversuche durchgeführt. Die Abweichungen vom Sollwert des Ringversuchsmaterials lagen in einem Bereich von weniger als 10 %, was als gut zu bewerten ist.

Um die Vergleichbarkeit der Daten des Umwelt-Surveys-West 1990/91 mit denen des Umwelt-Surveys-Ost 1991/92 zu prüfen, wurden Wiederholungsmessungen durchgeführt. Für jeden Survey wurde eine zufällige

Teilstichprobe von 200 vorhandenen Blutproben ausgewählt, wobei die Anteile der Geschlechter und 5 Altersklassen in der Grundpopulation und der Raucheranteil in der Gesamtstichprobe berücksichtigt wurden.

Dabei zeigte sich, daß ein Vergleich der in den alten und neuen Bundesländern analysierten Bleigehalte uneingeschränkt möglich ist, da sich keine Unterschiede zwischen Erst- und Kontrollmessung ergeben haben. Daher besteht aus analytischer Sicht kein Hinderungsgrund, die Daten im Rahmen einer multivariaten Zusammenhangsanalyse gemeinsam auszuwerten.

Unterschiede ergaben sich allerdings für die Erst- und Zweitmessung der Proben des Umwelt-Surveys 1985/86. Diese dürften auf meßanalytische Veränderungen für den Zeitraum zwischen 1985 und 1993 (Jahr der Kontrollmessung) zurückzuführen sein. Blei wurde 1985 noch mit der Delves-Cup Methode bestimmt. Da sich zwischen den Wertepaaren der Meßreihen ein hoher Korrelationskoeffizient von rund 0,9 ergab, wurden die im Jahre 1985 gemessenen Werte entsprechen korrigiert (Krause et al. 1996a). Da diese Korrektur nur die Höhe der gemessenen Gehalte betrifft, spricht auch hier nichts gegen einen Vergleich der Ergebnisse der multivariaten Zusammenhangsanalysen.

Die **Kopfhaarproben** wurden zunächst einer Plasmaveraschung unterzogen und dann mit Hilfe der ICP-MS (Gerät Fisons PQ 2+) untersucht. Die Bestimmungsgrenze betrug 0,1 µg/g. Um die analysierten Bleigehalte bei kleinen Einwaagen nicht zu überschätzen, wurden Proben mit einer Einwaage von weniger als 45 mg nicht in die Auswertung einbezogen.

Die Analysen erfolgten für die Proben aus den alten Bundesländern im Zeitraum von 1991 bis 1993 und für die neuen Bundesländer zwischen 1992 und 1994. Externe Qualitätskontrollen wurden nicht durchgeführt, da es für Haare keine Ringversuche nach TRGS 410 gibt. Interne Qualitätskontrollen erfolgten während des gesamten Untersuchungszeitraumes. Es wurde ein Standard des Shanghai Institute of Nuclear Research Academia Sinica (GBW 09101) benutzt. Bei einem Sollgehalt von 7,2 µg/g wurde Blei mit einer Sollwertabweichung von 6,9 % und einem Variationskoeffizienten von 9,1 % bestimmt. Darüber hinaus kamen nicht zertifizierte Woll-Standards und interne Laborstandards zum Einsatz.

Die **Staubproben** wurden nach Säureaufschluß (Aurand und Hoffmeister 1980) mit der AAS-Grahitrohrtechnik (Gerät Perkin-Elmer PE 5000) analysiert. Die Bestimmungsgrenze betrug 0,2 µg/l. Für den Bleiniederschlag in Wohnräumen ergab sich somit eine transformierte Bestimmungsgrenze (Bestimmungsgrenze / (Fläche des Staubsammelbeckers · minimale Standdauer)) von 0,001 µg/(m² · Tag).

Die Qualitätskontrolle wurde mit NBS Standard Referenzmaterial 1648 (Urban Particulate Matter) durchgeführt. Bei einem Sollgehalt von 6550 µg Blei/g Sammelstaubprobe wurde eine Sollwertabweichung von 3,3 % und ein Variationskoeffizient von 5,3 % bestimmt.

5 Statistische Methoden

5.1 Überblick über die Vorgehensweise

Mit multivariaten Zusammenhangsanalysen sollen die wichtigsten Expositionsquellen und -bedingungen identifiziert, ihre Bedeutung und Stärke bestimmt und ihre Wirkung quantifiziert werden. Als Verfahren wurden multiple Regressionsanalysen eingesetzt, mit denen in Regressionsmodellen die Effekte von Einflußfaktoren (Prädiktoren) auf den Bleigehalt im Blut, im Kopfhaar oder im Hausstaub (Staubsaugerbeutel, Staubsammelbecher) geschätzt werden. Hinreichende Modellgüte vorausgesetzt, kann mit den Modellgleichungen vorhergesagt werden, welche Bleibelastung für eine Person mit bekannten Expositionsbedingungen oder welcher Bleigehalt im Hausstaub bei bekannten Umgebungsbedingungen im Mittel zu erwarten ist.

Weil für Kinder und Erwachsene möglicherweise unterschiedliche Expositionsbedingungen von Bedeutung sind, werden getrennte Regressionsmodelle gebildet. Da in den alten und in den neuen Bundesländern zum Teil unterschiedliche Einflußfaktoren wirksam sein könnten, werden separate Modelle für ostdeutsche und westdeutsche Probanden ermittelt. Sollten sich diese Modelle nur unwesentlich unterscheiden, wird ein gemeinsames Modell für alle Probanden generiert, in dem auch das Merkmal alte/neue Länder berücksichtigt wird.

Es ist zu beachten, daß die Regressionsmodelle nur für die betrachteten Altersjahrgänge des Umwelt-Surveys gültig sind. Sie sollten nicht benutzt werden, um die Bleibelastungen von 0- bis 5jährigen, 15- bis 24jährigen oder 70jährigen und älteren Personen zu schätzen.

Um zu untersuchen, ob und wie sich die Bedeutung und das Zusammenwirken der Prädiktoren von 1985/86 bis 1990/91 verändert hat, sollen die Regressionsmodelle des Umwelt-Surveys 1985/86 mit denen des Umwelt-Surveys 1990/91 (alte Bundesländer) verglichen werden. Bei einer Analyse des zeitlichen Trends ist man allerdings auf diejenigen potentiellen Prädiktoren beschränkt, die in beiden Surveys erfaßt bzw. gemessen wurden.

5.2 Die Prädiktorvariablen

Als Prädiktoren oder Prädiktorvariablen werden in multivariaten Analysen die Einflußfaktoren bezeichnet, deren Effekt für eine bestimmte Zielgröße, hier die Bleibelastung, mit dem Modell geschätzt wird. Alle potentiellen Prädiktoren sind im Anhang 13.9 kurz beschrieben. Im Anhang 13.2 bis 13.8 sind statistische Kennwerte angegeben, die die in den Modellen enthaltenen Prädiktoren näher charakterisieren.

Für wesentliche stetige Variable wurde versucht, durch einfache Transformationen Modellverbesserungen zu erreichen. Dies soll im Folgenden an einigen wichtigen Variablen exemplarisch verdeutlicht werden.

Ordinale Variablen wurden - wenn möglich - metrisiert. Bei der Frage nach der Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein wurden die Antwortvorgaben 'nie', 'maximal einmal im Monat', '2-3mal im Monat', 'einmal in der Woche', 'mehrmals in der Woche' und 'fast täglich' umgerechnet in die geschätzten Häufigkeiten des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein pro Monat. Durch diese Transformation ist eine bessere quantitative Abschätzung der Exposition bei Verwendung einer einzigen Variablen zur Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein möglich. Analog wurde mit den Kategorien der Häufigkeit des Konsums von Bier verfahren.

Bei kategorialen Variablen mit mehr als 2 Ausprägungen wurde eine Dummymodierung durchgeführt (z.B. Bortz 1993). Vereinfacht gesagt heißt das, daß eine Variable in mehrere zweistufige Variablen zerlegt wurde. Zum Beispiel wurden aus der Frage nach Blei am Arbeitsplatz mit den Antwortvorgaben 'nie' - 'gelegentlich' - 'häufig' - 'sehr häufig' 2 Variablen: eine Variable mit den Ausprägungen nie oder gelegentlich/häufig/sehr häufig und eine weitere Variable mit den Ausprägungen nie/gelegentlich oder häufig/sehr häufig.

Bei manchen Prädiktoren wurden Transformationen geprüft und schließlich diejenige verwendet, die das Modell für alle Probanden am deutlichsten verbesserte oder die überhaupt erst dazu führte, daß die betreffende Variable in das Modell aufgenommen wurde. Beispielsweise war der Zusammenhang zwischen dem logarithmierten Bleigehalt im Blut und dem Bleiniederschlag in der Außenluft sehr schwach. Nach logarithmischer Transformation des Bleiniederschlags in der Außenluft war der Zusammenhang wesentlich deutlicher.

Aus der Literatur sind keine Studien bekannt, die auf Wechselwirkungen zwischen mehreren Faktoren, die den Bleigehalt bestimmen, hindeuten (vgl. Kap. 3). Somit ergibt sich beim hypothesengeleiteten Vorgehen kein Ansatzpunkt für das Testen von Interaktionseffekten in den Regressionsanalysen. Es wurden allerdings versuchsweise Wechselwirkungsterme gebildet, welche die unterschiedlichen Wirkungen eines Prädiktors in den alten und neuen Ländern beinhalteten, was aber zu keiner Verbesserung der Modelle führte.

5.3 Die Kriteriumsvariablen

Als Kriterium, Kriteriumsvariable oder Zielvariable wird in den multivariaten Analysen die untersuchte Schadstoffbelastung bezeichnet, hier also die Bleigehalte im Blut, im Haar und im Hausstaub.

Meßwerte unter der Bestimmungsgrenze wurden jeweils mit der halben Bestimmungsgrenze berücksichtigt.

In den Bänden Ia (Krause et al. 1996a), Ib (Krause et al. 1996b) und VI (Friedrich et al. 1997) sind die statistischen Kennwerte der Kriteriumsvariablen für die hier interessierenden Teilkollektive tabelliert sowie

die Meßwerteverteilungen grafisch dargestellt. Die Form der Verteilungen ist stark linksschief. Aus theoretischer Sicht (Ott 1990) und aufgrund von durchgeführten statistischen Tests können für Kriteriumsvariablen Lognormalverteilungen angenommen werden. Durch Logarithmieren läßt sich die Verteilung der Schadstoffkonzentrationen in eine Normalverteilung überführen. Da die umfassende Anwendung der multiplen Regressionsanalysen eine normalverteilte Kriteriumsvariable voraussetzt, ist eine solche Transformation unumgänglich.

5.4 Das Regressionsmodell

Die hier verwendete multiple lineare Regressionsanalyse ist das gebräuchlichste Verfahren einer multivariaten Zusammenhangsanalyse für eine stetige Kriteriumsvariable. Die in der Literatur berichteten Studien verwendeten für multivariate Auswertungen meist ebenfalls dieses Verfahren (Kap. 6.4 und 7.4).

Die multiple lineare Regressionsanalyse geht von einem additiven Vorhersagemodell aus, in dem die unbekannten Parameter durch Minimierung der Fehlerquadrat-Summen bestimmt werden. Da die Normalverteilung des Kriteriums vorausgesetzt wird, werden die Analysen mit den logarithmierten Bleigehalten durchgeführt.

Für die logarithmierten Kriteriumswerte $\ln(y)$ gilt folgende Regressionsgleichung:

$$\ln(y) = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_m \cdot x_m.$$

wobei b_0 die Regressionskonstante und $b_1 \dots b_m$ die Regressionskoeffizienten für die m Prädiktoren x_1 bis x_m bezeichnen, die grob vereinfacht die Grundbelastung und die Wirksamkeit der Prädiktoren für das logarithmierte Kriterium widerspiegeln.

Da das Ziel der Analysen kein Modell für die logarithmierten, sondern die ursprünglichen Bleigehalte ist, wird die Regressionsgleichung durch Exponentieren umgeformt:

$$y = \exp(b_0) \cdot \exp(b_1)^{x_1} \cdot \exp(b_2)^{x_2} \cdot \dots \cdot \exp(b_m)^{x_m}.$$

Das additive Modell für logarithmierte Bleigehalte wird dadurch zu einem multiplikativen Modell für die originalen Bleigehalte.

In dieser multiplikativen Form ist das Regressionsmodell besonders für relative (prozentuale) Aussagen über die Wirkung einer Zu- oder Abnahme von Expositionen auf die Schadstoffbelastung geeignet. Der Regressionskoeffizient $\exp(b_i)$ gibt an, mit welchem Faktor der Kriteriumswert zu multiplizieren ist, wenn sich Prädiktor x_i um eine Einheit erhöht, oder wie hier: um wieviel Prozent sich die korporale oder häusliche Bleibelastung erhöht, wenn die Expositionskomponente (Prädiktor x_i) um eine Einheit zunimmt.

5.5 Die Modellbildung

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

Da bei der Modellbildung aus z.T. inhaltlich recht ähnlichen Prädiktorvariablen eine Auswahl getroffen werden mußte, wurde eine schrittweise Regression durchgeführt (SPSS-Prozedur 'stepwise' mit den voreingestellten Parametern PIN=0,05 und POUT=0,10).

Bei der sukzessiven Modellentwicklung wurde wie folgt vorgegangen. Zuerst wurden für die alten Länder und für die neuen Länder separate Modelle gebildet:

Mit der stepwise-Prozedur identifizierte SPSS die bedeutsamen Einflußfaktoren. Dann wurden im Sinne eines hypothesengeleiteten Vorgehens diejenigen schwachen Prädiktoren herausgenommen, deren Wirkung unplausibel oder nicht zu interpretieren war. Ein erneuter Rechengang zeigte, wie stabil das Modell war, wie sich die Parameter der Prädiktoren änderten, vor allem welche Prädiktoren an die Stelle der eliminierten traten. Der Vergleich beider Modelle konnte auch suppressive Effekte erkennbar machen. Zugunsten der inhaltlichen Plausibilität und leichten Interpretierbarkeit wurde auch ein geringer Verlust an Varianzaufklärung von 1 bis 2 % in Kauf genommen. Auf diese Weise wurden ein Modell für die alten Bundesländer und ein Modell für die neuen Bundesländer mit im Wesentlichen gut interpretierbaren, stabilen Prädiktoren gebildet.

Im nächsten Schritt wurden Modellmodifikationen zur Vereinheitlichung durchgeführt. Ein Prädiktor, der in beiden Landesteilen unterschiedlich war, wurde im jeweils anderen Modell noch einmal erprobt oder durch einen inhaltlich ähnlichen ersetzt - vorausgesetzt die Varianzaufklärungsrate sank dabei nicht deutlich. Sofern für die alten und die neuen Länder sehr ähnliche Modelle gebildet werden konnten, wurde ein gemeinsames Modell für alle Probanden gesucht, wobei analog vorgegangen wurde.

Die gebildeten Modelle wurden auf Verletzungen der Verfahrensvoraussetzungen untersucht. Im Rahmen einer Residualanalyse wurden die Annahmen der Normalverteilung und der Unabhängigkeit der Fehlerterme geprüft. Außerdem wurde geringe Multikollinearität der Prädiktoren sichergestellt.

5.6 Kennwerte für die Güte eines Regressionsmodells

Zur Bewertung der Güte eines Regressionsmodells werden hier folgende inhaltliche und praktische Gesichtspunkte beachtet: Das Modell soll sparsam, stabil und einfach zu handhaben sein und nur plausible, leicht interpretierbare Prädiktoren enthalten. Auch der Umweltmediziner sollte die Prädiktoren möglichst in seiner Praxis erfassen und das Modell für seine potentiell bleibbelasteten Patienten anwenden können.

Folgende statistische Kennwerte zur Beurteilung der Güte eines Regressionsmodells werden berechnet:

- Die multiple Korrelation R : Das ist die Korrelation der auf der Grundlage des Regressionsmodells geschätzten Kriteriumswerte mit den tatsächlichen Kriteriumswerten.
- Das multiple Bestimmtheitsmaß R^2 : Berechnet als Quadrat der multiplen Korrelation gibt das multiple Bestimmtheitsmaß an, welcher Anteil der Varianz der Kriteriumswerte durch die Prädiktoren aufgeklärt oder erklärt wird.
- Das adjustierte oder korrigierte Bestimmtheitsmaß: Es korrigiert die unter bestimmten Bedingungen entstehenden überhöhten Varianzaufklärungsraten. Diese Korrektur wirkt umso stärker, je größer die Prädiktorenzahl im Verhältnis zum Stichprobenumfang ist. In dieser Studie ist die Fallzahl so hoch und die Prädiktorenzahl so niedrig, daß sich die Korrektur nicht nennenswert auswirkt.
- Die Signifikanz der multiplen Korrelation kann - analog zur bivariaten Korrelation - getestet werden. Eine nicht signifikante multiple Korrelation muß als zufallsbedingt angesehen werden, ihre Parameter dürfen nicht interpretiert werden. Da alle hier berichteten multiplen Korrelationen auf dem 5%-Niveau signifikant sind, wird darauf im Folgenden nicht mehr eingegangen.

Entscheidend für die Bewertung eines Regressionsmodells ist das Bestimmtheitsmaß. Die Interpretation eines Modells, das weniger als 20 % der Varianz der Kriteriumswerte aufklärt, ist in mancher Hinsicht problematisch. In einem solchen Fall sind offenbar wichtige Einflußgrößen entweder gar nicht im Modell enthalten oder zwar im Modell enthalten, aber nicht in zufriedenstellender Weise operationalisiert, so daß sie nur wenig zur Varianzaufklärung beitragen. Bei einem derartigen Modell können zwar die bedeutsamen Prädiktoren interpretiert werden, aber es sollte darauf verzichtet werden, auf der Basis einer Modellgleichung, die mehr als 80 % der Varianz des Kriteriums unerklärt läßt, Kriteriumswerte zu schätzen bzw. vorherzusagen.

5.7 Kennwerte der Prädiktoren

Folgende statistische Kennwerte zur Bedeutung und zur Wirkung eines Prädiktors in einem Regressionsmodell werden angegeben:

- Signifikanz des Prädiktors: Ein Signifikanztest prüft, ob der Prädiktor in der Grundgesamtheit einen von Null abweichenden Regressionskoeffizienten hat, also statistisch bedeutsam ist. Alle Prädiktoren, über die im Folgenden berichtet wird, sind - wenn nichts anderes angemerkt wird - auf dem 0,05%-Niveau signifikant.

- Schätzung des Regressionskoeffizienten für das multiplikative Modell mit Konfidenzintervall: Der Schätzwert stellt eine Punktschätzung des Regressionskoeffizienten in der Grundgesamtheit dar und sollte zusammen mit seinem 95%-Konfidenzintervall betrachtet werden, dem Bereich, in dem der Regressionskoeffizient mit 95 % Wahrscheinlichkeit liegt. Je breiter das Konfidenzintervall ist, desto ungenauer ist die Schätzung des Parameters.
- Der standardisierte Regressionsparameter β (genauer: der Standardpartialregressionskoeffizient für das lineare Modell mit logarithmierten Kriteriumswerten): Er kann zum Vergleich der Wirksamkeit verschiedener Prädiktoren verwendet werden. Er verändert sich bei Änderung der Maßeinheit des Prädiktors nicht. Außerdem wird er zur Berechnung des Varianzbeitrages des Prädiktors herangezogen.
- Die bivariate Korrelation r des Prädiktors mit dem Kriterium.
- Der Varianzanteil des Prädiktors, auch Varianzkomponente, Varianzbeitrag oder Effekt des Prädiktors genannt: Er gibt an, welchen Anteil der Kriteriumsvarianz im Regressionsmodell durch den Prädiktor erklärt wird. Dieser wird rechnerisch als Produkt $\beta \cdot r$ bestimmt und sollte in der Regel mindestens 0,01 bzw. 1 % betragen. Die Summe der Varianzkomponenten für alle Prädiktoren des Modells ergibt R^2 , also den insgesamt durch das Modell aufgeklärten Anteil der Kriteriumsvarianz.
- Die Partialkorrelation des Prädiktors mit dem Kriterium: Sie gibt die Korrelation des Prädiktors mit dem Kriterium an, nachdem alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren aus diesem Prädiktor und dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden.
- Die Korrelationen des Prädiktors mit den anderen Prädiktoren: Diese müssen betrachtet werden, um eine Verletzung der Verfahrensvoraussetzung geringer Multikollinearität zu erkennen.

In ein Regressionsmodell aufgenommen werden alle signifikanten Prädiktoren, die in wenigstens einem Modell (Alte/Neue Bundesländer) mindestens 1 % zur Aufklärung der Kriteriumsvarianz beitragen. Diese werden im Folgenden als **Prädiktoren mit bedeutsamen Effekten** oder **bedeutsame Prädiktoren** bezeichnet. Am Rande werden noch inhaltlich interessante 'Prädiktoren mit kleinen Effekten' erwähnt. Das sind ebenfalls signifikante Prädiktoren, die aber nur 0,2 % bis unter 1 % der Kriteriumsvarianz im Regressionsmodell erklären.

Bei der Interpretation der Prädiktoren ist folgendes zu beachten: Auch wenn multivariate Zusammenhangsanalysen durchgeführt wurden und ein Regressionsmodell mit varianzstarken, stabilen und plausiblen Prädiktoren gefunden wird, ist nicht sicher, daß jeder dieser Prädiktoren ursächlich das Kriterium (hier: den Bleigehalt) bestimmt.

5.8 Stichprobe und Regressionsanalyse

Die statistische Modellbildung erfolgt mit ungewichteten Daten, da die multivariaten Zusammenhänge sonst nicht exakt quantifiziert werden und Verzerrungen der Effekte des Modells auftreten können. Bei der deskriptiven Datenauswertung dagegen wurden durch Personengewichte geringe Disproportionen in der Stichprobe im Vergleich zur Bevölkerung ausgeglichen. Erfahrungsgemäß ist die Zusammenhangsstruktur äußerst robust gegenüber derartigen Disproportionen, so daß die entwickelten Modelle für die Allgemeinbevölkerung Gültigkeit haben. Darüber hinaus wird auch die Bedeutung der Wichtungsmerkmale (Alter, Geschlecht, Gemeindegrößenklasse) in den Regressionsanalysen erfaßt, da diese Merkmale als Prädiktoren eingesetzt werden.

In die multiplen Regressionsanalysen werden nur Personen mit vollständigen Datensätzen einbezogen, also Personen, von denen jeder Prädiktor bekannt ist. Die Stichproben, die den Regressionsanalysen zugrunde liegen, weichen allerdings nur unwesentlich von den untersuchten Stichproben ab, so daß eine Verzerrung der Ergebnisse nicht zu befürchten ist.

Wichtige Einflußgrößen, die in der Stichprobe sehr selten vorkommen, sind im Regressionsmodell häufig instabil. Daher werden Expositionen, die zwar einen starken Effekt haben, aber nur bei wenigen Personen aus der Allgemeinbevölkerung wirken (z.B. Expositionen am Arbeitsplatz), in den hier generierten Modellen möglicherweise nicht erscheinen.

6 Blei im Blut

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der multivariaten Zusammenhangsanalysen für die Bleigehalte im Blut behandelt. Es werden Regressionsmodelle für die Erwachsenen, die Erwachsenen in den alten Ländern, die Erwachsenen in den neuen Ländern (jeweils 25 bis 69 Jahre) und für die Kinder der neuen Länder (6 bis 14 Jahre) des Umwelt-Surveys 1990/92 vorgestellt. Die aufgeklärte Varianz R^2 der Modelle, die für alle Kinder des Umwelt-Surveys bzw. für die Kinder in den alten Bundesländern resultierten, liegt unter 10 %. Das bedeutet, daß weniger als 10 % der Varianz der Bleigehalte im Blut für diese Gruppen durch die in die Analyse einbezogenen Variablen (vgl. Anhang 13.9) erklärt werden kann. Deshalb wird auf die Angabe eines Vorhersagemodells für den Bleigehalt im Blut der 6- bis 14jährigen deutschen Kinder sowie der 6- bis 14jährigen Kinder der alten Bundesländer verzichtet. Dennoch werden Ergebnisse dieser Untersuchungen dargestellt (Kap. 6.2.1). Einen Überblick über die Varianzkomponenten gibt Abbildung 6.1.

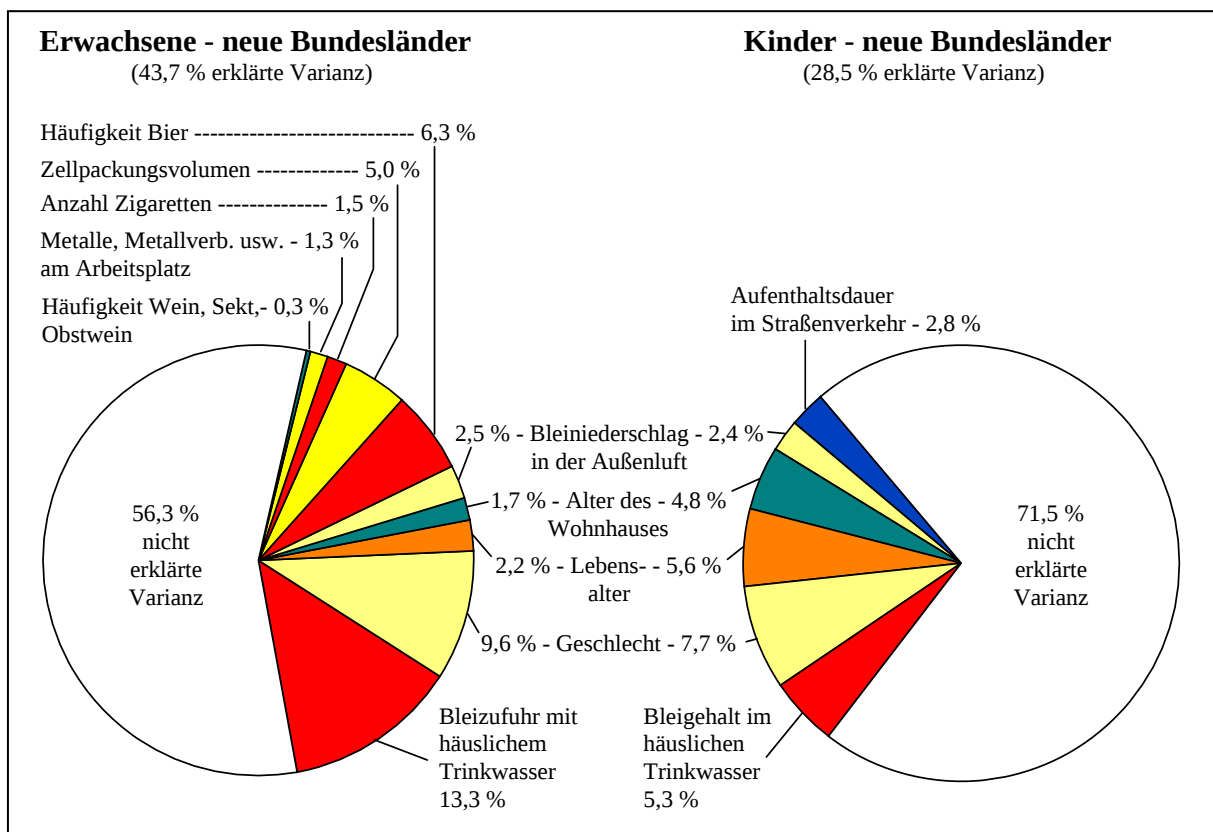


Abb. 6.1: Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Blut von Erwachsenen und Kindern der neuen Bundesländer, Vergleich der Varianzkomponenten

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

6.1 Regressionsanalysen, Erwachsene

Im Folgenden werden die hypothesengeleitet (vgl. Kap. 3.1) gebildeten Regressionsmodelle für die Blei-gehalte im Blut der Erwachsenen des Umwelt-Surveys 1990/92 dargestellt. Diese Modelle werden für die logarithmierten Blei-gehalte im Blut hergeleitet, da diese eher der Annahme einer Normalverteilung genügen (Kap. 5.3, 5.4, Abb. 6.2).

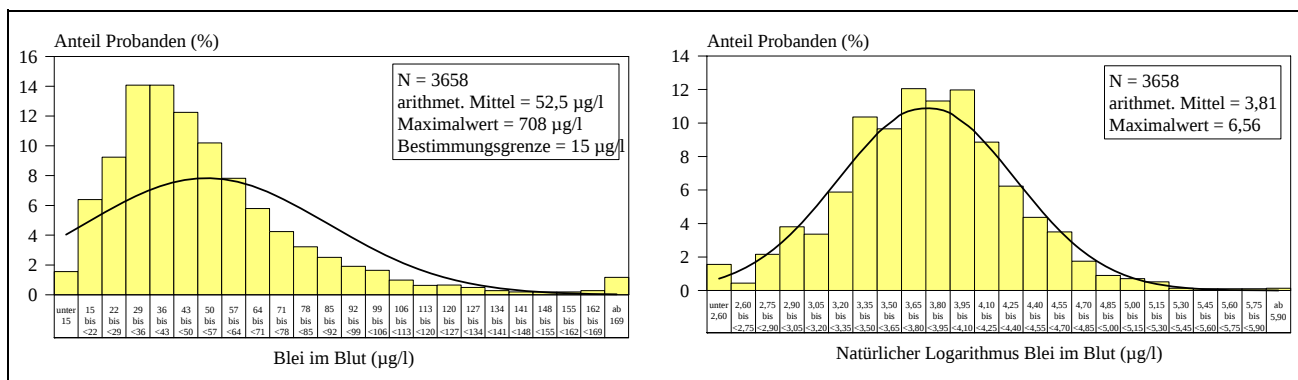


Abb. 6.2: Verteilung der Blei-gehalte im Blut sowie der logarithmierten Gehalte der 25- bis 69jährigen Erwachsenen für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe

Anmerkung: Die Abbildungen enthalten die Normalverteilungen, deren Erwartungswerte bzw. Varianzen aus den entsprechenden arithmetischen Mittelwerten bzw. Standardabweichungen der Stichproben geschätzt wurden.

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

Die Festlegung der Prädiktoren erfolgte unter dem Gesichtspunkt einer maximalen Varianzaufklärung. Die schließlich in den Modellen enthaltenen Prädiktoren sind in der Tabelle 6.1 angegeben. Alle geprüften Variablen sind im Anhang 13.9 aufgeführt.

Im Rahmen der deskriptiven Auswertungen der Daten des Umwelt-Surveys gab es signifikante Gliederungsmerkmale, die bei der multivariaten Auswertung jedoch keinen Zusammenhang mehr mit den gemessenen Bleigehalten im Blut zeigten.

Die "Gemeindegrößenklasse", welche bei der deskriptiven Auswertung für den Bereich der alten Bundesländer ein signifikantes Gliederungsmerkmal darstellte, ist in den multiplen Regressionsmodellen nicht signifikant. Es ist anzunehmen, daß der Effekt einer höheren Bleibelastung in urbanisierten Räumen besser durch den Bleiniederschlag in der Außenluft abgebildet wird. Außerdem korreliert das Alter des Wohnhauses mit der Gemeindegrößenklasse.

Die für die deskriptiven Auswertung herangezogenen Gliederungsmerkmale "Schulabschluß" (nur in den neuen Bundesländern signifikant) und "Berufstätigkeit" (nur in den alten Bundesländern signifikant) zeigen ebenfalls in den multiplen Regressionsmodellen keinen Zusammenhang mit den Bleigehalten im Blut. Auf

die vielfältigen Möglichkeiten der Wirkung von Störgrößen wurde bei der deskriptiven Auswertung bereits hingewiesen (Krause et al. 1996a).

Auch die bivariat signifikanten Merkmale "Täglicher Aufenthalt in motorisierten Fahrzeugen" und "Häufigkeit des Konsums von Milchprodukten" waren multivariat nicht mehr signifikant.

Tab. 6.1: Prädiktoren der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen

<i>Benötigte Variablen:</i>	
v_1	Geschlecht (Frauen = 0, Männer = 1)
v_2	Tägliche Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g}/\text{Tag}$)
v_3	Häufigkeit des Konsums von Bier (pro Monat)
v_4	Zellpackungsvolumen (%)
v_5	Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (pro Monat)
v_6	durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (mit Filter, ohne Filter, selbstgedreht), Zigarren, Zigarillos, Stumpen und Pfeifen
v_7	Lebensalter (Jahre)
v_8	Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)
Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz des berufstätigen Probanden (0 = nie, gelegentlich oder selten, 1 = häufig, sehr häufig oder immer)	
v_{10}	Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses (Jahre)
<i>Prädiktoren:</i>	
$x_1 = v_1$	Geschlecht (Frauen = 0, Männer = 1)
$x_2 = \sqrt{v_2}$	Quadratwurzel der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g}/\text{Tag}$)
$x_3 = \ln(1 + v_3)$	Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier (pro Monat)
$x_4 = v_4 - 25$	Zellpackungsvolumen (in % abzüglich 25 %, dem minimalen Zellpackungsvolumen der Stichprobe)
$x_5 = v_5$	Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (pro Monat)
durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (mit Filter, ohne Filter, selbstgedreht), Zigarren, Zigarillos, Stumpen und Pfeifen	
$x_7 = v_7 - 25$	Lebensjahre über 25 (Jahre)
$x_8 = \ln(v_8)$	Logarithmus des Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)
$x_9 = v_9$	Vorhandenseins von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz des berufstätigen Probanden (0 = nie, gelegentlich oder selten, 1 = häufig, sehr häufig oder immer)
$x_{10} = v_{10}$	Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses (Jahre)

Die wichtigsten Kennwerte der Modelle sind in den Tabellen 6.2 und 6.3 angegeben. Im Anhang findet sich die Tabelle zu den Interkorrelationen (Tab. 13.2.2) aller Variablen sowie zusätzliche Kennwerte der Regressionsmodelle, die eher für den statistisch versierten Leser interessant sind (Tab. 13.2.3, 13.2.4 und 13.2.5).

6.1.1 Varianzkomponenten der Regressionsmodelle

Mit 9 der in Tabelle 6.1 angegebenen Prädiktoren lassen sich 33,0 % der Varianz der Bleigehalte im Blut erklären. Bei getrennt berechneten Regressionsmodellen für die alten und neuen Bundesländer ergeben sich mit 8 bzw. 10 Prädiktoren Varianzaufklärungsraten von 27,0 bzw. 43,7 % (Tab. 6.2).

Tab. 6.2: Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen

Prädiktor	Deutschland			Alte Bundesländer			Neue Bundesländer		
	N = 3658			N = 2197			N = 1459		
	Aufgeklärte Varianz: 33,0 % Adjustierte Varianz: 32,9 %			Aufgeklärte Varianz: 27,0 % Adjustierte Varianz: 26,8 %			Aufgeklärte Varianz: 43,7 % Adjustierte Varianz: 43,4 %		
	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Geschlecht	0,163	0,381	6,2	0,121	0,336	4,1	0,216	0,447	9,6
Quadratw. d. tägl. Blei zufuhr mit häusl. Trinkw.	0,229	0,260	6,0	nicht signifikant			0,328	0,405	13,3
Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier	0,163	0,347	5,7	0,157	0,299	4,7	0,154	0,410	6,3
Zellpackungsvolumen über 25 %	0,150	0,350	5,3	0,172	0,336	5,8	0,134	0,374	5,0
Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein	0,194	0,184	3,6	0,258	0,264	6,8	0,077	0,039	0,3
täglich gerauchte Zigarettenzahl	0,131	0,176	2,3	0,154	0,184	2,8	0,086	0,173	1,5
Lebensjahre über 25	0,147	0,130	1,9	0,134	0,114	1,5	0,146	0,153	2,2
Logarithmus d. Bleinieder schlags in der Außenluft	0,090	0,134	1,2	0,070	0,080	0,6	0,115	0,220	2,5
Metalle, Metallverb., Eisen od. Stahl am Arbeitsplatz	0,064	0,145	0,9	0,062	0,116	0,7	0,071	0,186	1,3
Alter des Wohnhauses	nicht signifikant			nicht signifikant			0,100	0,165	1,7

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; β = standardisierter Regressionskoeffizient (Maß für die Wirkung des Prädiktors im Modell); r = Pearson'scher Korrelationskoeffizient zwischen Prädiktor und Kriterium; $\beta \cdot r \cdot 100 \%$ = dem Prädiktor zuzuordnender Anteil der Varianz des Kriteriums (Summe über alle Prädiktoren ergibt die durch das Modell aufgeklärte Varianz)

Die getrennt berechneten multiplen Regressionsmodelle für die Erwachsenen der alten und neuen Länder weisen einige Unterschiede auf, weshalb sie separat angegeben werden. Zunächst ist die Varianzaufklärung in den neuen Ländern um über 16 % höher als in den alten Ländern. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, daß durch die tägliche **Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser** (x_2) allein 13,3 % der Gesamtvarianz erklärt werden können (Tab. 6.2), während diese Variable im Modell für die Erwachsenen der alten Bundesländer keine Rolle spielt. Eine weitere Variable, die nur in den neuen Bundesländern signifikant ist, ist das **Alter des Wohnhauses** (x_{10}). Durch das Alter des Wohnhauses wird im Modell für die neuen Länder 1,7 % der Varianz der Blutbleigehalte erklärt.

Einen bedeutenden Anteil der Varianz der Bleigehalte im Blut kann durch die Variablen **Geschlecht** (x_1) und **Zellpackungsvolumen** (x_4) erklärt werden. Dieser beträgt 11,5 % (9,9 % in den alten bzw. 14,6 % in den neuen Bundesländern).

Durch die **Häufigkeit des Konsums von Bier** (x_3) werden 5,7 % und durch die **Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein** 3,6 % Varianz aufgeklärt. Dabei ist der Anteil an aufgeklärter Varianz im Modell für den Bleigehalt im Blut durch die Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein in den alten Bundesländern mit 6,8 % gegenüber den neuen Bundesländern mit 0,3 % deutlich höher. Für die Häufigkeit des Konsums von Bier ist das Verhältnis umgekehrt, aber nicht so deutlich wie beim Wein.

Schließlich tragen die **durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten** mit 2,3 % (alte Länder: 2,8 %, neue Länder: 1,5 %), das **Lebensalter** mit 1,9 % (alte Länder: 1,5 %, neue Länder: 2,2 %), der **Bleiniederschlag in der Außenluft** (Bergerhoff-Gerät) mit 1,2 % (alte Länder: 0,6 %, neue Länder: 2,5 %) und **Metalle, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz** des berufstätigen Probanden mit 0,9 % (alte Länder: 0,7 %, neue Länder: 1,3 %) zur Varianzaufklärung des Modells bei (Tab. 6.2).

Eine Kreuzvalidierung ergab, daß die Modelle eine sehr gute Stabilität aufweisen. Lediglich in den Teilmodellen für die alten bzw. neuen Bundesländer sind die schwächeren Prädiktoren nicht mehr durchgängig signifikant. Das sind die Prädiktoren "Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz" in den Modellen für die alten bzw. die neuen Bundesländer und "Bleiniederschlag in der Außenluft" im Modell für die alten Bundesländer (zur Erläuterung des Verfahrens und der Resultate vgl. Anhang 13.2, Tab. 13.2.6, 13.2.7 und 13.2.8).

In der Regel bewegt sich auch in anderen Studien die erreichte Varianzaufklärung der Modelle in einem Bereich von maximal 20 bis 30 %, so z.B. bei Untersuchungen an der Schweizer Allgemeinbevölkerung (Wietlisbach et al. 1995, Probst-Hensch et al. 1993), an der italienischen Allgemeinbevölkerung (Morisi et al. 1992) und auch bei Untersuchungen aus der Bundesrepublik (Hense et al. 1992, Brockhaus et al. 1983).

Die Varianzaufklärung ist entscheidend davon abhängig, wie die den Prädiktoren zugrunde liegenden Informationen zur Beschreibung des Expositionspfades ermittelt worden sind. Einige der Studien liefern dazu interessante Anregungen.

In den USA wurde aufgrund der ermittelten Daten zum Bleigehalt im Blut von ca. 8500 Personen im Alter von 6 Monaten bis 74 Jahre (NHANES-Kollektiv) eine multivariate Auswertung durchgeführt. Da dort u.a. wegen der auf das Lebensalter bezogenen lückenlosen Erfassung der Bevölkerung Prädiktoren wie Erwachsener (< 18 Jahre, ja/nein), Kind (< 6 Jahre, ja/nein), Jugendlicher (6 bis 18 Jahre, ja/nein) zusätzlich zum Lebensalter in das Modell eingingen, wurde eine Varianzaufklärung von 34 % erzielt (Arnetz und Nicolich 1990).

Fawcett et al. (1996) definierten Risikokategorien für eine Exposition am Arbeitsplatz und in der Freizeit, indem sie gezielt bestimmte genau definierte Tätigkeiten, die mit einer Bleiexposition in Verbindung stehen könnten, für den Zeitraum des vorangegangenen Jahres abfragten (Kfz-Arbeiten, Metallarbeiten, Batteriereparaturen, Malerarbeiten). In dem resultierenden Modell (29 % Varianzaufklärung) erwiesen sich diese Prädiktoren neben dem Geschlecht und dem Rauchverhalten als die wesentlichsten. Allerdings ist in diesem Modell der Alkoholkonsum nicht enthalten.

In vielen Modellen gelingt es trotz unterschiedlichster Herangehensweisen nicht, den Pfad der inhalativen, durch Immissionen bedingten, Bleiaufnahme deutlich zu beschreiben. Ansätze wie die Beschreibung des Urbanisierungsgrades, der Nähe zum Straßenverkehr usw. führen häufig nicht zu einer Berücksichtigung im Modell. Bei Fawcett et al. (1996) und Liou et al. (1994) waren der Abstand zu einer Hauptverkehrsstraße, bei Hense et al. (1992) die ländliche Wohnumgebung (ja/nein) und bei Morisi et al. (1992) die täglich im Kfz verbrachte Zeit signifikante Prädiktoren im multivariaten Modell.

6.1.2 Modellgleichungen

Die Parameter der Regressionsgleichungen sind in der Tabelle 6.3 angegeben. Ihre inhaltliche Bedeutung wird weiter unten bei der Beschreibung der einzelnen Prädiktoren erläutert.

Tab. 6.3: Die Parameter der Modellgleichungen für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen

Prädiktor	Deutschland		Alte Bundesländer		Neue Bundesländer	
	exp(b _i)	95 % CI	exp(b _i)	95 % CI	exp(b _i)	95 % CI
Geschlecht	1,196	19,6 (14,7 bis 24,6)	1,138	13,8 (8,0 bis 19,9)	1,280	28,0 (19,5 bis 37,2)
Quadratw. d. tägl. Blei zufuhr mit häusl. Trinkw.	1,049	4,9 (4,3 bis 5,5)	nicht signifikant		1,049	4,9 (4,3 bis 5,5)
Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier	1,075	7,5 (6,0 bis 9,1)	1,074	7,4 (5,4 bis 9,4)	1,070	7,0 (4,6 bis 9,4)
Zellpackungsvolumen über 25 %	1,024	2,4 (1,8 bis 2,9)	1,025	2,5 (1,9 bis 3,2)	1,023	2,3 (1,5 bis 3,2)
Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein	1,022	2,2 (1,9 bis 2,5)	1,025	2,5 (2,2 bis 2,9)	1,011	1,1 (0,6 bis 1,7)
täglich gerauchte Zigarettenzahl	1,008	0,8 (0,6 bis 1,0)	1,008	0,8 (0,6 bis 1,0)	1,007	0,7 (0,3 bis 1,0)
Lebensjahre über 25	1,007	0,7 (0,5 bis 0,8)	1,006	0,6 (0,4 bis 0,7)	1,007	0,7 (0,5 bis 0,9)
Logarithmus d. Bleinieder- schlags in der Außenluft	1,063	6,3 (4,4 bis 8,3)	1,048	4,8 (2,3 bis 7,3)	1,088	8,8 (5,6 bis 12,0)
Metalle, Metallverb., Eisen od. Stahl am Arbeitsplatz	1,101	10,1 (5,5 bis 14,9)	1,098	9,8 (3,8 bis 16,2)	1,113	11,3 (4,4 bis 18,5)
Alter des Wohnhauses	nicht signifikant		nicht signifikant		1,001	0,1 (0,1 bis 0,2)
Konstante	15,446		16,994		13,550	

Anmerkungen: exp(b_i) = Parameter des multiplikativen Modells (b_i: Regressionkoeffizient des Prädiktors x_i);
95 % CI = Relative Veränderung des Bleigehalts im Blut in % bei Zunahme des Prädiktors um eine Einheit
mit 95 %-Konfidenzintervall

Will man auf der Grundlage dieser Modelle den Bleigehalt im Blut eines 25- bis 69jährigen Erwachsenen (y) (Maßeinheit µg/l) vorhersagen oder schätzen, so sind die folgenden multiplikativen Modellgleichungen zu benutzen:

Deutschland:

$$y = 15,446 \cdot 1,196^{x_1} \cdot 1,049^{x_2} \cdot 1,075^{x_3} \cdot 1,024^{x_4} \cdot 1,022^{x_5} \cdot 1,008^{x_6} \cdot 1,007^{x_7} \cdot 1,063^{x_8} \cdot 1,101^{x_9}$$

Alte Bundesländer:

$$y = 16,994 \cdot 1,138^{x_1} \cdot 1,074^{x_3} \cdot 1,025^{x_4} \cdot 1,025^{x_5} \cdot 1,008^{x_6} \cdot 1,006^{x_7} \cdot 1,048^{x_8} \cdot 1,098^{x_9}$$

Neue Bundesländer:

$$y = 13,550 \cdot 1,280^{x_1} \cdot 1,049^{x_2} \cdot 1,070^{x_3} \cdot 1,023^{x_4} \cdot 1,011^{x_5} \cdot 1,007^{x_6} \cdot 1,007^{x_7} \cdot 1,088^{x_8} \cdot 1,113^{x_9} \cdot 1,001^{x_{10}}$$

Für den Praktiker wird die Berechnung derart geschätzter Werte an zwei bezüglich der Prädiktoren extremen - aber trotzdem realistischen - Beispielen demonstriert. Die Beispiele verdeutlichen das Zusammenwirken der Prädiktoren exemplarisch im gesamtdeutschen Modell.

Beispiele für auf der Grundlage des gesamtdeutschen Modells geschätzte Bleigehalte im Blut von Erwachsenen:

Person A: ist männlich ($x_1 = 1$),
nimmt 10 µg Blei pro Tag mit dem häuslichen Trinkwasser auf ($x_2 = \sqrt{10} = 3,162$),
trinkt 14mal pro Monat Bier ($x_3 = \ln(1+14) = 2,708$),
hat ein Zellpackungsvolumen von 45 % ($x_4 = 45-25 = 20$),
trinkt 14mal pro Monat Wein, Sekt oder Obstwein ($x_5 = 14$),
raucht durchschnittlich täglich 20 Zigaretten ($x_6 = 20$),
ist 65 Jahre alt ($x_7 = 65-25 = 40$),
hat in seiner Wohnumgebung einen gemessenen Bleiniederschlagswert in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) von 100 µg/(m² · Tag) ($x_8 = \ln(100) = 4,605$),
findet häufig Metalle, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz vor ($x_9 = 1$).

Geschätzter Bleigehalt im Blut (y):

$$y = 15,446 \cdot 1,196^1 \cdot 1,049^{3,162} \cdot 1,075^{2,708} \cdot 1,024^{20} \cdot 1,022^{14} \cdot 1,008^{20} \cdot 1,007^{40} \cdot 1,063^{4,605} \cdot 1,101^1$$

$$y = 15,446 \cdot 1,196 \cdot 1,164 \cdot 1,218 \cdot 1,594 \cdot 1,354 \cdot 1,172 \cdot 1,296 \cdot 1,327 \cdot 1,101$$

$$y = 125,4 \text{ µg/l}$$

Person B: ist weiblich ($x_1 = 0$),
nimmt 0,1 µg Blei pro Tag mit dem häuslichen Trinkwasser auf ($x_2 = \sqrt{0,1} = 0,316$),
trinkt kein Bier ($x_3 = \ln(1+0) = 0$),
hat ein Zellpackungsvolumen von 40 % ($x_4 = 45-40 = 5$),
trinkt keinen Wein, Sekt oder Obstwein ($x_5 = 0$),
raucht nicht ($x_6 = 0$),
ist 25 Jahre alt ($x_7 = 25-25 = 0$),
hat in ihrer Wohnumgebung einen gemessenen Bleiniederschlagswert in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) von 10 µg/(m² · Tag) ($x_8 = \ln(10) = 2,303$),
findet selten Metalle, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz vor ($x_9 = 0$).

Geschätzter Bleigehalt im Blut (y):

$$y = 15,446 \cdot 1,196^0 \cdot 1,049^{0,316} \cdot 1,075^0 \cdot 1,024^5 \cdot 1,022^0 \cdot 1,008^0 \cdot 1,007^0 \cdot 1,063^{2,303} \cdot 1,101^0$$

$$y = 15,446 \cdot 1,000 \cdot 1,015 \cdot 1,000 \cdot 1,124 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,152 \cdot 1,000$$

$$y = 20,3 \text{ µg/l}$$

6.1.3 Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle

Die Aussagen in diesem Kapitel beziehen sich stets auf das gesamtdeutsche Modell, wenn nicht explizit die Gültigkeit für die alten bzw. neuen Bundesländer angegeben ist. Zur besseren Interpretation kann es sinnvoll sein, die im Kapitel 6.1.2 angegebenen multiplikativen Modelle so umzuformen, daß sie die originalen Variablen enthalten. Insbesondere verändert sich die multiplikative Konstante des Modells durch die Normierung der Variablen v_4 (Zellpackungsvolumen) und v_7 (Lebensalter). So erhält man z.B. aus dem gesamtdeutschen Modell

$$y = 7,334 \cdot 1,196^{v_1} \cdot 1,049^{\text{sqrt}(v_2)} \cdot (1+v_3)^{0,073} \cdot 1,024^{v_4} \cdot 1,022^{v_5} \cdot 1,008^{v_6} \cdot 1,007^{v_7} \cdot v_8^{0,061} \cdot 1,101^{v_9}$$

Analoge Umformungen können für die Modelle der alten bzw. neuen Bundesländer vorgenommen werden.

Geschlecht, Zellpackungsvolumen

Männer haben nach dem Modell um 19,6 % (95%-Konfidenzintervall: 14,7 % bis 24,6 %) höhere Bleigehalte im Blut als Frauen. In den alten Bundesländern ist dieser Wert mit 13,8 % deutlich niedriger als in den neuen Bundesländern mit 28 % (Tab. 6.3).

Das Regressionsmodell besagt weiterhin, daß ein im Mittel um 2,4 % (alte Länder: 2,5 %; neue Länder: 2,3 %) höherer Bleigehalt im Blut geschätzt wird, wenn ein um 1 % höheres Zellpackungsvolumen vorliegt. Mit 95%iger Wahrscheinlichkeit liegt die Erhöhung des Bleigehaltes im Blut im Bereich von 1,8 % und 2,9 %, wie das Konfidenzintervall des Regressionsparameters angibt (Tab. 6.3).

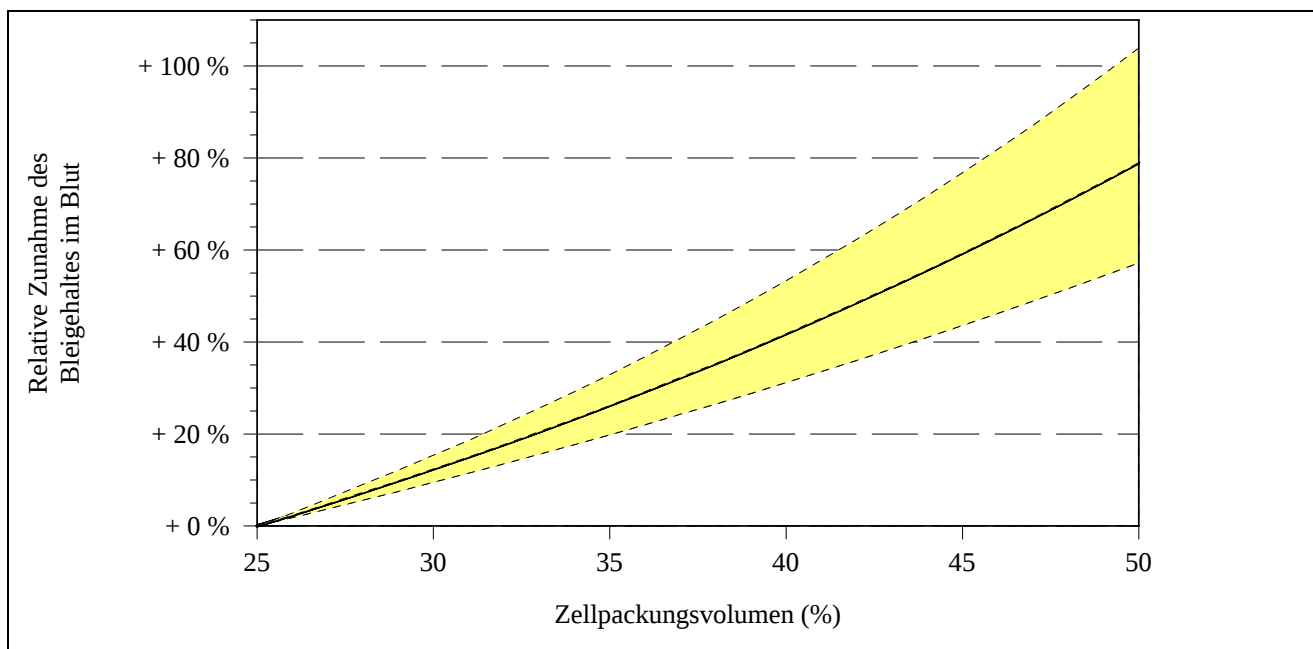


Abb. 6.3: Effekt des Zellpackungsvolumens im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Blut auf das 1,5-fache gegenüber dem minimalen Zellpackungsvolumen von 25 % in der Stichprobe bedeuten.

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

In einer Vielzahl aktueller Studien mit ähnlicher Auswertungsstrategie wird der Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem Bleigehalt im Blut bestätigt (Arnetz und Nicolich 1990, Fawcett et al. 1996, Hovinga et al. 1993, Liou et al. 1994, Probst-Hensch et al. 1993, Weyermann und Brenner 1997). Die ursprünglich von einigen Untersuchern geäußerte Vermutung, dass ein höherer Bleigehalt im Blut der Männer durch ihren höheren Hämoglobingehalt im Blut bedingt sei, läßt sich aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden und anderer Studien so nicht mehr oder nur noch bedingt aufrecht erhalten, da zum einen eine Normierung des Bleigehaltes auf den Hämoglobingehalt den geschlechtsbedingten Unterschied nicht eliminiert (Grandjean et al. 1992) und zum anderen in multivariaten Auswertungen neben dem Geschlecht Parameter, die die Bindungskapazität des Blutes für Blei beschreiben, wie der Hämatokritwert (Arnetz und Nicolich 1990) oder das Zellpackungsvolumen (Hense et al. 1992), einen eigenständigen Beitrag zur Varianzaufklärung lieferten.

Die Ergebnisse einiger Studien, in denen wegen vermuteter unterschiedlicher geschlechtsspezifischer Metabolisierung oder unterschiedlicher Expositionsbedingungen für Männer und Frauen getrennte multivariate Auswertungen durchgeführt wurden (Berode et al. 1991, Elinder et al. 1983, Hense et al. 1992, Wietlisbach et al. 1995), können Hinweise auf mögliche zusätzliche Confounder geben. In den Auswertungen von Berode et al. (1991) war z.B. die Arbeitsplatzbelastung (abgefragt als berufliche Stellung) nur bei den Männern der Schweizer Allgemeinbevölkerung ein signifikanter Prädiktor, während nur bei den Frauen die Gemeindegrößenklasse einen signifikanten Beitrag zur Gesamtvarianzaufklärung lieferte. Bei den von Hense et al. (1992) veröffentlichten Ergebnissen zu Bleigehalten im Blut der süddeutschen Allgemeinbevölkerung war die ländliche Wohnumgebung ein stärkerer Prädiktor bei den Frauen.

Wein, Sekt, Obstwein, Bier

Die Variablen zum Alkoholkonsum sind weitere signifikante Prädiktoren im multiplen Regressionsmodell. Bei Erhöhung der Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein pro Monat um 1, erhöht sich der Bleigehalt im Blut um 2,2 % (95%-Konfidentintervall: 1,9 % bis 2,5 %). Bei gleichartigem häufigeren Konsum von Wein, Sekt, Obstwein pro Monat erhöht sich der Bleigehalt im Blut in den alten Bundesländern um 2,5 % und in den neuen Bundesländern lediglich um 1,1 % (Tab. 6.3, Abb. 6.4).

Für die Häufigkeit des Trinkens von Bier ist der Effekt im Mittel geringer als für die Häufigkeit des Weinkonsums und nimmt mit zunehmender Häufigkeit wegen der logarithmischen Transformation dieser Variablen ab (Abb. 6.4). Berücksichtigt man allerdings die unterschiedlichen Häufigkeiten des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (Mittelwert ca. 3mal pro Monat) und Bier (Mittelwert ca. 8mal pro Monat), so liegen die tatsächlichen Effekte in der gleichen Größenordnung.

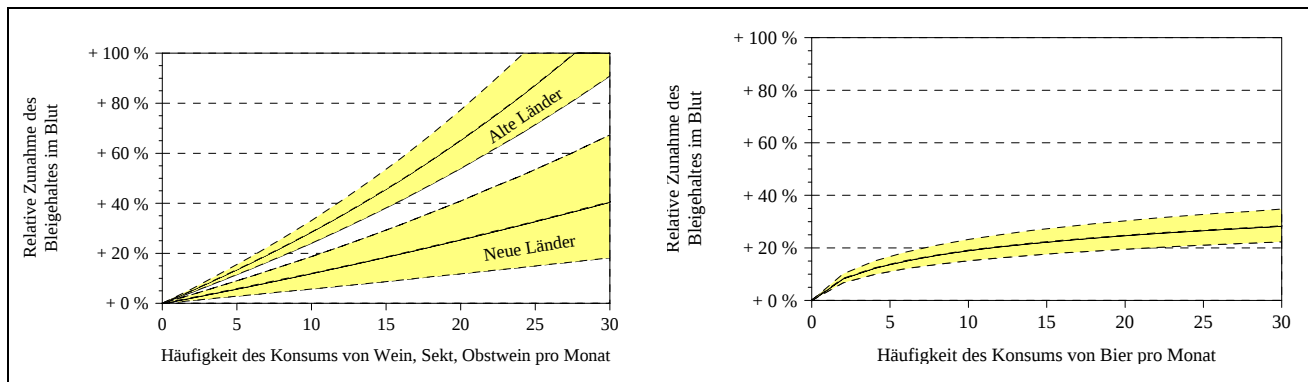


Abb. 6.4: Effekt der Häufigkeit des Trinkens von Wein, Sekt, Obstwein in den Regressionsmodellen für Erwachsene der alten und neuen Bundesländer bzw. der Häufigkeit des Trinkens von Bier im Regressionsmodell für Erwachsenen (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde „+ 50 %“ eine Erhöhung des Bleigehaltes im Blut auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Der Einfluß des Konsums von Alkohol erwies sich in nahezu allen vorliegenden multivariaten Auswertungen, in denen er berücksichtigt wurde, als ein signifikanter Prädiktor für den Bleigehalt im Blut. Wie in der vorliegenden Auswertung war der Alkoholkonsum dann meist ein Prädiktor mit sehr deutlichem Effekt. Dies gilt unabhängig von der Art der Abfrage, so für die Frage nach dem Alkoholkonsum am Tage vor der Blutprobenahme (Berode et al. 1991, Wietlisbach et al. 1995), der Kategorisierung der Häufigkeiten (Probst-Hensch et al. 1993), der Häufigkeit in einem Zeitraum (Hovinga et al. 1993) oder der berechneten Alkoholzufuhr in g reinem Alkohol pro Tag (Elinder et al. 1983, Morisi et al. 1992).

Eine Reihe von Studien beschäftigten sich gezielt mit dem Einfluß des Alkoholkonsums auf den Bleigehalt im Blut (Dally et al. 1989, Newton et al. 1992, Reina et al. 1990). Dennoch ist die Interpretation bis heute nicht eindeutig. Ein Erklärungsansatz könnte ein möglicherweise erhöhter Stoffwechsel bzw. eine Wirkung des Alkohols auf den Bleimetabolismus sein (Grasmik et al. 1985, Maranelli et al. 1990). Einige Autoren diskutieren aber auch die Möglichkeit einer erhöhten Bleizufuhr durch den Bleigehalt in Wein und Bier (Grandjean et al. 1981, Hense et al. 1992, Krause et al. 1996a, Morisi et al. 1992, Probst-Hensch et al. 1993, Weyermann und Brener 1997).

Ein im Vergleich zum Weinkonsum geringerer Einfluß des Bierkonsums hat sich in anderen Untersuchungen ergeben (Dally et al. 1989, Hense et al. 1992, Schumacher et al. 1993, Wietlisbach et al. 1995). Für die Bundesrepublik ist davon auszugehen, daß in Bier ein geringerer Bleigehalt vorliegt als in Wein (Müller und Weigert 1990) und die vorkommenden Gehalte durchaus die Ursache für den mit steigendem Alkoholkonsum steigenden Bleigehalt im Blut sein können.

Hinzuweisen ist darauf, daß in der vorliegenden Auswertung die Angabe der Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein bzw. Bier den Einfluß des Alkoholkonsums auf den Bleigehalt im Blut deutlicher abbildet als die konsumierten Volumina oder die daraus berechnete Zufuhr reinen Alkohols, beides Merkmale, die sich bei bivariater Auswertung als signifikant erwiesen hatten (Krause et al. 1996a).

Tägliche Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser

Wie bereits in Kapitel 6.1 festgestellt, ist die tägliche Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser nur im Modell für die neuen Bundesländer signifikant. Da die tägliche Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser als konkave Funktion (Quadratwurzel) in das Regressionsmodell eingeht, nimmt der Effekt in Abhängigkeit von der absoluten Höhe der täglichen Bleizufuhr ab. Bei einer Zunahme der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser von 0 $\mu\text{g}/\text{Tag}$ auf 1 $\mu\text{g}/\text{Tag}$ ergibt sich nach dem multiplen Regressionsmodell für die Erwachsenen der neuen Bundesländer ein um 4,9 % höherer Bleigehalt im Blut (95%-Konfidenzintervall: 4,3 % bis 5,5 %, Tab. 6.3). Bei einer Zunahme der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser von 10 $\mu\text{g}/\text{Tag}$ auf 11 $\mu\text{g}/\text{Tag}$ erhöht sich der Bleigehalt im Blut dagegen nur um 0,8 %.

Die tägliche Bleizufuhr mit dem Trinkwasser lieferte einen höheren Beitrag an der Varianzaufklärung als die Merkmale "Bleigehalt im Trinkwasser" oder "Ausschließliche oder teilweise Verwendung von Blei als Material für die im Wohnhaus installierten Wasserrohre".

Die zur Ermittlung der täglichen Bleizufuhr nötige Abschätzung des konsumierten Trinkwasservolumens erfolgte über die Frage nach dem täglich entnommenen Trinkwasservolumen im Haushalt für diverse Anwendungsformen (Kaffee, Tee, Saft aus Konzentrat, Suppen und Leitungswasser pur). Dieses Volumen wurde auf der individuellen Ebene mit dem analysierten Bleigehalt im Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe) multipliziert (Becker et al. 1997).

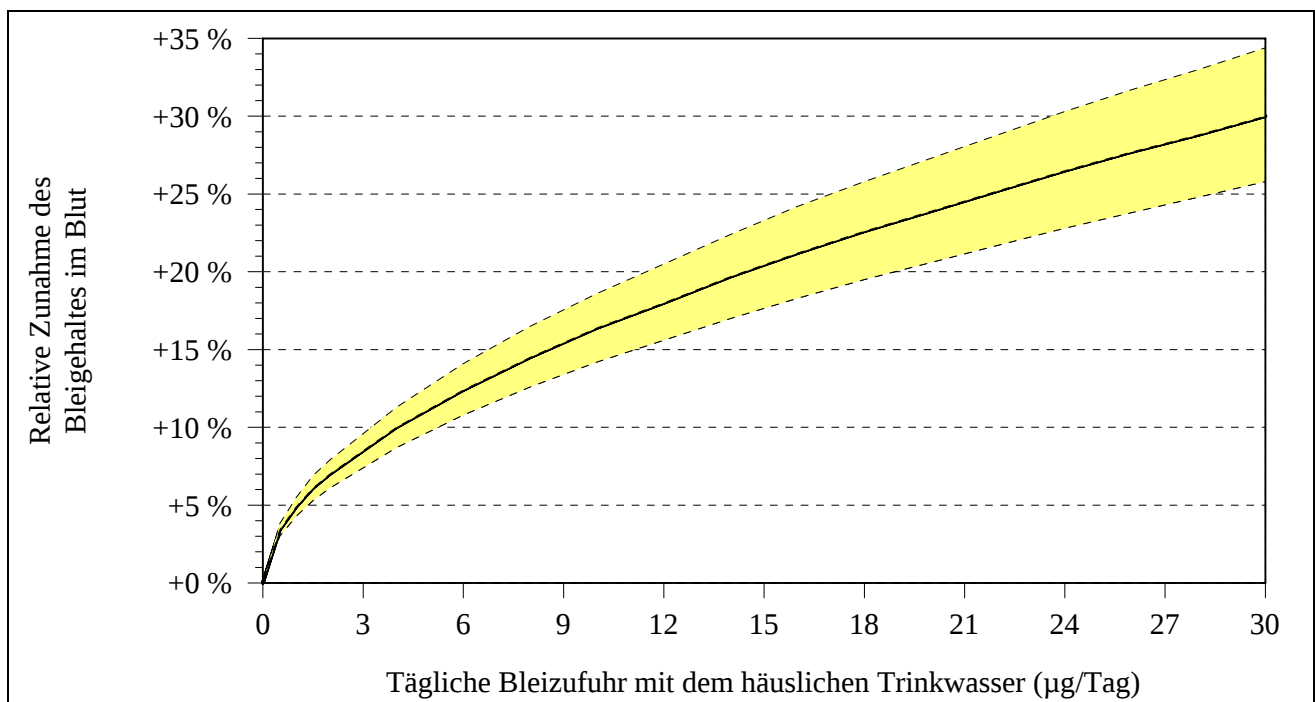


Abb. 6.5: Effekt der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Blut auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Die unterschiedliche Bedeutung der Bleizufuhr mit dem Trinkwasser bzw. der gemessenen Bleigehalte im häuslichen Trinkwasser in den alten und neuen Bundesländern könnte damit erklärt werden, daß diese Gehalte in den neuen Bundesländern stärker variieren und im Mittel sowie in den Extremwerten zum Zeitpunkt der Studie deutlich über denen der alten Bundesländer lagen. Damit verbunden sind wesentlich höhere Bleiaufnahmen mit dem häuslichen Trinkwasser in den neuen Ländern gegenüber den alten Ländern (Median: 1,1 µg/Tag zu 0,6 µg/Tag; 98. Perzentil: 195,2 µg/Tag zu 12,1 µg/Tag (Becker et al. 1997).

In internationalen Studien zur Bleibelastung der Allgemeinbevölkerung wird das Trinkwasser bzw. dessen Bleigehalt in der Regel nicht berücksichtigt. Wie gezeigt, ist in der Bundesrepublik, vor allem in den neuen Bundesländern, jedoch eine Exposition mit Blei über den Trinkwasserpfad möglich. Besonders in Altbauten der Großstädte sind auch heute noch Bleileitungen zur häuslichen Trinkwasserversorgung vorhanden. Nach nächtlicher Stagnation können Trinkwasserproben Bleigehalte aufweisen, die den Grenzwert der TrinkwasserVO von 40 µg/l weit überschreiten. Im Rahmen der Untersuchungen des Umwelt-Surveys 1990/92 wurden z.B. bei 0,8 % der Bevölkerung der alten Bundesländer und bei 7,7 % der Bevölkerung der neuen Bundesländer Überschreitungen des derzeit gültigen Grenzwertes von 40 µg/l nach nächtlicher Stagnation festgestellt (Becker et al. 1997).

Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten

Mit jeder täglich gerauchten Zigarette erhöht sich der Bleigehalt im Blut um 0,8 % bei einem Konfidenzintervall von 0,6 % bis 1,0 % (Tab. 6.3). Die Effekte in den alten und neuen Bundesländern unterscheiden sich nicht.

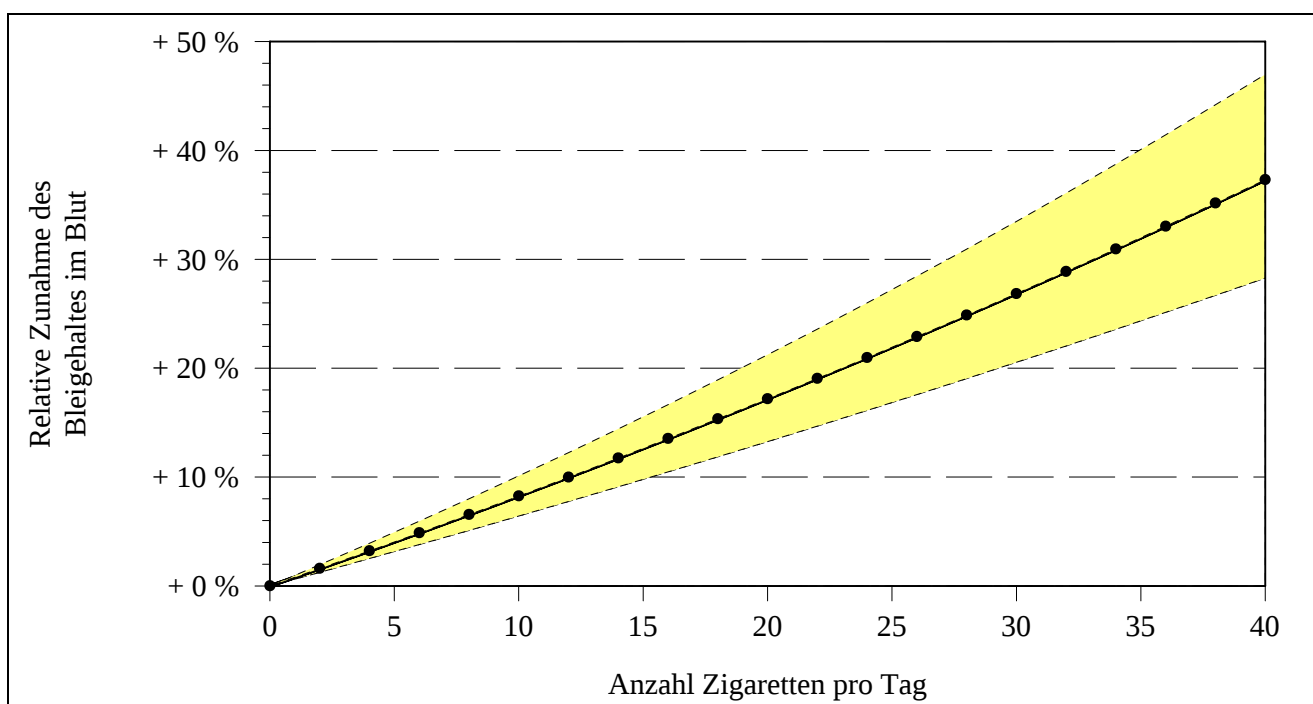


Abb. 6.6: Effekt der Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Blut auf das 1,5-fache bedeuten.

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

In verschiedenen multivariaten Vorhersagemodellen war das Rauchverhalten ein eigenständiger Prädiktor (Arnetz und Nicolich 1990, Berode et al. 1991, Brockhaus et al. 1983, Elinder et al. 1983, Fawcett et al. 1996, Grandjean et al. 1992, Hense et al. 1992, Hovinga et al. 1993, Liou et al. 1994, Morisi et al. 1992, Probst-Hensch et al. 1993, Staessen et al. 1992, Weyermann und Brenner 1997, Wietlisbach et al. 1995), unabhängig davon, ob zur Variablengenerierung der aktuelle Rauchstatus, die Zahl der gerauchten Zigaretten oder "pack years" herangezogen wurden.

In der vorliegenden Auswertung ergab sich, daß die Zahl der gerauchten Zigaretten die Exposition durch das Rauchen am besten widerspiegelt, besser als z.B. der aktuelle Rauchstatus. Letzterer war allerdings bei der bivariaten Auswertung ein signifikantes Gliederungsmerkmal.

In der Regel wird von den meisten Autoren der Bleigehalt im Tabak als Ursache für den bei Rauchern höheren Blutbleigehalt angesehen. Probst-Hensch et al. (1993) erscheint diese Erklärung bei einem Bleigehalt in Zigaretten von nur 1 bis 2 µg Blei aber nicht stichhaltig, und sie stellen als weitere Möglichkeit die Aufnahme von Blei über durch Staub kontaminierte Hände gerade bei Rauchern zur Diskussion. Für diese These sprechen auch die Ergebnisse von Weyermann und Brenner (1997), die höhere Bleigehalte im Blut bei Rauchern von selbstgedrehten Zigaretten ebenfalls auf den Hand-zu-Mund-Kontakt zurückführten.

Lebensalter

Mit jedem Lebensjahr erhöht sich der Bleigehalt im Blut um etwa 0,7 %. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt 0,5 % bis 0,8 % (Tab. 6.3). Die Effekte des Lebensalters in den alten und neuen Bundesländern unterscheiden sich nicht wesentlich.

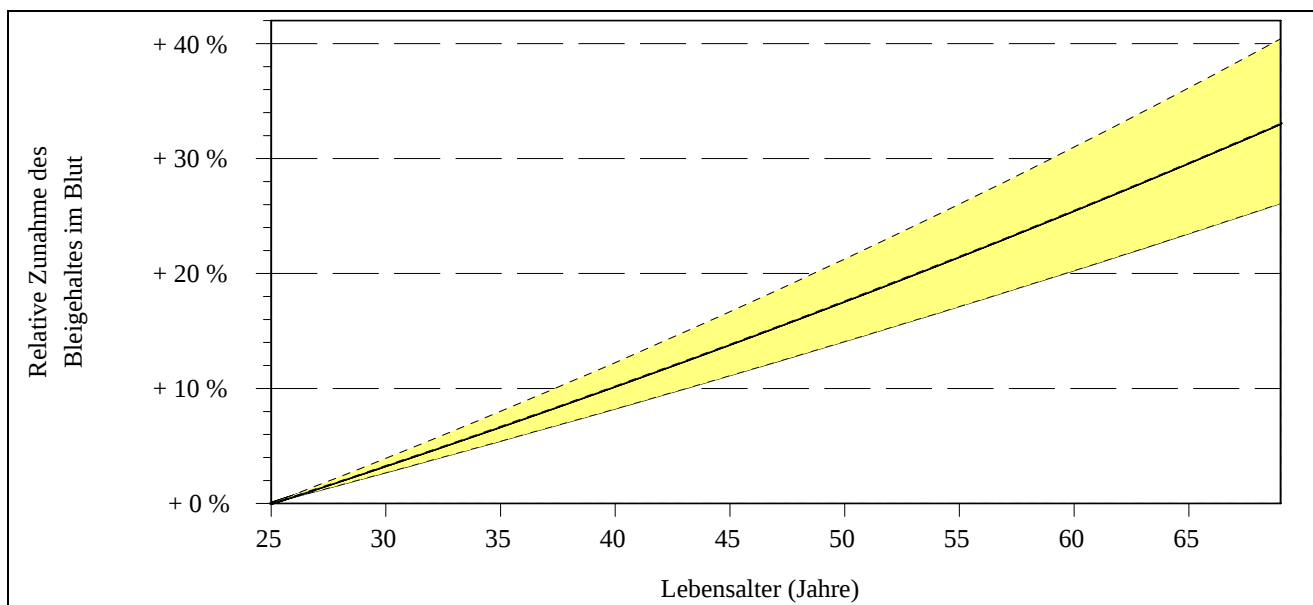


Abb. 6.7: Effekt des Lebensalters im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 20 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Blut auf das 1,2-fache gegenüber dem Bleigehalt im Blut im Alter von 25 Jahren bedeuten.

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

Im Rahmen der deskriptiven Auswertungen des Umwelt-Surveys 1990/92 war ein Maximum der Bleigehalte im Blut von Erwachsenen in der Altersklasse 50 bis 59 Jahre (Krause et al. 1996a) zu beobachten. Ein ebensolcher Effekt ergab sich bei der Auswertung der Daten des Umwelt-Surveys 1985/86 (Bernigau et al. 1993). Im Modell für die Erwachsenen der alten Bundesländer würde sich die Varianzaufklärung um 0,3 % erhöhen, wenn man einen quadratischen Term für das Lebensalter zusätzlich in das Modell aufnimmt. Wegen des einerseits geringen Zuwachses an durch das Modell erklärter Varianz und andererseits der durch Multikollinearität verursachten Instabilität der Parameterschätzungen des Regressionsmodells wurde ein quadratischer Term für das Lebensalter nicht in das multiple Regressionsmodell aufgenommen. In den neuen Bundesländern wäre ein solcher Term nicht signifikant.

Auch in anderen multivariaten Auswertungen von Studien der Allgemeinbevölkerung ging das Alter lediglich linear ein (Arnetz und Nicolich 1990, Berode et al. 1991, Elinder 1983, Hense et al. 1992, Staessen et al. 1992, Wietlisbach et al. 1995), gehört aber meist zu den Prädiktoren mit deutlichen Effekten (1 bis 5 % Varianzaufklärung).

Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)

Da der Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) als konkave Funktion (natürlicher Logarithmus) in das Regressionsmodell eingeht, nimmt der Effekt in Abhängigkeit von der absoluten Menge des Niederschlags ab. Aus der Modellgleichung mit den originalen Variablen ergibt sich, daß eine Verdopplung des Bleiniederschlags in der Außenluft zu einem Multiplikator von $2^{0,061} = 1,043$, d.h. zu einer Erhöhung des Bleigehalts im Blut um 4,3 %, führt. In den alten Bundesländern ergibt sich nach dem Modell bei einer Verdopplung des Bleiniederschlags in der Außenluft ein um 3,3 % und in den neuen Bundesländern ein um 6,0 % höherer Bleigehalt im Blut.

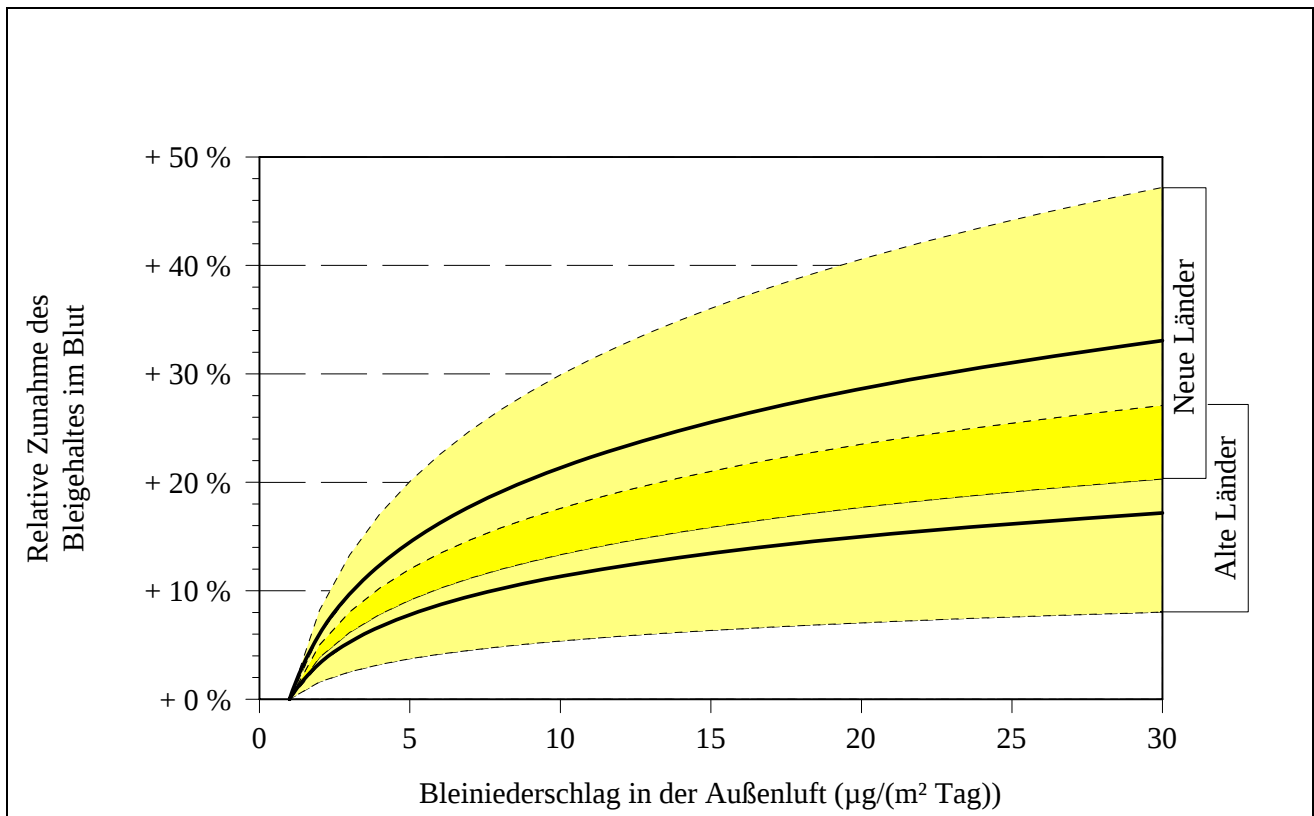


Abb. 6.8: Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) in den Regressionsmodellen für Erwachsene der alten und neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Blut auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Somit erweist sich das Merkmal "Bleiniederschlag an der Außenluft" als der am besten geeignete Prädiktor für das multivariate Modell. Auch auf der bivariaten Ebene hatte sich dieses Merkmal als signifikant erwiesen (Krause et al. 1996a).

Wie in Kapitel 3.1 beschrieben finden sich in vielen großangelegten Studien mit ähnlicher Auswertungsstrategie Hinweise auf immissionsbedingte Einflüsse bzw. Prädiktoren.

Metalle, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl als Arbeitsbedingung

Für Personen, die am Arbeitsplatz Metalle, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl häufig, sehr häufig oder immer vorfinden, wird gegenüber Personen, die diese Stoffe nur selten, gelegentlich oder nie vorfinden, ein um 10,1 % höherer Bleigehalt im Blut gefunden. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt 5,5 % bis 14,9 % (Tab. 6.1.3). Diese Effekte unterscheiden sich in den alten und neuen Bundesländern nicht.

Wie bereits erwähnt, werden in Studien zur Belastung der Allgemeinbevölkerung Probanden mit einer beruflichen Belastung meist von vorn herein ausgeschlossen. Dies war in der vorliegenden Studie nicht der Fall. Einen Kontakt mit Blei am Arbeitsplatz gaben nur wenige Probanden an, so daß es nicht sinnvoll erschien, diese Angaben als Prädiktor in das Modell aufzunehmen. Das Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz trifft hingegen für eine Vielzahl von Probanden zu und ist gemäß der vorliegenden Auswertung ein Indikator für eine berufliche Bleibelastung.

In der Studie von Probst-Hensch et al. (1993) wurde ein anderes Vorgehen gewählt. Die Probanden wurden in zwei Kategorien, mit oder ohne eine wahrscheinliche Bleibelastung, eingeteilt. Mit dieser Vorgehensweise wurde eine Varianzaufklärung von 14,5 % erreicht. In einigen Studien wurde die berufliche Stellung herangezogen. Bei Berode et al. (1991) wiesen Arbeiter gegenüber Angestellten und in der Landwirtschaft tätigen Personen einen höheren Blutbleigehalt auf und bei Morisi et al. (1992) Handarbeiter gegenüber Nichthandarbeitern oder Pensionären. In beiden Fällen lieferten die Prädiktoren einen Varianzbeitrag in den multivariaten Modellen.

Alter des Wohnhauses

Das Alter des zur Zeit bewohnten Hauses ist nur im Modell für die Erwachsenen der neuen Bundesländer ein signifikanter Prädiktor. Ist das gegenwärtig bewohnte Wohnhaus gegenüber einem anderen Wohnhaus um ein Jahr älter, so wird nach dem Modell ein um 0,13 % höherer Bleigehalt im Blut geschätzt. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt 0,08 % bis 0,19 % (Tab. 6.1.3).

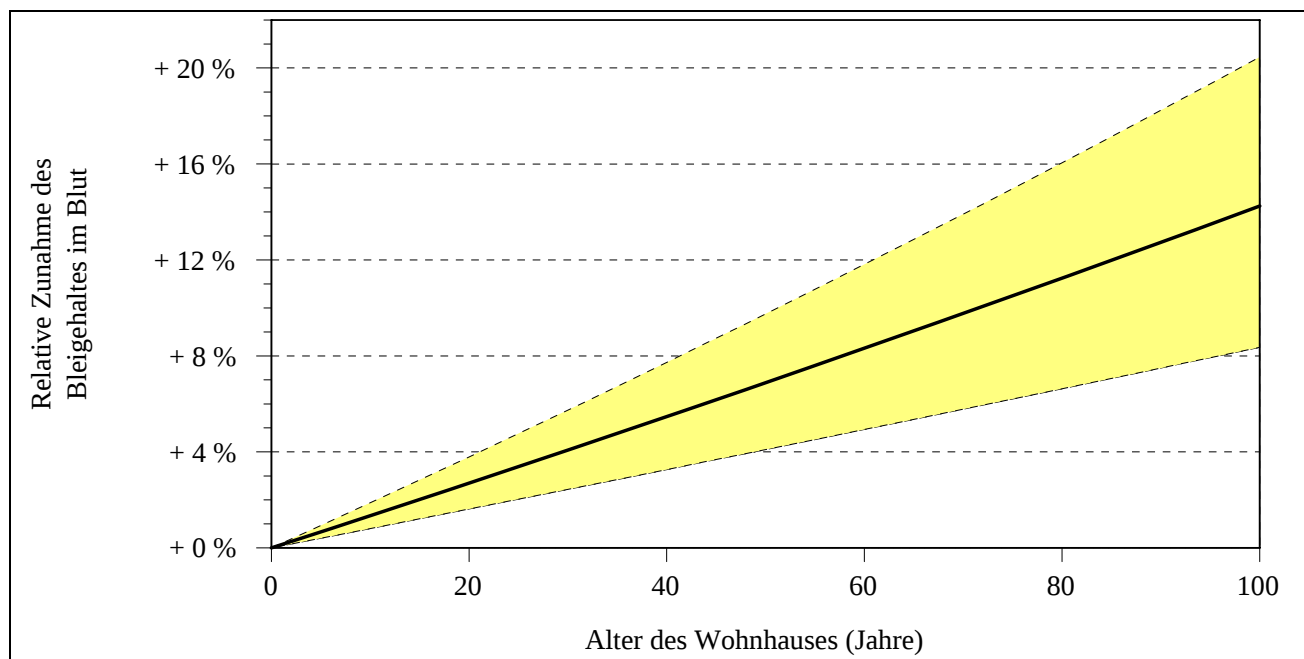


Abb. 6.9: Effekt des Alters des zur Zeit bewohnten Wohnhauses im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 20 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Blut auf das 1,2-fache bedeuten.

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

Der Prädiktor "Alter des Wohnhauses" ist bei der Auswertung der Daten, die in den neuen Bundesländer erhoben wurden, signifikant. Das Alter des Wohnhauses korreliert mit anderen Größen. So sind z.B. in älteren Wohnhäusern noch häufiger Bleileitungen installiert, es werden häufiger Ofenheizungen verwendet oder in ihnen wohnen häufiger ältere Bewohner. Bivariat war bei der ostdeutschen Bevölkerung neben dem Alter des Wohnhauses auch das Vorhandensein einer Ofenheizung ein signifikantes Gliederungsmerkmal zur Beschreibung der korporalen Bleibelastung. Weitere zusätzliche Expositionsquellen in älteren Wohnhäusern sind zu vermuten. Aus den USA wurde in diesem Zusammenhang über bleihaltige Farben, die in Innenräumen verwendet wurden, berichtet (Brody et al. 1994). In den alten Bundesländern ist die Verwendung von Anstrichstoffen, die mehr als 1 % lösliches Blei enthalten, in Innenräumen, die für den Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, seit 1980 verboten (Gefahrstoffverordnung 1986). Über die Anwendungshäufigkeiten und -muster von bleihaltigen Farben- und Anstrichstoffen in den neuen Bundesländern vor 1989 liegen keine zuverlässigen Angaben vor. In älteren Wohnhäusern wurde zudem häufig Schlacke als Deckenfüllmaterial eingesetzt. Dies führt möglicherweise zu einem erhöhten Bleigehalt im Hausstaub (Riehm 1994). Ebenfalls möglich ist ein durch bauliche Mängel (z.B. zugige Fenster) in älteren Häusern bedingter höherer Bleieintrag durch die Außenluft.

Es ist zu vermuten, daß der Prädiktor "Alter des Wohnhauses" eine Vielzahl der genannten oder auch nicht genannter Expositionspfade im multiplen Regressionsmodell beschreibt.

6.1.4 Prädiktoren mit kleinen Effekten

In diesem Kapitel werden Variablen genannt, die bei zusätzlicher Aufnahme in die Modelle für den Bleigehalt im Blut der Erwachsenen signifikante Effekte zeigen ($p < 0,05$). Diese Variablen wurden jedoch nicht in das Modell aufgenommen, da sie nur geringfügig zur Verbesserung der Varianzaufklärung beitragen würden.

Der **Kalziumgehalt im Serum** wäre ein zusätzlicher Prädiktor im Modell mit einer Varianzaufklärungsrate von 0,6 %. Dabei würden für höhere Kalziumgehalte im Serum höhere Bleigehalte im Blut geschätzt. Der Effekt ist in den alten und neuen Bundesländern gleich. Ein ähnliches Ergebnis ergab sich bei der Analyse der Daten des Umwelt-Surveys 1985/86 (Bernigau et al. 1993).

Die **Bevölkerungsdichte der Gemeinde** würde die Varianzaufklärung des multiplen Regressionsmodells in den alten Bundesländern um 0,7 % und in den neuen Bundesländern um 0,6 % erhöhen. Interessant ist dabei, daß die entsprechenden Effekte in den alten und neuen Bundesländern in unterschiedliche Richtung gehen. Deshalb ist die Bevölkerungsdichte in einem gemeinsamen Modell nicht signifikant. In den alten Bundesländern sind mit höherer Bevölkerungsdichte höhere Blutbleigehalte assoziiert und in den neuen Bundesländern sinkt der Bleigehalt im Blut mit steigender Bevölkerungsdichte. Der Zusammenhang zwischen Bleiniederschlag in der Außenluft und der Bevölkerungsdichte ist von gleicher Art.

Durch die **Bebauungsart der Wohnungsbau** könnten in den neuen Bundesländern 0,5 % der Varianz erklärt werden. Bei aufgelockerter Bebauung, Ein-, Zweifamilienhäusern bzw. Villenvierteln wird gegenüber

Blockbebauung mit oder ohne Grün ein höherer Bleigehalt im Blut geschätzt. Die Richtung dieses Effekts erscheint nicht plausibel. In den alten Bundesländern ist die Bebauungsart der Wohnumgebung nicht signifikant.

Für Personen, die angeben, gelegentlich, häufig oder sehr häufig **Blei** an ihrem **Arbeitsplatz** vorzufinden, ist gegenüber Personen, die Blei nie an ihrem Arbeitsplatz vorfinden, ein höherer Bleigehalt im Blut zu erwarten. Bei Aufnahme dieser Variablen in das Modell für die alten Bundesländer würde sich die Varianzaufklärung um 0,2 % erhöhen. In den neuen Bundesländern ist diese Variable nicht signifikant.

Für Personen in den neuen Bundesländern, die häufig, sehr häufig oder immer **innerhalb von Gebäuden arbeiten**, werden gegenüber Personen, die dies nie, gelegentlich oder selten tun, höhere Bleigehalte im Blut gefunden. Die Varianzaufklärung des Modells für die Bleigehalte im Blut in den neuen Bundesländern würde sich bei Hinzunahme einer Variablen zum Arbeitsort innerhalb von Gebäuden um 0,2 % erhöhen. In den alten Bundesländern ist eine solche Variable nicht signifikant.

Ebenfalls nur in den neuen Bundesländern ist eine Variable signifikant, die angibt, ob sich **Betriebe der Eisen- und Stahlindustrie in 3 km Umkreis der Wohnung** befinden. Die Erhöhung der Varianzaufklärung durch das Modell bei Einbeziehung dieser Variablen beträgt 0,2 %. Befinden sich Betriebe der Eisen- und Stahlindustrie in 3 km Umkreis der Wohnung, so werden in den neuen Bundesländern höhere Bleigehalte im Blut geschätzt.

Würde man die Variable "Anzahl Gläser Wein, Sekt in den letzten 24h vor der Probenahme" in das Regressionsmodell für die alten Bundesländer einbeziehen, so würde sich die Varianzaufklärung um 0,1 % erhöhen. Mit steigendem Wein- und Sektkonsum in den letzten 24h vor der Probenahme würden mit dem Modell höhere Blutbleigehalte vorhergesagt. In den neuen Bundesländern ist diese Variable nicht signifikant.

Der Höhe des gemessenen **Bleinniederschlags in der Innenraumluft** würde sowohl in den alten als auch in den neuen Bundesländern die Varianzaufklärungsrate um 0,5 % bis 0,6 % erhöhen. Höhere Bleiniederschlagswerte wären dann mit höheren Bleigehalten im Blut assoziiert. Allerdings würde sich durch viele fehlende Werte bei dieser Variablen die Anzahl vollständiger Datensätze um fast 900 reduzieren.

6.2 Regressionsanalysen, Kinder

Im Folgenden wird das hypothesengeleitet gebildete Regressionsmodell für die Bleigehalte im Blut der Kinder des Umwelt-Surveys 1991/92 in den neuen Bundesländern dargestellt. Obwohl keine Vorhersagemodelle für den Bleigehalt im Blut der 6- bis 14jährigen deutschen Kinder sowie der 6- bis 14jährigen Kinder der alten Bundesländer angegeben werden (vgl. Kap. 6), werden dennoch insbesondere in Tabelle 6.5 wesentliche Ergebnisse der Auswertung dargestellt.

Die Verteilungen der Bleigehalte im Blut der 6- bis 14jährigen Kinder der neuen Bundesländer und derer natürlicher Logarithmen sind in Abbildung 6.10 angegeben.

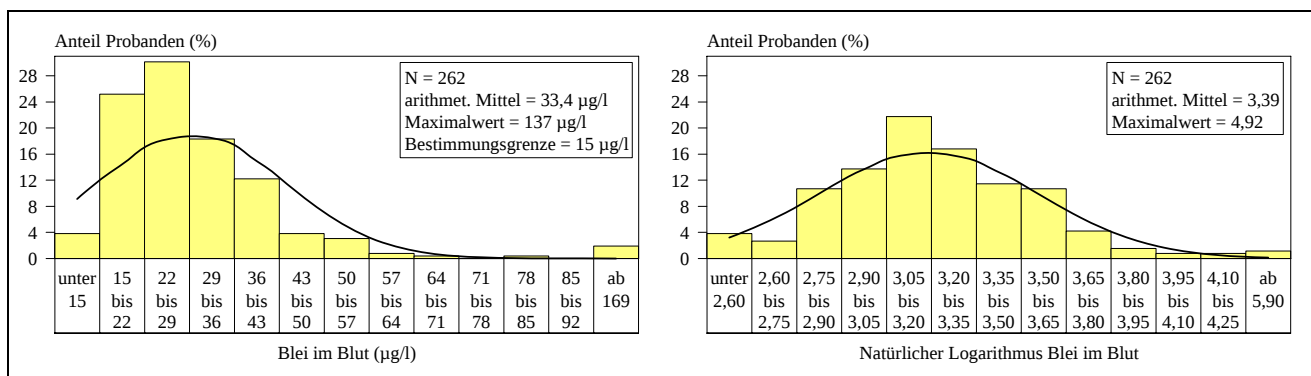


Abb. 6.10: Verteilung der Bleigehalte im Blut sowie der logarithmierten Gehalte der 6- bis 14jährigen Kinder der neuen Bundesländer für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe

Anmerkung: Die Abbildungen enthalten die Normalverteilungen, deren Erwartungswerte bzw. Varianzen aus den entsprechenden arithmetischen Mittelwerten bzw. Standardabweichungen der Stichproben geschätzt wurden.

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

Im Gegensatz zu den Erwachsenen konnte für die Kinder keine Abschätzung der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser vorgenommen werden, da für die Kinder Fragebogenangaben bzgl. des konsumierten Trinkwasservolumens nicht zur Verfügung standen. Deshalb findet für die 6- bis 14jährigen Kinder der gemessene Bleigehalt im Trinkwasser (Stagnationsprobe) als Prädiktor im Modell Verwendung.

In den Modellen für die Kinder sind Variable zur Arbeitsplatzexposition, zum Alkoholkonsum, zum Rauchen und das Zellpackungsvolumen nicht enthalten.

Das Zellpackungsvolumen wurde nur in einer Unterstichprobe der Kinder aus den neuen Bundesländern gemessen. Rauchen war im Modell nicht signifikant.

Die in den Modellen für den Bleigehalt im Blut der Kinder enthaltenen Prädiktoren sind in der Tabelle 6.4 angegeben.

Tab. 6.4: Prädiktoren der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Blut der 6- bis 14jährigen Kinder

<i>Benötigte Variablen:</i>	
v_1	Geschlecht (Mädchen = 0, Jungen = 1)
v_2	Lebensalter (Jahre)
v_3	Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe, $\mu\text{g/l}$)
v_4	Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses (Jahre)
v_5	Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr (h/Tag)
v_6	Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)
v_7	Buddeln, Graben, Höhlenbauen (0 = nie, gelegentlich, selten; 1 = häufig)
v_8	Häufigkeit des Konsums von Milchprodukten (0 = häufig, 1 = weniger häufig)
v_9	Alte/neue Bundesländer (0 = alte Bundesländer, 1 = neue Bundesländer)
<i>Prädiktoren:</i>	
$x_1 = v_1$	Geschlecht (Mädchen = 0, Jungen = 1)
$x_2 = v_2 - 6$	Lebensjahre über 6 (Jahre)
$x_3 = \sqrt{v_3}$	Quadratwurzel des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe, $\mu\text{g/l}$)
$x_4 = v_4$	Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses (Jahre)
$x_5 = v_5$	Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr (h/Tag)
$x_6 = \ln(v_6)$	Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)
$x_7 = v_7$	Buddeln, Graben, Höhlenbauen (0 = nie, gelegentlich, selten; 1 = häufig)
$x_8 = v_8$	Häufigkeit des Konsums von Milchprodukten (0 = häufig, 1 = weniger häufig)
$x_9 = v_9$	Alte/neue Bundesländer (0 = alte Bundesländer, 1 = neue Bundesländer)

Die wichtigsten Kennwerte sind in den Tabellen 6.5 und 6.6 angegeben. Im Anhang befinden sich die Tabelle zu den Interkorrelationen (Tab. 13.3.2) aller Variablen sowie zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells (Tab. 13.3.3), die eher für den statistisch versierten Leser interessant sind. Alle geprüften Variablen sind im Anhang 13.9 aufgeführt.

6.2.1 Varianzkomponenten des Regressionsmodells

Mit den 6 Prädiktoren des Regressionsmodells für die Kinder der neuen Bundesländer lassen sich 28,5 % der Varianz der Bleigehalte im Blut erklären (Tab. 6.5). Für die alten Bundesländer würde sich ein Regressionsmodell mit 3 Prädiktoren und nur 7,7 % Varianzaufklärung ergeben.

Tab. 6.5: Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Blut der 6- bis 14jährigen Kinder

Prädiktor	Deutschland			Alte Bundesländer			Neue Bundesländer		
	N = 705			N = 444			N = 262		
	Aufgeklärte Varianz: 14,6 % Adjustierte Varianz: 13,9 %			Aufgeklärte Varianz: 7,7 % Adjustierte Varianz: 7,1 %			Aufgeklärte Varianz: 28,5 % Adjustierte Varianz: 26,8 %		
	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Geschlecht	0,179	0,194	3,5	0,135	0,110	1,5	0,273	0,283	7,7
Lebensjahre über 6	-0,140	-0,198	2,8	nicht signifikant			- 0,238	- 0,234	5,6
Quadratwurzel des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe)	0,152	0,125	1,9	nicht signifikant			0,190	0,277	5,3
Alter des Wohnhauses	nicht signifikant			nicht signifikant			0,220	0,217	4,8
Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr	nicht signifikant			nicht signifikant			0,127	0,218	2,8
Logarithmus d. Bleiniederschlags in der Außenluft	0,130	0,195	2,5	nicht signifikant			0,121	0,199	2,4
Buddeln, Graben, Höhlenbauen	0,110	0,215	2,4	0,200	0,180	3,6	nicht signifikant		
Häufigkeit des Konsums von Milchprodukten	nicht signifikant			0,167	0,155	2,6	nicht signifikant		
Alte/neue Bundesländer	-0,132	-0,118	1,6	entfällt			entfällt		

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; β = standardisierter Regressionskoeffizient (Maß für die Wirkung des Prädiktors im Modell); r = Pearson'scher Korrelationskoeffizient zwischen Prädiktor und Kriterium; $\beta \cdot r \cdot 100 \%$ = dem Prädiktor zuzuordnender Anteil der Varianz des Kriteriums (Summe über alle Prädiktoren ergibt die durch das Modell aufgeklärte Varianz)

Ein bedeutender Prädiktor ist das Geschlecht mit einem Varianzbeitrag von 7,7 % in den neuen Bundesländern. In den alten Bundesländern ist die Varianzaufklärungsrate des Geschlechts mit 1,5 % deutlich geringer (Tab. 6.5).

Das Lebensalter erklärt 5,6 %, das Alter des gegenwärtig bewohnten Wohnhauses 4,8 % der Varianz der Blutbleigehalte in den neuen Bundesländern. In den alten Bundesländern sind beide Variablen nicht signifikant (Tab. 6.5).

Die Quadratwurzel des Bleigehaltes im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe) liefert in den neuen Bundesländern einen Varianzbeitrag von 5,3 % (alte Bundesländer nicht signifikant, Tab. 6.5).

Durch die derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr können 2,8 % der Varianz der Bleigehalte im Blut der Kinder der neuen Bundesländer mit dem Modell erklärt werden (alte Bundesländer nicht signifikant, Tab. 6.5).

Der logarithmierte Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) trägt mit 2,4 % (alte Bundesländer nicht signifikant) zur Erklärung der Varianz der Blutbleigehalte der Kinder in den neuen Bundesländern bei (Tab. 6.5).

Die Prädiktoren Buddeln, Graben, Höhlenbauen (3,6 % Varianzaufklärungsrate) und Häufigkeit des Konsums von Milchprodukten (2,6 % Varianzaufklärungsrate) wären nur in einem Regressionsmodell in den alten Bundesländern signifikant.

Eine Kreuzvalidierung ergab, daß das Modell für die 6- bis 14jährigen Kinder der neuen Bundesländer mit allen Prädiktoren eine gute Stabilität aufweist. Allerdings sind in den Teilstichproben nicht mehr alle Prädiktoren signifikant ("Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr und "Bleiniederschlag in der Außenluft"). Die gegenüber den Erwachsenen deutlich zurückgehenden Varianzaufklärungsraten in den Teilstichproben sind durch den deutlich geringeren Stichprobenumfang bei den Kindern bedingt (zur Erläuterung des Verfahrens und der Resultate vgl. Anhang 13.3, Tab. 13.3.4).

Im Rahmen einer 1991 durchgeführten Studie an ca. 2300 sechsjährigen Kindern aus verschiedenen Orten der alten und neuen Bundesländer ermittelten Begerow et al. (1994) ähnliche Ergebnisse wie in der vorliegenden Auswertung. Sie geben jedoch keinen Wert für die Varianzaufklärung ihres multivariaten Modells an. Signifikante Prädiktoren in ihren Modellen sind das Geschlecht, das Alter des Wohnhauses, die Ofenheizung, der Bleiniederschlag in der Außenluft und das Vorhandensein von Bleileitungen zur Trinkwasserversorgung. Zusätzlich finden sie einen signifikanten Zusammenhang zum sozioökonomischen Status, der über die Berufstätigkeit des Vaters definiert wurde.

In einer älteren Studie, die von 1982 bis 1986 an 4000 vier- bis elfjährigen westdeutschen Kindern in z.T. denselben Orten wie die o.g. Studie durchgeführt wurde, konnte eine Varianzaufklärung von 23 % erzielt werden (Brockhaus et al. 1988). Die Gehalte im Blut lagen zum damaligen Zeitpunkt deutlich höher (55 bis 70 µg/l). Für die Kinder aus Duisburg waren das Geschlecht, der sozioökonomische Status, der Staubbienerschlag in der Außenluft und die Wechselwirkungen zwischen dem Staubbienerschlag in der Außenluft und dem sozioökonomischen Status bzw. dem Verzehr von selbstangebautem Gemüse signifikante Prädiktoren im Modell.

Trepka et al. (1997) untersuchten 527 Kinder im Alter von 5 bis 14 Jahren einer Region der neuen Bundesländer mit bekannter Kontamination durch Nichteisenmetallverarbeitung. Zu der von ihnen mit einem multiplen Regressionsmodell gefundenen Varianzaufklärung von 36,8 % trugen die Prädiktoren Wohngegend in der betreffenden Stadt, Geschlecht, Schulbildung der Eltern, Alter des Wohnhauses, Blei im Trinkwasser (Spontanprobe), Blei im sedimentierten Hausstaub, Konsum von selbst angebautem Gemüse und der Verschmutzungsgrad nach dem Spielen bei. Der Bleiniederschlag in der Außenluft, der bei der vorliegenden Auswertung als Prädiktor im Modell enthalten ist, wurde von Trepka et al. nicht bestimmt. In ihrem Modell ist der entsprechende Effekt zum Teil durch den Bleigehalt im Hausstaubbienerschlag repräsentiert.

6.2.2 Modellgleichung

Die Parameter der Regressionsgleichung für die Bleigehalte im Blut der Kinder der neuen Bundesländer sind in der Tabelle 6.6 angegeben. Ihre inhaltliche Bedeutung wird weiter unten bei der Beschreibung der einzelnen Prädiktoren erläutert.

Tab. 6.6: Die Parameter der Modellgleichung für den Bleigehalt im Blut der 6- bis 14jährigen Kinder der neuen Bundesländer

Prädiktor	Neue Bundesländer	
	exp(b _i)	95 % CI
Geschlecht (weiblich = 0; männlich = 1)	1,309	30,9 (17,6 bis 45,7)
Lebensjahre über 6 (Jahre)	0,955	- 4,5 (- 6,5 bis - 2,6)
Quadratwurzel des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe, µg/l)	1,029	2,9 (1,2 bis 4,7)
Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses (Jahre)	1,003	0,3 (0,1 bis 0,4)
Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr (h/Tag)	1,050	5,0 (0,7 bis 9,5)
Logarithmus des Bleiniederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät, µg/(m ² · Tag))	1,081	8,1 (0,9 bis 15,9)
Konstante	20,665	

Anmerkungen: exp(b_i) = Parameter des multiplikativen Modells (b_i: Regressionkoeffizient des Prädiktors x_i);
95 % CI = Relative Veränderung des Bleigehalts im Blut in % bei Zunahme des Prädiktors um eine Einheit mit 95 %-Konfidenzintervall

Die in Tabelle 6.6 angegebenen Konfidenzintervalle sind wegen des im Vergleich zu den Erwachsenen wesentlich geringeren Stichprobenumfangs deutlich breiter und die Vorhersagen damit unsicherer. Will man auf der Grundlage des Modells den Bleigehalt im Blut eines 6- bis 14jährigen Kindes der neuen Länder (y) (Maßeinheit µg/l) schätzen, so ist die folgende Regressionsgleichung zu benutzen:

$$y = 20,665 \cdot 1,309^{x_1} \cdot 0,955^{x_2} \cdot 1,029^{x_3} \cdot 1,003^{x_4} \cdot 1,050^{x_5} \cdot 1,081^{x_6}$$

Für den Praktiker wird die Berechnung derart geschätzter Werte an zwei bezüglich der Prädiktoren extremen - aber trotzdem realistischen - Beispielen demonstriert. Die Beispiele verdeutlichen das Zusammenwirken der Prädiktoren im Regressionsmodell.

Beispiele für auf der Grundlage des Modells für Kinder der neuen Länder geschätzte Bleigehalte im Blut:

Kind A: ist männlich (x₁ = 1),
ist 6 Jahre alt (x₂ = 6-6 = 0),
hat 15 µg/l Blei im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe) (x₃ = $\sqrt{15}$ = 3,873),
wohnt in einem 80 Jahre alten Wohnhaus (x₄ = 80),
hält sich täglich 3 h im Straßenverkehr auf (x₅ = 3),
hat in seiner Wohnumgebung einen gemessenen Bleiniederschlagswert in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) von 100 µg/(m² · Tag) (x₆ = ln (100) = 4,605).

Geschätzter Bleigehalt im Blut (y):

$$y = 20,665 \cdot 1,309^1 \cdot 0,955^0 \cdot 1,029^{3,873} \cdot 1,003^{80} \cdot 1,050^3 \cdot 1,081^{4,605}$$

$$y = 20,665 \cdot 1,309 \cdot 1,000 \cdot 1,119 \cdot 1,224 \cdot 1,158 \cdot 1,434$$

$$y = 61,5 \text{ µg/l}$$

<u>Kind B:</u>	ist weiblich ($x_1 = 0$), ist 14 Jahre alt ($x_2 = 14 - 6 = 8$), hat 0,1 µg/l Blei im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe) ($x_3 = \sqrt{0,1} = 0,316$), wohnt in einem 5 Jahre alten Wohnhaus ($x_4 = 5$), hält sich täglich 0,5 h im Straßenverkehr auf ($x_5 = 0,5$), hat in seiner Wohnumgebung einen gemessenen Bleiniederschlagswert in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) von 10 µg/(m ² · Tag) ($x_6 = \ln(10) = 2,303$).
<u>Geschätzter Bleigehalt im Blut (y):</u>	
$y = 20,665 \cdot 1,309^0 \cdot 0,955^8 \cdot 1,029^{0,316} \cdot 1,003^5 \cdot 1,050^{0,5} \cdot 1,081^{2,303}$	
$y = 20,665 \cdot 1,000 \cdot 0,690 \cdot 1,009 \cdot 1,013 \cdot 1,025 \cdot 1,198$	
$y = 17,9 \text{ µg/l}$	

6.2.3 Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle

Zunächst sei auch hier das im vorigen Kapitel angegebene multiplikative Modell für die Kinder der neuen Bundesländer so umgeformt, daß ein Modell entsteht, das die originalen Variablen enthält:

$$y = 27,310 \cdot 1,309^{V_1} \cdot 0,955^{(V_2-6)} \cdot 1,029^{\text{sqrt}(V_3)} \cdot 1,003^{V_4} \cdot 1,050^{V_5} \cdot v_6^{0,078}$$

Geschlecht, Lebensalter

Das Regressionsmodell für die Kinder der neuen Bundesländer sagt aus, daß für Jungen ein im Mittel um 30,9 % höherer Bleigehalt im Blut gegenüber Mädchen geschätzt wird. Mit 95%iger Wahrscheinlichkeit liegt die Erhöhung des Bleigehaltes im Blut im Bereich von 17,6 % und 45,7 %, wie das Konfidenzintervall des Regressionsparameters angibt. Für die Jungen der alten Bundesländer würde gegenüber Mädchen ein um 9,5 % höherer Bleigehalt im Blut vorhergesagt (Tab. 6.6).

Festzuhalten ist, daß der Effekt des Geschlechtes im Modell für die 6- bis 14jährigen Kindern größer ist als im Modell für die 25- bis 69jährigen Erwachsenen. Für Männer werden gegenüber Frauen um 19,6 % höhere Bleigehalte im Blut geschätzt, während für Jungen gegenüber Mädchen nach dem Modell um 31 % höhere Gehalt vorhergesagt werden.

Auch in anderen Studien wird in der Regel von einem höheren Bleigehalt im Blut für Jungen eines vergleichbaren Altersbereichs berichtet (Al-Saleh et al. 1994, Ewers et al. 1988, Mahaffey et al. 1986, Maravellias et al. 1989, Roels et al. 1980, Trepka et al. 1997). Begerow et al. (1994) äußerten die Vermutung, daß Jungen ein anderes Spielverhalten als Mädchen haben, welches z.B. durch einen häufigeren Bodenkontakt gekennzeichnet ist. Für eine solche Erklärung dürfte auch sprechen, daß sich in einigen Studien zeigte, daß der Geschlechtsunterschied beim Bleigehalt im Blut erst im Laufe der Kindheit deutlicher wird. Im Rahmen der NHANES-Studie wurde z.B. berichtet, daß für Kinder unter 2 Jahren kein Effekt des Geschlechtes auf den Bleigehalt im Blut vorhanden ist (Brody et al. 1994).

Weshalb allerdings im Rahmen der vorliegenden Auswertung das Geschlecht nur für die Kinder der neuen Bundesländer ein relevanter Prädiktor ist und nicht für die Kinder der alten Bundesländer, kann an dieser Stelle nicht abschließend geklärt werden. Möglicherweise liegt aber auch hier ein unterschiedliches Spielverhalten zugrunde.

Im Gegensatz zu den Erwachsenen sinkt bei den Kindern der neuen Bundesländer der Bleigehalt im Blut mit steigendem Lebensalter (Tab. 6.6, Abb. 6.11). Dabei ergibt sich pro Lebensjahr ein Abfall um 4,5 % (95%-Konfidenzintervall: 2,6 % bis 6,5 %).

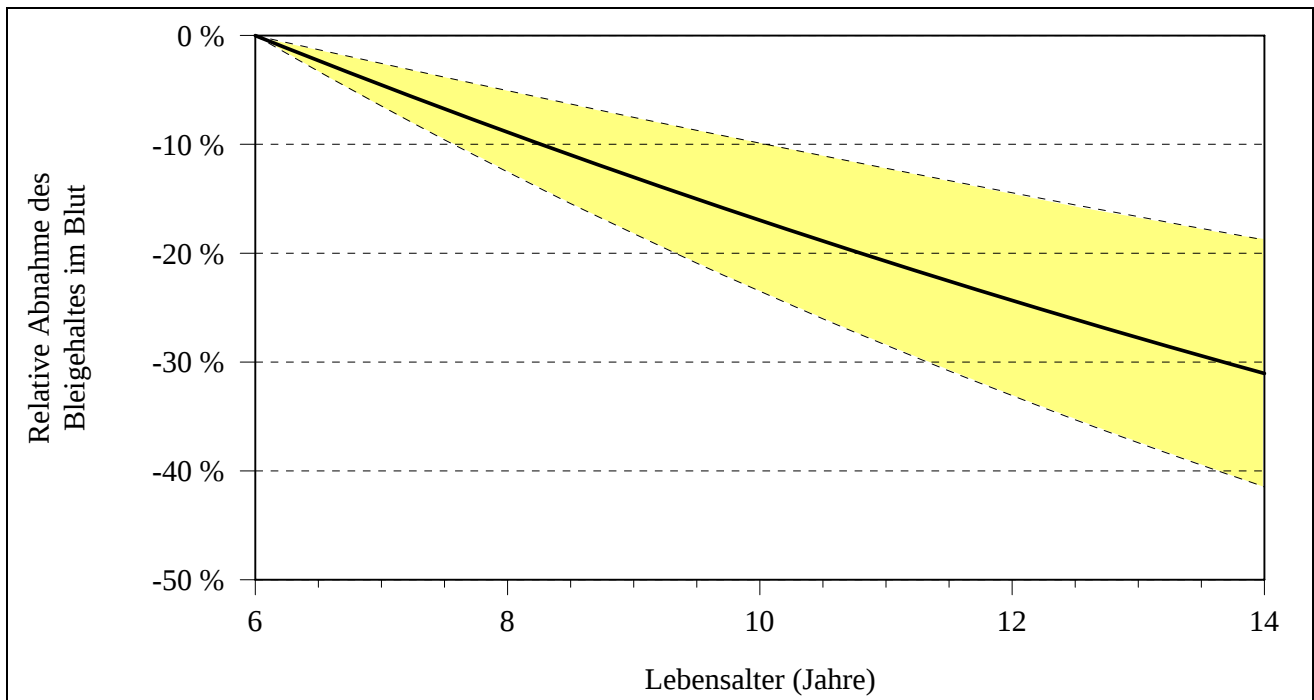


Abb. 6.11: Effekt des Lebensalters im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Abnahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "- 20 %" eine Verringerung des Bleigehaltes im Blut auf 80 % des Bleigehalts im Blut im Alter von 6 Jahren bedeuten.

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

Die Ergebnisse diverser Studien aus unterschiedlichen Ländern (Al-Saleh et al. 1994, Bjerre et al. 1993, Kurtin et al. 1997) ergaben, daß bis ca. dem 3. Lebensjahr eine Erhöhung des Bleigehaltes im Blut bei Kindern zu beobachten ist. Dies wird in der Regel durch orale Aufnahme von Blei via Hand-zu-Mund-Kontakt begründet. Danach ergibt sich in der Regel eine Abnahme der Bleiblutgehalte. Dies bestätigt sich in der vorliegenden Auswertung und ist wahrscheinlich durch ein sich veränderndes Spielverhalten zu erklären. Vor dem Hintergrund, daß für den menschlichen Organismus die Nahrung den wesentlichen Zufuhrpfad von Blei darstellt, ist auch denkbar, daß die sich ändernde zugeführte Menge an Blei relativ zum Körpergewicht und die resultierende geringere Körperlast eine Rolle spielen.

Betrachtet man den Zusammenhang von Lebensalter und Bleigehalt im Blut der deutschen Bevölkerung, so zeigt sich, daß der Blutbleigehalt zunächst abnimmt, zwischen dem 14. und 25. Lebensjahr ein Minimum erreicht und anschließend wieder zunimmt. Die Zunahme des Bleigehalts im Blut bei den Erwachsenen ist dann aber schwächer ausgeprägt als die Abnahme bei den Kindern.

In der NHANES-Studie ergab sich ebenfalls der geringste Bleigehalt im Blut für die Gruppe der 12- bis 19jährigen Probanden (Brody et al. 1994). Schütz et al. (1989) berichteten über eine Studie mit schwedischen Kindern. Eine Abnahme der Bleigehalte im Blut der untersuchten 3- bis 17jährigen konnte nur für Mädchen, nicht aber für Jungen festgestellt werden. Trepka et al. (1997) berichteten von mit dem Alter abnehmenden Bleigehalten im Blut bei 5- bis 14jährigen Kindern in den neuen Bundesländern, was bei multivariater Auswertung zumindest tendenziell erhalten blieb.

Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe)

Da der Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe) als konkave Funktion (Quadratwurzel) in das Regressionsmodell für die Kinder der neuen Bundesländer eingeht, nimmt der Effekt in Abhängigkeit von der absoluten Höhe des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser ab. Für eine Zunahme des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser von 0 $\mu\text{g/l}$ auf 1 $\mu\text{g/l}$ ergibt sich nach dem multiplen Regressionsmodell ein um 2,9 % höherer Bleigehalt im Blut (95%-Konfidenzintervall: 1,2 % bis 4,7 %). Bei einer Zunahme des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser von 10 $\mu\text{g/l}$ auf 11 $\mu\text{g/l}$ erhöht sich der Bleigehalt im Blut dagegen nur um 0,4 %.

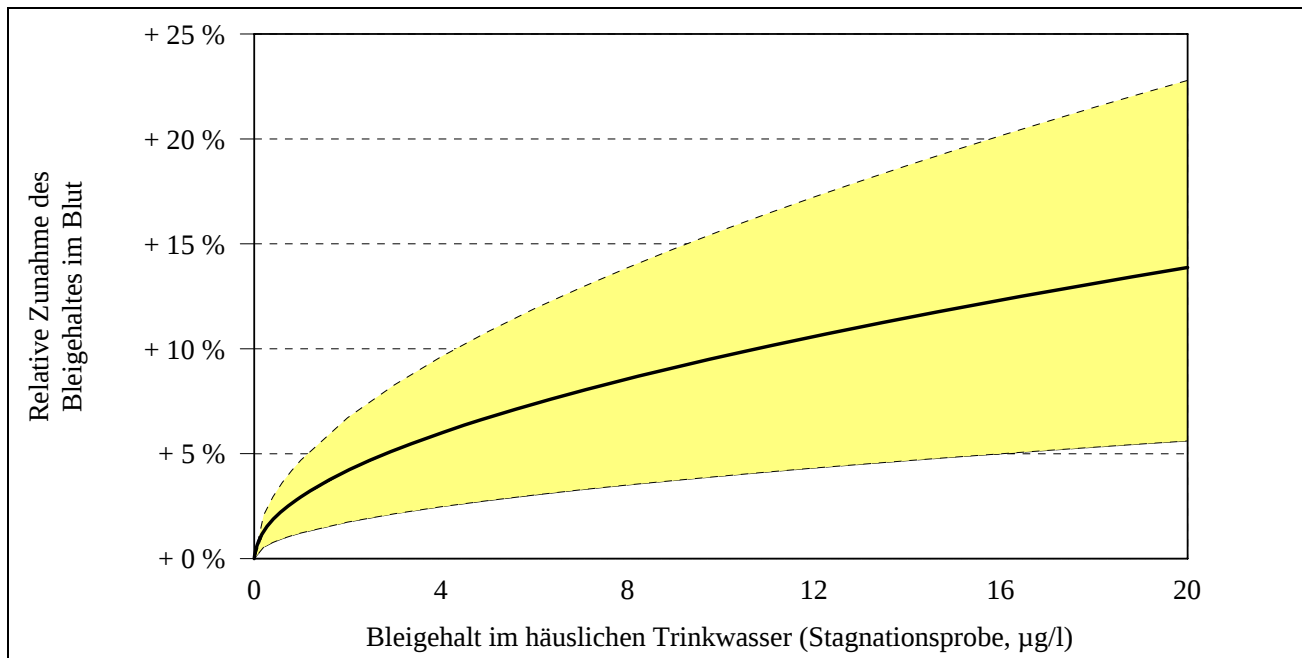


Abb. 6.12: Effekt des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe) im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 20 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Blut auf das 1,2-fache bedeuten.

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

Vor dem Hintergrund einer bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen höheren Resorptionsrate von gastrointestinal aufgenommenem Blei wäre zu erwarten, daß der Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser auch bei den Kindern ein deutlicher Prädiktor ist. Es hatte sich jedoch schon bei den bivariaten Auswertungen ergeben, daß bei Kindern dieses Merkmal nicht das geforderte Signifikanzniveau erreichte. Kinder trinken allerdings im Vergleich zu Erwachsenen deutlich weniger Leitungswasser, so daß dies wahrscheinlich die Ursache für den im Vergleich zu den Erwachsenen geringeren Beitrag an der aufgeklärten Varianz ist.

Ein direkter Vergleich der Wirkung der Prädiktoren bei den Erwachsenen und Kindern ist nicht möglich, da bei den Erwachsenen nicht der Bleigehalt im Trinkwasser, sondern die tägliche Bleizufuhr mit dem Trinkwasser in das Modell einging. Diese errechnete sich aus der täglichen Trinkwasserzufuhr multipliziert mit dem Bleigehalt im Trinkwasser. Die Frage nach der Trinkwasserzufuhr war jedoch im Kinderfragebogen nicht enthalten.

Daß das Trinkwasser eine bedeutende Quelle für die korporale Bleibelastung von Kindern sein kann, hat sich auch in anderen Studien gezeigt (Cikrt et al. 1997, Davies et al. 1990, Trepka et al. 1997). In der Untersuchung von Begerow et al. (1994) war die Wirkung des Prädiktors wie in der vorliegenden Studie bei Kindern der neuen Länder im Vergleich zu Kindern der alten Bundesländer deutlich höher. Dies ist sicherlich damit zu erklären, daß die mittleren Bleigehalte im Wasser in den neuen Bundesländern deutlich höher sind (Umwelt-Survey 1990/92, Becker et al. 1997). Englert und Höring (1994) untersuchten z. B. Kinder zweier Orte in Sachsen, für die im Verlauf der Untersuchungen des Umwelt-Surveys hohe Bleigehalte im Blut und extrem hohe Gehalte im Trinkwasser bestimmt wurden. Für diese Orte konnten allein durch den Bleigehalt im Trinkwasser 34 % bzw. 41 % der Varianz der Bleigehalte im Blut erklärt werden.

Alter des Wohnhauses

Bei einem um ein Jahr älteren Wohnhaus ergibt sich nach dem multiplen Regressionsmodell ein um 0,3 % höherer Bleigehalt im Blut (95%-Konfidenzintervall: 0,1 % bis 0,4 %) (Tab. 6.6).

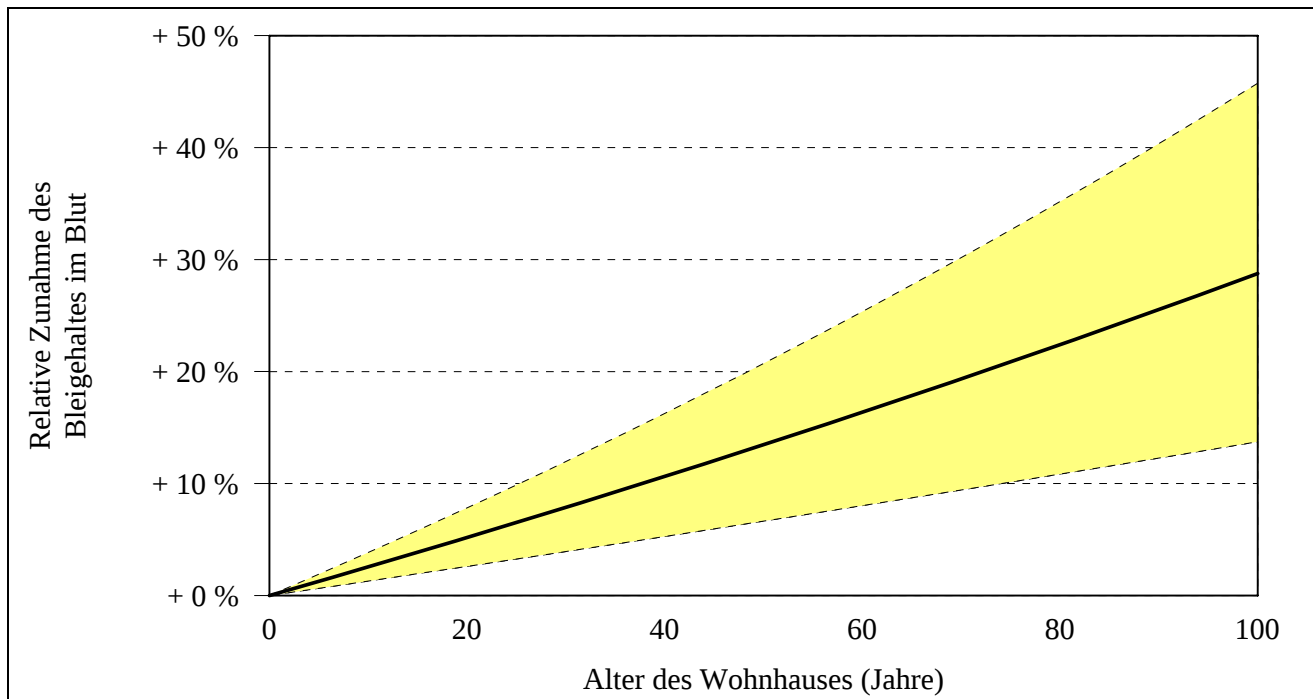


Abb. 6.13: Effekt des Alters des Wohnhauses im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehtes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehtes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehtes. Zum Beispiel würde "+ 20 %" eine Erhöhung des Bleigehtes im Blut auf das 1,2-fache bedeuten.

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

Mögliche Ursachen für die Wirkung dieses Prädiktors auf den Bleigeht im Blut der Kinder dürften sich nicht von denen bei Erwachsenen unterscheiden (vgl. Kap. 6.1.3). Der Prädiktor ist wie bei den Erwachsenen nur für die neuen Bundesländer signifikant.

Begerow et al. (1994) zeigten anhand ihrer Untersuchungen an ca. 2900 Kindern der alten und neuen Bundesländer bei den Kindern der neuen Bundesländer einen starken Einfluß des Alters des Wohnhauses auf, führten dies aber zu einem großen Teil auf das Vorhandensein von Bleirohren zur Trinkwasserversorgung in alten Gebäuden zurück. In der vorliegenden ist das Alter des Wohnhauses zusätzlich zum Bleigeht im häuslichen Trinkwasser (welcher mit dem Vorhandensein von Bleirohren in der Hausinstallation korreliert) ein Prädiktor im multiplen Regressionsmodell. Auch bei Trepka et al. (1997) fanden bei Kindern in den neuen Bundesländern einen entsprechenden Zusammenhang. Sie wiesen auf mögliche Confoundereffekte hin.

Bei Untersuchungen im Rahmen des "UK Blood Lead Monitoring Programme" wurden für 6- bis 7jährige Kinder, die in vor 1945 gebauten Häusern lebten, höhere Bleigehtes im Blut bestimmt (Quinn und Delves 1988). Ein ähnliches Ergebnis findet sich für slowenische Schüler (13 bis 17 Jahre). Dabei wurden für Schüler, die in Häusern wohnten, die älter als 15 Jahre waren, gegenüber Schülern, die in jüngeren Häusern wohnten, höhere Blutbleigehtes bestimmt (Hrasovec et al. 1995).

Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr

Für jede zusätzliche Stunde Aufenthalt im Straßenverkehr ist mit einem um 5,0 % höherem Bleigehalt im Blut der Kinder der neuen Bundesländer zu rechnen. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt 0,7 % bis 9,5 % (Tab. 6.6, Abb. 6.14).

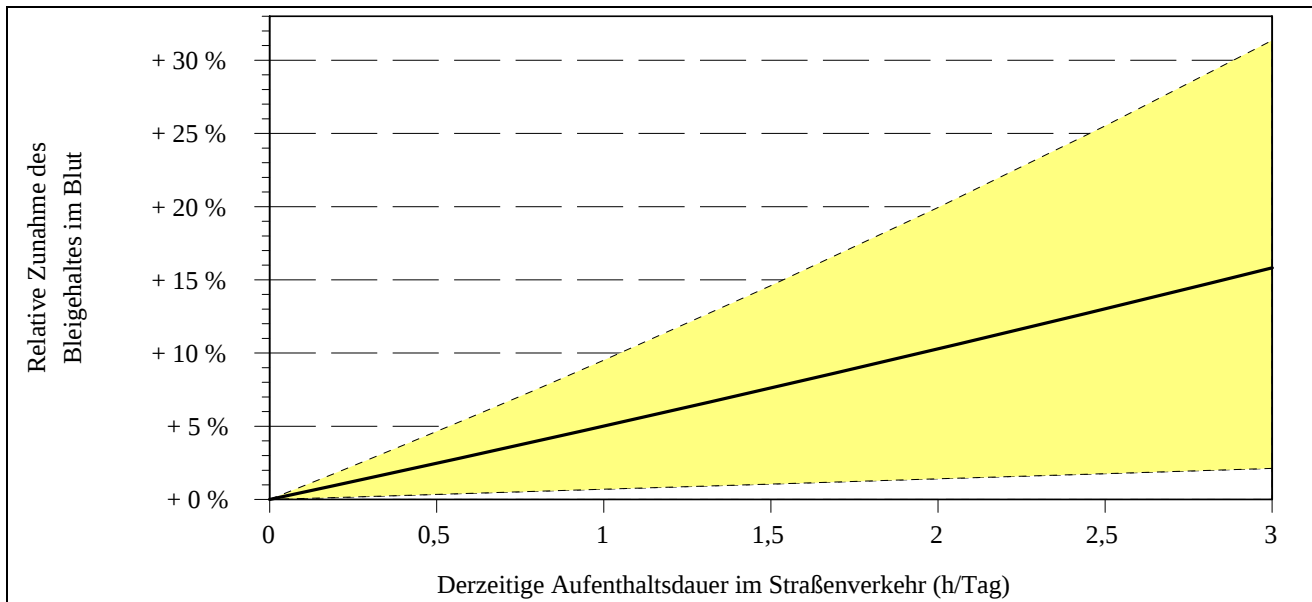


Abb. 6.14: Effekt der Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 20 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Blut auf das 1,2-fache bedeuten.

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

Zum Zeitpunkt der Erhebung dürfte der Straßenverkehr, trotz der schon einsetzenden Substitution des bleihaltigen Benzins, noch einen nicht unwesentlichen Beitrag zur Exposition der Allgemeinbevölkerung geleistet haben. Kinder sind wegen ihrer Körpergröße den Emissionen aus dem Straßenverkehr stärker ausgesetzt als Erwachsene. Jedoch ist dieser Prädiktor nur für den Bleigehalt im Blut der Kinder der neuen Bundesländer und nicht für die der alten Bundesländer signifikant.

Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)

Da der Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) als transformierte Variable (natürlicher Logarithmus) im Regressionsmodell für die Kinder der neuen Bundesländer enthalten ist, nimmt der Effekt in Abhängigkeit von der absoluten Menge des Niederschlags ab. Aus der Modellgleichung mit den originalen Variablen ergibt sich, daß eine Verdopplung des Bleiniederschlags in der Außenluft zu einem Multiplikator von $2^{0,078} = 1,056$, d.h. zu einer Erhöhung des Bleigehaltes im Blut der Kinder der neuen Bundesländer um 5,6 %, führt.

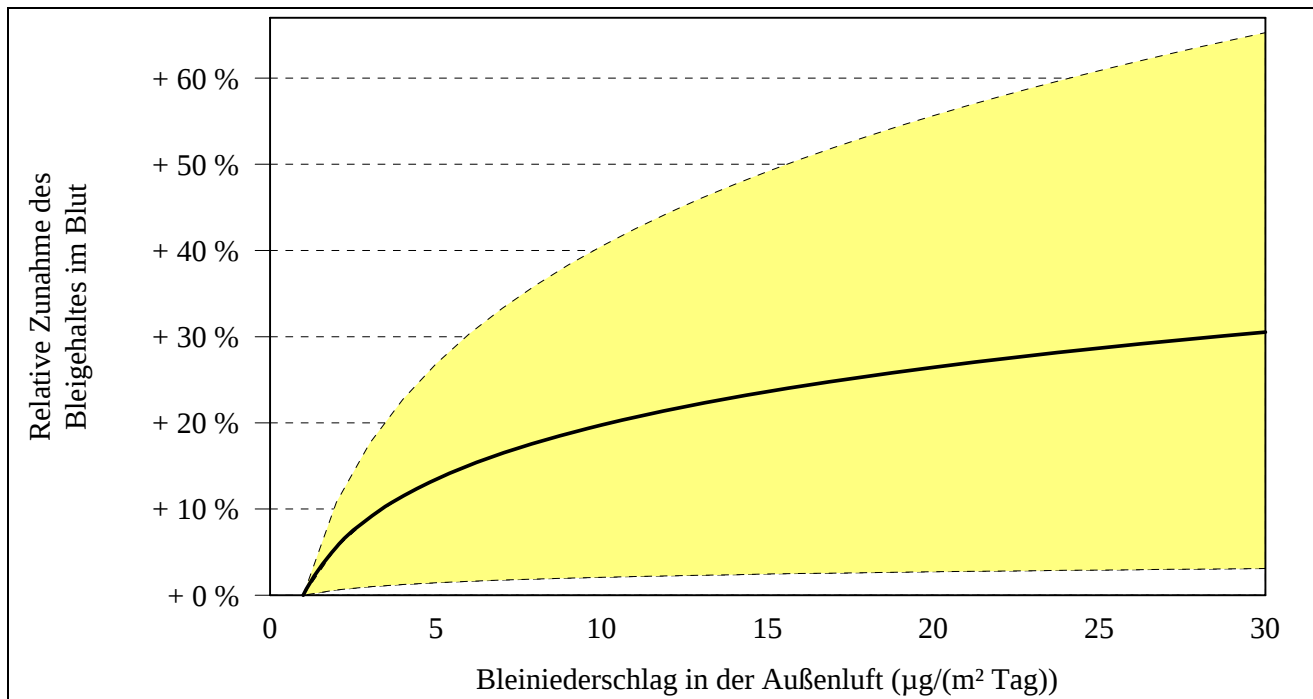


Abb. 6.15: Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Blut dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Blut auf das 1,5-fache bedeuten.

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

In anderen Studien wird ebenfalls über einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Bleigehalt im Blut und der Bleibelastung der Außenluft berichtet. Dabei werden aber häufig nicht Meßdaten zur Bleibelastung der Luft herangezogen, sondern z.B. der Vergleich zwischen einer städtischen und ländlichen Wohnungsbau (Brockhaus et al. 1988, Brody et al. 1994, Willers et al. 1988) oder die Nähe zu einem oder mehreren Emittenten (Brockhaus et al. 1988, Ewers et al. 1988, Hofstetter et al. 1990).

Buddeln, Graben, Höhlenbauen

Das den Kontakt mit dem Boden beschreibende Merkmale "Buddeln/Graben/Höhlenbauen" ist in der multivariaten Auswertung nur in den alten Bundesländern signifikant. Für Kinder in den alten Bundesländern, die gelegentlich, selten oder häufig Buddeln, Graben, Höhlenbauen werden gegenüber Kindern, die dies nie tun, um 15 % höhere Bleigehalte im Blut geschätzt.

Daß der Kontakt zu Boden und Staub, besonders für kleine Kinder, einen wesentlichen Expositionspfad darstellen kann, ist unumstritten. Weshalb im Rahmen dieser Auswertung dieser Prädiktor jedoch nur in den alten Bundesländern signifikant ist, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Bei Trepka et al. (1997) war

bei multivariater Auswertung für 5- bis 14jährige Kinder der neuen Bundesländer der Grad der Verschmutzung nach dem Spielen ein signifikanter Prädiktor für den Bleigehalt im Blut.

Konsum von Milchprodukten

Die Häufigkeit des Konsums von Milchprodukten wäre ebenfalls nur in einem Modell für die Kinder der alten Bundesländer signifikant. Bei weniger häufigem Konsum von Milchprodukten (vgl. Anhang 13.9) würden um 12,7 % höhere Bleigehalte im Blut vorhergesagt.

Mahaffey et al. (1986) konnten bei der NHANES-Studie für 1- bis 11jährige Kinder zeigen, daß mit zunehmender Kalziumzufuhr mit der Nahrung der Bleigehalt im Blut abnimmt, und diskutierten entsprechende Wirkungen des Kalziums auf den Bleimetabolismus oder auf die Bleiaufnahme. Berode et al. (1991) zeigten, daß zumindest bei Erwachsenen ein Zusammenhang auch zum Konsum von Milchprodukten, die bekanntlich kalziumreich sind, vorhanden sein kann. Die Frage, warum ein solcher Effekt nur in den alten Bundesländern gefunden wurde, kann nicht beantwortet werden.

Alte/neue Bundesländer

Ein Prädiktor "Alte/neue Bundesländer" würde in einem gesamtdeutschen Modell zusätzlich in ein multiples Regressionsmodell aufgenommen werden. Für Kinder in den neuen Bundesländern würden nach einem solchen Modell gegenüber Kindern in den alten Bundesländern um 11,4 % niedrigere Bleigehalte im Blut geschätzt. Im Rahmen der deskriptiven Auswertung wurde für die Kinder der neuen Bundesländer gegenüber den Kindern der alten Bundesländer ein im geometrischen Mittel um 8,2 % niedriger Bleigehalt im Blut ermittelt (Krause et al. 1996a). Der Unterschied zwischen beiden Schätzungen kann darin begründet sein, daß die Prädiktoren "Alte/neue Bundesländer", "Alter des Wohnhauses" und "Bleigehalt im Trinkwasser (Stagnationsprobe) korrelieren.

6.2.4 Zusätzliche Prädiktoren

Das Zellpackungsvolumen, das nur in einer Unterstichprobe der Kinder der neuen Bundesländer gemessen wurde, wäre für ein Modell in dieser Stichprobe ein signifikanter Prädiktor. Ein solches Modell hätte eine Varianzaufklärung von 25,2 % bei allerdings nur noch 168 vollständigen Datensätzen. Der Varianzanteil des Zellpackungsvolumens würde 1,6 % betragen. In einem solchen Modell wären der Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser, die derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr und der Bleiniederschlag in der Außenluft nicht mehr signifikant.

Von den geprüften Variablen gibt es keine weiteren, die im Modell für den Bleigehalt im Blut der Kinder der neuen Bundesländer noch signifikant wären.

In den alten Bundesländern gibt es zusätzliche Prädiktoren, die die Varianzaufklärung des Regressionsmodells um etwa 1 bis 2 % erhöhen würden. Dennoch wurden diese Prädiktoren nicht in ein Modell für die Bleigehalte im Blut der Kinder der alten Bundesländer aufgenommen, da sie sich bei Kreuzvalidierung des Modells als sehr instabil erwiesen und in Unterstichproben nicht mehr signifikant waren. Dennoch seien diese Prädiktoren im folgenden genannt.

Der im Modell für die Bleigehalte im Blut der Kinder der neuen Bundesländer enthaltene Prädiktor zur **Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr** würde die Varianzaufklärung eines Modells für die Bleigehalte im Blut der Kinder der alten Bundesländer um 1,1 % und ein ähnlicher Prädiktor zur **Aufenthaltsdauer in motorisierten Fahrzeugen** um 1,5 % erhöhen. Allerdings würden mit steigenden Aufenthaltszeiten im Straßenverkehr bzw. in motorisierten Fahrzeugen niedrigere (!) Bleigehalte im Blut geschätzt.

Durch das **Vorhandensein von Maschinenbaubetrieben in 3 km Umkreis der Wohnung** bzw. durch **Belastung durch Dämpfe, Gase, Rauch durch Industrie- oder Gewerbebetriebe in 3 km Umkreis der Wohnung** würde sich die Varianzaufklärung eines Modells für den Bleigehalt im Blut der Kinder der alten Bundesländer um 1,0 % bzw. 1,4 % erhöhen. Bei Vorhandensein dieser Belastungen werden gegenüber deren Nichtvorhandensein höhere Bleigehalte im Blut der Kinder der alten Bundesländer vorhergesagt.

6.3 Vergleich der Regressionsmodelle der Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91

Ein Vergleich der Modelle der Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91 (alte Bundesländer) ist nur eingeschränkt möglich. Bei der Auswertung des Umwelt-Surveys 1990/91 standen nicht vollständig die gleichen Variablen zur Verfügung wie im Umwelt-Survey 1985/86. Weiterhin ergeben sich durch die veränderte Auswertungsstrategie des Umwelt-Surveys 1990/91 (hypothesengeleitete Auswertung, andere statistische Kriterien) zwangsläufig "kleinere" Modelle, die aber zu stabileren Parameterschätzungen und besserer Interpretierbarkeit der Ergebnisse führen. Für den Vergleich der Modelle der Umwelt-Surveys von 1985/86 und 1990/91 wurden zwei Wege beschritten

- Überprüfung der Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1985/86 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1990/91 und
- Überprüfung der Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1990/91 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1985/86

soweit die entsprechenden Daten verfügbar sind.

Überprüfung der Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1985/86 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1990/91

Für die Überprüfung des Modells des Umwelt-Surveys 1985/86 wurden die verfügbaren Variablen des Umwelt-Surveys 1990/91 analog zur Auswertung der Daten von 1985/86 codiert. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden dabei die ungünstigen Codierungen für die Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt beibehalten. Die Varianzkomponenten dieser Modellüberprüfung sind in Tabelle 6.7 angegeben.

Tab. 6.7: Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1985/86 für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf Basis der Daten von 1985/86 (N = 1636) und 1990/91 (N = 2100)

Datenbasis 1985/86		Datenbasis 1990/91 (alte Bundesländer)	
Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$	Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Geschlecht, Zellpackungsvolumen	10,9 %	Geschlecht, Zellpackungsvolumen	10,9 %
Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt (1. codierte Variable: bis 1mal/W. = 0; mehr als 1mal/W. = 1; 2. codierte Variable > 1mal/Monat bis höchstens einmal/W = 1; sonst = 0)	3,4 %	Häufigk. des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (1. codierte Variable: bis 1mal/W. = 0; mehr als 1mal/W. = 1; 2. codierte Variable > 1mal/Monat bis höchstens einmal/W = 1; sonst = 0)	6,7 %
Häufigkeit des Konsums von Bier (bis 1mal/W. = 0; mehr als 1mal/W. = 1)	3,2 %	Häufigkeit des Konsums von Bier (bis 1mal/W. = 0; mehr als 1mal/W. = 1)	1,7 %
Thiocyanat im Serum ($\mu\text{mol/l}$)	2,5 %	Thiocyanat im Serum ($\mu\text{mol/l}$)	2,0 %
Metalle, Schwermetalle, sonstige Elemente als Arbeitsbelastung (nein = 0; ja = 1)	2,1 %	Eisen, Stahl als Arbeitsbedingung (nein = 0; ja = 1)	0,9 %
Menge des konsumierten Weins in letzten 24h vor Blutabnahme (1. codierte Variable: bis zu 2 Gläser = 0; mehr als 2 Gläser = 1; 2. codierte Variable: 1 bis 2 Gläser = 1; sonst = 0)	2,0 %	Menge des konsumierten Weins in letzten 24h vor Blutabnahme (1. codierte Variable: bis zu 2 Gläser = 0; mehr als 2 Gläser = 1) 2. codierte Variable nicht signifikant	0,6 %
Lebensalter, quadriertes Lebensalter (Jahre)	1,9 %	Lebensalter, quadriertes Lebensalter (Jahre)	2,2 %
Kalzium im Serum (mmol/l)	1,0 %	Kalzium im Serum (mmol/l)	0,9 %
Bleibelastung im Beruf (keine oder geringe = 0; deutliche = 1)	0,9 %	Blei am Arbeitsplatz (nie oder gelegentlich = 0; häufig oder sehr häufig = 1)	0,5 %
natürlicher Logarithmus des Bleiniederschlags im Haushalt ($\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	0,9 %	natürlicher Logarithmus des Bleiniederschlags im Haushalt ($\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	nicht signifikant
Bevölkerungsdichte der Gemeinde (Einwohner/ha)	0,8 %	Bevölkerungsdichte der Gemeinde (Einwohner/ha)	2,1 %
Anteil Arbeitnehmer in Elektro- und Metallindustrie im Kreis (durchschnittlich = 0; überdurchschnittlich = 1)	0,7 %	nicht ausgewertet	
natürlicher Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Spontanprobe, $\mu\text{g/l}$)	0,3 %	natürlicher Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Spontanprobe, $\mu\text{g/l}$)	nicht signifikant
Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	30,6 %	Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	28,5 %
Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	29,8 %	Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	28,0 %

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

Die regionalstatistischen Daten wurden mit Ausnahme der Bevölkerungsdichte der Gemeinde bei der Auswertung des Umwelt-Surveys 1990/92 nicht mit in die Auswertung einbezogen (Kap. 3). Somit stand der Anteil der Arbeitnehmer in der Elektro- und Metallindustrie für die Modellüberprüfung mit den Daten des Umwelt-Surveys 1990/91 (alte Bundesländer) nicht zur Verfügung. Die Variablen zur Metall-, Schwermetall- bzw. Bleibelastung im Beruf sind im Umwelt-Survey 1990/91 auf andere Art abgefragt bzw. können nicht wie im Umwelt-Survey 1985/86 gebildet werden. Dafür werden bei der Modellüberprüfung die Variablen zu Eisen, Stahl als Arbeitsbedingung und die codierten Variablen zu Blei am Arbeitsplatz einbezogen.

Insgesamt sind vier Prädiktoren weniger im Modell enthalten. Insbesondere Prädiktoren mit kleinen Effekten sind nicht mehr signifikant. Die Varianzaufklärungsrate des Modells ist mit den Daten von 1990/91 um 2,1 % zurückgegangen.

Überprüfung der Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1990/91 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1985/86

Im folgenden wird das in Kapitel 6.1 vorgestellte Regressionsmodell für die Bleigehalte im Blut der Erwachsenen des Umwelt-Surveys 1990/91 (alte Bundesländer) auf die Daten des Umwelt-Surveys 1985/86 angewendet. Die Daten von 1985/86 werden dabei nach Möglichkeit wie im Anhang 13.9 dargestellt codiert. Die resultierenden Varianzkomponenten sind in Tabelle 6.8 angegeben. Mit den 7 Prädiktoren des Regressionsmodells lassen sich 24,1 % der Varianz der Bleigehalte im Blut erklären.

Tab. 6.8: Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1990/91 für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf Basis der Daten von 1990/91 (N = 2197) und 1985/86 (N = 2324)

Datenbasis 1990/91 (alte Bundesländer)		Datenbasis 1985/86	
Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$	Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Geschlecht, Zellpackungsvolumen über 25 %	9,9 %	Geschlecht, Zellpackungsvolumen über 25 %	10,0 %
Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (pro Monat)	6,8 %	Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt (pro Monat)	4,3 %
Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier (pro Monat)	4,7 %	Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier (pro Monat)	4,3 %
durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (mit Filter, ohne Filter, selbstgedreht), Zigarren, Zigarillos, Stumpen und Pfeifen	2,8 %	durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (mit Filter, ohne Filter, selbstgedreht), Zigarren, Zigarillos, Stumpen und Pfeifen	2,6 %
Lebensjahre über 25	1,5 %	Lebensjahre über 25	0,9 %
Vorhandenseins von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz des berufstätigen Probanden (häufig, sehr häufig oder immer gegenüber nie, gelegentlich oder selten)	0,7 %	Vorhandenseins von Metallen, Schwermetallen und sonstigen Elementen am Arbeitsplatz des berufstätigen Probanden (ja gegenüber nein)	2,0 %
Logarithmus des Bleiniederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	0,6 %	nicht gemessen	
Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	27,0 %	Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	24,1 %
Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	26,8 %	Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	23,8 %

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

Mit den gleichen Bezeichnungen wie in Kapitel 6.1.2 ergeben sich die in Tabelle 6.9 angegebenen Modellparameter.

Tab. 6.9: Die Parameter der Modellgleichungen für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen in den Umwelt-Surveys 1990/91 (N = 2197) und 1985/86 (N = 2324)

Prädiktor	1990/91		1985/86	
	exp(b _i)	95 % CI	exp(b _i)	95 % CI
Geschlecht (0 = weiblich, 1 = männlich)	1,138	13,8 (8,0 bis 19,9)	1,179	17,9 (13,4 bis 22,5)
Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier (Häufigkeit pro Monat)	1,074	7,4 (5,4 bis 9,4)	1,053	5,3 (3,8 bis 6,8)
Zellpackungsvolumen über 25 %	1,025	2,5 (1,9 bis 3,2)	1,009	0,9 (0,5 bis 1,3)
Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (Häufigkeit pro Monat)	1,025	2,5 (2,2 bis 2,9)	1,015	1,5 (1,2 bis 1,8)
durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (mit Filter, ohne Filter, selbstgedreht), Zigarren, Zigarillos, Stumpen und Pfeifen (Anzahl)	1,008	0,8 (0,6 bis 1,0)	1,006	0,6 (0,4 bis 0,7)
Lebensjahre über 25	1,006	0,6 (0,4 bis 0,7)	1,004	0,4 (0,3 bis 0,5)
Logarithmus des Bleiniederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät, in µg/(m ² · Tag))	1,048	4,8 (2,3 bis 7,3)	nicht gemessen	
Vorhandenseins von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz des berufstätigen Probanden (0 = nie, gelegentlich oder selten, 1 = häufig, sehr häufig oder immer)	1,098	9,8 (3,8 bis 16,2)	1,166	16,6 (10,6 bis 22,9)
Konstante	16,994		41,187	

Anmerkungen: exp(b_i) = Parameter des multiplikativen Modells (b_i: Regressionkoeffizient des Prädiktors x_i);
 95 % CI = Relative Veränderung des Bleigehalts im Blut in % bei Zunahme des Prädiktors um eine Einheit mit 95 %-Konfidenzintervall

Analog zu Kapitel 6.1.2 erhält man die folgende multiplikative Modellgleichung, mit der man aus den Daten des Umwelt-Surveys 1985/86 den Bleigehalt im Blut eines 25- bis 69jährigen Erwachsenen (y) (Maßeinheit µg/l) schätzen kann:

$$y = 41,187 \cdot 1,179^{x_1} \cdot 1,053^{x_3} \cdot 1,009^{x_4} \cdot 1,015^{x_5} \cdot 1,006^{x_6} \cdot 1,004^{x_7} \cdot 1,166^{x_9}.$$

Die Größe der Effekte unterscheiden sich in den Modellen, deren Parameter aus den Daten der Umwelt-Surveys 1990/91 bzw. 1985/86 geschätzt wurden, lediglich für das Zellpackungsvolumen über 25% und die Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt (Obstwein) signifikant.

Vergleicht man abschließend die Ergebnisse der Modellbildungen mit den Daten der Umwelt-Surveys 1990/91 und 1985/86, so läßt sich folgendes feststellen:

- Die Prädiktoren mit deutlichen Effekten wie das Geschlecht, das Zellpackungsvolumen, das Lebensalter, die Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt (, Obstwein) und Bier, das Rauchen sowie eine Variable zum Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen u.ä. am Arbeitsplatz des Probanden sind stabil in den Modellen enthalten.
- Die günstigere Codierung von nominal skalierten Variablen bei der Auswertung des Umwelt-Survey 1990/92 führt zu stabileren Parameterschätzungen.
- Die Nichtaufnahme von schwachen Effekten in die Modelle des Umwelt-Survey 1990/92 führt zu stabileren Schätzungen der Modellparameter bei nur geringem Verlust an Varianzaufklärung.

7 Blei im Kopfhhaar

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der multivariaten Zusammenhangsanalysen für die Bleigehalte im Kopfhhaar behandelt. Es werden Regressionsmodelle für alle Erwachsenen, die Erwachsenen in den alten Ländern, die Erwachsenen in den neuen Ländern (jeweils 25 bis 69 Jahre) und für alle Kinder, die Kinder in den alten Ländern und die Kinder in den neuen Ländern (jeweils 6 bis 14 Jahre) des Umwelt-Surveys 1990/92 vorgestellt. Einen Überblick über die Varianzkomponenten gibt Abbildung 7.1.

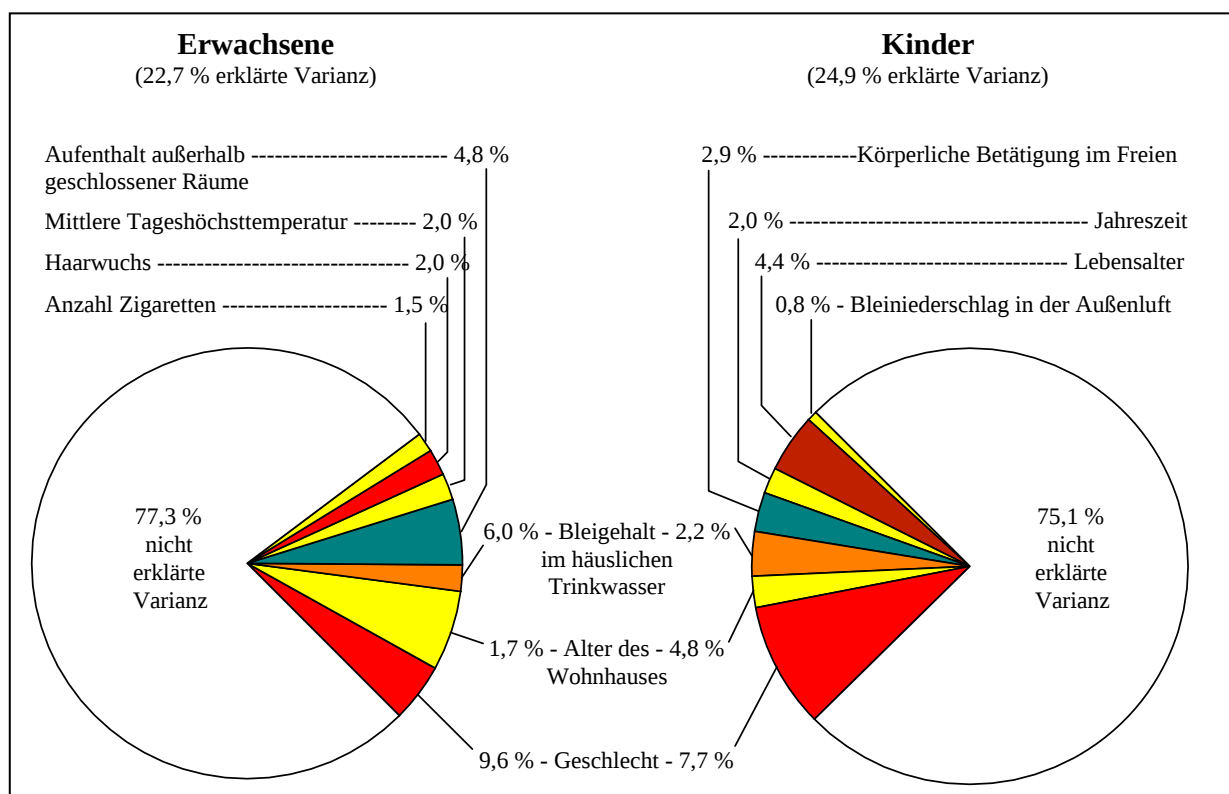


Abb. 7.1: Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Kopfhhaar von Erwachsenen und Kindern, Vergleich der Varianzkomponenten

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

7.1 Regressionsanalysen, Erwachsene

Im folgenden werden die hypothesengeleitet (vgl. Kap. 3.1) gebildeten Regressionsmodelle für die Bleigehalte im Kopfhhaar der Erwachsenen des Umwelt-Surveys 1990/92 dargestellt. Diese Modelle werden für die logarithmierten Bleigehalte im Kopfhhaar hergeleitet, da diese eher der Annahme einer Normalverteilung genügen (Kap. 5.3, 5.4, Abb. 7.2).

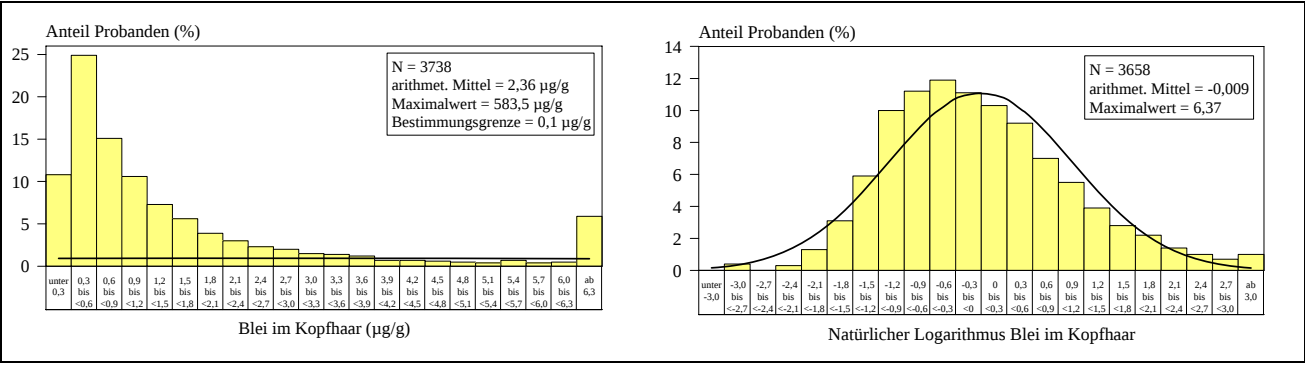


Abb. 7.2: Verteilung der Bleigehalte im Kopfhhaar sowie der logarithmierten Gehalte der 25- bis 69jährigen Erwachsenen für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe

Anmerkung: Die Abbildungen enthalten die Normalverteilungen, deren Erwartungswerte bzw. Varianzen aus den entsprechenden arithmetischen Mittelwerten bzw. Standardabweichungen der Stichproben geschätzt wurden.

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

Die Festlegung der Prädiktoren erfolgte schließlich unter dem Gesichtspunkt einer maximalen Varianzaufklärung. Die in den Modellen enthaltenen Prädiktoren sind in der Tabelle 7.1 angegeben. Alle geprüften Variablen sind im Anhang 13.9 aufgeführt.

Tab. 7.1: Prädiktoren der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Kopfhhaar der 25- bis 69jährigen Erwachsenen

Benötigte Variablen:	
Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, µg/l)	
Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (h)	
Geschlecht (Frauen = 0, Männer = 1)	
mittlere Tageshöchsttemperatur während des Untersuchungszeitraumes am Wohnort des Probanden (°C)	
Haarwuchs (0 = dichtes Haar, 1 = schütteres Haar)	
Alter des Wohnhauses (0 = ab 1950 gebaut, 1 = bis 1949 gebaut)	
durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (mit Filter, ohne Filter, selbstgedreht, Zigarren, Zigarillos, Stumpen und Pfeifen)	
Prädiktoren:	
1)	Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, µg/l)
Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (h)	
Geschlecht (0 = weiblich, 1 = männlich)	
mittlere Tageshöchsttemperatur während des Untersuchungszeitraumes am Wohnort des Probanden (°C)	
Haarwuchs (0 = dichtes Haar, 1 = schütteres Haar)	
Alter des Wohnhauses (0 = ab 1950 gebaut, 1 = bis 1949 gebaut)	
durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (mit Filter, ohne Filter, selbstgedreht, Zigarren, Zigarillos, Stumpen und Pfeifen)	

Die wichtigsten Kennwerte der Modelle sind in den Tabellen 7.2 und 7.3 angegeben. Im Anhang befinden sich die Interkorrelationen (Tab. 13.4.2) aller Variablen sowie zusätzliche Kennwerte der Regressionsmodelle, die eher für den statistisch versierten Leser interessant sind (Tab. 13.4.3, 13.4.4. und 13.4.5).

7.1.1 Varianzkomponenten der Regressionsmodelle

Mit 7 Prädiktoren lassen sich 22,7 % der Varianz der Bleigehalte im Kopfhhaar der Erwachsenen erklären. Bei getrennt berechneten Regressionsmodellen für die alten und neuen Bundesländer ergeben sich mit 7 bzw. 6 Prädiktoren Varianzaufklärungsraten von 24,7 bzw. 21,7 % (Tab. 7.2).

Tab. 7.2: Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Kopfhhaar der 25- bis 69jährigen Erwachsenen

Prädiktor	Deutschland			Alte Bundesländer			Neue Bundesländer		
	N = 3738			N = 2344			N = 1394		
	Aufgeklärte Varianz: 22,7 % Adjustierte Varianz: 22,5 %			Aufgeklärte Varianz: 24,7 % Adjustierte Varianz: 24,5 %			Aufgeklärte Varianz: 21,7 % Adjustierte Varianz: 21,4 %		
	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Logarithmus d. Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser	0,230	0,262	6,0	0,154	0,173	2,7	0,219	0,301	6,6
Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume	0,169	0,284	4,8	0,162	0,287	4,6	0,161	0,259	4,2
Geschlecht	0,162	0,276	4,5	0,173	0,289	5,0	0,155	0,268	4,2
Mittlere Tageshöchsttemp.	0,140	0,147	2,0	0,240	0,282	6,8	nicht signifikant		
Haarwuchs	0,117	0,170	2,0	0,144	0,202	2,9	0,083	0,135	1,1
Alter des Wohnhauses	0,108	0,172	1,9	0,053	0,066	0,4	0,176	0,271	4,8
täglich gerauchte Zigarettenzahl	0,101	0,148	1,5	0,133	0,177	2,3	0,070	0,137	1,0

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; β = standardisierter Regressionskoeffizient (Maß für die Wirkung des Prädiktors im Modell); r = Pearson'scher Korrelationskoeffizient zwischen Prädiktor und Kriterium; $\beta \cdot r \cdot 100 \%$ = dem Prädiktor zuzuordnender Anteil der Varianz des Kriteriums (Summe über alle Prädiktoren ergibt die durch das Modell aufgeklärte Varianz)

Die Varianzaufklärung des für die alten Bundesländer erhaltenen multiplen Regressionsmodells ist um etwa 3 % höher als die für die neuen Bundesländer. Im Gegensatz zu den Modellen für den Bleigehalt im Blut ist der Unterschied in der aufgeklärten Varianz zwischen den Modellen für den Bleigehalt im Kopfhhaar in den alten und neuen Bundesländern deutlich geringer. Für die Varianzaufklärungsrate der einzelnen Prädiktoren sind Unterschiede zwischen den für die alten bzw. neuen Bundesländer gerechneten Modellen erkennbar. Insbesondere für den **Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser** (x_1) und das **Alter des Wohnhauses** (x_6) gibt es ähnlich wie beim Blut deutliche Unterschiede zwischen alten und neuen Bundesländern. Durch den Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser werden in den alten Bundesländern 2,7 % und in den neuen Bundesländern 6,6 % der Gesamtvarianz des Bleigehalts im Kopfhhaar erklärt. Für das Alter des Wohnhauses betragen die Varianzaufklärungsrate 0,4 % bzw. 4,8 % in den alten bzw. neuen Bundesländern (Tab. 7.2).

Den größten Erklärungsanteil der Varianz der Bleigehalte im Kopfhhaar liefert die **mittlere Tageshöchsttemperatur** (x_4) für das Regressionsmodell in den alten Bundesländern mit 6,8 %. In den neuen Bundesländern ist diese Variable allerdings kein signifikanter Prädiktor.

Schließlich tragen die **tägliche Aufenthaltszeit außerhalb geschlossener Räume** (x_2) mit 4,8 % (alte Länder: 4,6 %, neue Länder: 4,2 %), das **Geschlecht** (x_3) mit 4,5 % (alte Länder: 5,0 %, neue Länder: 4,2 %) und die **durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten** (x_7) mit 1,5 % (alte Länder: 2,3 %, neue Länder: 1,0 %) zur Varianzaufklärung des Modells bei (Tab. 7.2).

Eine Kreuzvalidierung ergab, daß die Modelle eine sehr gute Stabilität aufweisen. Lediglich in den Teilmodellen für die alten bzw. neuen Bundesländer sind schwächere Prädiktoren nicht mehr durchgängig signifikant. Das sind die Prädiktoren "Alter des Wohnhauses" im Modell für die alten Bundesländer und "Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten" im Modell für die neuen Bundesländer (zur Erläuterung des Verfahrens und der Resultate vgl. Anhang 13.4, Tab. 13.4.6, 13.4.7 und 13.4.8).

Bei einer Studie an ca. 500 Kindern und Erwachsenen im Alter bis zu 73 Jahren in den USA, die sich unter anderem eines Teilkollektives der NHANES-Studie bediente (Paschal et al. 1989), wurden neben den Faktoren Alter und Geschlecht nur Faktoren der Haarbehandlung berücksichtigt. Damit konnten nur 10 % der Varianz der Bleigehalte im Kopfhhaar aufgeklärt werden. Signifikante Prädiktoren waren das Alter, das Geschlecht, das Vorhandensein einer Dauerwelle, das Benutzen eines Antischuppenwaschmittels und die künstliche Haarfarbe. In der vorliegenden Auswertung der Daten des Umwelt-Surveys sind die Haarbehandlungsmerkmale nicht als signifikante Prädiktoren enthalten. Dabei muß aber festgehalten werden, daß bei Paschal et al. (1989) diese zum einen keine wesentlichen Beiträge zur Varianzaufklärung lieferten und zum andern das von ihnen benutzte Signifikanzniveau von $p < 0,15$ deutlich höher ist als bei der vorliegenden Auswertung.

Manuwald et al. (1991) untersuchten in den Jahren 1988/89 das bei einem Frisörbesuch abgeschnittene Haar von ca. 1800 Kinder im Alter von 2 bis 14 Jahren. Sie wählten zwei unterschiedlich belastete Regionen aus. In der Stadt Erfurt liegt eine relativ hohe Luftbelastung durch Hausbrand und Kraftverkehr vor. Außerdem sind in vielen Altbauten bleihaltige Installationen zur Trinkwasserversorgung vorhanden. Als Vergleichsgebiet wurde die Stadt Bergen auf der Ostseeinsel Rügen ausgewählt. Bei der multivariaten Auswertung der Daten wurde eine Varianzaufklärung von 17,1 % erreicht. Signifikante Prädiktoren waren in der Reihenfolge ihres Varianzbeitrages die Jahreszeit, das Lebensalter und der Wohnort. Die Bleigehalte im Kopfhhaar waren im Sommer im Vergleich zu den Herbstmonaten geringer und nahmen mit dem Lebensalter ab. Da die Haarproben jedoch nicht kopfnah gewonnen wurden, deutete dies auf eine höhere endogene Bleieinlagerung im Sommer hin. Die Belastung des Wohnortes spiegelte sich ebenfalls wider. Die Merkmale Haarlänge, Haartyp und Haarfarbe hatten keinen signifikanten Einfluß auf den Bleigehalt des Kopfhhaares. Anders als in der vorliegenden Studie konnte kein Zusammenhang zum Geschlecht gefunden werden.

Zu einer deutlich höheren Varianzaufklärung führte die in den Jahren 1984 bis 1986 durchgeführte Untersuchung des Kopfhhaares von ca. 500 Kindern im Alter von 3 bis 7 Jahren aus Duisburg und ländlichen Gebieten Nordrhein-Westfalens (Wilhelm et al. 1989). Mit 4 Prädiktoren ließen sich 46 % der Varianz der

Bleigehalte im Kopfhaar erklären. Diese waren in der Reihenfolge der Berücksichtigung in der step-wise Prozedur die Jahreszeit, der Wohnort, das Geschlecht und das Lebensalter. Kinder aus einer hochindustrialisierten Region (Duisburg) wiesen höhere Bleigehalte im Kopfhaar auf als Kinder einer ländlichen Region. Die Bleigehalte im Kopfhaar waren im Sommer deutlich höher als im Winter. Jungen wiesen einen höheren Bleigehalt im Kopfhaar auf als Mädchen und der Bleigehalt verringerte sich mit zunehmendem Alter im untersuchten Altersbereich. Die Haarfarbe und -behandlung, Ernährungsgewohnheiten sowie sozioökonomischer Status, Rauchverhalten und berufliche Belastung der Haushaltsmitglieder erwiesen sich nicht als signifikante Prädiktoren. Die Autoren bezeichneten es als wahrscheinlich, daß die Zusammenhänge mit der Jahreszeit, der Region, dem Geschlecht und dem Lebensalter auf die orale Aufnahme von bleikontaminierten Partikeln zurückzuführen sind.

7.1.2 Modellgleichungen

Die Parameter der Regressionsgleichungen sind in der Tabelle 7.3 angegeben. Ihre inhaltliche Bedeutung wird weiter unten bei der Beschreibung der einzelnen Prädiktoren erläutert.

Tab. 7.3: Die Parameter der Modellgleichungen für den Bleigehalt im Kopfhaar der 25- bis 69jährigen Erwachsenen

Prädiktor	Deutschland		Alte Bundesländer		Neue Bundesländer	
	exp(b_i)	95 % CI	exp(b_i)	95 % CI	exp(b_i)	95 % CI
Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser	1,269	26,9 (23,1 bis 30,8)	1,262	26,2 (19,6 bis 33,2)	1,209	20,9 (15,8 bis 26,2)
Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume	1,048	4,8 (4,0 bis 5,7)	1,044	4,4 (3,4 bis 5,5)	1,048	4,8 (3,3 bis 6,4)
Geschlecht	1,419	41,9 (32,5 bis 51,8)	1,413	41,3 (30,6 bis 52,7)	1,447	44,7 (27,7 bis 64,1)
Mittlere Tageshöchsttemp.	1,020	2,0 (1,6 bis 2,4)	1,031	3,1 (2,6 bis 3,6)	nicht signifikant	
Haarwuchs	1,376	37,6 (27,0 bis 49,1)	1,431	43,1 (30,5 bis 57,0)	1,292	29,2 (11,4 bis 49,7)
Alter des Wohnhauses	1,279	27,9 (19,6 bis 36,8)	1,127	12,7 (4,1 bis 21,9)	1,523	52,3 (35,1 bis 71,6)
täglich gerauchte Zigarettenzahl	1,012	1,2 (0,8 bis 1,5)	1,013	1,3 (1,0 bis 1,7)	1,011	1,1 (0,3 bis 1,9)
Konstante	0,320		0,284		0,419	

Anmerkungen: exp(b_i) = Parameter des multiplikativen Modells (b_i : Regressionkoeffizient des Prädiktors x_i);
95 % CI = Relative Veränderung des Bleigehalts im Kopfhaar in % bei Zunahme des Prädiktors um eine Einheit mit 95 %-Konfidenzintervall

Will man auf der Grundlage dieser Modelle den Bleigehalt im Kopfhaar eines 25- bis 69jährigen Erwachsenen (y) (Maßeinheit $\mu\text{g/l}$) vorhersagen oder schätzen, so sind die folgenden multiplikativen Modellgleichungen zu benutzen:

Deutschland:

$$y = 0,320 \cdot 1,269^{x_1} \cdot 1,048^{x_2} \cdot 1,419^{x_3} \cdot 1,020^{x_4} \cdot 1,376^{x_5} \cdot 1,279^{x_6} \cdot 1,012^{x_7}$$

Alte Bundesländer:

$$y = 0,284 \cdot 1,262^{x_1} \cdot 1,044^{x_2} \cdot 1,413^{x_3} \cdot 1,031^{x_4} \cdot 1,431^{x_5} \cdot 1,127^{x_6} \cdot 1,013^{x_7}$$

Neue Bundesländer:

$$y = 0,419 \cdot 1,209^{x_1} \cdot 1,048^{x_2} \cdot 1,447^{x_3} \cdot 1,292^{x_5} \cdot 1,523^{x_6} \cdot 1,011^{x_7}$$

Für den Praktiker wird die Berechnung derart geschätzter Werte an zwei bezüglich der Prädiktoren extremen - aber trotzdem realistischen - Beispielen demonstriert. Die Beispiele verdeutlichen das Zusammenwirken der Prädiktoren exemplarisch im gesamtdeutschen Modell.

Beispiele für auf der Grundlage des gesamtdeutschen Modells geschätzte Bleigehalte im Kopfhaar von Erwachsenen:

Person A: hat 15 µg/l Blei im häuslichen Trinkwasser ($x_1 = \ln(1 + 15) = 2,773$),
hält sich täglich 8 h außerhalb geschlossener Räume auf ($x_2 = 8$),
ist männlich ($x_3 = 1$),
die mittlere Tageshöchsttemperatur im Untersuchungszeitraum betrug 25 °C ($x_4 = 25$),
hat schütteres Haar ($x_5 = 1$),
lebt in einem vor 1950 erbauten Haus ($x_6 = 1$),
raucht durchschnittlich täglich 20 Zigaretten ($x_7 = 20$).

Geschätzter Bleigehalt im Kopfhaar (y):

$$\begin{aligned} y &= 0,320 \cdot 1,269^{2,773} \cdot 1,048^8 \cdot 1,419^1 \cdot 1,020^{25} \cdot 1,376^1 \cdot 1,279^1 \cdot 1,012^{20} \\ y &= 0,320 \cdot 1,936 \cdot 1,459 \cdot 1,419 \cdot 1,646 \cdot 1,376 \cdot 1,279 \cdot 1,267 \\ y &= 11,64 \text{ µg/g} \end{aligned}$$

Person B: hat 0,1 µg/l Blei im häuslichen Trinkwasser ($x_1 = \ln(1 + 0,1) = 0,095$),
hält sich täglich 2 h außerhalb geschlossener Räume auf ($x_2 = 2$),
ist weiblich ($x_3 = 0$),
die mittlere Tageshöchsttemperatur im Untersuchungszeitraum betrug 5 °C ($x_4 = 5$),
hat dichtes Haar ($x_5 = 0$),
lebt in einem nach 1950 erbauten Haus ($x_6 = 0$),
raucht nicht ($x_7 = 0$).

Geschätzter Bleigehalt im Kopfhaar (y):

$$\begin{aligned} y &= 0,320 \cdot 1,269^{0,095} \cdot 1,048^2 \cdot 1,419^0 \cdot 1,020^5 \cdot 1,376^0 \cdot 1,279^0 \cdot 1,012^0 \\ y &= 0,320 \cdot 1,023 \cdot 1,099 \cdot 1,000 \cdot 1,105 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \\ y &= 0,98 \text{ µg/g} \end{aligned}$$

7.1.3 Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle

Die Aussagen in diesem Kapitel beziehen sich stets auf das gesamtdeutsche Modell, wenn nicht explizit die Gültigkeit für die alten bzw. neuen Bundesländer angegeben ist. Zur besseren Interpretation kann es sinnvoll sein, die im Kapitel 7.1.2 angegebenen multiplikativen Modelle so umzuformen, daß sie die originalen Variablen enthalten. So erhält man z.B. aus dem gesamtdeutschen Modell

$$y = 0,320 \cdot (1+v_1)^{0,238} \cdot 1,048^{v_2} \cdot 1,419^{v_3} \cdot 1,020^{v_4} \cdot 1,376^{v_5} \cdot 1,279^{v_6} \cdot 1,012^{v_7}$$

Analoge Umformungen können für die Modelle der alten bzw. neuen Bundesländer vorgenommen werden.

Unterschiede zwischen den Modellen für die alten bzw. die neuen Bundesländer in der Stärke der Effekte der Prädiktoren gibt es nur für das Alter des Wohnhauses. Dieser Effekt ist in den neuen Bundesländern stärker ausgeprägt als in den alten Bundesländern.

Nachfolgend werden die signifikanten Prädiktoren erläutert. Vorausgeschickt sei, daß Spurenelemente und Metalle zum einen durch Inkorporation über die Blutbahn und Haarwurzel, d.h. endogen in das Haar eingebaut werden können und zum anderen durch exogene Einflüsse wie z.B. über den Kontakt zu Talg, Schweiß und Hautschuppen, durch kosmetische und pharmazeutische Behandlung, aber auch durch Kontakt zu Umweltmedien (Boden, Luft, Wasser) in das Haar gelangen. Bisher gibt es keine Methode zur Unterscheidung der endogenen und exogenen Anteile, d.h. das intrakorporal aufgenommene Blei ist nicht von dem von außen auf/in das Haar gelangtem Blei trennbar.

Bei Blei wird davon ausgegangen, daß während der Wachstumsphase Bleiionen aus dem Blut in die Haarmatrix eingebaut werden können. Dabei dürfte seine Affinität zu Schwefel, welcher zu 5 % in Keratin enthalten ist, eine Rolle spielen. Aber auch exogene Quellen können zur Bleikontamination der Haare beitragen (Wilhelm und Ewers 1993).

Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser

Da der Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser als transformierte Variable (natürlicher Logarithmus) in das Regressionsmodell für den Bleigehalt im Kopfhaar eingeht, nimmt der Effekt in Abhängigkeit von der absoluten Höhe des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser ab.

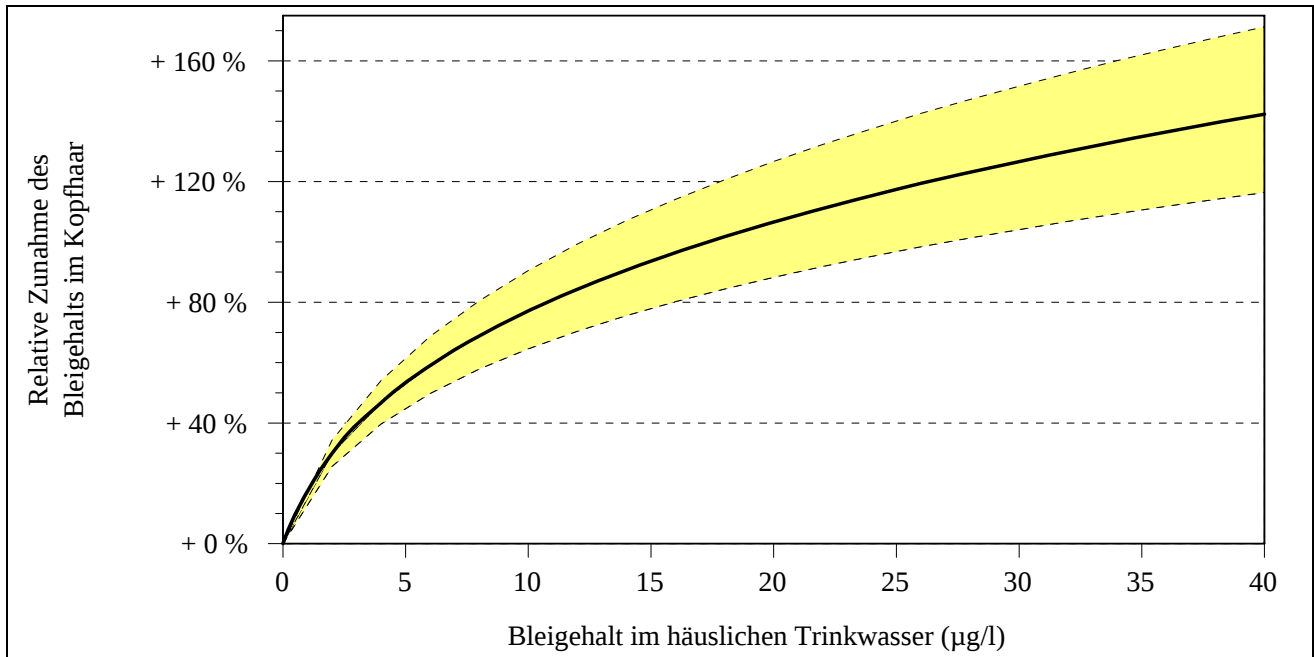


Abb. 7.3: Effekt des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe) im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhaar mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Kopfhaar dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel bedeutet „+ 100 %“ eine Verdopplung des Bleigehaltes im Kopfhaar.

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

Der Bleigehalt des Trinkwassers ist auch bei der multivariaten Auswertung der Daten zum Bleigehalt im Blut ein signifikanter Prädiktor. In beiden Fällen ist er im Gesamtmodell der deutlichste Prädiktor und hat in den neuen Bundesländern im Vergleich zu den alten Bundesländern einen deutlich höheren Anteil an der aufgeklärten Varianz. Da zwischen dem Bleigehalt im Haar und dem Bleigehalt im Blut eine deutliche Korrelation von $r = 0,37$ festgestellt wurde, ist dies Ergebnis plausibel. Ob auch eine exogene Anlagerung von Blei an das Haar, z.B. bei der Haarwäsche, für dieses Ergebnis eine Rolle spielen könnte, kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nicht abschließend geklärt werden. Der Zeitpunkt der letzten Haarwäsche könnte einen Anhaltspunkt zu dieser Thematik liefern. Dieser ist jedoch auf der multivariaten Ebene nicht signifikant, so daß möglicherweise eher ein endogener Einbau des mit dem Trinkwasser aufgenommenen Bleis in das Haar zu vermuten ist.

Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume

Der tägliche Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume ist ein weiterer signifikanter Prädiktor im multiplen Regressionsmodell. Bei einem um eine Stunde längeren Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume wird ein um 4,8 % (95%-Konfidentintervall: 4,0 % bis 5,7 %) höherer Bleigehalt im Kopfhaar vorhergesagt (Tab. 6.2.3, Abb. 6.2.4).

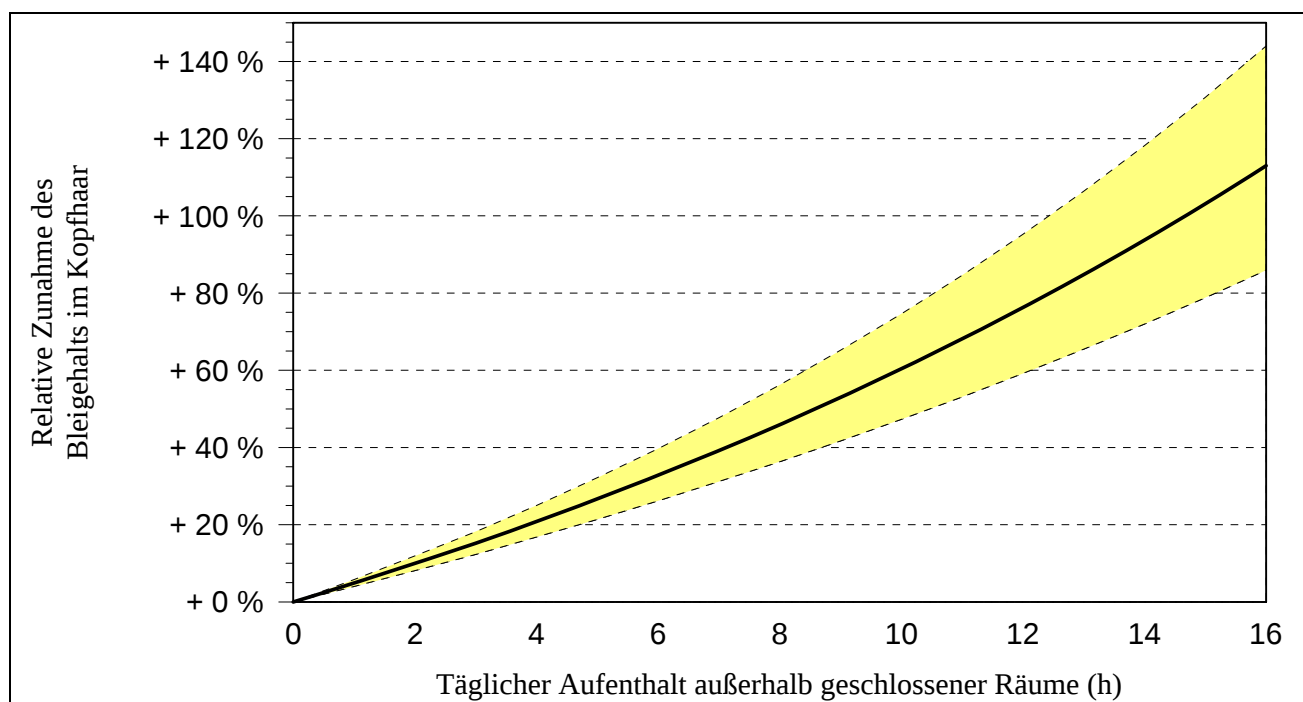


Abb. 7.4: Effekt des Aufenthalts außerhalb geschlossener Räume im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhaar mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Kopfhaar dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel bedeutet „+ 100 %“ eine Verdopplung des Bleigehaltes im Kopfhaar

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

Im Zusammenhang mit einer festgestellten signifikanten Wirkung der Temperatur auf den Bleigehalt von Erwachsenen diskutierten Wilhelm et al. (1990) u.a., daß im Sommer von einer verstärkten Aktivität im Freien auszugehen ist und so höhere Bleigehalte im Blut durch Staub- und Bodenkontakt zu erklären seien. In der vorliegenden Auswertung sind nun aber beide Merkmale, die Zeit des Aufenthaltes im Freien und die mittlere Tageshöchsttemperatur, signifikante Einflußgrößen. Da es sicherlich eine Vielzahl von Personen gibt, die sich, z.B. aus beruflichen Gründen, unabhängig von der Temperatur mehr oder weniger häufig im Freien aufhalten, ist dieses Ergebnis aber durchaus plausibel.

Geschlecht

Männer haben nach dem Modell um 41,9 % (95%-Konfidenzintervall: 32,5 % bis 51,8 %) höhere Bleigehalte im Kopfhaar als Frauen (Tab. 7.3).

Wilhelm et al. (1994) stellten ebenfalls bei einem kleineren Kollektiv aus der Bundesrepublik für Männer einen höheren Bleigehalt im Haar fest als für Frauen. Bei umfangreichen Studien aus den USA war das Geschlecht signifikant, mit höheren Gehalten für Männer (DiPietro et al. 1989, Smith 1993). Bei der Studie

von DiPietro et al. (1989) blieb der Effekt unter Berücksichtigung verschiedener kosmetischer Behandlungen auch bei multivariater Auswertung signifikant. Kein Effekt des Geschlechts konnte bei einer italienischen, griechischen und einer pakistanischen Studie beschrieben werden (Leotsinidis und Kondakis 1990, Ashraf et al. 1995, Vienna et al. 1995). Andererseits wurde bei Kollektiven aus Rom und Wien über höhere Bleigehalte im Kopfhaar bei Frauen berichtet (Wolfsperger et al. 1994). Die meisten Autoren verweisen darauf, daß für die unterschiedlichen Befunde variierende soziale und berufliche Faktoren Störgrößen sein können. Hinweise darauf, daß dieser Effekt durch einen für Frauen und Männer unterschiedlichen Metabolismus verursacht sein könnte, liegen nicht vor.

Mittlere Tageshöchsttemperatur

Für eine um 1 °C höhere mittlere Tageshöchsttemperatur während des Untersuchungszeitraumes am Wohnort des Probanden wird ein um 2,0 % höherer Bleigehalt im Kopfhaar gefunden. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt 1,6 % bis 2,4 % (Tab. 7.3).

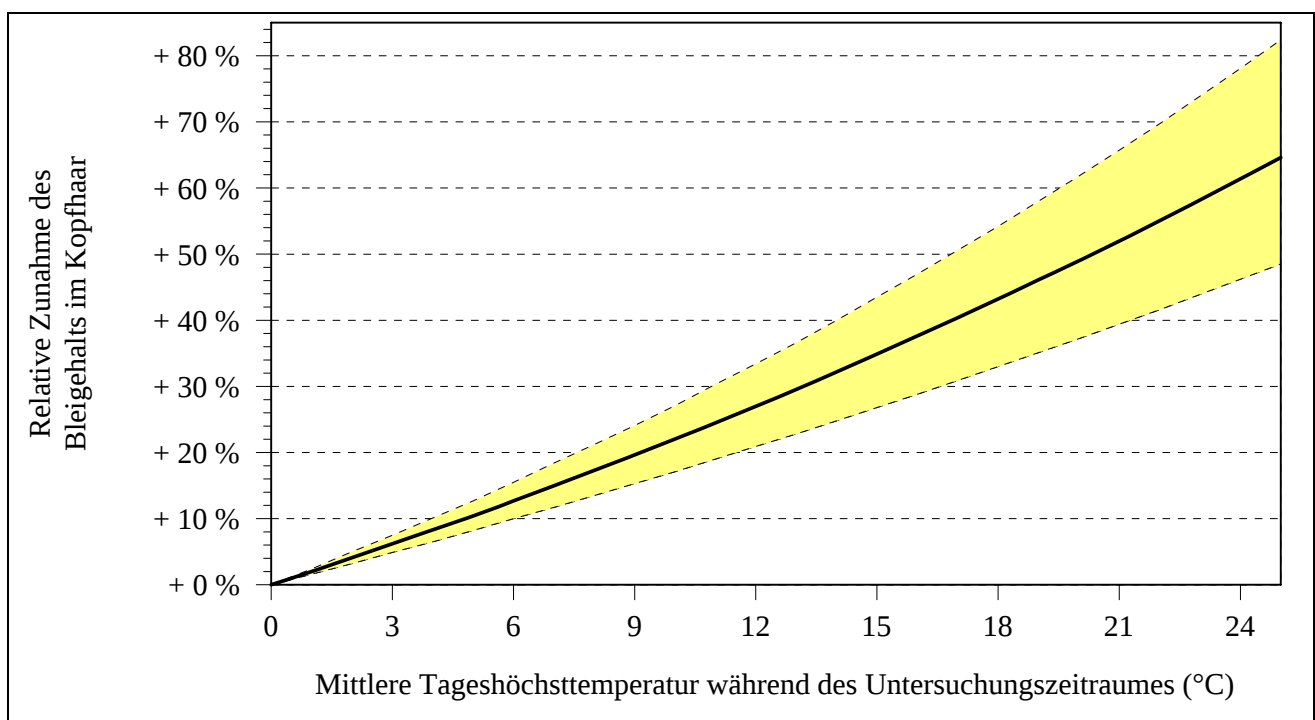


Abb. 7.5: Effekt der mittleren Tageshöchsttemperatur während des Untersuchungszeitraumes am Wohnort des Probanden im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhaar mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Kopfhaar dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde „+ 50 %“ eine Erhöhung des Bleigehaltes im Kopfhaar auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Einen Effekt der Jahreszeit mit höheren Bleigehalten im Kopfhaar bei Erwachsenen im Sommer im Vergleich zum Winter beschreiben, wie bereits erwähnt, auch Wilhelm et al. (1990). Sie diskutieren u.a. eine unterschiedliche Ernährung (höherer Konsum von Frischprodukten mit höherem Bleianteil), unterschiedliche Wasserversorgung und -konsum als Gründe. Aus dem Befund, daß ein Jahreszeiteffekt im Schamhaar weniger deutlich war, folgern sie, daß auch eine externe Zufuhr zum Haar, z.B. durch im Sommer verstärkte Aktivitäten im Freien, von Bedeutung sein kann.

Haarwuchs

Für Personen, die schütteres Haar haben, wird gegenüber Personen mit dichtem Haarwuchs ein um 37,6 % höherer Bleigehalt im Kopfhaar gefunden. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt 27,0 % bis 49,1 % (Tab. 7.3). Diese Effekte unterscheiden sich in den alten und neuen Bundesländern nicht.

Kopfhautnahe Haarsegmente weisen geringere Bleigehalte auf als distale Segmente. Valkovic (1988) konstatiert, daß das proximal gefundene Blei eher endogenen Ursprungs ist und höhere Bleigehalte in distaler Richtung eine zusätzliche Anreicherung durch externe Quellen widerspiegeln. Bei schütterem Haarwuchs fehlt nun quasi die Deckschicht der Haare, die den proximalen Teil des Haares vor der exogenen Anreicherung schützt. Der Effekt des Prädiktors ist somit plausibel.

Alter des Wohnhauses

In den alten Bundesländern wird für Personen, die in einem vor 1950 erbauten Haus wohnen, gegenüber Personen, die in einem ab 1950 erbauten Haus wohnen, ein um 12,7 % höherer Bleigehalt im Kopfhaar geschätzt. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt 4,1 % bis 21,9 %. In den neuen Bundesländern beträgt die Erhöhung 52,3 % (95%-Konfidenzintervall: 35,1 % bis 71,6 %). Damit unterscheidet sich der Effekt des Alters des gegenwärtig bewohnten Wohnhauses zwischen den alten und neuen Bundesländern signifikant (Tab. 7.3, Abb. 7.5).

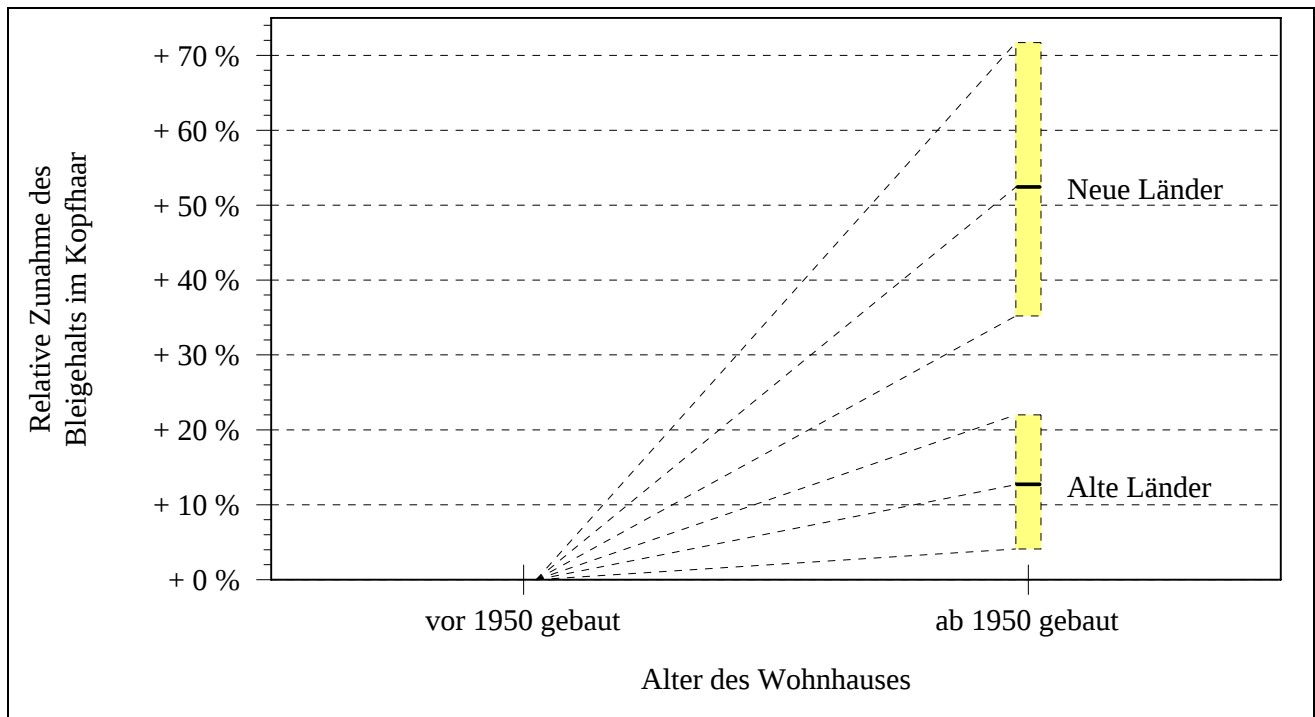


Abb. 7.6: Effekt des Alters des gegenwärtig bewohnten Wohnhauses im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhaar mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Kopfhaar dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Kopfhaar auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Dieses Ergebnis entspricht etwa dem für den Bleigehalt im Blut. Mögliche Gründe wurden entsprechend in Kapitel 6.1.3 diskutiert.

Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten

Mit jeder täglich gerauchten Zigarette erhöht sich der Bleigehalt im Kopfhaar um 1,2 % bei einem Konfidenzintervall von 0,8 % bis 1,5 % (Tab. 7.3). Die Effekte in den alten und neuen Bundesländern unterscheiden sich dabei nicht.

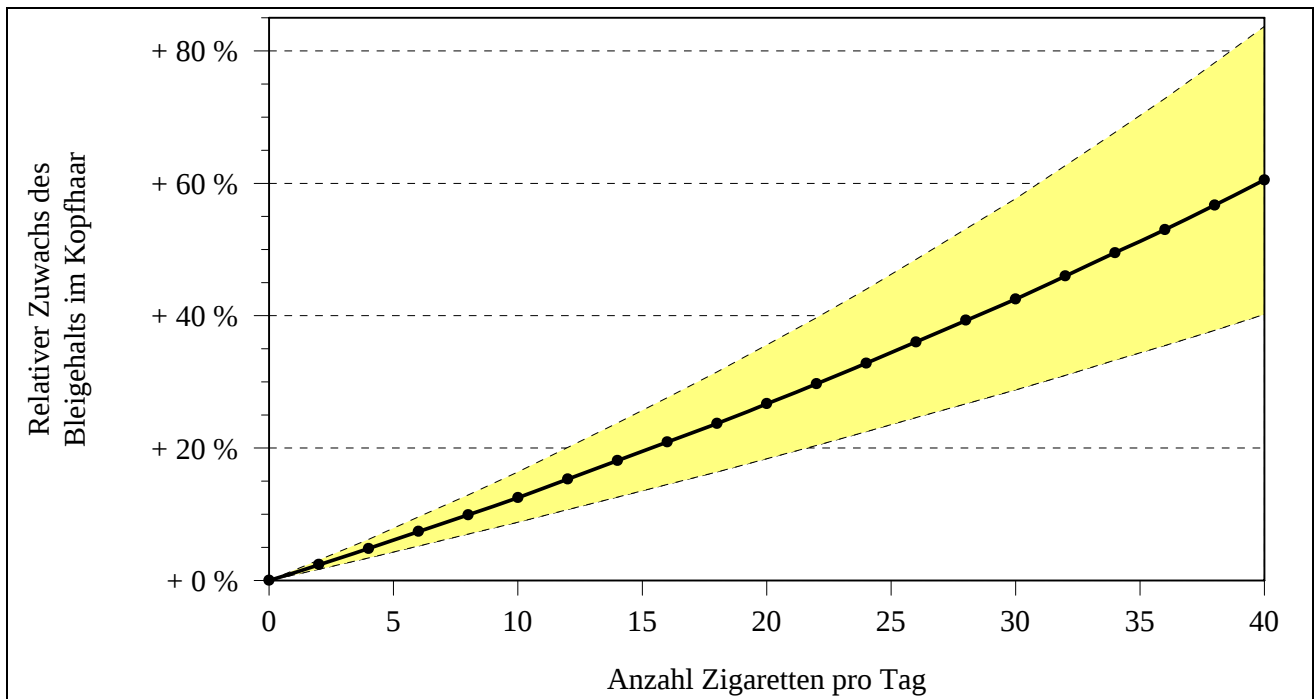


Abb. 7.7: Effekt der Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhhaar mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Kopfhhaar dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Kopfhhaar auf das 1,5-fache bedeuten.

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

In der Literatur wurden teilweise bei Rauchern höhere Gehalte im Kopfhhaar beschrieben (Wolfperger et al. 1994, Chattopadhyay et al. 1990, Vienna et al. 1995). In vielen Untersuchungen konnte jedoch ein Zusammenhang zwischen dem Bleigehalt im Kopfhhaar und dem Rauchstatus bzw. dem Rauchverhalten nicht belegt werden (Wilhelm et al. 1990, Moon et al. 1986, Ahmed und Elmubarak 1990, Srikumar et al. 1992).

Wolfperger et al. (1994) diskutieren die Wirkung einer Vielzahl von Confoundern. Ohne Zweifel ist jedoch das Rauchen ein wesentlicher Pfad für die korporale Bleibelastung, was sich im Rahmen der vorliegenden Studie an dem deutlichen Zusammenhang zwischen dem Rauchen und dem Bleigehalt im Blut zeigt.

7.1.4 Zusätzliche Prädiktoren

Der **Bleigehalt im Blut** wäre in den Regressionsmodellen für den Bleigehalt im Kopfhhaar der Erwachsenen ein zusätzlicher signifikanter Prädiktor, der die Varianzaufklärung der Modelle um jeweils ca. 4 % erhöhen würde. Für einen um 1 µg/l höheren Bleigehalt im Blut würde ein um 0,7 % höherer Bleigehalt im Kopfhhaar vorhergesagt. Dennoch wurde diese Variable nicht in das Modell aufgenommen. Möchte man das Modell für Vorhersagen des Bleigehalts im Kopfhhaar benutzen, so müsste erst der Bleigehalt im Blut bestimmt werden. Außerdem reduziert sich die Varianzaufklärungsrate durch den Bleigehalt im Blut von deutlich über 10 %

(quadrierter einfacher Korrelationskoeffizient) auf ca. 4 % durch andere im Modell enthaltene Prädiktoren. Die Modelle lassen, wie erläutert, keinen Rückschluß darauf zu, ob das Blei im Kopfhaar endogenen oder exogenen Ursprungs ist.

In vielen Studien konnte ein Zusammenhang zwischen dem Bleigehalt im Blut und im Kopfhaar aufgezeigt werden (Chatt und Katz 1988). Bei beruflich belasteten Personen wurde von Korrelationen bis zu $r = 0,85$ berichtet (Foo et al. 1993). Unter der Voraussetzung, daß die ersten zwei cm eines kopfhautnahen Haarabschnittes herangezogen werden, wird angenommen, daß Blut und Urin aus toxikologischer Sicht denselben Expositionszeitraum, d.h. die letzten 2-3 Monate beschreiben (Wilhelm und Idel 1996). Aus der Tatsache, daß sich die Bleigehalte im Scham- und im proximalen Kopfhaar wenig unterscheiden, folgern Wilhelm et al. (1990), daß beide Medien denselben durch die Blutzirkulation zur Verfügung stehenden Bleianteil beschreiben, wobei in bezug auf das Kopfhaar ein exogener Anteil jedoch nicht ganz auszuschließen ist. In der vorliegenden Studie wurde ein proximaler Haarabschnitt von 4 cm Länge untersucht, und es resultiert nur eine Korrelation von $r=0,37$. Außerdem überwiegen im Modell eher solche Prädiktoren, die auf externe Quellen zurückzuführen sein dürften.

Der Höhe des gemessenen **Bleinniederschlags in der Innenraumluft** wäre in den Regressionsmodellen für den Bleigehalt im Kopfhaar ein zusätzlicher Prädiktor. Höhere Bleiniederschlagswerte wären dann mit höheren Bleigehalten im Kopfhaar assoziiert. Die Varianzaufklärung der Modelle würde sich in den alten Bundesländern um 0,6 % und in den neuen Bundesländern um 3,8 % erhöhen. Allerdings würde sich durch viele fehlende Werte bei dieser Variablen die Anzahl vollständiger Datensätze deutlich reduzieren. Aus diesem Grund wurde der Bleiniederschlag in der Innenraumluft nicht als Prädiktor in die Regressionsmodelle für die Bleigehalte im Kopfhaar aufgenommen. Darüber hinaus hätte man eine weitere zu messende Variable (ähnlich dem Bleigehalt im Blut), wenn man die Regressionsmodelle für Vorhersagen der Bleigehalte im Kopfhaar benutzen möchte.

Eine Abhängigkeit des Bleigehalts im Kopfhaar vom **Probenahme-Team** ist in den alten Bundesländern (3 Teams) nicht nachweisbar. In den neuen Bundesländern gibt es jedoch offensichtlich deutliche Unterschiede zwischen den 2 im Feld tätigen Teams in der Art der Probenahme und damit verbunden einen Einfluß auf die Höhe des gemessenen Bleigehalts im Kopfhaar. Würde man im Modell für die Erwachsenen der neuen Bundesländer einen Prädiktor "Team" zusätzlich in das multiple Regressionsmodell aufnehmen, so würde sich die Varianzaufklärung um 3,7 % erhöhen.

Prädiktoren mit kleinen Effekten in den Modellen für den Bleigehalt im Kopfhaar der Erwachsenen:

Der **Body Mass Index** wäre ein zusätzlicher Prädiktor im Modell mit einer Varianzaufklärungsrate von 0,6 % (alte Bundesländer: 0,9 %; neue Bundesländer: 0,3 %). Dabei würden für einen höheren Body Mass Index höhere Bleigehalte im Blut geschätzt. Der resultierende Effekt ist in den alten und neuen Bundesländern gleich.

Durch die Häufigkeit des **Konsums von Bier** könnten zusätzlich 0,5 % der Varianz der Bleigehalte im Kopfhaar erklärt werden. Mit häufigerem Konsum von Bier werden höhere Bleigehalte im Kopfhaar geschätzt.

Für Personen, die angeben, gelegentlich, häufig oder sehr häufig **Blei** an ihrem **Arbeitsplatz** vorzufinden, ist gegenüber Personen, die Blei nie an ihrem Arbeitsplatz vorfinden, ein höherer Bleigehalt im Kopfhaar zu erwarten. Bei Aufnahme dieser Variablen in das Modell würde sich die Varianzaufklärung um 0,3 % erhöhen.

Für **Arbeiter** werden in den neuen Bundesländern höhere Bleigehalte im Kopfhaar gefunden. Ein solcher zusätzlicher Prädiktor würde die Varianzaufklärungsrate des Regressionsmodells für den Bleigehalt im Kopfhaar in den neuen Bundesländern um 1,2 % erhöhen. In den alten Bundesländern ist eine solche Variable nicht signifikant.

Die Höhe des gemessenen **Bleiniederschlags in der Außenluft** würde als zusätzlicher Prädiktor die Varianzaufklärung der Regressionsmodelle für die Bleigehalte im Kopfhaar in den alten Bundesländern um 0,4 % bzw. in den neuen Bundesländern um 0,7 % erhöhen. Für höhere Bleiniederschläge in der Außenluft würden höhere Bleigehalte im Kopfhaar geschätzt. Dieser Effekt ist in den neuen Bundesländern größer als in den alten Bundesländern.

Eine zusätzliche Variable zum **Wohngebiet** würde die Varianzaufklärung des Regressionsmodells für den Bleigehalt im Kopfhaar um 0,8 % erhöhen. Für städtische Wohngebiete würden gegenüber ländlichen oder vorstädtischen Wohngebieten niedrigere Bleigehalte im Kopfhaar vorhergesagt. In den alten Bundesländern ist eine entsprechende Variable nicht signifikant.

Der Bleigehalt im Kopfhaar wird bei geringer **Haareinwaage** häufig überschätzt, da sich möglicherweise Kontaminationen und Meßfehler bei kleineren Einwaagen stärker auswirken. Dies zeigte sich in einer signifikant negativen Korrelation zwischen Einwaage und Gehalt, die erst entfällt, wenn man Proben mit geringer Einwaage aus der Stichprobe entfernt, d.h. sogenannte Kappungsgrenzen einführt. Aufgrund von durchgeführten statistischen Testreihen wurde für Blei eine Kappungsgrenze von 45 mg gewählt (Krause et al. 1996b). Im Modell für die Bleigehalte im Kopfhaar der Erwachsenen in den alten Bundesländern würde ein Prädiktor "Haareinwaage" die aufgeklärte Varianz um lediglich 0,4 % erhöhen. In den neuen Bundesländern ist die Haareinwaage nicht signifikant.

7.2 Regressionsanalysen, Kinder

In diesem Kapitel werden die hypothesengeleitet gebildeten Regressionsmodelle für die Bleigehalte im Kopfhhaar der Kinder des Umwelt-Surveys 1990/92 dargestellt. Diese Modelle werden für die logarithmierten Bleigehalte im Kopfhhaar hergeleitet, da diese eher der Annahme einer Normalverteilung genügen (Kap. 5.3, 5.4, Abb. 7.8).

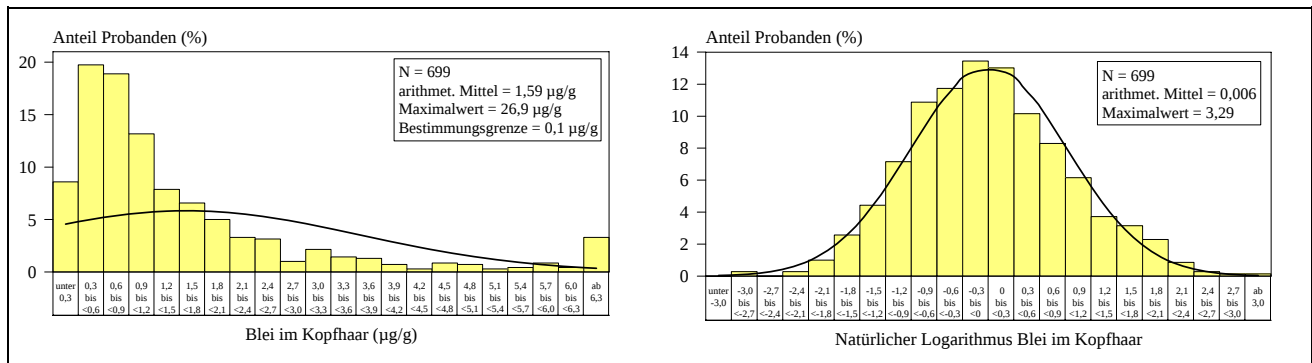


Abb. 7.8: Verteilung der Bleigehalte im Kopfhhaar sowie der logarithmierten Gehalte der 6- bis 14jährigen Kinder für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe

Anmerkung: Die Abbildungen enthalten die Normalverteilungen, deren Erwartungswerte bzw. Varianzen aus den entsprechenden arithmetischen Mittelwerten bzw. Standardabweichungen der Stichproben geschätzt wurden.

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

Die im Modelle für den Bleigehalt im Kopfhhaar der Kinder der neuen Bundesländer enthaltenen Prädiktoren sind in der Tabelle 7.4 angegeben.

Tab. 7.4: Prädiktoren des Regressionsmodells für den Bleigehalt im Blut der 6- bis 14jährigen Kinder

Benötigte Variablen:	
Geschlecht	
Lebensalter (Jahre)	
Alter des Wohnhauses (0 = ab 1950 gebaut, 1 = bis 1949 gebaut)	
Körperliche Betätigung im Freien (0 = seltener, 1 = häufiger)	
Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe) in µg/l	
Jahreszeit (0 = Oktober bis April, 1 = Mai bis September)	
Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, mg/(m ² · Tag))	
Prädiktoren:	
Geschlecht (0 = weiblich, 1 = männlich)	
Lebensjahre über 6 (Jahre)	
Alter des Wohnhauses (0 = ab 1950 gebaut, 1 = bis 1949 gebaut)	
Körperliche Betätigung im Freien (0 = seltener, 1 = häufiger)	
5) Logarithmus des Bleigehalts im häusl. Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	
Jahreszeit (0 = Oktober bis April, 1 = Mai bis September)	
Natürlicher Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, mg/(m ² · Tag))	

Die wichtigsten Kennwerte der Modelle sind in den Tabellen 7.5 und 7.6 angegeben. Im Anhang befinden sich die Interkorrelationen (Tab. 13.5.2) aller Variablen sowie zusätzliche Kennwerte der Regressionsmodelle, die eher für den statistisch versierten Leser interessant sind (Tab. 13.5.3, 13.5.4 und 13.5.5). Alle geprüften Variablen sind im Anhang 13.9 aufgeführt.

7.2.1 Varianzkomponenten der Regressionsmodelle

Mit 7 Prädiktoren lassen sich 23,3 % der Varianz der Bleigehalte im Kopfhaar der 6- bis 14jährigen Kinder erklären. Bei getrennt berechneten Regressionsmodellen für die alten und neuen Bundesländer ergeben sich mit 6 bzw. 5 Prädiktoren Varianzaufklärungsraten von 26,7 bzw. 24,5 % (Tab. 7.5).

Tab. 7.5: Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Kopfhaar der 6- bis 14jährigen Kinder

Prädiktor	Deutschland			Alte Bundesländer			Neue Bundesländer		
	N = 699			N = 451			N = 256		
	Aufgeklärte Varianz: 24,9 %			Aufgeklärte Varianz: 29,2 %			Aufgeklärte Varianz: 23,8 %		
	Adjustierte Varianz: 24,1 %			Adjustierte Varianz: 28,3 %			Adjustierte Varianz: 22,3 %		
	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Geschlecht	0,298	0,316	9,4	0,349	0,361	12,6	0,184	0,232	4,3
Lebensalter über 6	-0,193	-0,229	4,4	-0,192	-0,224	4,3	-0,192	-0,257	4,9
Alter des Wohnhauses	0,171	0,185	3,2	nicht signifikant			0,293	0,276	8,1
Körperliche Betätigung im Freien	0,118	0,246	2,9	0,127	0,244	3,1	0,176	0,285	5,0
Logarithmus d. Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser	0,130	0,173	2,2	0,087	0,110	1,0	nicht signifikant		
Jahreszeit	0,126	0,155	2,0	0,237	0,276	6,5	nicht signifikant		
Logarithmus d. Bleiniederschlags in der Außenluft	0,068	0,113	0,8	0,119	0,148	1,8	0,127	0,123	1,6

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; β = standardisierter Regressionskoeffizient (Maß für die Wirkung des Prädiktors im Modell); r = Pearson'scher Korrelationskoeffizient zwischen Prädiktor und Kriterium; $\beta \cdot r \cdot 100 \%$ = dem Prädiktor zuzuordnender Anteil der Varianz des Kriteriums (Summe über alle Prädiktoren ergibt die durch das Modell aufgeklärte Varianz)

Die Varianzaufklärungsraten der Modelle für die Erwachsenen und die Kinder liegen in der gleichen Größenordnung, wobei die Prädiktoren sich durchaus unterscheiden. Ein Prädiktor zum Haarwuchs ist nicht im Modell enthalten. Das Zigarettenrauchen ist im Modell für den Bleigehalt im Kopfhaar der Kinder nicht signifikant. Zusätzlicher Prädiktor ist der Bleiniederschlag in der Außenluft.

Für die Varianzaufklärungsraten der einzelnen Prädiktoren sind Unterschiede zwischen den für die alten bzw. neuen Bundesländer berechneten Modellen erkennbar. Insbesondere für den **Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser** (x_5) und das **Alter des Wohnhauses** (x_3) gibt es wiederum deutliche Unterschiede zwischen

alten und neuen Bundesländern. Der Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser ist in den neuen und das Alter des Wohnhauses in den alten Bundesländern kein signifikanter Prädiktor im Modell. Der Korrelationskoeffizient zwischen beiden Variablen ist mit 0,25 relativ hoch, so daß in den Modellen für die 6- bis 14jährigen Kinder eine Variable nicht mehr in das Modell aufgenommen wird, wenn die andere schon als Prädiktor aufgenommen wurde. Würde man im Modell für den Bleigehalt im Kopfhaar in den neuen Bundesländern den Prädiktor "Alter des Wohnhauses" durch den Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser ersetzen, so würde die durch das Modell erklärte Varianz um 6 % sinken. Die Varianzaufklärungsrate für das Alter des Wohnhauses im Modell für den Bleigehalt im Kopfhaar in den neuen Bundesländern ist mit 8,1 % bedeutend höher als die für den Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser der alten Bundesländer mit 1,0 % (Tab. 7.5). Mögliche Ursachen dafür wurden bereits in Kapitel 6.1.1 diskutiert.

Den größten Erklärungsanteil der Varianz der Bleigehalte im Kopfhaar liefert das **Geschlecht** (x_1) mit 9,4 %. In den alten Bundesländern ist die Varianzaufklärungsrate für diese Variable mit 12,6 % gegenüber 4,3 % in den neuen Bundesländern bedeutend höher.

Durch das **Lebensalter** (x_2) können 4,4 % der Varianz der Bleigehalte im Kopfhaar erklärt werden (alte Bundesländer: 4,3 %, neue Bundesländer: 4,9 %).

In den Modellen für die Bleigehalte im Kopfhaar sind Variablen zur Betätigung der Kinder im Freien von Bedeutung. Solche Tätigkeiten im Freien sind eng mit dem Lebensalter assoziiert. Durch die **körperliche Betätigung im Freien** (x_4) werden 2,9 % (alte Bundesländer: 3,1 %; neue Bundesländer: 5,0 %) der Varianz der Bleigehalte im Kopfhaar erklärt.

Schließlich tragen die **Jahreszeit der Probenahme** (x_6) mit 6,5 % in den alten Bundesländern (diese Variable ist im Modell für die neuen Bundesländer nicht signifikant) und der **Bleiniederschlag in der Außenluft** (x_7) mit 0,8 % (alte Bundesländer: 1,8 %, neue Bundesländer: 1,6 %) zur Varianzaufklärung des Modells bei (Tab. 7.5). Die Jahreszeit der Probenahme korreliert hoch mit der mittleren Tageshöchsttemperatur während des Untersuchungszeitraumes am Wohnort des Probanden ($r = 0,69$). Letztere war bei den Erwachsenen auch nur im Modell für die Bleigehalte im Kopfhaar in den alten Bundesländern signifikant.

Eine Kreuzvalidierung ergab, daß die Modelle für die 6- bis 14jährigen Kinder eine gute Stabilität aufweisen. Allerdings sind in den Teilstichproben nicht mehr alle Prädiktoren signifikant. Das sind die Prädiktoren "Bleiniederschlag in der Außenluft", "Körperliche Betätigung im Freien" (alte und neue Bundesländer), "Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser" (alte Bundesländer) und "Geschlecht" (neue Bundesländer). Die gegenüber den Erwachsenen zum Teil zurückgehenden Varianzaufklärungsraten in den Teilstichproben sind durch den deutlich geringeren Stichprobenumfang bei den Kindern bedingt (zur Erläuterung des Verfahrens und der Resultate vgl. Anhang 13.5, Tab. 13.5.6, 13.5.7 und 13.5.8).

7.2.2 Modellgleichungen

Die Parameter der Regressionsgleichungen sind in der Tabelle 7.6 angegeben. Ihre inhaltliche Bedeutung wird weiter unten bei der Beschreibung der einzelnen Prädiktoren erläutert.

Tab. 7.6: Die Parameter der Modellgleichungen für den Bleigehalt im Kopfhaar der 6- bis 14jährigen Kinder

Prädiktor	Deutschland		Alte Bundesländer		Neue Bundesländer	
	exp(b _i)	95 % CI	exp(b _i)	95 % CI	exp(b _i)	95 % CI
Geschlecht	1,733	73,3 (53,2 bis 96,0)	1,853	85,3 (60,9 bis 113,5)	1,426	42,6 (13,7 bis 78,8)
Lebensjahre über 6	0,934	-6,6 (-8,8 bis -4,3)	0,937	-6,3 (-8,9 bis -3,6)	0,930	-7,0 (-11,0 bis -3,0)
Alter des Wohnhauses	1,417	41,7 (23,6 bis 62,5)	nicht signifikant		1,787	78,7 (43,8 bis 122,1)
Körperliche Betätigung im Freien	1,323	32,3 (12,2 bis 56,0)	1,368	36,8 (11,5 bis 67,9)	1,486	48,6 (13,4 bis 94,8)
Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser	1,143	14,3 (6,7 bis 22,5)	1,118	11,8 (0,9 bis 23,8)	nicht signifikant	
Jahreszeit	1,276	27,6 (12,4 bis 44,9)	1,529	52,9 (32,6 bis 76,3)	nicht signifikant	
Logarithmus d. Bleiniederschlags in der Außenluft	1,101	10,1 (0,4 bis 20,6)	1,193	19,3 (6,1 bis 34,2)	1,183	18,3 (2,3 bis 36,7)
Konstante	0,483		0,349		0,558	

Anmerkungen: exp(b_i) = Parameter des multiplikativen Modells (b_i: Regressionkoeffizient des Prädiktors x_i);
95 % CI = Relative Veränderung des Bleigehalts im Kopfhaar in % bei Zunahme des Prädiktors um eine Einheit mit 95 %-Konfidenzintervall

Will man auf der Grundlage dieser Modelle den Bleigehalt im Kopfhaar eines 6- bis 14jährigen Kindes (y) (Maßeinheit µg/l) vorhersagen oder schätzen, so sind die folgenden multiplikativen Modellgleichungen zu benutzen:

Deutschland:

$$y = 0,483 \cdot 1,733^{x_1} \cdot 0,934^{x_2} \cdot 1,417^{x_3} \cdot 1,323^{x_4} \cdot 1,143^{x_5} \cdot 1,276^{x_6} \cdot 1,101^{x_7}$$

Alte Bundesländer:

$$y = 0,349 \cdot 1,853^{x_1} \cdot 0,937^{x_2} \cdot 1,368^{x_4} \cdot 1,118^{x_5} \cdot 1,529^{x_6} \cdot 1,193^{x_7}$$

Neue Bundesländer:

$$y = 0,558 \cdot 1,426^{x_1} \cdot 0,930^{x_2} \cdot 1,787^{x_3} \cdot 1,486^{x_4} \cdot 1,183^{x_7}$$

Für den Praktiker wird die Berechnung derart geschätzter Werte an zwei bezüglich der Prädiktoren extremen - aber trotzdem realistischen - Beispielen demonstriert. Die Beispiele verdeutlichen das Zusammenwirken der Prädiktoren exemplarisch im gesamtdeutschen Modell.

Beispiele für auf der Grundlage des gesamtdeutschen Modells geschätzte Bleigehalte im Kopfhaar von Kindern:

Kind A: ist männlich ($x_1 = 1$),
 ist 6 Jahre alt ($x_2 = 6 - 6 = 0$),
 lebt in einem vor 1950 erbauten Haus ($x_3 = 1$),
 betätigt sich häufiger im Freien körperlich ($x_4 = 1$),
 hat 15 µg/l Blei im häuslichen Trinkwasser ($x_5 = \ln(1 + 15) = 2,773$),
 Haarprobe wurde zwischen Mai und September entnommen ($x_6 = 1$),
 hat in seiner Wohnumgebung einen gemessenen Bleiniederschlagswert in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) von 100 µg/(m² · Tag) ($x_7 = \ln(100) = 4,605$).

Geschätzter Bleigehalt im Kopfhaar (y):

$$y = 0,483 \cdot 1,733^1 \cdot 0,934^0 \cdot 1,417^1 \cdot 1,323^1 \cdot 1,143^{2,773} \cdot 1,276^1 \cdot 1,101^{4,605}$$

$$y = 0,483 \cdot 1,733 \cdot 1,000 \cdot 1,417 \cdot 1,323 \cdot 1,449 \cdot 1,276 \cdot 1,556$$

$$y = 4,52 \text{ µg/g}$$

Kind B: ist weiblich ($x_1 = 0$),
 ist 14 Jahre alt ($x_2 = 14 - 6 = 8$),
 lebt in einem ab 1950 erbauten Haus ($x_3 = 0$),
 betätigt sich seltener im Freien körperlich ($x_4 = 0$),
 hat 0,1 µg/l Blei im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe) ($x_5 = \sqrt{0,1} = 0,316$),
 Haarprobe wurde zwischen Oktober und April entnommen ($x_6 = 0$),
 hat in seiner Wohnumgebung einen gemessenen Bleiniederschlagswert in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) von 10 µg/(m² · Tag) ($x_7 = \ln(10) = 2,303$).

Geschätzter Bleigehalt im Kopfhaar (y):

$$y = 0,483 \cdot 1,733^0 \cdot 0,934^8 \cdot 1,417^0 \cdot 1,323^0 \cdot 1,143^{0,316} \cdot 1,276^0 \cdot 1,101^{2,303}$$

$$y = 0,483 \cdot 1,000 \cdot 0,579 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,043 \cdot 1,000 \cdot 1,247$$

$$y = 0,36 \text{ µg/g}$$

7.2.3 Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle

Die Aussagen in diesem Kapitel beziehen sich stets auf das gesamtdeutsche Modell, wenn nicht explizit die Gültigkeit für die alten bzw. neuen Bundesländer angegeben ist. Zur besseren Interpretation kann es sinnvoll sein, die im Kapitel 7.2.2 angegebenen multiplikativen Modelle so umzuformen, daß sie die originalen Variablen enthalten. So erhält man z.B. aus dem gesamtdeutschen Modell

$$y = 0,483 \cdot 1,733^{v_1} \cdot 0,934^{v_2} \cdot 1,417^{v_3} \cdot 1,323^{v_4} \cdot (1+v_5)^{0,134} \cdot 1,276^{v_6} \cdot v_7^{0,096}$$

Analoge Umformungen können für die Modelle der alten bzw. neuen Bundesländer vorgenommen werden.

Obwohl die Stärke der Effekte einiger Prädiktoren in den Modellen für die alten bzw. neuen Bundesländer unterschiedlich ist, gibt es wegen des gegenüber den Erwachsenen bedeutend geringeren Stichprobenumfangs keine signifikanten Unterschiede.

Geschlecht

Jungen haben nach dem Modell um 73,3 % (95%-Konfidenzintervall: 53,2 % bis 96,0 %) höhere Bleigehalte im Kopfhhaar als Mädchen (Tab. 7.6).

Der Effekt des Geschlechts ist in den Modellen für die Erwachsenen bzw. die Kinder statistisch nicht zu unterscheiden.

Bei regional begrenzten Untersuchung in der Bundesrepublik wurden von Wilhelm et al. (1989 und 1994) für Jungen höhere Bleigehalte im Kopfhhaar als für Mädchen beschrieben. In den umfangreichen Studien von Prucha (1987) und Manuwald et al. (1991) wurden keine unterschiedlichen Bleigehalte im Kopfhhaar der Jungen und Mädchen festgestellt. Dagegen wurde aus den Niederlanden bei multivariater Auswertung (Wibowo et al. 1986) und aus Spanien (Schumacher et al. 1991) von höheren Gehalten für Mädchen im Vergleich zu Jungen berichtet. Hinweise auf einen unterschiedlichen Metabolismus liegen auch für die Kinder nicht vor. In der Regel wird ein geschlechtsspezifisches Spielverhalten mit mehr oder weniger Boden- und Staubkontakt als Erklärung herangezogen.

Lebensalter

Im Gegensatz zu den Erwachsenen sinkt der Bleigehalt im Kopfhhaar mit steigendem Lebensalter (Tab. 7.6, Abb. 7.8). Dabei ergibt sich pro Lebensjahr ein Abfall um 6,6 % (95%-Konfidenzintervall: 4,3 % bis 8,8 %).

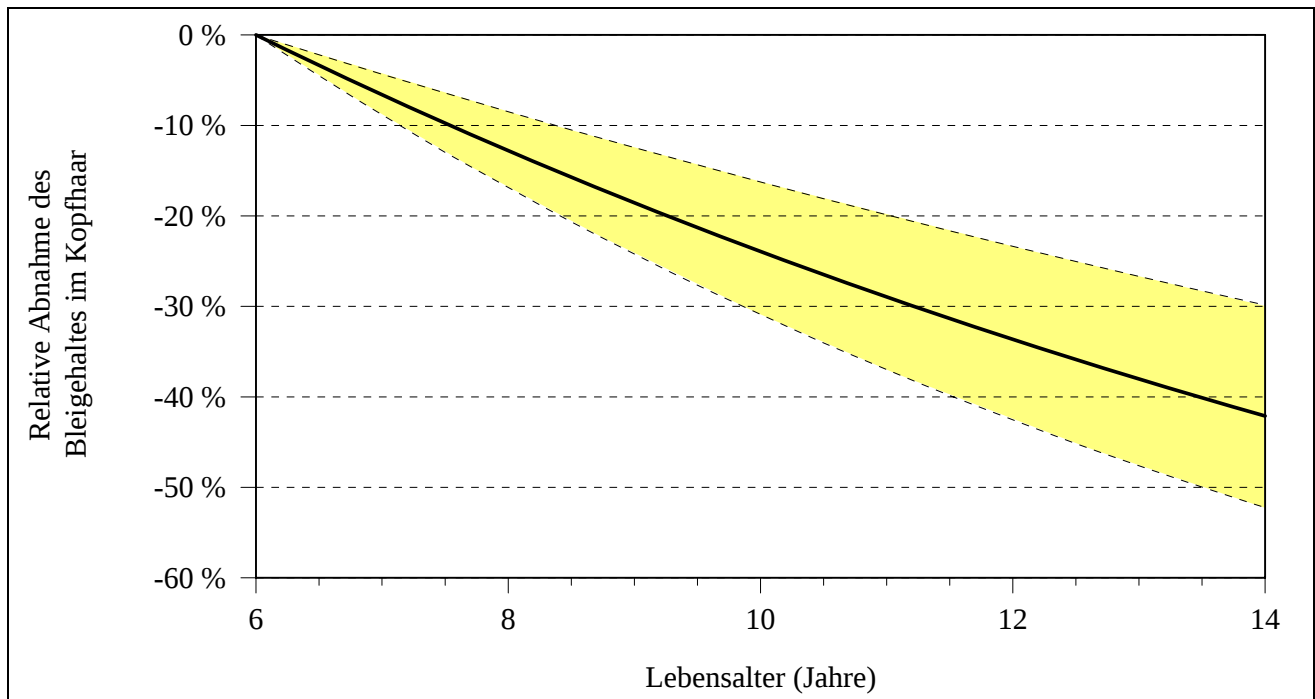


Abb. 7.9: Effekt des Lebensalters im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Abnahme des Bleigehaltes im Kopfhhaar mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Kopfhhaar dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "- 20 %" eine Verringerung des Bleigehaltes im Kopfhhaar auf 80 % des Bleigehalts im Kopfhhaar im Alter von 6 Jahren bedeuten.

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

Ein Effekt der Verringerung des Bleigehaltes im Kopfhhaar der Kinder mit zunehmendem Lebensalter wird einheitlich in gleicher Tendenz in der Literatur beschrieben (Manuwald et al. 1991, Wilbrand et al. 1991, Schumacher et al. 1991, Smith 1993, Wilhelm et al. 1989). Bei Kindern unter 5 Jahren spielt dabei die Hand-zu-Mund-Aktivität die entscheidende Rolle (Wilhelm et al. 1994). Nach Schätzungen nehmen eineinhalb bis dreieinhalbjährige Kinder täglich bis zu 10 g Erde oral auf, die älteren dagegen nur noch 1 g bis 100 mg (Kimbrough et al. 1984), was durch ein sich veränderndes Spielverhalten bedingt sein dürfte. Bei einer Studie an 3- bis 7jährigen Kindern berichtete Wilhelm et al. (1989), daß der stärkste Abfall des Bleigehaltes im Kopfhhaar zwischen dem 3. und 4. Lebensjahr zu beobachten ist. Schumacher et al. (1991) weisen darauf hin, daß mit zunehmendem Lebensalter die gastrointestinale Resorption von Blei abnimmt.

Körperliche Betätigung im Freien

Für Kinder, die sich häufiger im Freien körperlich betätigen, werden gegenüber Kindern, die dies seltener tun, um 32,2 % (95%-Konfidenzintervall: 12,2 % bis 56,0 %) höhere Bleigehalte im Kopfhhaar geschätzt.

Kinder sind durch den häufigeren Aufenthalt im Freien einerseits der atmosphärischen Bleibelastung in größerem Maße ausgesetzt als Erwachsene (Aurand und Hofmeister 1980), andererseits wirbeln sie beim

Spielen sedimentierten bleihaltigen Staub auf, wodurch verstärkt bleihaltiger Staub eingeatmet oder verschluckt wird und die Haare exogen kontaminiert werden (Krause und Chutsch 1987).

Alter des Wohnhauses, Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser

Das Alter des gegenwärtig bewohnten Hauses ist in den neuen, aber nicht in den alten Bundesländern signifikant. In den neuen Bundesländern wird bei Bewohnen eines bis 1949 erbauten Hauses gegenüber einem ab 1950 erbauten Hauses ein um 78,7 % höherer Bleigehalt im Kopfhaar gefunden. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt 43,8 % bis 122,1 % (Tab. 7.6).

Der Effekt des Alters des Wohnhauses ist bei Erwachsenen und Kindern statistisch nicht zu unterscheiden. Außerdem zeigte dieser Prädiktor einen signifikanten Zusammenhang mit dem Bleigehalt im Blut der Erwachsenen und der Kinder in den neuen Bundesländern. Mögliche Gründe dafür wurden in Kapitel 6.1.3 diskutiert.

Der Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser ist in den alten, aber nicht in den neuen Bundesländern signifikant (vgl. Kap. 7.1.1). Da der Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser als transformierte Variable (natürlicher Logarithmus) in das Regressionsmodell für den Bleigehalt im Kopfhaar eingeht, nimmt der Effekt in Abhängigkeit von der absoluten Höhe des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser ab.

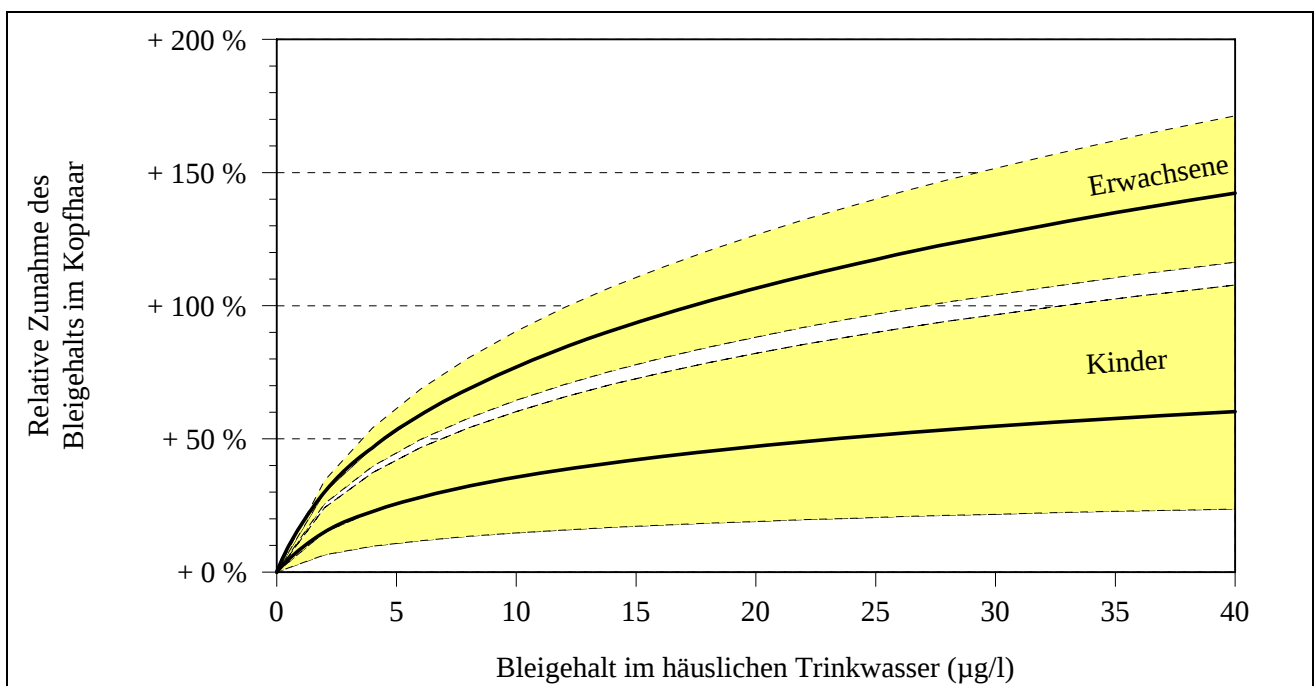


Abb. 7.10: Effekt des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe) in den Regressionsmodellen für Erwachsene bzw. Kinder (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhaar mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Kopfhaar dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Kopfhaar auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Der Effekt des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser auf den Bleigehalt im Kopfhhaar ist bei den Erwachsenen deutlich höher als bei den Kindern.

Jahreszeit

Die Jahreszeit der Probenahme ist nur in den alten Bundesländern ein signifikanter Prädiktor des multiplen Regressionsmodells für den Bleigehalt im Kopfhhaar. Für Kinder in den alten Bundesländern, bei denen die Haarprobe während der Monate Mai bis September entnommen wurde, werden gegenüber Kindern, bei denen die Haarprobe während der Monate Oktober bis April entnommen wurde, nach dem Modell um 52,9 % höherer Bleigehalte im Kopfhhaar geschätzt. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt 32,6 % bis 76,3 % (Tab. 7.6).

Wilhelm et al. (1989) beschrieben für 3- bis 7jährige Kinder höhere Gehalte im Sommer als im Winter. Sie gaben an, daß dies wahrscheinlich durch den im Sommer längeren Aufenthalt außerhalb der Wohnung und die damit verbundene höhere Aufnahme bleihaltiger Partikel zu erklären ist. Manuwald et al. (1991) fanden im Herbst höhere Bleigehalte bei Kindern im Vergleich zum Sommer. Diese zunächst widersprüchlichen Ergebnisse werden jedoch dadurch plausibel, daß in der Studie von Manuwald et al. keine kopfhautnahen Proben genommen wurden, so daß die Exposition mit einer zeitlichen Verzögerung angezeigt wurde. Sie geben als mögliche Gründe ein erhöhtes Verkehrsaufkommen im Sommer (Insel Rügen), eine höhere Staubaufwirbelung und einen längeren Aufenthalt der Kinder im Sommer im Freien an.

Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)

Da der Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) als transformierte Variable (natürlicher Logarithmus) in das Regressionsmodell eingeht, nimmt der Effekt in Abhängigkeit von der absoluten Menge des Niederschlags ab. Aus der Modellgleichung mit den originalen Variablen ergibt sich, daß eine Verdopplung des Bleiniederschlags in der Außenluft zu einem Multiplikator von $2^{0,096} = 1,069$, d.h. zu einer Erhöhung des Bleigehalts im Kopfhhaar der Kinder um 6,9 %, führt.

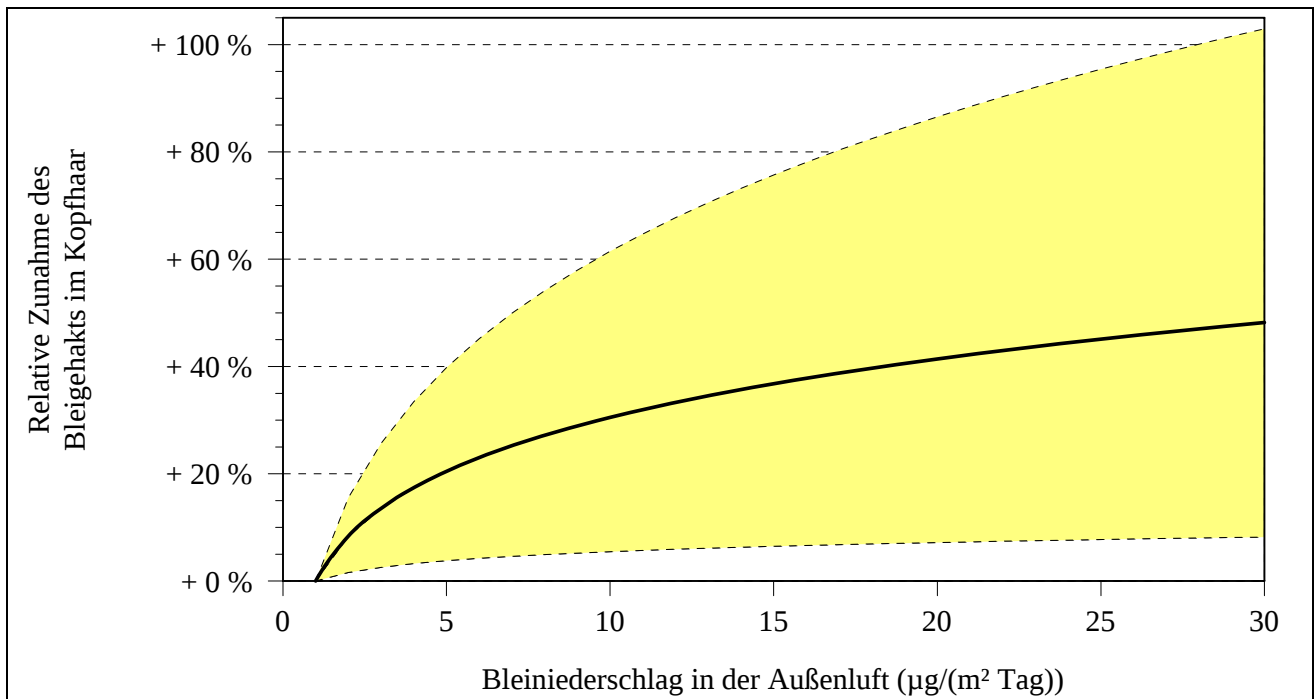


Abb. 7.11: Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) im Regressionsmodell für Kinder (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhaar mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehaltes im Kopfhaar dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleigehaltes im Kopfhaar auf das 1,5-fache bedeuten.

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

7.2.4 Zusätzliche Prädiktoren

Der **Bleigehalt im Blut** als zusätzlicher Prädiktor in den Regressionsmodellen für die Erwachsenen wurde bereits im Kapitel 7.1.4 diskutiert. In den Regressionsmodellen für den Bleigehalt im Kopfhaar der Kinder ist die Bedeutung des Bleigehalts im Blut unterschiedlich. Im Modell für die Kinder der alten Bundesländer ist der Bleigehalt im Blut ein zusätzlicher Prädiktor, wobei dessen Varianzaufklärungsbeitrag nur 0,8 % beträgt. Im Modell für die neuen Bundesländer ist bei Hinzunahme des Bleigehalts im Blut als Prädiktor das Geschlecht nicht mehr signifikant. Dafür beträgt jedoch die Varianzaufklärungsrate des Bleigehalts im Blut 10,7 %. Im gesamtdeutschen Regressionsmodell für den Bleigehalt im Kopfhaar ist der Bleigehalt im Blut kein zusätzlicher Prädiktor. Die Ursache für die hohe Varianzaufklärungsrate von 10,7 % durch den Bleigehalt im Blut im Regressionsmodell für die Kinder der neuen Bundesländer bei gleichzeitiger Nichtsignifikanz des Geschlechts liegt in der hohen Korrelation ($r = 0,45$; Tab. 6.2) zwischen diesen beiden Variablen begründet. Letzterer Fakt spricht ebenfalls dafür, die Variable Bleigehalt im Blut nicht in die Modelle für die Bleigehalte im Kopfhaar aufzunehmen.

Ebenfalls bereits in Kapitel 7.1.4 wurde die Höhe des gemessenen **Bleinniederschlags in Wohnräumen** als zusätzlicher Prädiktor in allen Regressionsmodellen (Erwachsene, Kinder, alte und neue Bundesländer) für den Bleigehalt im Kopfhaar diskutiert.

Wie bereits bei den Erwachsenen gibt es auch für die Kinder der neuen Bundesländer deutliche Unterschiede bzgl. der gemessenen Bleigehalte im Kopfhaar zwischen den zwei im Feld tätigen **Probenahme-Teams**. Würde man im Modell für die Kinder der neuen Bundesländer einen Prädiktor "Team" zusätzlich in das multiple Regressionsmodell aufnehmen, so wäre der Varianzbeitrag eines solchen Prädiktors 4,5 %. In den alten Bundesländern ist kein Team-Effekt nachweisbar.

Die im folgenden genannten Variablen wurden deshalb nicht in die Regressionmodelle aufgenommen, weil sie untereinander und mit den bereits in den Modellen enthaltenen Variablen zur Häufigkeit der körperlichen Betätigung im Freien sowie zum Buddeln, Graben, Höhlenbauen korrelieren. Bei Hinzunahme eines weiteren Prädiktors würde die Stabilität der Modelle deutlich sinken.

Wird die **Häufigkeit des Aufenthalts im Grünen im Sommer** als zusätzlicher Prädiktor in das Regressionsmodell für den Bleigehalt im Kopfhaar der Kinder in den neuen Bundesländern aufgenommen, so würde sich die Varianzaufklärungsrate des Modells um 1,8 % erhöhen. Für Kinder, die sich häufig oder sehr häufig im Sommer im Grünen aufhalten, würde gegenüber Kindern, die dies nur selten oder nie tun, ein höherer Bleigehalt im Kopfhaar geschätzt. In den alten Bundesländern ist eine solche Variable nicht signifikant.

Einen Zuwachs von 1,2 % an Varianzaufklärung des Regressionsmodells in den neuen Bundesländern würde eine Variable bringen, die das Vorhandensein von **Schmutz an Kleidern, Gesicht und Händen nach dem Spielen draußen** abfragt. Mit mehr Schmutz an Kleidern, Gesicht und Händen nach dem Spielen draußen sind höhere Bleigehalte im Kopfhaar assoziiert. In den alten Bundesländern ist diese Variable nicht signifikant.

7.3 Vergleich der Regressionsmodelle der Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91

Für den Vergleich der Modelle der Umwelt-Surveys von 1985/86 und 1990/91 wurden wiederum zwei Wege beschritten

- Überprüfung der Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1985/86 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1990/91 und
- Überprüfung der Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1990/91 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1985/86

soweit die entsprechenden Daten verfügbar sind.

Überprüfung der Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1985/86 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1990/91

Die regionale Variable zum Anteil Beschäftigter in Energie, Wasser, Bergbau in der Region, die im Regressionsmodell für den Bleigehalt im Kopfhaar des Umwelt-Surveys 1985/86 enthalten ist, wurde im Umwelt-Survey 1990/91 (alte Bundesländer) nicht ausgewertet. Die Staubbelastung im Beruf ist im Umwelt-Survey 1990/91 auf andere Art abgefragt. Zur Modellüberprüfung werden Variablen zu Staub in der Luft, auf Arbeitsmitteln oder auf dem Boden als Arbeitsbedingung einbezogen.

Tab. 7.7: Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1985/86 für den Bleigehalt im Kopfhaar der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf Basis der Daten von 1985/86 (N = 906) und 1990/91 (N = 1956)

Datenbasis 1985/86		Datenbasis 1990/91 (alte Bundesländer)	
Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$	Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Logarithmus des Bleigehalts im Blut ($\mu\text{g/l}$)	4,4 %	Logarithmus des Bleigehalts im Blut ($\mu\text{g/l}$)	7,9 %
Jahreszeit (0 = Oktober bis April, 1 = Mai bis September)	3,6 %	Jahreszeit (0 = Oktober bis April, 1 = Mai bis September)	7,0 %
Haareinwaage (mg)	2,8 %	Haareinwaage (mg)	0,8 %
Logarithmus des Bleiniederschlags im Haushalt ($\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	2,1 %	Logarithmus des Bleiniederschlags im Haushalt ($\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	1,3 %
Staubbelastung im Beruf (0 = keine, geringe; 1 = deutliche,starke)	1,6 %	Staubbelastung im Beruf (3 Variable)	nicht signifikant
Befragter ist in Pension (0 = nein, 1 = ja)	1,4 %	Befragter ist in Pension (0 = nein, 1 = ja)	nicht signifikant
Anteil Beschäftigter in Energie, Wasser, Bergbau in der Region (0 = durchschnittlich, 1 = überdurchschnittlich)	0,7 %	Anteil Beschäftigter in Energie, Wasser, Bergbau in der Region (0 = durchschnittlich, 1 = überdurchschnittlich)	nicht ausgewertet
Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	16,6 %	Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	17,0 %
Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	16,0 %	Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	16,9 %

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

Obwohl bei der Überprüfung des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1985/86 für den Bleigehalt im Kopfhhaar mit den Daten des Umwelt-Surveys 1990/91 schließlich 3 Prädiktoren weniger im Modell enthalten sind, ist die Varianzaufklärung etwas höher. Insbesondere sind die Varianzaufklärungsraten des Logarithmus des Bleigehalts im Blut und der Jahreszeit der Probenahme 1990/91 höher als 1985/86. Der Varianzanteil der Haareinwaage ist zurückgegangen (vgl. Kap. 7.1.4)

Überprüfung der Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1990/91 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1985/86

Im folgenden wird das in Kapitel 7.1 vorgestellte Regressionsmodell für die Bleigehalte im Kopfhhaar der Erwachsenen des Umwelt-Surveys 1990/91 (alte Bundesländer) auf die Daten des Umwelt-Surveys 1985/86 angewendet. Die Daten von 1985/86 werden dabei nach Möglichkeit wie im Anhang 13.9 dargestellt codiert. Die resultierenden Varianzkomponenten sind in Tabelle 7.8 angegeben. Mit den 7 Prädiktoren des Regressionsmodells lassen sich lediglich 4,3 % der Varianz der Bleigehalte im Kopfhhaar erklären.

Tab. 7.8: Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1990/91 für den Bleigehalt im Kopfhhaar der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf Basis der Daten von 1990/91 (N = 2343) und 1985/86 (N = 1317)

Datenbasis 1990/91 (alte Bundesländer)		Datenbasis 1985/86	
Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$	Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$
mittlere Tageshöchsttemperatur (°C)	6,8 %	mittlere Tageshöchsttemperatur (°C)	0,6 %
Geschlecht (Frauen = 0, Männer = 1)	5,0 %	Geschlecht (Frauen = 0, Männer = 1)	2,0 %
Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (h)	4,6 %	Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (h)	nicht vorhanden
Haarwuchs (0 = dichtes Haar, 1 = schütteres Haar)	2,9 %	Haarwuchs (0 = dichtes Haar, 1 = schütteres Haar)	nicht vorhanden
Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, µg/l)	2,7 %	Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, µg/l)	nicht signifikant
durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (mit Filter, ohne Filter, selbstgedreht), Zigarren, Zigarillos, Stumpen und Pfeifen	2,3 %	durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (mit Filter, ohne Filter, selbstgedreht), Zigarren, Zigarillos, Stumpen und Pfeifen	1,0 %
Alter des Wohnhauses (Jahre)	0,4 %	Alter des Wohnhauses (Jahre)	0,7 %
Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	24,7 %	Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	4,3 %
Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	24,5 %	Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	4,0 %

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

Bei der Überprüfung des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1990/91 für den Bleigehalt im Kopfhhaar mit den Daten des Umwelt-Surveys 1985/86 sinkt die Varianzaufklärungsrate deutlich von 24,7 % auf 4,3 %. Die im Regressionsmodell 1985/86 enthaltenen Prädiktoren mit großen Varianzanteilen wie Logarithmus des

Bleigehalts im Blut und Jahreszeit der Probenahme sind im Modell 1990/91 nicht enthalten. In den Daten von 1985/86 sind zwei Prädiktoren nicht verfügbar (Tägliche Aufenthaltsdauer außerhalb geschlossener Räume und Haarwuchs). Der Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser ist nicht signifikant. Die verbleibenden 4 Prädiktoren liefern geringe Varianzaufklärungsraten.

Vergleicht man abschließend die Ergebnisse der Modellbildungen mit den Daten der Umwelt-Surveys 1990/91 und 1985/86, so läßt sich folgendes feststellen:

- Der Zusammenhang des Bleigehalts im Kopfhhaar mit dem Bleigehalt im Blut, der Jahreszeit der Probenahme, dem Geschlecht, der Anzahl täglich gerauchter Zigaretten, dem Alter des gegenwärtig bewohnten Hauses, dem Bleiniederschlag im Haushalt und der Haareinwaage ist in den entsprechenden Regressionsmodellen sowohl 1985/86 als auch 1990/91 signifikant. Der Bleiniederschlag im Haushalt hat 1990/91 einen stärkeren Effekt als 1985/86. Die übrigen Effekte unterscheiden sich trotz zum Teil unterschiedlicher Varianzaufklärungsraten nicht signifikant zwischen 1985/86 und 1990/91.
- Die Prädiktoren "Staubbelastung im Beruf" und "Befragter befindet sich in Pension" des Regressionsmodells für den Bleigehalt im Kopfhhaar im Umwelt-Survey 1985/86 sind bei Auswertung der Daten des Umwelt-Surveys 1990/91 nicht mehr signifikant. Der Prädiktor "Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser" des in Kapitel 7.1.2 angegebenen Modells für die Erwachsenen der alten Bundesländer ist bei Auswertung der Daten von 1985/86 nicht signifikant.

8 Bleigehalt im Hausstaub (Staubsaugerbeutelprobe)

Für die statistische Analyse des Bleigehalts im Inhalt des Staubsaugerbeutels wurden ebenfalls die in Anhang 13.9 angegebenen Variablen verwendet. Insbesondere wurden Variablen geprüft, die die Zeitdauer des Nutzens des Beutels im Staubsauger, die Art der gesaugten Böden und das Staubsaugen inner- oder außerhalb der Wohnung beschreiben. Es werden Regressionsmodelle für die logarithmierten Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels in den Stichproben der Erwachsenen des Umwelt-Surveys (jeweils alte bzw. neue Bundesländer) berechnet.

Die aufgeklärte Varianz der Modelle, die für die alten bzw. neuen Bundesländer resultieren, liegt deutlich unter 10 %. Das bedeutet, dass weniger als 10 % der Varianz des Bleigehalts im Inhalt des Staubsaugerbeutels durch die Prädiktoren der gefundenen Modelle erklärt werden können. Aus diesem Grund wird auf die Angabe eines Vorhersagemodells für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels verzichtet. Einige Ergebnisse der Auswertungen werden dennoch im Folgenden dargestellt.

8.1 Regressionsanalysen

Die multiplen Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels werden für die logarithmierten Bleigehalte hergeleitet, da diese eher der Annahme einer Normalverteilung genügen (Kap. 5.3, 5.4, Abb. 8.1).

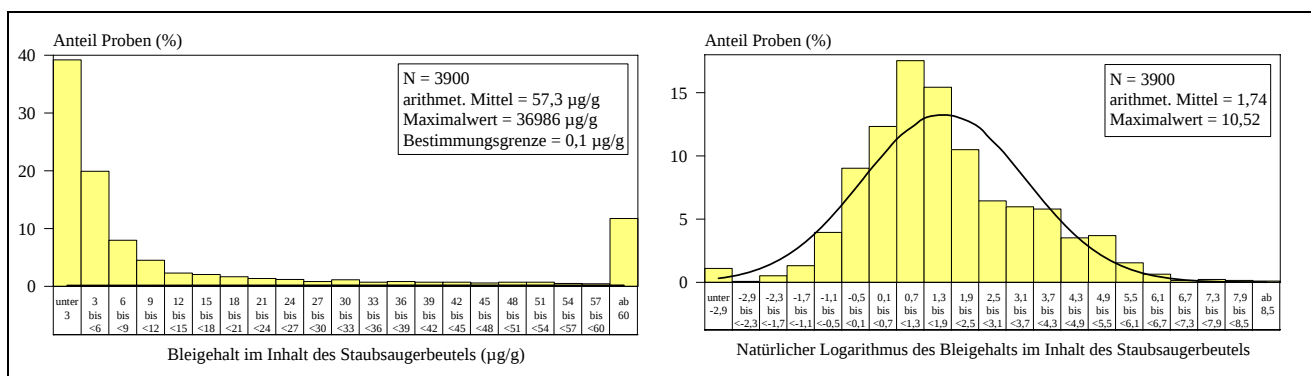


Abb. 8.1: Verteilung des Bleigehalts im Inhalt des Staubsaugerbeutels der 25- bis 69-jährigen Erwachsenen sowie der logarithmierten Bleigehalte

Anmerkung: Die Abbildungen enthalten die Normalverteilungen, deren Erwartungswerte bzw. Varianzen aus den entsprechenden arithmetischen Mittelwerten bzw. Standardabweichungen der Stichproben geschätzt wurden.

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

Wegen der geringen Varianzaufklärung werden die Regressionsmodelle nicht explizit angegeben. Dennoch werden insbesondere in Tabelle 8.2 die Varianzkomponenten der Prädiktoren angegeben.

Im Rahmen der deskriptiven Auswertungen der Daten des Umwelt-Surveys 1990/92 gab es signifikante Gliederungsmerkmale, die bei der multivariaten Auswertung keinen Zusammenhang mehr mit den im Inhalt des Staubsaugerbeutels gemessenen Bleigehalten zeigten oder deren Effekte nur sehr schwach waren.

Die Merkmale "Alte/neue Bundesländer" und die Bebauungsart des Wohngebietes, welche bei der deskriptiven Auswertung signifikante Gliederungsmerkmale darstellten, sind in den multiplen Regressionsmodellen nicht signifikant.

Die in den multiplen Regressionsmodellen enthaltenen Prädiktoren sind in der Tabelle 8.1 angegeben.

Tab. 8.1: Prädiktoren der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels der 25- bis 69jährigen Erwachsenen

<i>Benötigte Variablen:</i>	
Haustyp (0 = Hochhaus oder Wohnblock, 1 = Ein-, Zwei- oder Mehrfamilienhaus)	
mittlere Tageshöchsttemperatur während des Untersuchungszeitraumes am Wohnort des Probanden	(°C)
Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	
<i>Prädiktoren:</i>	
Haustyp (0 = Hochhaus oder Wohnblock, 1 = Ein-, Zwei- oder Mehrfamilienhaus)	
mittlere Tageshöchsttemperatur während des Untersuchungszeitraumes am Wohnort des Probanden	(°C)
Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	

Im Anhang befinden sich die Interkorrelationen (Tab. 13.6.2) aller Variablen. Alle geprüften Variablen sind im Anhang 13.9 aufgeführt.

8.1.1 Varianzkomponenten der Regressionsmodelle

Mit den 3 in Tabelle 8.1 angegebenen Prädiktoren lassen sich lediglich 2,9 % der Varianz der Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels erklären. Bei getrennt berechneten Regressionsmodellen für die alten und neuen Bundesländer ergeben sich mit jeweils 2 Prädiktoren Varianzaufklärungsraten von 7,9 % bzw. 4,0 % (Tab. 8.2).

Tab. 8.2: Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels der 25- bis 69jährigen Erwachsenen

Prädiktor	Deutschland			Alte Bundesländer			Neue Bundesländer		
	N = 3805			N = 2404			N = 1432		
	Aufgeklärte Varianz: 2,9 % Adjustierte Varianz: 2,8 %			Aufgeklärte Varianz: 7,9 % Adjustierte Varianz: 7,9 %			Aufgeklärte Varianz: 4,0 % Adjustierte Varianz: 3,9 %		
	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Haustyp	0,135	0,127	1,7	nicht signifikant			0,155	0,118	1,8
Mittlere Tageshöchsttemp.	0,094	0,094	0,9	0,278	0,278	7,7	nicht signifikant		
Logarithmus d. Bleinieder- schlags in der Außenluft	0,062	0,050	0,3	0,048	0,044	0,2	0,167	0,132	2,2

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; β = standardisierter Regressionskoeffizient (Maß für die Wirkung des Prädiktors im Modell); r = Pearson'scher Korrelationskoeffizient zwischen Prädiktor und Kriterium; $\beta \cdot r \cdot 100 \%$ = dem Prädiktor zuzuordnender Anteil der Varianz des Kriteriums (Summe über alle Prädiktoren ergibt die durch das Modell aufgeklärte Varianz)

Die Varianzaufklärung für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels ist in den alten Bundesländern um 3,9 % höher als in den neuen Bundesländern. Dies ist auf die hohe Varianzaufklärungsrate der **mittleren Tageshöchsttemperatur** während des Probenahmezeitraumes am Erhebungsort (sample point) zurückzuführen (Tab. 8.2).

Durch den **Bleiniederschlag in der Außenluft** können in den alten Bundesländern 0,2 % und in den neuen Bundesländern 2,2 % der Varianz des Bleigehalts im Inhalt des Staubsaugerbeutels erklärt werden (Tab. 8.2).

Der **Haustyp** ist nur in den neuen Bundesländern signifikant und hat da einen Anteil an der Varianzaufklärung von 1,8 % (Tab. 8.2)

Culbard et al. (1988) haben auf der Grundlage einer landesweiten Erhebung in Großbritannien ein Modell zur Vorhersage des Bleigehaltes im Hausstaub entwickelt, das eine Varianzaufklärung von 33 % beinhaltet und zu dem allein der Bleigehalt der dem Haushalt zugeordneten Bodenprobe einen Varianzbeitrag von 28 % liefert. Weitere Prädiktoren sind das Alter des Hauses, das Vorhandensein alter Farben, die Durchführung von Renovierungsarbeiten sowie die Größe der exponierten Bodenfläche.

In einer amerikanischen Untersuchung von Haushalten in 3 Städten Kaliforniens konnten mit Hilfe von 4 Prädiktoren 13 % der Varianz des Bleigehaltes im Hausstaub erklärt werden. Die einzelnen Prädiktoren lieferten dabei folgende Beiträge: Baujahr des Hauses 6 %, bleihaltiger Außenanstrich des Hauses 3 %, Bleigehalt des Bodens 2 % und Bleiexposition am Arbeitsplatz 2 % (Sutton 1995).

8.1.2 Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle

Haustyp

Für Ein-, Zwei- oder Mehrfamilienhäuser werden in den neuen Bundesländern gegenüber Hochhäusern und Wohnblöcken um ca. 70 % höhere Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels geschätzt. In den alten Bundesländern ist der Haustyp nicht signifikant.

Als Ursache für den in Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern gegenüber Hochhäusern oder Wohnblocks erhöhten Bleigehalt im Hausstaub muß der Eintrag von Blei aus dem Straßenstaub in Betracht gezogen werden, den die Probanden an den Schuhen in den Haushalt transportieren und dessen Anteil sich mit zunehmender Strecke zwischen der Wohnumgebung und dem Haushalt verringert. Daß über diesen Pfad ein nicht unwesentlicher Eintrag erfolgen kann, ergibt sich auch aus Ergebnissen von Davies et al. (1987), die im unter der Fußmatte angesammelten Staub signifikant höhere Bleigehalte fanden als im Staubsaugerbeutel. Auch Feng und Barratt (1993) berichten über eine Untersuchung, bei der in den Eingangsbereichen von Häusern annähernd doppelt so hohe Konzentrationen wie im Wohnungsinnen gefunden wurden, was auf den genannten Eintragspfad schließen läßt. In einer weiteren Studie wird ausdrücklich dieser Eintragspfad genannt und gezeigt, daß näher zur Eingangstür des Hauses gelegene Räume mehr Blei im Hausstaub aufweisen als weiter entfernt liegende (Al-Radady et al. 1994).

Mittlere Tageshöchsttemperatur

Für eine um 1 °C höhere mittlere Tageshöchsttemperatur während des Untersuchungszeitraumes am Wohnort des Probanden wird in den alten Bundesländern ein um 3,6 % höherer Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels gefunden.

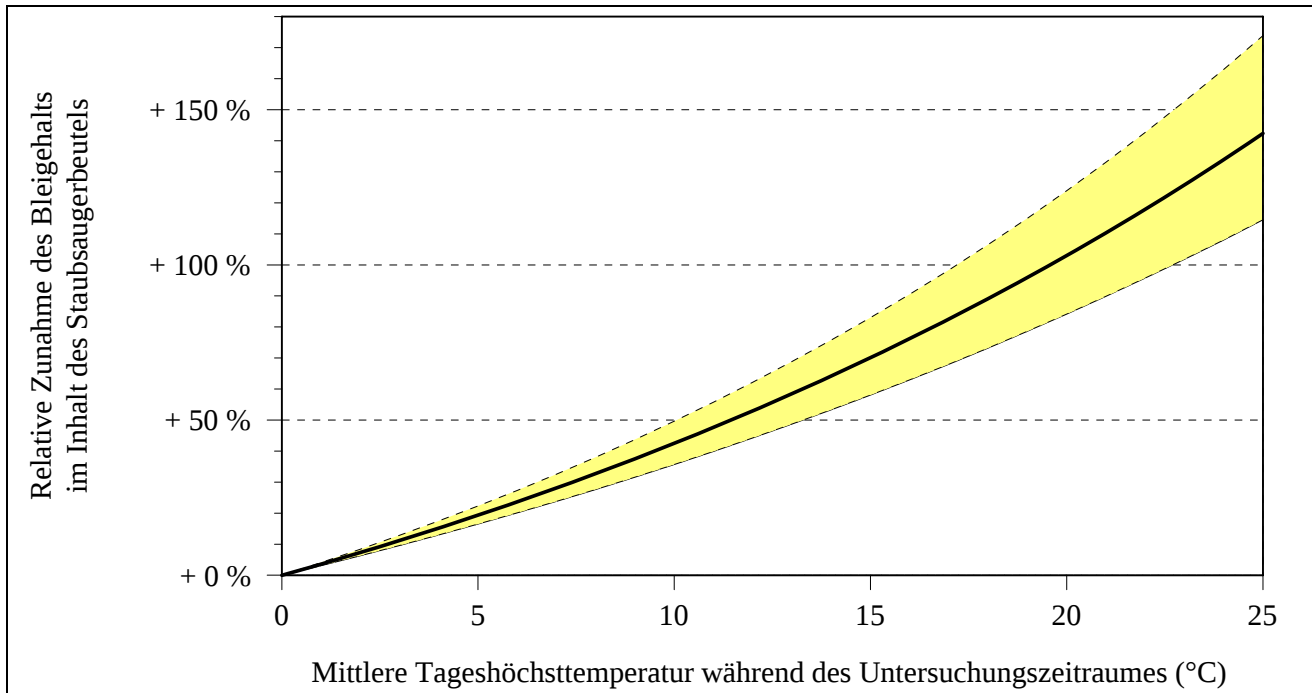


Abb. 8.2: Effekt der mittleren Tageshöchsttemperatur in einem Regressionsmodell für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels in den alten Bundesländern (mittlere relative Zunahme des Bleigehalts mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehalts im Inhalt des Staubsaugerbeutels dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 20 %" eine Erhöhung des Bleigehalts auf das 1,2-fache bedeuten.

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

Die Zunahme des Bleigehalts mit zunehmender Temperatur deutet auf den Eintrag bleihaltiger Partikel durch die Fenster hin, da in der warmen Jahreszeit von einer entsprechend längeren Lüftungsdauer auszugehen ist. Einen Hinweis darauf liefern auch die Untersuchungen von Moriske et al. (1996a, 1996b), in denen für zentralbeheizte Wohnungen während der Sommermonate höhere Bleiniederschlagsraten als während der Heizperiode festgestellt und als Beleg für einen Beitrag externer Quellen zur Metallbelastung in Innenräumen gewertet wurden.

Wie bei der Analyse der Bleigehalte im Kopfhhaar der Erwachsenen (Kap. 7.1) ist auch für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels die mittlere Tageshöchsttemperatur in den alten Bundesländern ein bedeutender Prädiktor, während sie in den neuen Bundesländern nicht signifikant ist. Die Tatsache, daß in den neuen Bundesländern im Sommer deutlich weniger Proben genommen wurden als in den alten Bundesländern, dürfte als Erklärung nicht ausreichen. Die Mittelwerte der mittleren Tageshöchsttemperatur unterscheiden sich zwischen neuen und alten Bundesländern nur um etwas über 2°C und es werden etwa gleiche Temperaturbereiche überdeckt.

Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)

Da der Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) als logarithmisch transformierte Variable in die Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels enthalten ist, nimmt der Effekt in Abhängigkeit von der absoluten Höhe des Bleigehalts ab. Mit höheren Bleiniederschlägen in der Außenluft werden höhere Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels vorhergesagt. Der Effekt ist in den neuen Bundesländern stärker (Abb. 8.3).

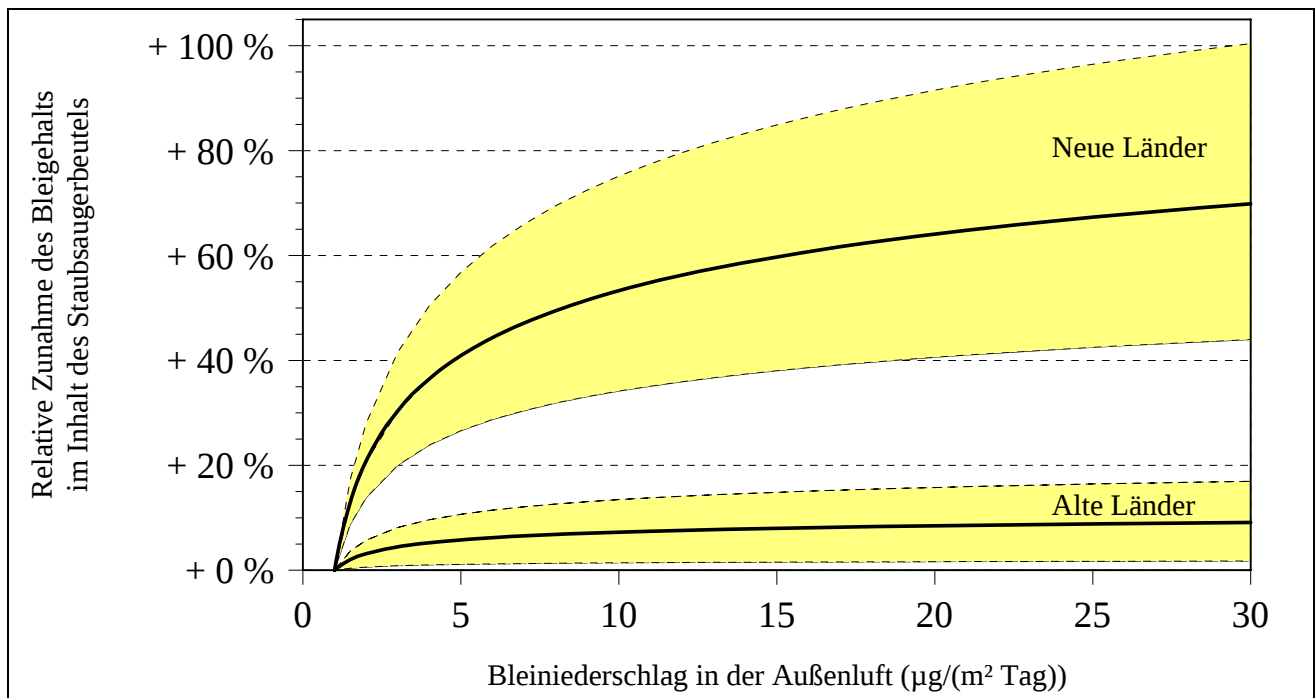


Abb. 8.3: Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) in Regressionsmodellen für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels in den alten und neuen Bundesländern (mittlere relative Zunahme des Bleigehalts mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleigehalts im Inhalt des Staubsaugerbeutels dargestellt, nicht die absoluten Bleigehalte. Zum Beispiel würde "+ 20 %" eine Erhöhung des Bleigehalts auf das 1,2-fache bedeuten.

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

Der Zusammenhang zwischen dem Bleiniederschlag in der Außenluft und dem Bleigehalt im Hausstaub zeigt den Beitrag externer Quellen zum Bleigehalt im Inneraum. Dieses Resultat wurde auch bei einer Untersuchung in Omaha (US-Bundesstaat Nebraska) bestätigt. Dort betrug der Korrelationskoeffizient zwischen dem Bleiniederschlag in der Außenluft und der Hausstaubkonzentration 0,57 und war damit so hoch, daß die gleichzeitige Verwendung dieser beiden Prädiktoren in einem multivariaten Modell zu keiner deutlichen Erhöhung der Varianzaufklärung des Bleigehaltes im Blut der untersuchten Kinder führte (Angle et al. 1984). Neben dem Eintrag von Bleipartikeln durch die Fenster dürfte auch der Eintrag von Straßenstaub an den Schuhen einen Beitrag zum Bleigehalt leisten, da auch in dieser Matrix eine Anreicherung des Elementes infolge des Niederschlages von Kfz-Emissionen beobachtet wird und Straßenstaub zusammen mit Bodenteilchen rund 45-50 % des gesamten Hausstaubes ausmacht (Fergusson et al. 1986).

8.1.3 Prädiktoren mit kleinen Effekten

In diesem Kapitel werden Variablen genannt, die bei zusätzlicher Aufnahme in die Modelle für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels signifikante Effekte zeigen ($p < 0,05$), deren Varianzaufklärungsraten jedoch unter 1 % liegen.

Alte Bundesländer:

Durch die **Jahreszeit** der Probenahme würde sich die Varianzaufklärung des multiplen Regressionsmodells um 0,6 % erhöhen. In der wärmeren Jahreszeit würden gegenüber der kälteren Jahreszeit höhere Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels geschätzt. Die Jahreszeit der Probenahme korreliert dabei mit der mittleren Tageshöchsttemperatur ($r = 0,68$).

Das **Alter des Wohnhauses** wäre ein zusätzlicher Prädiktor im Modell für die Staubkonzentration im Inhalt des Staubsaugerbeutels. Die zusätzliche Varianzaufklärungsrate durch diesen Prädiktor würde 0,5 % betragen. Für vor 1950 erbaute Häuser würden gegenüber ab 1950 gebauten Häusern höhere Bleikonzentrationen vorhergesagt.

Als Ursache für die in vor 1950 erbauten Wohnhäusern höheren Bleigehalte kommen mehrere Faktoren in Frage. So ist zum einen die frühere Verwendung von bleihaltigen Baumaterialien denkbar, etwa die Verwendung von Hochofenschlacke als Deckenfüllmaterial (Riehm 1994), zum anderen kann auch ein erhöhter Bleieintrag durch in älteren Gebäuden häufiger vorhandene undichte Fenster in Betracht gezogen werden. Über erhöhte Bleigehalte in älteren Häusern wurde auch in anderen Studien berichtet. So fanden Culbard et al. (1988) in Häusern, die vor weniger als 30 Jahren erbaut wurden, um mehr als 50 % geringere Bleigehalte im Hausstaub als in Häusern, die 30 bis 100 Jahre alt waren. Zum gleichen Ergebnis kamen Davies et al. (1987) bei einer Untersuchung der Bleigehalte im Hausstaub von 97 Haushalten der englischen Stadt Birmingham. Sie fanden einen mit $221 \mu\text{g/g}$ gegenüber $498 \mu\text{g/g}$ signifikant geringeren geometrischen Mittelwert bei Häusern, die zum Erhebungszeitpunkt nicht älter als 35 Jahre waren. Die Autoren führten dies auf den bei älteren Häusern verbreiteten Gebrauch bleihaltiger Farben zurück. Da in Deutschland jedoch schon seit dem Jahre 1930 ein Verwendungsverbot für solche Farben in Innenräumen besteht, die mehr als 2 % an leichtlöslichem Blei in Form von Bleicarbonat oder -sulfat enthalten, und dieses Verbot mit der Arbeitsstoffverordnung im Jahre 1980 auf einen maximalen Bleigehalt von 1 % weiter verschärft wurde (Arbeitsstoffverordnung 1980), besteht ein derartiges Problem für die Bundesrepublik praktisch nicht (Dube und Sonneborn 1986).

Werden **Tiere mit Fell oder Federn** in der Wohnung gehalten, so werden gegenüber Haushalten, die solche Tiere nicht in der Wohnung halten, höhere Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels geschätzt. Die Varianzaufklärung des Modells würde sich durch eine solche Variable um 0,2 % erhöhen.

Die Erhöhung des Bleigehaltes in Haushalten, in denen Tiere gehalten werden, deutet teilweise auf den Eintrag von kontaminiertem Straßenstaub oder Boden am Fell der Tiere in den Haushalt hin. Zu diesem Ergebnis kommen auch Al-Radady et al. (1994), die diesen als weiteren Eintragspfad neben dem luftgetragenen Transport und der Einbringung an den Schuhen der Hausbewohner nennen.

Ebenfalls höhere Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels würden für Gemeinden ab 100 000 Einwohnern gegenüber Gemeinden mit unter 100 000 Einwohnern geschätzt, wenn man einen Prädiktor **„Gemeindegrößenklasse“** zusätzlich in das Modell aufnimmt. Die Varianzaufklärungskomponente eines solchen Prädiktors würde 0,1 % betragen.

Bei dem in Gemeinden mit mehr als 100 000 Einwohnern höheren Bleigehalt im Hausstaub macht sich vermutlich die dort höhere Verkehrsdichte bemerkbar, die in den Prädiktor mit einfließt. Einen signifikanten Zusammenhang des Bleigehaltes mit der Verkehrsdichte finden auch Culbard et al. (1988) im Rahmen ihrer landesweiten Studie in britischen Städten. Fergusson und Schroeder (1985) haben für Haushalte in Christchurch, Neuseeland, einen Anteil des vom Kraftverkehr emittierten Bleis von 90 % am Hausstaub solcher Wohnungen ermittelt, in denen keine bleihaltigen Farben verwendet wurden.

Neue Bundesländer:

Wird mit dem Staubsauger auch **außerhalb der Wohnung gesaugt**, so werden gegenüber Probanden, in deren Haushalt nicht außerhalb der Wohnung gesaugt wird, höhere Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels vorhergesagt. Ein solcher Prädiktor würde die Varianzaufklärung eines Modells für die Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels in den neuen Bundesländern um 0,5 % erhöhen.

Durch den immer noch hohen Anteil verkehrsbedingter Bleiemissionen ist von einem - verglichen mit Innenräumen - in der Umgebung höheren Bleigehalt im Staub auszugehen, wodurch ein höherer Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels verständlich wird, wenn der Staubsauger auch außerhalb der Wohnung benutzt wird. Der Unterschied in den Bleigehalten beider Matrices wird in vielen Studien bestätigt, so z. B. in der landesweiten Erhebung in Großbritannien (Culbard et al. 1988), einer Untersuchung in Neuseeland (Fergusson et al. 1986) sowie den Arbeiten von Al-Rajhi et al. (1996) und Madany et al. (1994). Alle Autoren fanden im Straßenstaub höhere Bleigehalte als im Hausstaub.

Weitere Variable sind in einem multivariaten Modell in den neuen Bundesländern nicht signifikant.

8.2 Vergleich der Regressionsmodelle der Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91

Ein Vergleich der Regressionmodelle für die Bleigehalte im Inhalt des Staubsaugerbeutels macht wegen der geringen Varianzaufklärung durch diese Modelle wenig Sinn. Außerdem sind gerade in den Modellen Prädiktoren enthalten, die im jeweils anderen Survey nicht erfaßt bzw. ausgewertet wurden. Auch im Umwelt-Survey 1985/86 konnte nur eine Varianzaufklärung von 3,4 % erreicht werden.

Es ist zu vermuten, daß die Einflußfaktoren auf den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels möglicherweise vielfältig sind und durch die zur Verfügung stehenden Variablen kaum abgebildet werden können.

9 Bleiniederschlag in Wohnräumen (Staubsaammelbecher)

Für die statistische Analyse des Bleiniederschlags in Wohnräumen werden ebenfalls die in Anhang 13.9 angegebenen Variablen verwendet. Es werden Regressionsmodelle für die logarithmierten Bleiniederschläge im Hausstaub in den Stichproben der Erwachsenen und der Kinder des Umwelt-Surveys (jeweils alte bzw. neue Bundesländer) berechnet.

9.1 Regressionsanalysen, Erwachsene

Im Folgenden wird das hypothesengeleitet (vgl. Kap. 3.1) gebildete Regressionsmodell für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen der neuen Bundesländer des Umwelt-Surveys 1991/92 dargestellt. Die aufgeklärte Varianz R^2 der Modelle, die für alle Erwachsenen des Umwelt-Surveys bzw. für die Erwachsenen in den alten Bundesländern resultieren, liegt unter 20 %. Für diese Bevölkerungsgruppen wird ein Regressionsmodell nicht explizit angegeben. Wesentliche Ergebnisse der Auswertung werden in Tabelle 9.2 dargestellt.

Die multiplen Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen des Umwelt-Surveys werden für die logarithmierten Bleiniederschläge hergeleitet, da diese eher der Annahme einer Normalverteilung genügen (Kap. 5.3, 5.4, Abb. 9.1).

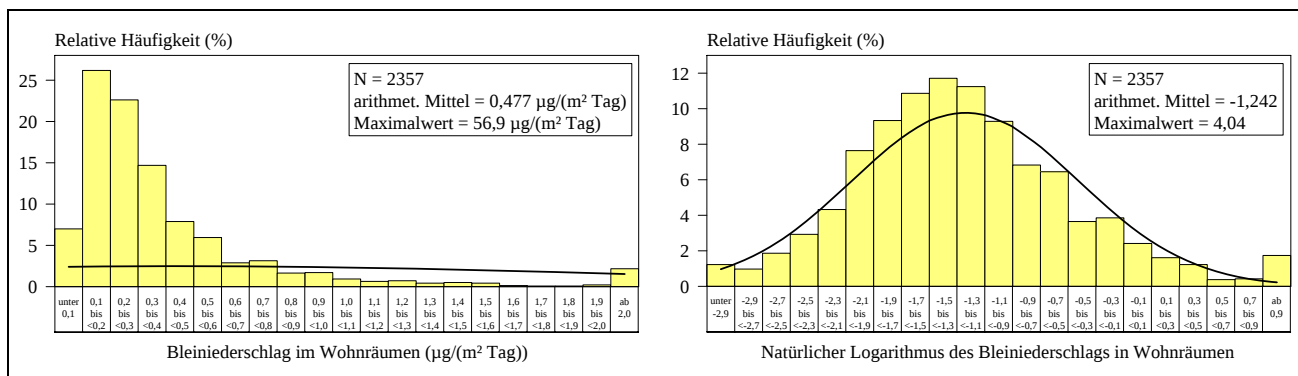


Abb. 9.1: Verteilung der Bleiniederschläge in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen sowie der logarithmierten Bleiniederschläge für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe

Anmerkung: Die Abbildungen enthalten die Normalverteilungen, deren Erwartungswerte bzw. Varianzen aus den entsprechenden arithmetischen Mittelwerten bzw. Standardabweichungen der Stichproben geschätzt wurden.

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

Die in den multiplen Regressionsmodellen enthaltenen Prädiktoren sind in der Tabelle 9.1 angegeben.

Tab. 9.1: Prädiktoren der Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen

<i>Benötigte Variablen:</i>	
Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses (Jahre)	
Tägliche Anzahl der im allgemeinen im Probenahmeraum gerauchten Zigaretten	
Anzahl Personen pro m ² im allgemeinen im Probenahmeraum	
Heizungsart (0 = zentral oder dezentral, andere als Kohle/Holz, 1 = dezentral, mit Kohle/Holz)	
Höhe des Probenahmeraumes (cm)	
Täglicher Aufenthalt des Probanden im Probenahmeraum (h)	
Entfernung zu einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (0 = keine oder mehr als 12 m, 1 = bis zu 12 m)	
Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, µg/(m ² · Tag))	
Haustier(e) mit Fell oder Federn in der Wohnung (0 = nein, 1 = ja)	
Anzahl Kinder von 6 bis 14 Jahren im Haushalt	
<i>Prädiktoren:</i>	
Quadratwurzel des Alters des zur Zeit bewohnten Wohnhauses (Jahre)	
Tägliche Anzahl der im allgemeinen im Probenahmeraum gerauchten Zigaretten	
Logarithmus der Personenzahl pro m ² im Probenahmeraum normiert auf die minimale Personenzahl (1 Person / 75 m ²) der Stichprobe	
	von 0,013
Heizungsart (0 = zentral oder dezentral, andere als Kohle/Holz, 1 = dezentral, mit Kohle/Holz)	
Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm (minimale Raumhöhe in der Stichprobe, cm)	
Täglicher Aufenthalt des Probanden im Probenahmeraum (h)	
Entfernung zu einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (0 = keine oder mehr als 12 m, 1 = bis zu 12 m)	
Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, µg/(m ² · Tag))	
Haustier(e) mit Fell oder Federn in der Wohnung (0 = nein, 1 = ja)	
Anzahl Kinder von 6 bis 14 Jahren im Haushalt	

Die wichtigsten Kennwerte sind in den Tabellen 9.2 und 9.3 angegeben. Im Anhang befinden sich die Interkorrelationen (Tab. 13.7.2) aller Variablen sowie zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen der neuen Bundesländer (Tab. 13.7.3). Alle geprüften Variablen sind im Anhang 13.9 aufgeführt.

9.1.1 Varianzkomponenten des Regressionsmodells

Mit den 10 in Tabelle 9.1 angegebenen Prädiktoren lassen sich 17,5 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen erklären. Bei getrennt berechneten Regressionsmodellen für die alten und neuen Bundesländer ergeben sich mit 9 bzw. 8 Prädiktoren Varianzaufklärungsraten von 16,5 % bzw. 20,4 % (Tab. 9.2).

Tab. 9.2: Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen

Prädiktor	Deutschland			Alte Bundesländer			Neue Bundesländer		
	N = 2357			N = 1459			N = 924		
	Aufgeklärte Varianz: 17,5 %			Aufgeklärte Varianz: 16,5 %			Aufgeklärte Varianz: 20,4 %		
	Adjustierte Varianz: 17,2 %			Adjustierte Varianz: 16,0 %			Adjustierte Varianz: 19,7 %		
	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses	0,196	0,268	5,3	0,161	0,220	3,5	0,268	0,334	8,9
Tägl. im Probenahmeraum gerauchte Zigarettenzahl	0,086	0,129	1,1	0,059	0,122	0,7	0,152	0,197	3,0
Logarithm. d. Personenzahl pro m ² im Probenahmeraum	0,142	0,190	2,7	0,138	0,195	2,7	0,168	0,143	2,4
Heizungsart	0,122	0,199	2,4	0,122	0,173	2,1	0,103	0,217	2,2
Höhe d. Probenahmeraumes über 180 cm	0,096	0,144	1,4	0,106	0,139	1,5	0,096	0,135	1,3
Tägl. Aufenth. d. Probanden im Probenahmeraum	0,123	0,116	1,4	0,124	0,110	1,4	0,112	0,111	1,2
Entf. zu einer sichtb. Straße vom Probenahmeraum	0,052	0,103	0,5	nicht signifikant			0,063	0,150	0,9
Logarithmus d. Bleiniederschlags in der Außenluft	0,101	0,083	0,9	0,106	0,137	1,4	0,081	0,042	0,3
Haustier(e) mit Fell oder Federn in der Wohnung	0,083	0,112	0,9	0,116	0,148	1,7	nicht signifikant		
Anzahl 6- bis 14jährige Kinder im Haushalt	0,072	0,122	0,9	0,100	0,146	1,5	nicht signifikant		

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; β = standardisierter Regressionskoeffizient (Maß für die Wirkung des Prädiktors im Modell); r = Pearson'scher Korrelationskoeffizient zwischen Prädiktor und Kriterium; $\beta \cdot r \cdot 100 \%$ = dem Prädiktor zuzuordnender Anteil der Varianz des Kriteriums (Summe über alle Prädiktoren ergibt die durch das Modell aufgeklärte Varianz)

Die Varianzaufklärung für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen in den neuen Bundesländern ist um 3,9 % höher als in den alten Bundesländern. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, daß durch das **Alter des Wohnhauses** (x_1) und die **tägliche Anzahl der i.a. im Probenahmeraum gerauchten Zigaretten** (x_2) in dem Regressionsmodell für die neuen Bundesländer gegenüber den alten Bundesländern eine höhere Varianzaufklärungsrate erreicht wird. Durch das Alter des Wohnhauses werden im Modell für die Erwachsenen der neuen Bundesländer 8,9 % und durch die tägliche Anzahl der i.a. im Probenahmeraum gerauchten Zigaretten 3,0 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen erklärt (Tab. 9.2).

Ein Anteil der Varianz von 2,4 % in den neuen Bundesländern (alte Bundesländer: 2,7 %) kann durch die **Personenzahl pro m² i.a. im Probenahmeraum** (x_3) und von 2,2 % (alte Bundesländer: 2,1 %) durch die **Heizungsart** (x_4) erklärt werden (Tab. 9.2).

Für die übrigen Prädiktoren der multiplen Regressionsmodelle in den neuen bzw. alten Bundesländern liegen die Varianzkomponenten unter 2 %. Sie betragen in den neuen Bundesländern für den **täglichen Aufenthalt des Probanden im Probenahmeraum** 1,2 % (alte Bundesländer: 1,4 %), die **Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm** 1,3 % (alte Bundesländer: 1,5 %), die **Entfernung zu einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße** 0,9 % (alte Bundesländer nicht signifikant) und den **Bleiniederschlag in der Außenluft** 0,3 % (alte Bundesländer: 1,4 %, Tab. 9.2).

Durch das Vorhandensein von **Haustieren mit Fell oder Federn in der Wohnung** würden in den alten Bundesländern 1,7 % und durch die **Anzahl Kinder von 6 bis 14 Jahren im Haushalt** 1,5 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen erklärt werden. In den neuen Bundesländern sind diese beiden Variablen nicht signifikant (Tab. 9.2).

Eine Kreuzvalidierung ergab, daß das Modell eine gute Stabilität aufweist. Allerdings sind in den Teilstichproben die schwächeren Prädiktoren nicht mehr signifikant. Das sind die Prädiktoren "Bleiniederschlag in der Außenluft", "Entfernung zu einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße" und "Täglicher Aufenthalt des Probanden im Probenahmeraum". Möglicherweise macht sich dabei der gegenüber den Bleigehalten in Blut und Kopfhair geringere Stichprobenumfang für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen der neuen Bundesländer bereits bemerkbar (zur Erläuterung des Verfahrens und der Resultate vgl. Anhang 13.7, Tab. 13.7.4).

9.1.2 Modellgleichung

Die Parameter der Regressionsgleichung für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen in den neuen Bundesländern sind in der Tabelle 9.3 angegeben. Ihre inhaltliche Bedeutung wird weiter unten bei der Beschreibung der einzelnen Prädiktoren erläutert.

Tab. 9.3: Die Parameter der Modellgleichung für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der neuen Bundesländer

Prädiktor	Neue Bundesländer	
	exp(b_i)	95 % CI
Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses	1,072	7,2 (5,4 bis 9,1)
Tägliche Anzahl der i.a. im Probenahmeraum gerauchten Zigaretten	1,018	1,8 (1,1 bis 2,4)
Logarithmus der Personenzahl pro m ² i.a. im Probenahmeraum	1,324	32,4 (19,8 bis 46,3)
Heizungsart (0 = zentral oder dezentral, andere als Kohle/Holz, 1 = dezentral, mit Kohle/Holz)	1,174	17,4 (6,0 bis 29,9)
Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm (cm)	1,003	0,3 (0,1 bis 0,6)
Täglicher Aufenthalt des Probanden im Probenahmeraum (h)	1,032	3,2 (1,5 bis 5,0)
Entfernung zu einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (0 = keine oder mehr als 12 m, 1 = bis zu 12 m)	1,102	10,2 (0,3 bis 21,0)
Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, µg/(m ² · Tag))	1,085	8,5 (2,2 bis 15,3)
Konstante	0,049	

Anmerkungen: exp(b_i) = Parameter des multiplikativen Modells (b_i : Regressionkoeffizient des Prädiktors x_i);
95 % CI = Relative Veränderung des Bleiniederschlags in Wohnräumen der Erwachsenen in % bei Zunahme des Prädiktors um eine Einheit mit 95 %-Konfidenzintervall

Will man auf der Grundlage dieses Modells den Bleiniederschlag in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der neuen Länder (y) (Maßeinheit $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$) schätzen, so ist die folgende Regressionsgleichung zu benutzen:

$$y = 0,049 \cdot 1,072^{x_1} \cdot 1,018^{x_2} \cdot 1,324^{x_3} \cdot 1,174^{x_4} \cdot 1,003^{x_5} \cdot 1,032^{x_6} \cdot 1,102^{x_7} \cdot 1,085^{x_8}$$

An zwei bezüglich der Prädiktoren extremen - aber dennoch realistischen - Beispielen wird die Berechnung von Bleiniederschlägen in Wohnräumen auf der Basis des Regressionsmodells demonstriert. Die Beispiele verdeutlichen das Zusammenwirken der Prädiktoren.

Beispiele für auf der Grundlage des Modells für Erwachsenen der neuen Länder geschätzte Bleiniederschläge in Wohnräumen:

Person A: wohnt in einem 80 Jahre alten Wohnhaus ($x_1 = \sqrt{80} = 8,944$),
im Probenahmeraum werden i.a. 20 Zigaretten geraucht ($x_2 = 20$),
im Probenahmeraum halten sich i.a. 0,2 Personen pro m^2 auf ($x_3 = \ln(75 \cdot 0,2) = 2,708$),
die Wohnung wird dezentral mit Kohle/Holz beheizt ($x_4 = 1$),
die Höhe des Probenahmeraumes beträgt 300 cm ($x_5 = 120$),
hält sich täglich 8 h im Probenahmeraum auf ($x_6 = 8$),
vom Probenahmeraum ist eine Straße in bis zu 12 m Entfernung sichtbar ($x_7 = 1$),
hat in seiner Wohnumgebung einen gemessenen Bleiniederschlagswert in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) von $100 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$ ($x_8 = \ln(100) = 4,605$).

Geschätzter Bleiniederschlag im Wohnraum (y):

$$y = 0,049 \cdot 1,072^{8,944} \cdot 1,018^{20} \cdot 1,324^{2,708} \cdot 1,174^1 \cdot 1,003^{120} \cdot 1,032^8 \cdot 1,102^1 \cdot 1,085^{4,605}$$

$$y = 0,049 \cdot 1,868 \cdot 1,415 \cdot 2,138 \cdot 1,174 \cdot 1,508 \cdot 1,288 \cdot 1,102 \cdot 1,458$$

$$y = 6,169 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$$

Person B: wohnt in einem 5 Jahre alten Wohnhaus ($x_1 = \sqrt{5} = 2,236$),
im Probenahmeraum wird nicht geraucht ($x_2 = 0$),
im Probenahmeraum halten sich i.a. 0,1 Personen pro m^2 auf ($x_3 = \ln(75 \cdot 0,1) = 2,015$),
die Wohnung wird zentral oder dezentral außer mit Kohle/Holz beheizt ($x_4 = 0$),
die Höhe des Probenahmeraumes beträgt 180 cm ($x_5 = 0$),
hält sich täglich 2 h im Probenahmeraum auf ($x_6 = 2$),
vom Probenahmeraum ist keine Straße sichtbar ($x_7 = 0$),
hat in seiner Wohnumgebung einen gemessenen Bleiniederschlagswert in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) von $10 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$ ($x_8 = \ln(10) = 2,303$).

Geschätzter Bleiniederschlag im Wohnraum (y):

$$y = 0,049 \cdot 1,072^{2,236} \cdot 1,018^0 \cdot 1,324^{2,015} \cdot 1,174^0 \cdot 1,003^0 \cdot 1,032^2 \cdot 1,102^0 \cdot 1,085^{2,303}$$

$$y = 0,049 \cdot 1,169 \cdot 1,018 \cdot 1,760 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,065 \cdot 1,000 \cdot 1,207$$

$$y = 0,787 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$$

9.1.3 Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle

Zunächst sei das im vorigen Kapitel angegebene multiplikative Modell für die Erwachsenen der neuen Bundesländer so umgeformt, daß ein Modell entsteht, das die originalen Variablen enthält:

$$y = 0,089 \cdot 1,072^{\text{sqrt}(V1)} \cdot 1,018^{V2} \cdot v_3^{0,281} \cdot 1,174^{V4} \cdot 1,003^{V5} \cdot 1,032^{V6} \cdot 1,102^{V7} \cdot v_8^{0,082}$$

Alter des Wohnhauses, Heizungsart

Das Alter des Wohnhauses geht als konkave Funktion (Quadratwurzel) in das Modell ein. Daher nimmt der Effekt in Abhängigkeit vom Alter des Wohnhauses ab. Für ein 1 Jahr altes Wohnhaus ergibt sich gegenüber einem Neubau (0 Jahre alt) nach dem Regressionsmodell ein um 7,2 % höherer Bleiniederschlag im Probenahmeraum (95%-Konfidenzintervall: 5,4 % bis 9,1 %, Tab. 9,3). Für ein 51 Jahre altes Wohnhaus würde gegenüber einem 50 Jahre alten Wohnhaus ein um 0,5 % höherer Bleiniederschlag im Probenahmeraum geschätzt. Die Effekte unterscheiden sich in den alten und neuen Bundesländern nicht signifikant.

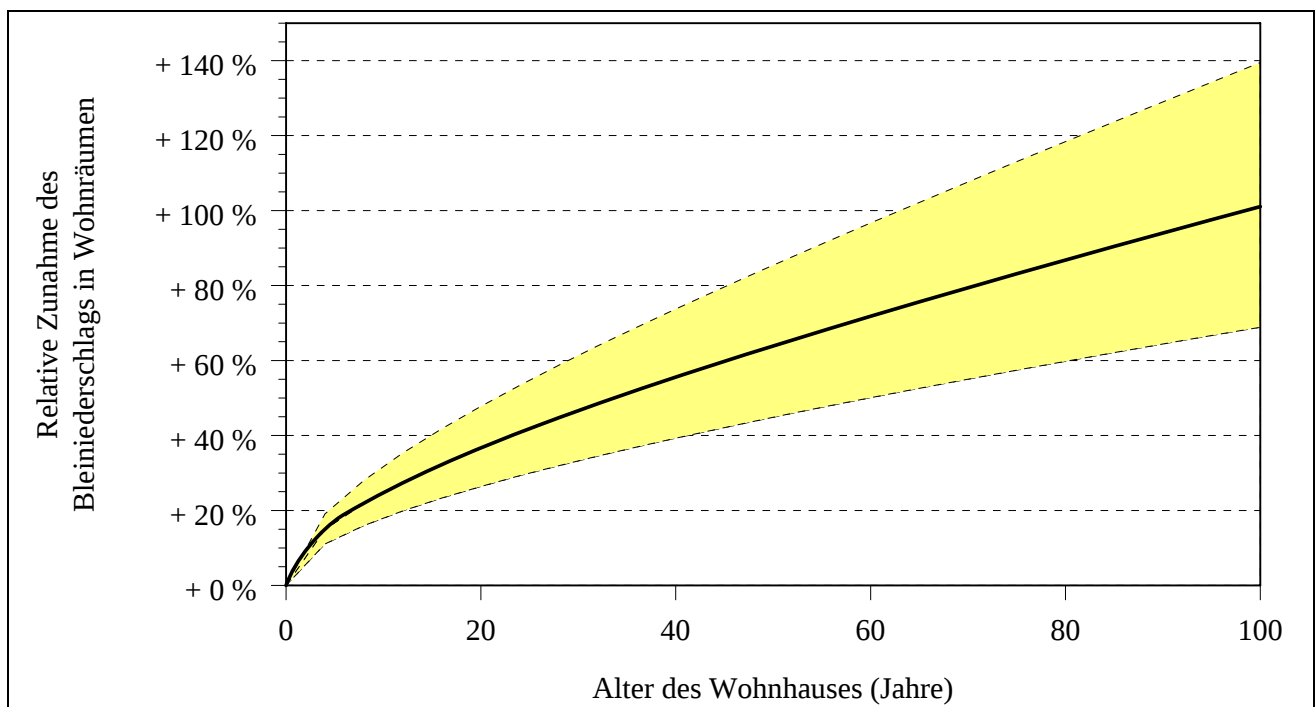


Abb. 9.2: Effekt des Alters des Wohnhauses im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleiniederschlags in Wohnräumen dargestellt, nicht die absoluten Bleiniederschläge. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleiniederschlags auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Für dezentral mit Kohle/Holz beheizte Wohnungen/Häuser wird gegenüber zentral bzw. dezentral außer Kohle/Holz beheizten nach dem Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer ein um 17,4 % (95%-Konfidenzintervall: 6,0 % bis 29,9 %) höherer Bleiniederschlag geschätzt (Tab. 9.3). In den alten Bundesländern würde dieser Effekt 67,4 % betragen und ist signifikant höher als in den neuen Bundesländern.

Neben den schon in Kapitel 8.1.3 erläuterten potentiellen Quellen für Blei im Hausstaub älterer Häuser (Verwendung bleihaltiger Baumaterialien, Eintrag von Blei durch undichte Fenster) muß zur Erklärung des Zusammenhangs zwischen Bleiniederschlagsrate und dem Alter des Hauses auch eine Akkumulation des Elements im Staub in Betracht gezogen werden. So könnte gerade die starke Zunahme der Niederschlagsrate bei neuen Häusern mit der Nutzung der Räume (Beginn regelmäßiger Lüftung nach dem Bezug des Hauses und infolgedessen Eintrag von kontaminiertem Staub aus der Wohnumgebung) sowie Aufwirbelung von bereits sedimentiertem Staub durch die Bewohner erklärt werden.

Als Ursache für die in dezentral mit Kohle bzw. Holz beheizten Haushalten erhöhte Bleiniederschlagsrate kommt vor allem die Steinkohle in Frage, da diese mit 25 bis 40 mg/kg einen wesentlich höheren Bleigehalt als Braunkohle (rund 2-3 mg/kg) aufweist (Brumsack et al. 1984, Fiedler und Rösler 1993). Dies würde auch den in den alten Ländern wesentlich stärkeren Einfluß der Kohleheizung auf die Niederschlagsrate erklären, da der Anteil der Steinkohle am Primärenergieverbrauch dort wesentlich höher war als der der Braunkohle (1990: Steinkohle 2169 PJ; Braunkohle 940 PJ; UBA 1997). In einer Untersuchung von Berliner Wohnungen ergab sich für kohlebeheizte Haushalte ($n = 7$) während der Heizperiode ebenfalls eine wesentlich höhere Bleiniederschlagsrate als in zentralbeheizten Wohnungen ($n = 8$) (Moriske et al. 1996b).

Anzahl der täglich im Probenahmeraum gerauchten Zigaretten

Mit jeder täglich im Probenahmeraum gerauchten Zigarette erhöht sich der Bleiniederschlag in diesem Raum um 1,8 % bei einem Konfidenzintervall von 1,1 % bis 2,4 % (Tab. 9.3). Die Effekte in den alten und neuen Bundesländern unterscheiden sich nicht.

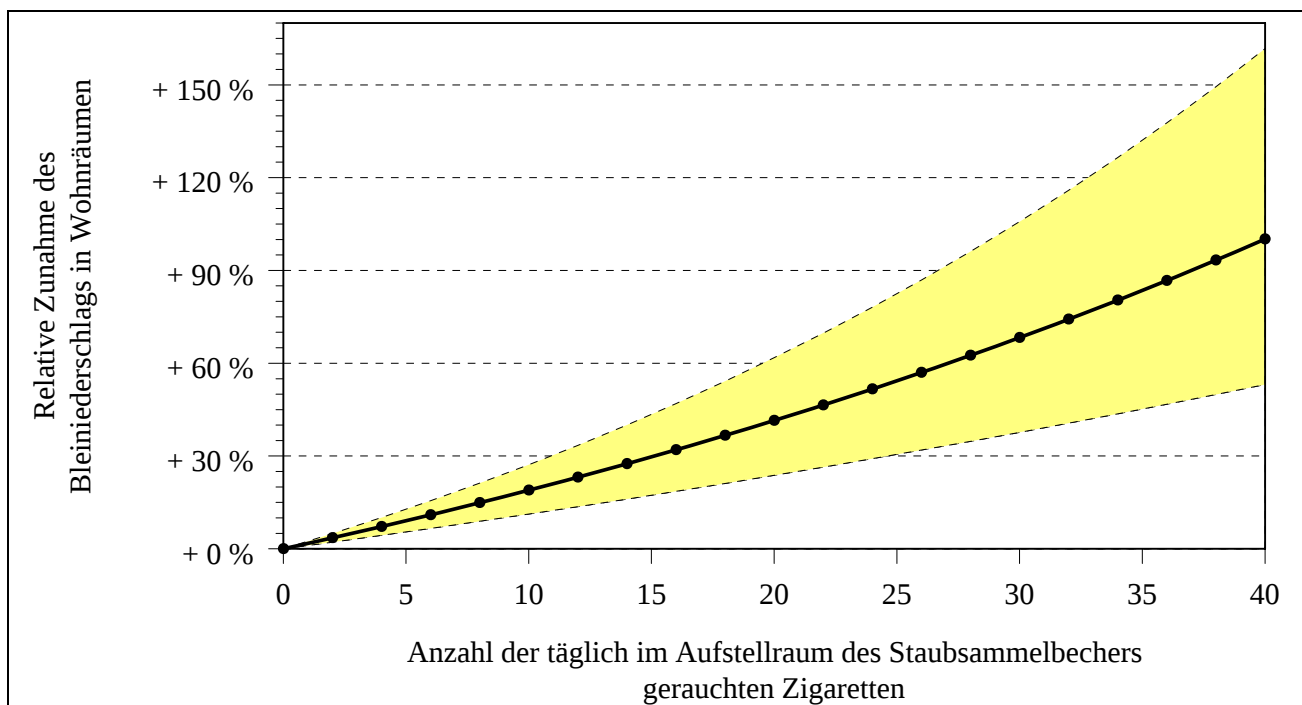


Abb. 9.3: Effekt der Anzahl der täglich im Probenahmeraum gerauchten Zigaretten im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleiniederschlags in Wohnräumen dargestellt, nicht die absoluten Bleiniederschläge. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleiniederschlags auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Die Erhöhung der Bleiniederschlagsrate mit der Zahl der täglich im Raum gerauchten Zigaretten kann mit dem Bleigehalt des Tabakrauches erklärt werden. So enthält der Rauch einer Zigarette zwischen 0,017 und 0,98 µg Blei (Fishbein 1991). Daß sich der Einfluß des Rauchens nur im Modell für den Staubbiederschlag, nicht jedoch im Modell für den Bleigehalt im Hausstaub des Staubsaugerbeutels widerspiegelt, stimmt mit den Ergebnissen einer anderen Untersuchung überein, in der in Staubsaugerbeutelproben von Raucher- und Nichtraucherhaushalten keine signifikant unterschiedlichen Bleigehalte festgestellt wurden (Willers et al. 1993).

Anzahl Personen pro m² im Probenahmeraum, Höhe des Raumes

Da die Personenzahl pro m² im Aufstellraum des Staubsaammelbechers als konkave Funktion (natürlicher Logarithmus) in das Regressionsmodell für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen der neuen Bundesländer eingeht, nimmt der Effekt mit zunehmender Personenzahl pro m² ab. Aus der Modellgleichung mit den originalen Variablen ergibt sich, daß eine Verdopplung Personenzahl pro m² zu einem Multiplikator von $2^{0,281} = 1,215$, d.h. zu einer Erhöhung des Bleigehalts im Blut um 21,5 %, führt (95%-Konfidenzintervall: 13,3 % bis 30,2 %).

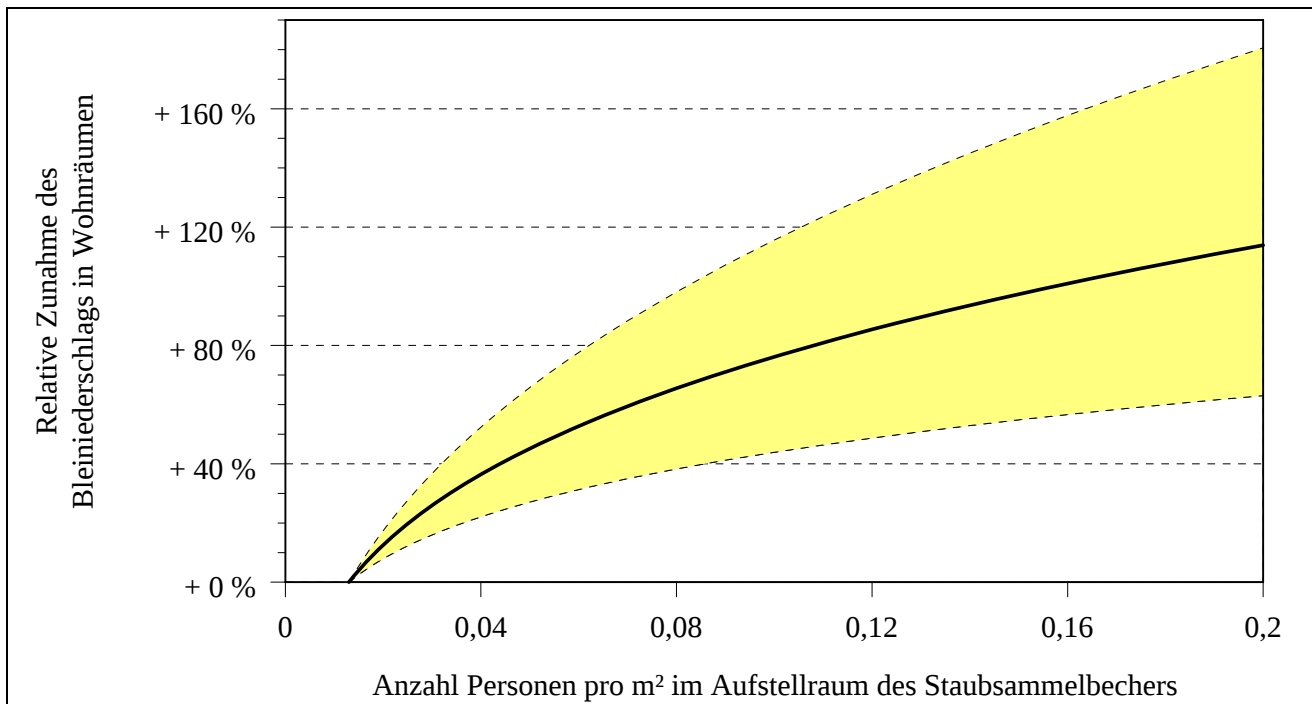


Abb. 9.4: Effekt der Anzahl Personen pro m² im Probenahmeraum im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleiniederschlags in Wohnräumen dargestellt, nicht die absoluten Bleiniederschläge. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleiniederschlags auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Als Ursache für die Erhöhung der Bleiniederschlagsrate mit der Zahl der Personen pro m² im Probenahmeraum kommen sowohl ein erhöhter Eintrag von Staub aus der Wohnumgebung an der Kleidung der Raumnutzer als auch eine durch die stärkere Raumnutzung bedingte Verwirbelung von bereits sedimentiertem Staub in Frage.

Mit steigender Raumhöhe ergibt sich nach dem Modell ein höherer Bleiniederschlag im Raum, und zwar je 1 cm ein Anstieg des Bleiniederschlags um 0,3 % (95%-Konfidenzintervall: 0,1 % bis 0,6 %) (Tab. 9.3). Dieser Effekt unterscheidet sich nicht signifikant zwischen alten und neuen Bundesländern.

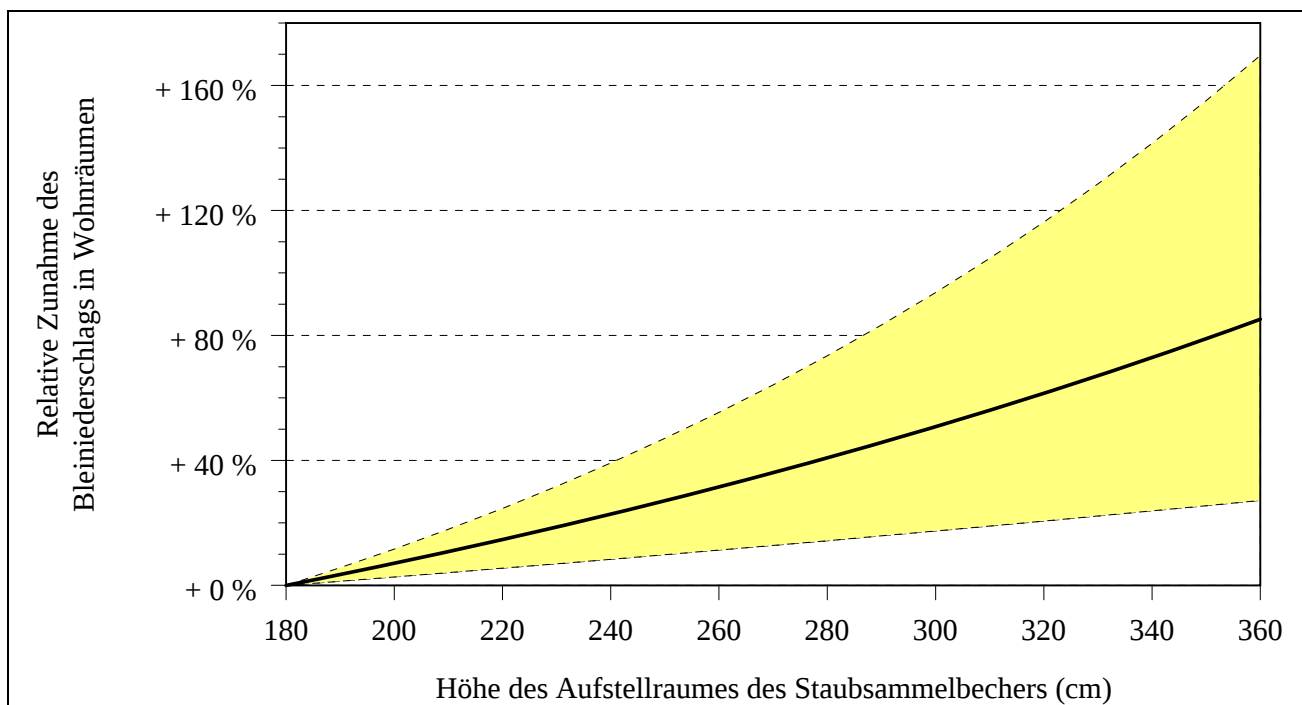


Abb. 9.5: Effekt der Raumhöhe des Aufstellraums des Staubsaammelbechers im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleiniederschlags in Wohnräumen dargestellt, nicht die absoluten Bleiniederschläge. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleiniederschlags auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Der Einfluß der Raumhöhe auf die Niederschlagsrate könnte damit zusammenhängen, daß höhere Räume zumeist in Altbauten vorkommen, die häufig auch undichte Fenster und somit einen erhöhten Eintrag luft-getragener Bleipartikel aufweisen.

Aufenthaltsdauer im Probenahmeraum

Für jede zusätzliche Stunde Aufenthalt im Probenahmeraum durch den Probanden ist mit einem um 3,2 % höheren Bleiniederschlag in diesem Raum zu rechnen. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt 1,57 % bis 5,0 % (Tab. 9.3). Dieser Effekt unterscheidet sich zwischen alten und neuen Bundesländern nicht signifikant.

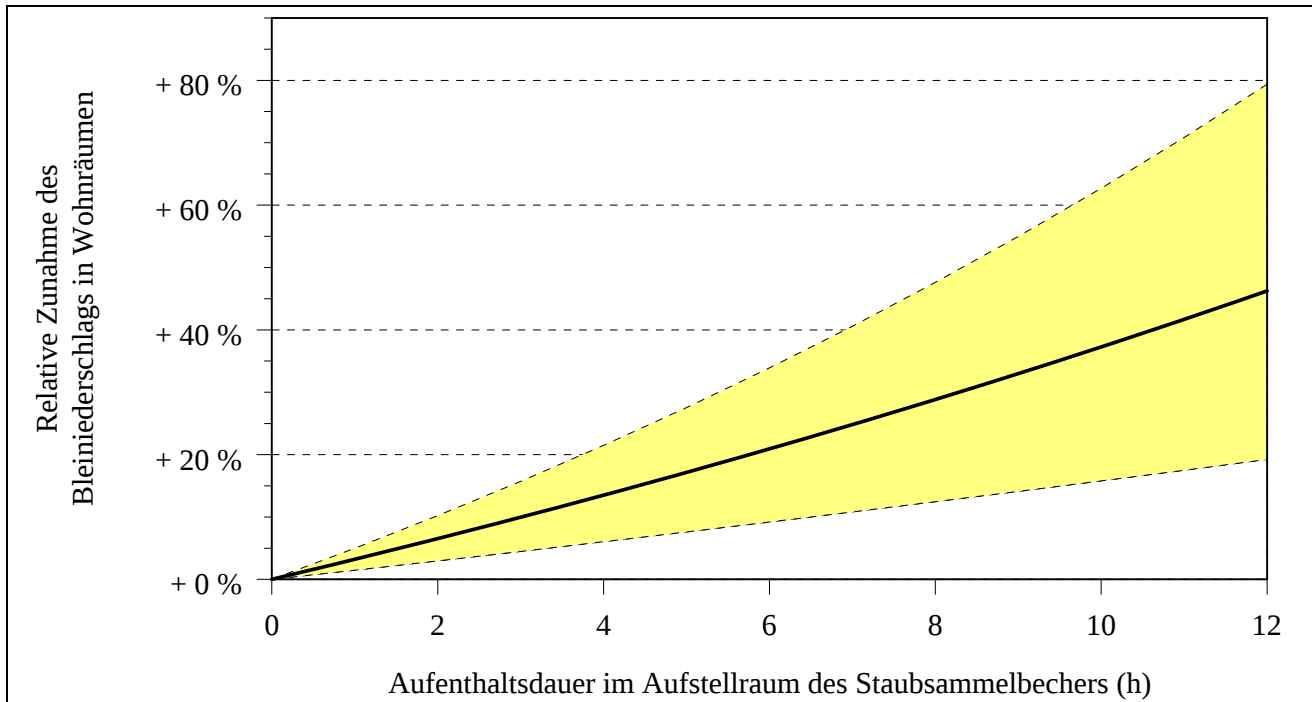


Abb. 9.6: Effekt der Aufenthaltsdauer im Probenahmeraum im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleiniederschlags in Wohnräumen dargestellt, nicht die absoluten Bleiniederschläge. Zum Beispiel würde „+ 50 %“ eine Erhöhung des Bleiniederschlags auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Eine Ursache der Erhöhung der Bleiniederschlagsrate infolge intensiverer Raumnutzung kann die vermehrte Aufwirbelung von auf dem Boden sowie den Möbeln sedimentiertem Hausstaub durch den Probanden sein. Ebenso ist eine häufigere Lüftung des Raumes bei längerer Nutzung denkbar, die über den Eintrag von bleihaltigem Staub aus der Wohnumgebung ebenfalls zu einem Anstieg der Bleiniederschlagsrate führen würde. Darüber hinaus ist, wenn die verstärkte Nutzung des Raumes ein häufigeres Staubsaugen zur Folge hat, dieser Vorgang selbst als Quelle für den Bleiniederschlag zu berücksichtigen. So haben Messungen der Schwermetallkonzentrationen im Schwebstaub von Wohnungen gezeigt, daß die Bleikonzentrationen in dieser Matrix unter bestimmten Voraussetzungen sowohl beim Saugvorgang als auch schon beim Bewegen des Staubsaugers ohne Motorbetrieb erheblich ansteigen können (Moriske et al. 1990).

Entfernung zu einer vom Probenahmeraum sichtbaren Straße, Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)

Ist vom Probenahmeraum eine Straße sichtbar und befindet sich diese in einer Entfernung von bis zu 12 m, so wird in den neuen Bundesländern gegenüber Räumen, von denen aus eine solche Straße entweder nicht zu sehen ist oder sich in mehr als 12 m Entfernung befindet, ein um 10,2 % (95%-Konfidenzintervall: 0,3 % bis

21,0 %) höherer Bleiniederschlag geschätzt (Tab. 9.3). Dieser Effekt ist in den alten Bundesländern nicht signifikant.

Die bei Vorhandensein einer vom Raum aus sichtbaren, bis zu 12 m entfernten Straße höhere Bleiniederschlagsrate ist eng mit der Bleiemanission des Kraftverkehrs verknüpft. So belegen Studien den Zusammenhang zwischen dem Bleigehalt im Hausstaub und sowohl der Verkehrsdichte als auch der Entfernung einer benachbarten Straße (Akhter und Madany 1993; Al-Radady et al. 1994; Al-Rajhi et al. 1996; Fergusson und Kim 1991). Allerdings sollten sich die Effekte des Kraftverkehrs auf die Bleiniederschläge in Wohnräumen mit sinkenden Bleigehalten im Benzin weiter abschwächen.

Da der Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) als transformierte Variable (natürlicher Logarithmus) im Regressionsmodell für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der neuen Bundesländer enthalten ist, nimmt der Effekt in Abhängigkeit von der absoluten Menge des Niederschlags ab. Aus der Modellgleichung mit den originalen Variablen ergibt sich, daß eine Verdopplung des Bleiniederschlags in der Außenluft zu einem Multiplikator von $2^{0,082} = 1,058$, d.h. zu einer Erhöhung des Bleiniederschlags in Wohnräumen um 5,8 % (95%-Konfidenzintervall: 1,5 % bis 10,4 %), führt. Der Effekt unterscheidet sich nicht signifikant zwischen alten und neuen Bundesländern.

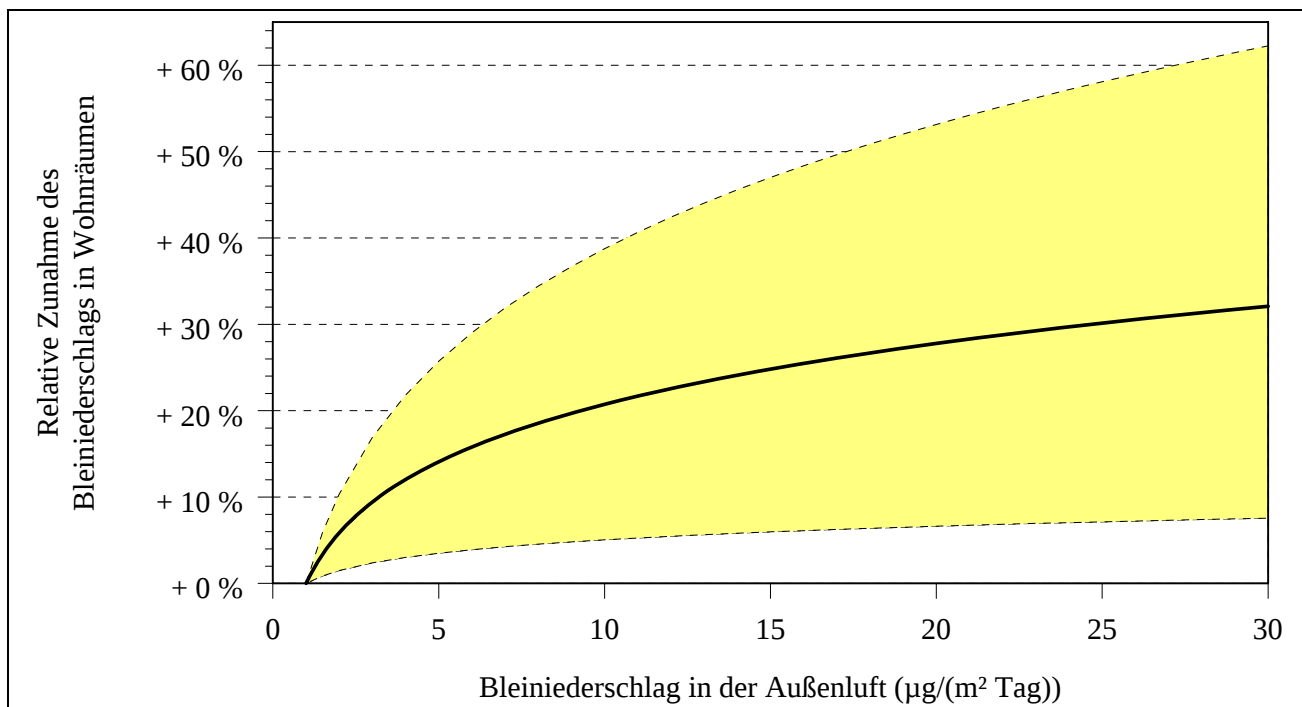


Abb. 9.7: Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleiniederschlags in Wohnräumen dargestellt, nicht die absoluten Bleiniederschläge. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleiniederschlags auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Die Zunahme des Bleiniederschlages im Innenraum mit der Zunahme der Niederschlagsrate des Elementes in der Außenluft kann durch den Eintrag luftgetragener bleihaltiger Partikel aus der Umgebung sowie durch den Eintrag von Straßenstaub oder Boden an der Kleidung bzw. den Schuhen der Bewohner verursacht sein. Der Beitrag des Prädiktors "Bleiniederschlag in der Außenluft" zur Varianzaufklärung liegt in der Berücksichtigung der unterschiedlichen Bleiniederschlagsraten der verschiedenen Erhebungsorte, während innerhalb der Erhebungsorte der Beitrag der Außenluft durch andere Faktoren überlagert werden kann, so daß ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Niederschlagsraten innen und außen nicht mehr nachweisbar ist (Clark et al. 1991; Diemel et al. 1981; Seifert und Drews 1985).

Anzahl Kinder zwischen 6 und 14 Jahren im Haushalt, Haustiere mit Fell oder Federn in der Wohnung

Die Anzahl der Kinder zwischen 6 und 14 Jahren im Haushalt bzw. das Vorhandensein eines oder mehrerer Haustiere mit Fell oder Federn in der Wohnung wären nur in den alten Bundesländern signifikante Prädiktoren in einem multiplen Regressionsmodell. Je Kind zwischen 6 und 14 Jahren würden dabei um 15,8 % höhere Bleiniederschläge in Wohnräumen geschätzt. Werden Tiere mit Fell oder Federn in der Wohnung gehalten, so wären nach dem Modell für die Erwachsenen der alten Bundesländer um 22,3 % höhere Bleiniederschläge in Wohnräumen zu erwarten.

Als Ursache der Erhöhung der Bleiniederschlagsrate in Haushalten, in denen Kinder leben oder Haustiere mit Fell oder Federn gehalten werden, kommt neben einem Eintrag von Schmutz oder Straßenstaub an der Kleidung der Kinder bzw. dem Fell der Haustiere auch eine verstärkte Aufwirbelung von bereits auf Boden oder Möbeln sedimentiertem Staub in Frage.

9.1.4 Prädiktoren mit kleinen Effekten

In diesem Kapitel werden Variablen genannt, die bei zusätzlicher Aufnahme in die Modelle für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen signifikante Effekte zeigen ($p < 0,05$). Diese Variablen wurden jedoch nicht in die Modell aufgenommen, da sie nur geringfügig zur Verbesserung der Varianzaufklärung beitragen würden.

Die Art des **Probenahmeraumes** wäre ein zusätzlicher Prädiktor in den Modellen für den Bleiniederschlag in Wohnräumen in den alten Bundesländern. Für eine Variable "Aufstellort Küche oder Wohnküche (1= Küche oder Wohnküche, 0 = sonst)" als zusätzlichen Prädiktor im Modell würde sich eine Varianzaufklärungsrate von 0,5 % ergeben. Dabei würden für Küchen oder Wohnküchen gegenüber anderen Räumen niedrigere Bleiniederschläge geschätzt. Sowohl in den alten als auch in den neuen Bundesländern war der Staubsammelbecher überwiegend im Wohnzimmer aufgestellt. Analysiert man die Residuen der multiplen Regressionsmodelle, so zeigt sich, daß die Bleiniederschläge in Küche oder Wohnküchen gegenüber den Wohnzimmern niedriger und die in Schlaf- und Wohnzimmern oder in Eßzimmern gegenüber Wohn-

zimmern höher sind. In den neuen Bundesländern sind diese Effekte jedoch nicht signifikant, möglicherweise deshalb, weil die Staubsammelbecher nicht nur absolut, sondern auch relativ seltener in Küchen, Wohnküchen, Wohn- und Schlafräumen oder Eßzimmern aufgestellt waren als in den alten Bundesländern.

Durch das Vorhandensein von **Schmutz an der Arbeitskleidung** (0 = nie oder selten, 1 = häufig oder immer) könnten in den alten Bundesländern 0,6 % der Varianz zusätzlich erklärt werden. Ist häufig oder immer Schmutz an der Arbeitskleidung vorhanden, so wird ein höherer Bleiniederschlag geschätzt. In den neuen Bundesländern ist ein solcher Prädiktor nicht signifikant.

Die Erhöhung der Bleiniederschlagsrate in Haushalten von Probanden, die angaben, häufig oder immer Schmutz an der der Arbeitskleidung zu haben, zeigt, daß auch dieser Eintragspfad bei der Identifizierung von Bleiquellen nicht vernachlässigt werden darf. Schon 1976 wurde von Archer und Barratt (1976) nachgewiesen, daß mit während der Arbeit getragener Kleidung auch Blei in die Haushalte transportiert wird. Bestätigt wird dieses Ergebnis durch eine Untersuchung in den Haushalten von beruflich bleiexponierten Arbeitern einer Kabelfabrik, die ihre Arbeitskleidung mit nach Hause nahmen und im Hausstaub signifikant höhere Bleigehalte aufwiesen als ihre beruflich nicht exponierten Nachbarn (Rinehart und Yanagisawa 1993).

Eine Variable zum Halten von Haustieren mit Fell oder Federn ist in den neuen Bundesländern im Gegensatz zu den alten Bundesländern (deutlich) nicht signifikant. Allerdings wäre eine Variable, die nur das Halten von **Hunden** im Haushalt beschreibt, auch in den neuen Bundesländern signifikant und würde die Varianzaufklärung des Modells um 0,4 % erhöhen. Für Haushalte mit Hunden würde gegenüber anderen Haushalten nach dem Modell höhere Bleiniederschläge in Wohnräumen geschätzt.

Die Tatsache, daß zwar nicht der Prädiktor "Tiere mit Fell oder Federn", wohl aber der Prädiktor "Hunde im Haushalt" in den neuen Ländern signifikant ist, könnte darauf zurückzuführen sein, daß dort auch relativ seltener Tiere gehalten werden und der Eintrag von bleihaltigem Staub aus der Wohnumgebung durch Hunde am stärksten ist, während sich andere Haustiere seltener im Freien aufhalten.

9.2 Regressionsanalysen, Kinder

Im folgenden werden die hypothesengeleitet (vgl. Kap. 3.1) gebildeten Regressionsmodelle für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder des Umwelt-Surveys 1990/92 dargestellt. Die multiplen Regressionsmodelle für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder des Umwelt-Surveys werden für die logarithmierten Bleiniederschläge hergeleitet, da diese eher der Annahme einer Normalverteilung genügen (Kap. 5.3, 5.4, Abb. 9.8).

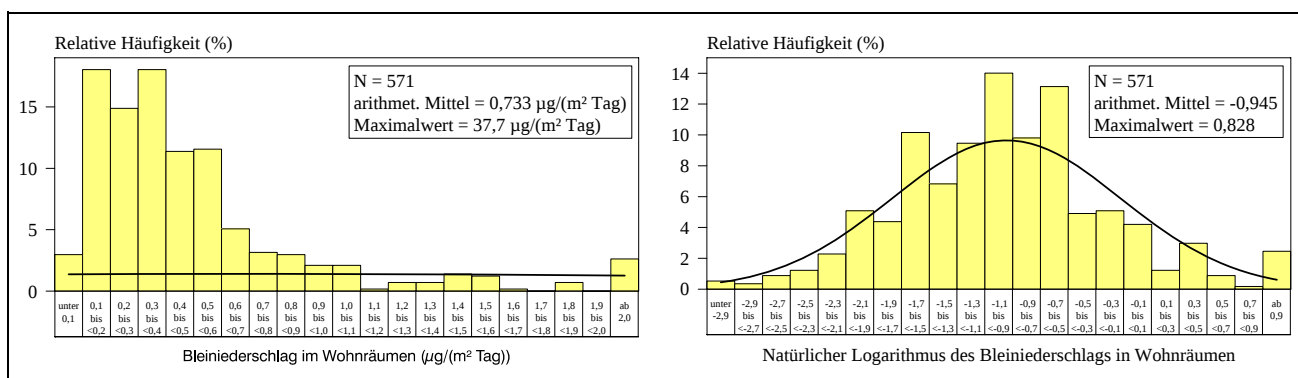


Abb. 9.8: Verteilung der Bleiniederschläge in Wohnräumen der 6- bis 14jährigen Kinder sowie der logarithmierten Bleiniederschläge für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe

Anmerkung: Die Abbildungen enthalten die Normalverteilungen, deren Erwartungswerte bzw. Varianzen aus den entsprechenden arithmetischen Mittelwerten bzw. Standardabweichungen der Stichproben geschätzt wurden.

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

Die in den multiplen Regressionsmodellen für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder enthaltenen Prädiktoren sind in der Tabelle 9.4 angegeben.

Tab. 9.4: Prädiktoren der Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der 6- bis 14jährigen Kinder

<i>Benötigte Variablen:</i>	
Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses (Jahre)	
Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	
Hund(e) werden in der Wohnung gehalten (0 = nein, 1 = ja)	
Dauer des Wohnens in der derzeitigen Wohnung (Jahre)	
Höhe des Probenahmeraumes (cm)	
Anzahl Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (0 = keine Straße, 1, 2 usw.)	
Anzahl Personen pro m^2 i.a. in der Wohnung	
Einzeln zu bedienende Öfen in der Wohnung (0 = nicht vorhanden, 1 = vorhanden)	
Probenahmeraum (0 = Küche oder Wohnküche, 1 = übrige Räume)	
<i>Prädiktoren:</i>	
Quadratwurzel des Alters des zur Zeit bewohnten Wohnhauses (Jahre)	
Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	
Hund(e) werden in der Wohnung gehalten (0 = nein, 1 = ja)	
Dauer des Wohnens in der derzeitigen Wohnung (Jahre)	
Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm (minimale Raumhöhe in der Stichprobe, cm)	
Anzahl Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (0 = keine Straße, 1, 2 usw.)	
Anzahl Personen pro m^2 i.a. in der Wohnung normiert auf die minimale Personenzahl von 0,005 (1 Person / 200 m^2) der Stichprobe	
Einzeln zu bedienende Öfen in der Wohnung (0 = nicht vorhanden, 1 = vorhanden)	
Probenahmeraum (0 = Küche oder Wohnküche, 1 = übrige Räume)	

Die wichtigsten Kennwerte der Modelle sind in den Tabellen 9.5 und 9.6 angegeben. Im Anhang befindet sich die Tabelle zu den Interkorrelationen (Tab. 13.8.2) aller Variablen sowie zusätzliche Kennwerte der Regressionsmodelle, die eher für den statistisch versierten Leser interessant sind (Tab. 13.8.3, 13.8.4 und 13.8.5). Alle geprüften Variablen sind im Anhang 13.9 aufgeführt.

9.2.1 Varianzkomponenten der Regressionsmodelle

Mit den 9 der in Tabelle 9.4 angegebenen Prädiktoren lassen sich 20,7 % der Varianz der Bleiniederschläge im Hausstaub erklären. Bei getrennt berechneten Regressionsmodellen für die alten und neuen Bundesländer ergeben sich mit 7 bzw. 3 Prädiktoren Varianzaufklärungsraten von 21,6 % bzw. 23,9 % (Tab. 9.5). Die Varianzaufklärungsraten (nicht adjustiert) liegen jeweils über 20 %, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Stichprobenumfänge gegenüber den Erwachsenen wesentlich niedriger sind.

Tab. 9.5: Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der 6- bis 14jährigen Kinder

Prädiktor	Deutschland			Alte Bundesländer			Neue Bundesländer		
	N = 570			N = 358			N = 223		
	Aufgeklärte Varianz: 20,7 % Adjustierte Varianz: 19,4 %			Aufgeklärte Varianz: 21,6 % Adjustierte Varianz: 20,0 %			Aufgeklärte Varianz: 23,9 % Adjustierte Varianz: 22,9 %		
	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$	β	r	$\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses	0,217	0,285	6,2	nicht signifikant			0,276	0,404	11,1
Logarithmus d. Bleiniederschlags in der Außenluft	0,177	0,222	3,9	0,158	0,251	4,0	0,148	0,198	2,9
Hunde in der Wohnung	0,142	0,173	2,5	0,178	0,194	3,4	nicht signifikant		
Wohndauer	0,131	0,130	1,7	0,187	0,139	2,6	nicht signifikant		
Höhe des Probenahme- raumes über 180 cm	0,106	0,155	1,6	0,218	0,203	4,4	nicht signifikant		
Spuren einer vom Probe- nahmeraum sichtb. Straße	0,102	0,143	1,5	0,147	0,190	2,8	nicht signifikant		
Logarithmus der Personen- zahl pro m ² in der Wohnung	0,104	0,130	1,3	0,200	0,151	2,0	nicht signifikant		
Einzelnen zu bedienende Öfen	0,103	0,117	1,2	nicht signifikant			0,248	0,396	9,8
Probenahmeraum	-0,141	-0,051	0,7	-0,120	-0,112	1,3	nicht signifikant		

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; β = standardisierter Regressionskoeffizient (Maß für die Wirkung des Prädiktors im Modell); r = Pearson'scher Korrelationskoeffizient zwischen Prädiktor und Kriterium; $\beta \cdot r \cdot 100 \%$ = dem Prädiktor zuzuordnender Anteil der Varianz des Kriteriums (Summe über alle Prädiktoren ergibt die durch das Modell aufgeklärte Varianz)

Die multiplen Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder unterscheiden sich deutlich. Zunächst ist die Varianzaufklärung in den neuen Bundesländern mit nur 3 Prädiktoren größer als in den alten Bundesländern, wo 7 Prädiktoren im Modell enthalten sind. Einziger gemeinsamer Prädiktor ist der **Bleiniederschlag in der Außenluft** (Bergerhoff-Gerät), durch den in den alten Bundesländern 4,0 % und in den neuen Bundesländern 2,9 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder erklärt werden. Durch das **Alter des Wohnhauses** und die Existenz **einzelnen zu bedienender Öfen** in der Wohnung werden in den neuen Bundesländern 11,1 % bzw. 9,8 % erklärt. Beide Prädiktoren korrelieren positiv miteinander, d.h. in älteren Wohnhäusern ist der Anteil einzelnen zu bedienender Öfen größer. Dennoch liefern beide Prädiktoren einen eigenständigen Varianzbeitrag. In den alten Bundesländern sind diese beiden Prädiktoren nicht signifikant.

Die folgenden Prädiktoren, die im Zusammenhang mit dem Probenahmeraum stehen, sind nur in den alten Bundesländern signifikant. Die **Höhe des Probenahme-
raumes** und die **Anzahl der Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße** tragen mit 4,4 % bzw. 2,8 % zur Aufklärung der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder bei. Die Art des **Probenahme-
raumes** (Küche oder Wohnküche gegenüber anderen Räumen) hat einen Varianzanteil von 1,3 %.

Ebenfalls nur in den alten Bundesländern signifikant sind Prädiktoren im Zusammenhang mit der Wohnung, in der das Kind wohnt. Durch das Halten/Nichthalten von **Hunden in der Wohnung** werden 3,4 % der Varianz aufgeklärt. Durch die **Dauer des Wohnens** in der derzeitigen Wohnung werden 2,6 % und durch die **Wohndichte** (Personen pro m²) 2,0 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder erklärt.

Bei der Kreuzvalidierung macht sich der in den Modellen für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder vergleichsweise geringe Stichprobenumfang am deutlichsten bei der Stabilität der Modelle bemerkbar. In den alten Bundesländern sind nur die Prädiktoren "Hunde in der Wohnung", "Personenzahl pro m² in der Wohnung" und "Wohndauer" in beiden Teilstichproben signifikant. Die Varianzaufklärungsraten gehen in den Teilstichproben deutlich zurück. Stabiler ist das Modell für die neuen Bundesländer vermutlich deshalb, weil hier nur drei Prädiktoren enthalten sind. Die Varianzaufklärung geht in den Teilstichproben nur geringfügig zurück, und das Alter des Wohnhauses und die Beheizung mittels einzeln zu bedienender Öfen bleiben in den Teilstichproben signifikant (zur Erläuterung des Verfahrens und der Resultate vgl. Anhang 13.8, Tab. 13.8.6, 13.8.7 und 13.8.8).

9.2.2 Modellgleichungen

Die Parameter der Regressionsgleichungen sind in der Tabelle 9.6 angegeben. Ihre inhaltliche Bedeutung wird weiter unten bei der Beschreibung der einzelnen Prädiktoren erläutert.

Tab. 9.6: Die Parameter der Modellgleichungen für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der 6- bis 14jährigen Kinder

Prädiktor	Deutschland		Alte Bundesländer		Neue Bundesländer	
	exp(b _i)	95 % CI	exp(b _i)	95 % CI	exp(b _i)	95 % CI
Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses	1,065	6,5 (4,0 bis 9,1)	nicht signifikant		1,058	5,8 (3,0 bis 8,7)
Logarithmus d. Bleiniederschlags in der Außenluft	1,233	23,3 (12,5 bis 35,3)	1,259	25,9 (8,9 bis 45,5)	1,131	13,1 (2,6 bis 24,6)
Hunde in der Wohnung	1,422	42,2 (17,6 bis 71,9)	1,539	53,9 (21,9 bis 94,1)	nicht signifikant	
Wohndauer	1,031	3,1 (1,2 bis 5,0)	1,049	4,9 (2,4 bis 7,4)	nicht signifikant	
Höhe des Probenahme raumes über 180 cm	1,004	0,4 (0,1 bis 0,6)	1,009	0,9 (0,5 bis 1,2)	nicht signifikant	
Spuren einer vom Becher raum sichtbaren Straße	1,088	8,8 (2,3 bis 15,7)	1,138	13,8 (4,7 bis 23,6)	nicht signifikant	
Logarithmus der Personen zahl pro m ² in der Wohnung	1,260	26,0 (5,6 bis 50,3)	1,746	74,6 (31,2 bis 132,4)	nicht signifikant	
Einzeln zu bedienende Öfen	1,213	21,3 (5,2 bis 39,9)	nicht signifikant		1,407	40,7 (17,3 bis 68,7)
Probenahmeraum	1,396	39,6 (16,4 bis 67,6)	1,414	41,4 (7,9 bis 85,1)	nicht signifikant	
Konstante	0,038		0,017		0,184	

Anmerkungen: exp(b_i) = Parameter des multiplikativen Modells (b_i: Regressionkoeffizient des Prädiktors x_i);
 95 % CI = Relative Veränderung des Bleigehalts im Blut in % bei Zunahme des Prädiktors um eine Einheit mit 95 %-Konfidenzintervall

Will man auf der Grundlage dieser Modelle den Bleiniederschlag im Wohnraum eines 6- bis 14jährigen Kindes (y) (Maßeinheit $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$) schätzen, so sind die folgenden multiplikativen Modellgleichungen zu benutzen:

Deutschland:

$$y = 0,038 \cdot 1,065^{x_1} \cdot 1,233^{x_2} \cdot 1,422^{x_3} \cdot 1,031^{x_4} \cdot 1,004^{x_5} \cdot 1,088^{x_6} \cdot 1,260^{x_7} \cdot 1,213^{x_8} \cdot 1,396^{x_9}$$

Alte Bundesländer:

$$y = 0,017 \cdot 1,259^{x_2} \cdot 1,539^{x_3} \cdot 1,049^{x_4} \cdot 1,009^{x_5} \cdot 1,138^{x_6} \cdot 1,746^{x_7} \cdot 1,414^{x_9}$$

Neue Bundesländer:

$$y = 0,184 \cdot 1,058^{x_1} \cdot 1,131^{x_2} \cdot 1,407^{x_8}$$

Für den Praktiker wird die Berechnung derart geschätzter Werte an zwei bezüglich der Prädiktoren extremen - aber trotzdem realistischen - Beispielen demonstriert. Die Beispiele verdeutlichen das Zusammenwirken der Prädiktoren exemplarisch im Modell für die neuen Bundesländer.

Beispiele für auf der Grundlage des Modells für Kinder der neuen Bundesländer geschätzte Bleiniederschläge in Wohnräumen:

Kind A: wohnt in einem 80 Jahre alten Wohnhaus ($x_1 = \sqrt{80} = 8,944$),
hat in seiner Wohnumgebung einen gemessenen Bleiniederschlagswert in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) von $100 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$ ($x_2 = \ln(100) = 4,605$),
die Wohnung wird mit einzeln zu bedienenden Öfen beheizt ($x_8 = 1$).

Geschätzter Bleiniederschlag im Wohnraum (y):

$$\begin{aligned} y &= 0,184 \cdot 1,058^{8,944} \cdot 1,131^{4,605} \cdot 1,407^1 \\ y &= 0,184 \cdot 1,656 \cdot 1,761 \cdot 1,407 \\ y &= 0,756 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag}) \end{aligned}$$

Kind B: wohnt in einem 5 Jahre alten Wohnhaus ($x_1 = \sqrt{5} = 2,236$),
hat in seiner Wohnumgebung einen gemessenen Bleiniederschlagswert in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) von $10 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$ ($x_2 = \ln(10) = 2,303$),
die Wohnung wird nicht mit einzeln zu bedienenden Öfen beheizt ($x_8 = 0$).

Geschätzter Bleiniederschlag im Wohnraum (y):

$$\begin{aligned} y &= 0,184 \cdot 1,058^{2,236} \cdot 1,131^{2,303} \cdot 1,407^0 \\ y &= 0,184 \cdot 1,134 \cdot 1,327 \cdot 1,000 \\ y &= 0,277 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag}) \end{aligned}$$

9.2.3 Effekte der Prädiktoren der Regressionsmodelle

Zur besseren Interpretation kann es sinnvoll sein, die im Kapitel 9.2.2 angegebenen multiplikativen Modelle so umzuformen, daß sie die originalen Variablen enthalten. So erhält man z.B. aus dem gesamtdeutschen Modell

$$y = 0,066 \cdot 1,065^{\text{sqrt}(V1)} \cdot v_2^{0,210} \cdot 1,422^{V3} \cdot 1,031^{V4} \cdot 1,004^{V5} \cdot 1,088^{V6} \cdot v_7^{0,231} \cdot 1,213^{V8} \cdot 1,396^{V9}$$

Analoge Umformungen können für die Modelle der alten bzw. neuen Bundesländer vorgenommen werden.

Alter des Wohnhauses, einzeln zu bedienende Öfen

Bei einem um ein Jahr älteren Wohnhaus ergibt sich für Wohnräume der Kinder in den neuen Bundesländern nach dem multiplen Regressionsmodell ein um 5,8 % höherer Bleiniederschlag (95%-Konfidenzintervall: 3,0 % bis 8,7 %) (Tab. 9.6).

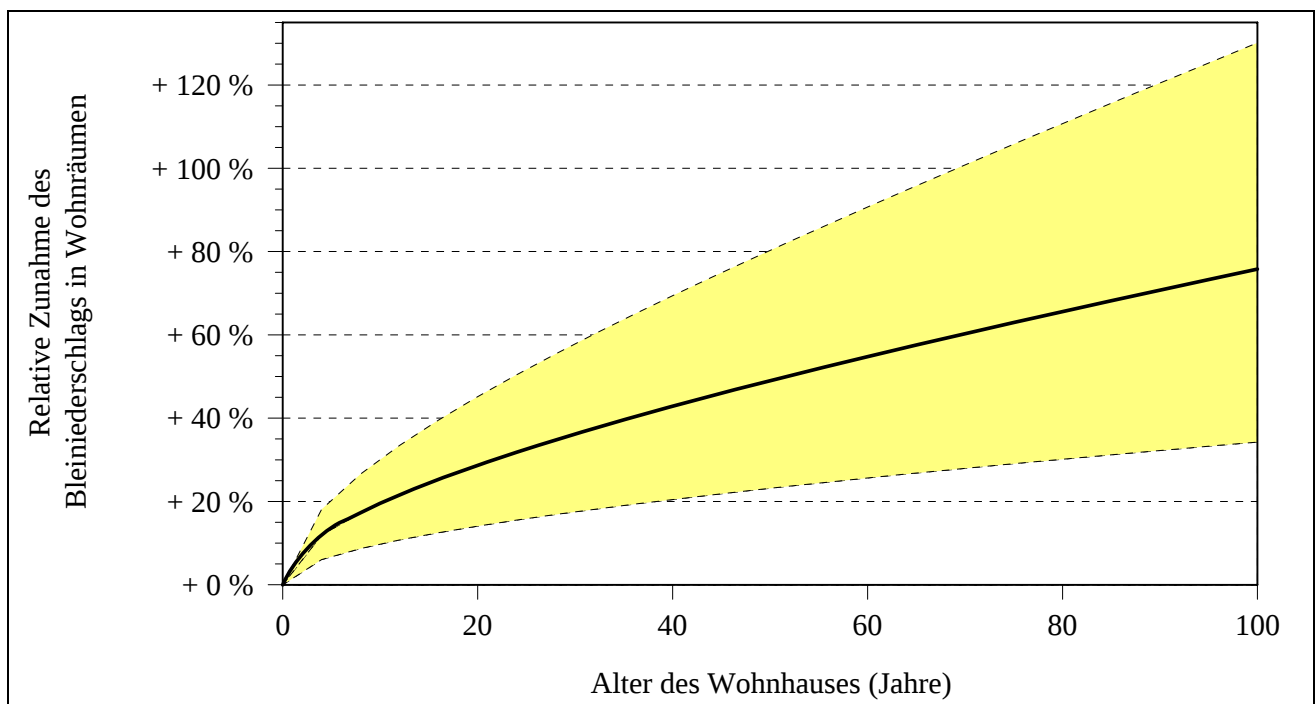


Abb. 9.9: Effekt des Alters des Wohnhauses im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags in Wohnräumen mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleiniederschlags in Wohnräumen dargestellt, nicht die absoluten Bleiniederschläge. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleiniederschlags auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Wie bei den Erwachsenen ist auch bei den Kindern der neuen Bundesländer das Alter des Wohnhauses ein signifikanter Prädiktor. Der Effekt unterscheidet sich zwischen Erwachsenen und Kindern nicht signifikant.

Sind einzeln zu bedienende Öfen in der Wohnung vorhanden, so werden nach dem Modell um 40,7 % (95%-Konfidenzintervall: 17,3 % bis 68,7 %) höhere Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder geschätzt.

Anzahl Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße, Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)

Für jede zusätzliche Spur einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße wird ein um 13,8 % (95%-Konfidenzintervall: 4,7 % bis 23,6 %) höherer Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder der alten Bundesländer geschätzt (Tab. 9.6). Dieser Effekt ist in den neuen Bundesländern nicht signifikant.

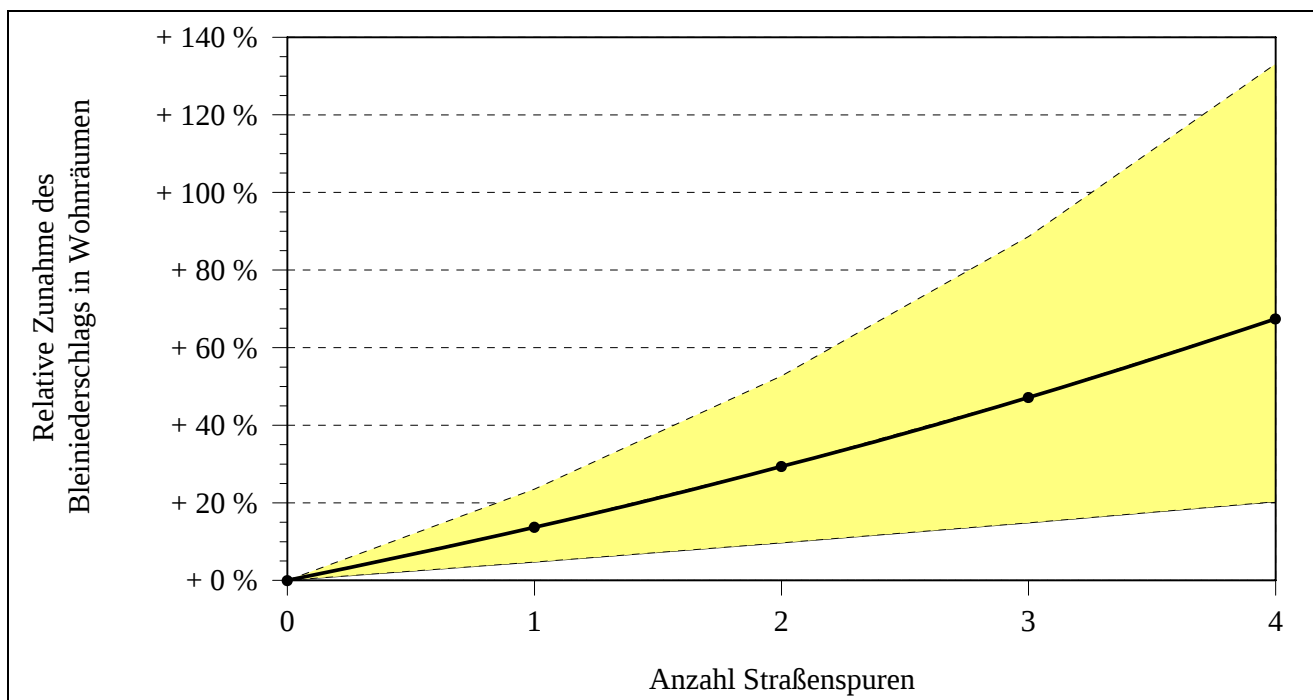


Abb. 9.10: Effekt der Anzahl von Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße im Regressionsmodell für Kinder der alten Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleiniederschlags in Wohnräumen dargestellt, nicht die absoluten Bleiniederschläge. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleiniederschlags auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Da der Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) als logarithmisch transformierte Variable im Regressionsmodell für die Bleiniederschläge in Wohnräumen enthalten ist, nimmt der Effekt in Abhängig-

keit von der absoluten Menge des Niederschlags ab. Aus der Modellgleichung mit den originalen Variablen ergibt sich, daß eine Verdopplung des Bleiniederschlags in der Außenluft zu einem Multiplikator von $2^{0,210} = 1,156$, d.h. zu einer Erhöhung des Bleiniederschlags in Wohnräumen um 15,6 % (95%-Konfidenzintervall: 8,5 % bis 23,3 %), führt. Der Effekt unterscheidet sich nicht signifikant zwischen alten und neuen Bundesländern.

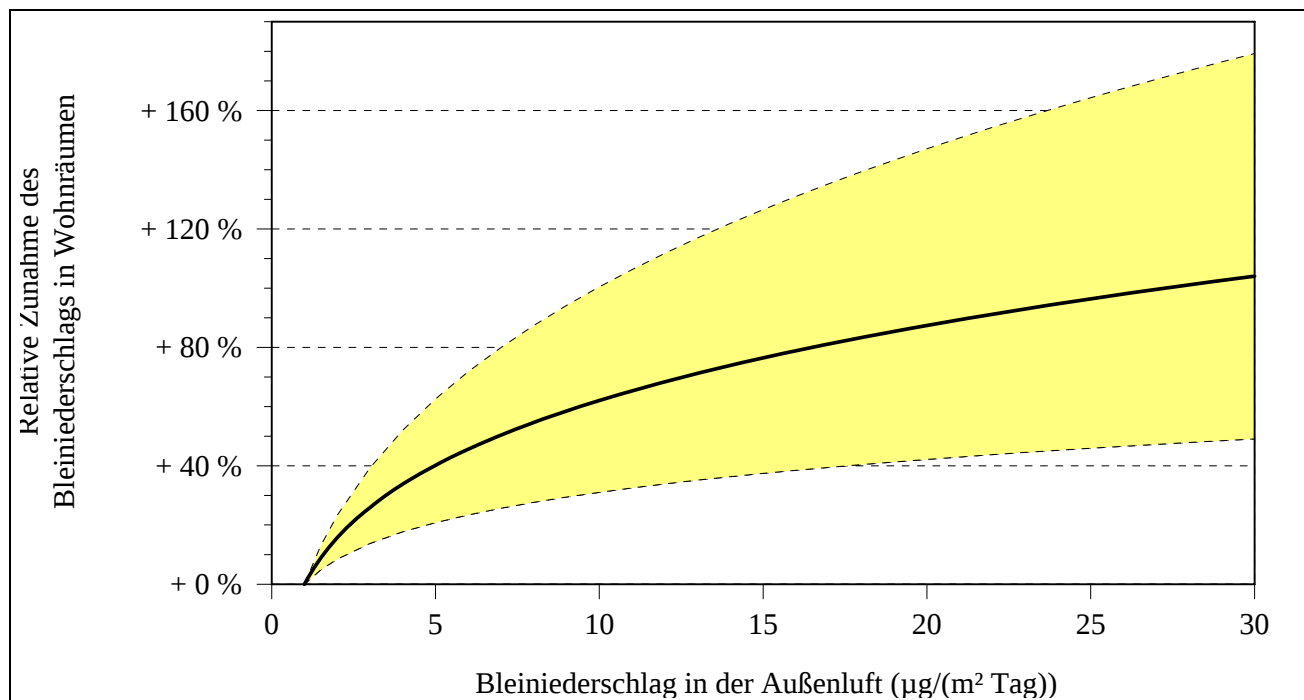


Abb. 9.11: Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) im Regressionsmodell für Kinder (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleiniederschlags in Wohnräumen dargestellt, nicht die absoluten Bleiniederschläge. Zum Beispiel würde "+ 50 %" eine Erhöhung des Bleiniederschlags auf das 1,5-fache bedeuten.

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

Wohndichte, Wohndauer in jetziger Wohnung, Halten von Hunden in der Wohnung

Da die Personenzahl pro m^2 der Wohnung als konkave Funktion (natürlicher Logarithmus) in das Regressionsmodell für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder der alten Bundesländer eingeht, nimmt der Effekt mit zunehmender Personenzahl pro m^2 ab. Aus der Modellgleichung mit den originalen Variablen ergibt sich, daß eine Verdopplung der Personenzahl pro m^2 zu einem Multiplikator von $2^{0,557} = 1,472$, d.h. zu einer Erhöhung des Bleiniederschlags in Wohnräumen der Kinder um 47,2 %, führt (95%-Konfidenzintervall: 20,7 % bis 79,4 %). In den neuen Bundesländern ist die Wohndichte nicht signifikant.

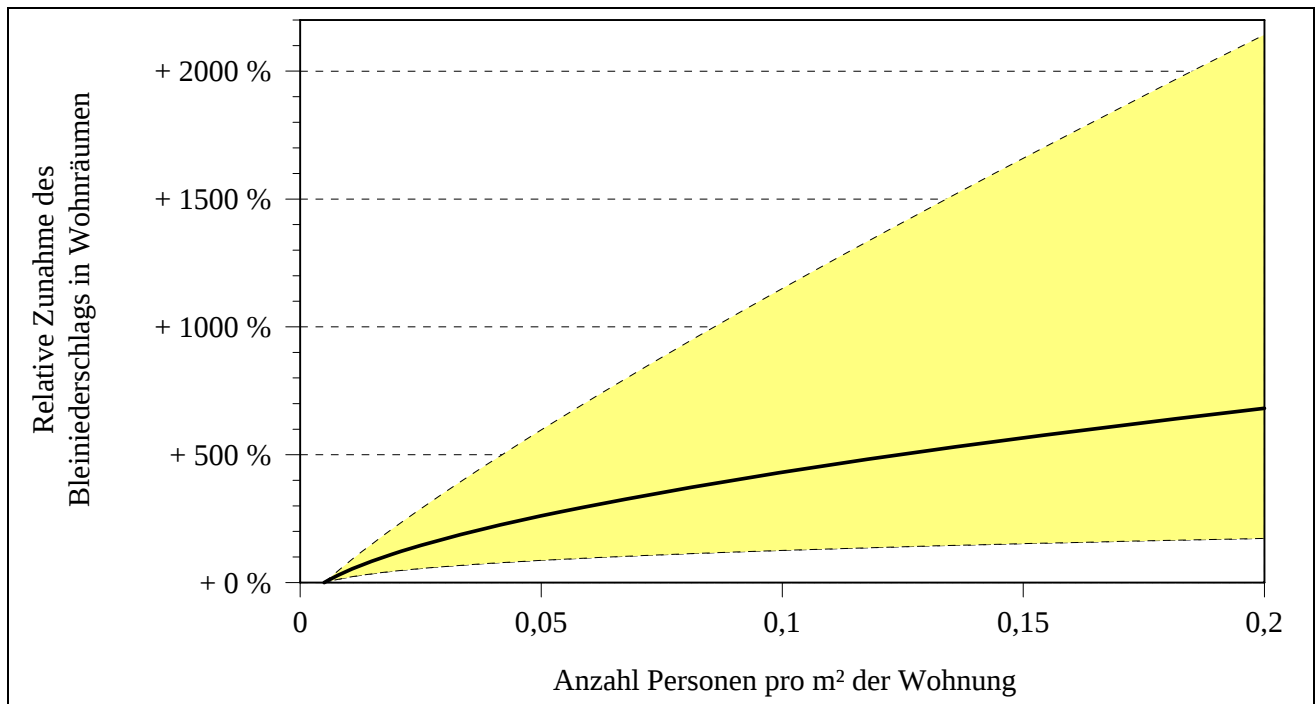


Abb. 9.12: Effekt der Anzahl Personen pro m² der Wohnung im Regressionsmodell für Kinder der alten Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleiniederschlags in Wohnräumen dargestellt, nicht die absoluten Bleiniederschläge. Zum Beispiel würde "+ 100 %" eine Verdopplung des Bleiniederschlags bedeuten.

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

Bei einer um 1 Jahr längeren Wohndauer in der jetzigen Wohnung ergibt sich nach dem Modell ein um 4,9 % (95%-Konfidenzintervall: 2,4 % bis 7,4 %) höherer Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder der alten Bundesländer (Tab. 9.6). Die Wohndauer ist in den neuen Bundesländern nicht signifikant.

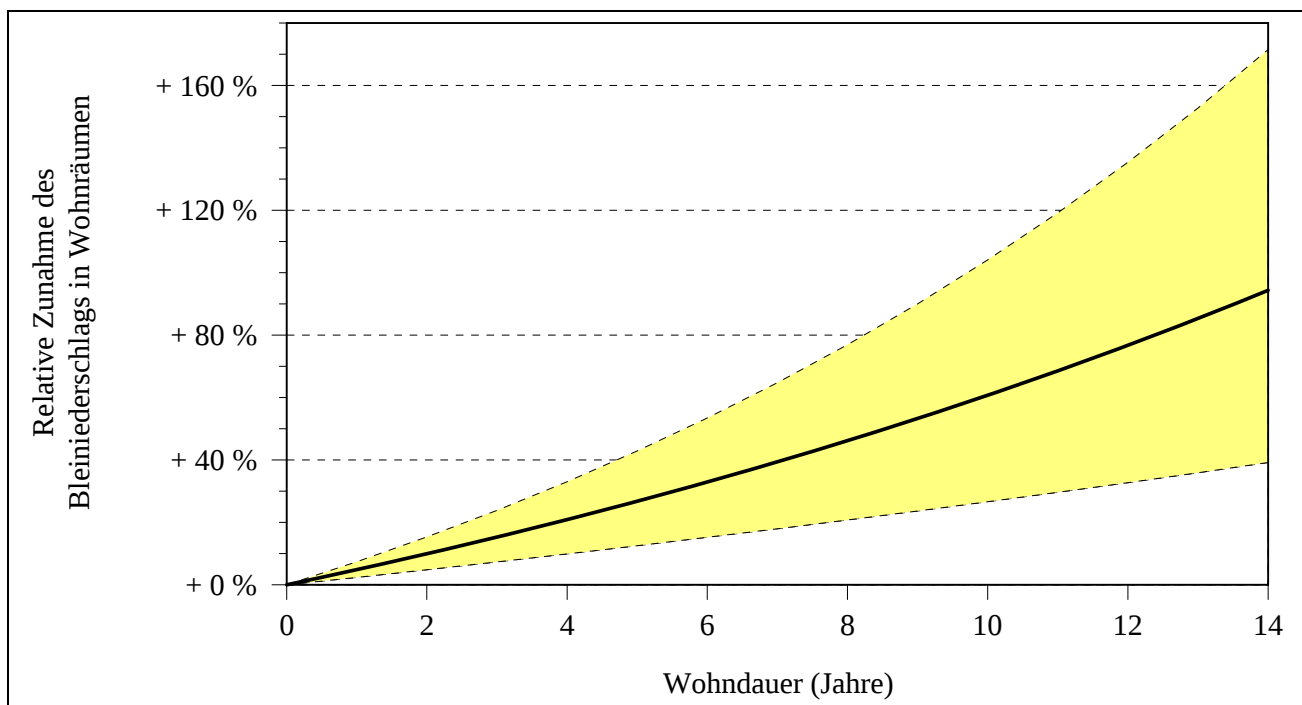


Abb. 9.13: Effekt der Wohndauer im Regressionsmodell für Kinder (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)

Anmerkung: In der Abbildung sind die relativen Veränderungen des Bleiniederschlags in Wohnräumen dargestellt, nicht die absoluten Bleiniederschläge. Zum Beispiel würde "+ 100 %" eine Verdopplung des Bleiniederschlags bedeuten.

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

Werden Hunde in der Wohnung gehalten, so werden gegenüber Haushalten ohne Hundehaltung für Wohnräume der Kinder in den alten Bundesländern um 53,9 % (95%-Konfidenzintervall: 21,9 % bis 94,1 %) höhere Bleiniederschläge geschätzt. Katzenhaltung, Hunde- oder Katzenhaltung und Tiere mit Fell oder Federn in der Wohnung zeigen keinen signifikanten Zusammenhang mit den Bleiniederschlägen in Wohnräumen der Kinder. Das Halten von Hunden in der Wohnung ist in den neuen Bundesländern ebenfalls kein signifikanter Prädiktor eines Modells für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Kinder.

9.2.4 Zusätzliche Prädiktoren

Sowohl für die alten als auch die neuen Bundesländer gibt es keine Variablen, die zusätzlich zu den im Modell enthaltenen Prädiktoren signifikant wären.

9.3 Vergleich der Regressionsmodelle der Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91

Für den Vergleich der Modelle der Umwelt-Surveys 1985/86 und 1990/91 wurden

- die Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1985/86 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1990/91 und
- die Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1990/91 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1985/86

überprüft, soweit die entsprechenden Daten verfügbar sind.

Überprüfung der Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1985/86 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1990/91

Für die Überprüfung des Modells des Umwelt-Surveys 1985/86 wurden die verfügbaren Variablen des Umwelt-Surveys 1990/91 analog zur Auswertung der Daten von 1985/86 codiert. Die Varianzkomponenten dieser Modellüberprüfung sind in Tabelle 9.7 angegeben.

Tab. 9.7: Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1985/86 für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf der Basis der Daten von 1985/86 (N = 2066) und 1990/91 (N = 2018)

Umwelt-Survey 1985/86		Umwelt-Survey 1990/91 (alte Länder)	
Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$	Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Bevölkerungsdichte der Gemeinde (Einw./ha)	3,6 %	Bevölkerungsdichte der Gemeinde (Einw./ha)	1,9 %
Probenahmeraum (0 = andere Räume, 1 = Küche / Wohnküche)	3,1 %	Probenahmeraum (0 = andere Räume, 1 = Küche / Wohnküche)	nicht signifikant
Alter des Wohnhauses (Jahre)	2,5 %	Alter des Wohnhauses (Jahre)	3,5 %
Heizungsart (0 = sonst, 1 = Zentralheizung)	2,0 %	Heizungsart (0 = sonst, 1 = Zentralheizung)	1,5 %
Wohnfläche pro Haushaltsmitglied (m ²)	1,5 %	Wohnfläche pro Haushaltsmitglied (m ²)	2,5 %
Etage der Wohnung	1,1 %	Etage der Wohnung	nicht signifikant
Anzahl Kinder zwischen 6 und 14 Jahren	0,6 %	Anzahl Kinder zwischen 6 und 14 Jahren	1,2 %
Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	14,4 %	Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	10,6 %
Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	14,1 %	Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	10,4 %

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

Überprüft man das mit den Daten des Umwelt-Surveys 1985/86 gebildete multiple Regressionsmodell mit den Daten von 1990/91, so sind die Art des Probenahmeraumes (Küche/Wohnküche gegenüber anderen Räumen) und die Etagenlage der Wohnung nicht mehr signifikant. Die Varianzaufklärung des Modells geht ohne diese 2 Prädiktoren um 3,8 % zurück.

Überprüfung der Prädiktoren des Umwelt-Surveys 1990/91 mit den Daten des Umwelt-Surveys 1985/86

Im Folgenden wird das in Kapitel 9.1 vorgestellte Regressionsmodell für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen des Umwelt-Surveys 1990/91 (alte Bundesländer) auf die Daten des Umwelt-Surveys 1985/86 angewendet. Die Daten von 1985/86 werden dabei nach Möglichkeit wie im Anhang 13.9 dargestellt codiert.

Der Bleiniederschlag in der Außenluft und die tägliche Aufenthaltszeit des Probanden im Probenahmeraum wurden 1985/86 nicht gemessen bzw. erhoben. Anstelle der Wohndichte im Probenahmeraum und der i.a. in diesem Raum gerauchten Zigaretten, die 1985/86 nicht erhoben wurden, wurde die Wohndichte der Wohnung bzw. die täglich gerauchten Zigaretten des Probanden geprüft. Die Modelle sind daher nur bedingt vergleichbar.

Die Anzahl Kinder zwischen 6 und 14 Jahren sowie das Halten von Tieren mit Fell oder Federn in der Wohnung sind zusätzlich zu den im Modell enthaltenen Prädiktoren nicht signifikant. Auf der Basis der Daten von 1985/86 lassen sich somit mit 5 verbleibenden Prädiktoren 8,3 % der Varianz der Bleiniederschläge in Wohnräumen 1985/86 erklären. Die resultierenden Varianzkomponenten sind in Tabelle 9.8 angegeben.

Tab. 9.8: Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1990/91 für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf der Basis der Daten von 1990/91 (N = 1459) und 1985/86 (N = 1986)

Datenbasis 1990/91 (alte Bundesländer)		Datenbasis 1985/86	
Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$	Prädiktoren	Varianzkomponente $\beta \cdot r \cdot 100 \%$
Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses	3,5 %	Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses	3,1 %
Logarithmus der Personenzahl pro m ² im Probenahmeraum	2,7 %	Logarithmus der Personenzahl pro m ² in der Wohnung	2,4 %
Heizungsart (0 = zentral oder dezentral, andere als Kohle/Holz, 1 = dezentral, mit Kohle/Holz)	2,1 %	Heizungsart (0 = zentral oder dezentral, andere als Kohle/Holz, 1 = dezentral, mit Kohle/Holz)	1,2 %
Haustier(e) mit Fell oder Federn in der Wohnung (0 = nein, 1 = ja)	1,7 %	Haustier(e) mit Fell oder Federn in der Wohnung (0 = nein, 1 = ja)	nicht signifikant
Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm (cm)	1,5 %	Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm (cm)	0,9 %
Anzahl 6- bis 14jährige Kinder im Haushalt	1,5 %	Anzahl 6- bis 14jährige Kinder im Haushalt	nicht signifikant
Logarithmus d. Bleiniederschlags (Außenluft, Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	1,4 %	Logarithmus d. Bleiniederschlags (Außenluft, Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	nicht erfasst
Täglicher Aufenthalt des Probanden im Probenahmeraum (h)	1,4 %	Täglicher Aufenthalt des Probanden im Probenahmeraum (h)	nicht erfasst
Täglich im Probenahmeraum gerauchte Zigarettenzahl	0,7 %	Täglich gerauchte Zigarettenzahl des erwachsenen Probanden	0,6 %
Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	16,5 %	Aufgeklärte Varianz $R^2 \cdot 100 \%$	8,3 %
Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	16,0 %	Adjustiertes $R^2 \cdot 100 \%$	8,0 %

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

Die Effekte der 3 im Modell verbliebenen Prädiktoren, die 1985/86 und 1990/92 gleichartig erhoben wurden (Alter des Wohnhauses, Höhe des Probenahmeraumes und Heizungsart), unterscheiden sich in beiden Umwelt-Surveys nicht.

Vergleicht man abschließend die Ergebnisse der Modellbildungen mit den Daten der Umwelt-Surveys 1990/91 und 1985/86, so läßt sich folgendes feststellen:

- Prädiktoren mit deutlichen Effekten wie das Alter des Wohnhauses, die Heizungsart und die Wohndichte sind stabil in den Modellen enthalten.
- Die Anzahl der Kinder zwischen 6 und 14 Jahren ist ebenfalls 1985/86 und 1990/91 in den Modellen enthalten, aber bei der Überprüfung des Modells von 1990/91 mit den Daten von 1985/86 nicht signifikant (Tab. 9.8). Ursache dafür ist die hohe Korrelation mit der Personenzahl pro m² in der Wohnung.
- Im Modell für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen der alten Bundesländer 1990/92 sind insbesondere Prädiktoren enthalten, die sich auf den Probenahmeraum beziehen und die 1985/86 nicht erhoben wurden.

10 Schlußbemerkungen

Der Bleigehalt im Blut der deutschen Allgemeinbevölkerung aus den alten Bundesländern hat sich in den vergangenen Jahren nachweislich verringert. Insbesondere nahm der Bleigehalt im Blut in den alten Bundesländern von 1985/86 (erstmalige Durchführung des Umwelt-Surveys) gegenüber 1990/91 um mehr als 20 µg/l ab. Diese Entwicklung ist eng mit der erfolgreichen Umsetzung gesetzlicher Maßnahmen zur Senkung des Benzinbleigehaltes verbunden. Dennoch muß insbesondere bei Kindern mit Überschreitungen des HBM-I-Wertes (100 µg/l) gerechnet werden. Die Verringerung potentieller Expositionsquellen durch umweltpolitische Maßnahmen sollte weiterhin ein Ziel sein.

Die weitere Verringerung der **Bleiemission von Kraftfahrzeugen** war ein wichtiges Ziel der Umweltpolitik seit dem Beginn der 70er Jahre. Die nun vorliegenden Ergebnisse zeigen jedoch, daß Emissionen aus dem Straßenverkehr zum Zeitpunkt der Erhebung noch immer eine nachweisliche Expositionsquelle darstellten. Deutlich wird dies durch die Relevanz verschiedener Prädiktoren in den Regressionsmodellen wie die Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr und die Entfernung von einer Straße bzw. die Zahl der Fahrspuren einer vom Probenahmeraum (Staubsammelbecher) aus sichtbaren Straße.

Der im Umwelt-Survey 1990/92 gemessene **Bleiniederschlag in der Außenluft** ist Indikator der Belastung der Außenluft am Wohnort des Probanden. Auch hier dürfte der Kraftfahrzeugverkehr durch Bleiemission und Staubverwirbelung eine bedeutende Rolle spielen. Andere Emissionsquellen kommen hier aber ebenfalls in Frage.

Erhöhte **Bleigehalte im Trinkwasser**, verursacht z.B. durch Bleirohre oder bleihaltige Lote in Verbindung mit relativ niedrigen pH-Werten des Wassers, führen zu erhöhten Bleigehalten im Blut. Speziell in den neuen Bundesländern war eine große Schwankungsbreite der Bleigehalte im Trinkwasser verbunden mit hohen Extremwerten als Ursache für hohe Bleigehalte im Blut und im Kopfhair zu beobachten.

Ebenfalls in den neuen Bundesländern von Bedeutung ist das **Alter des Wohnhauses**. Hier könnten bauliche Mängel, möglicherweise noch bleihaltige Farben bzw. andere Baumaterialien eine Rolle spielen. Weitere Klärung ist hier notwendig.

Der Bleiniederschlag in Wohnräumen wird unter anderem durch **Heizungs- und Brennstoffart** beeinflusst. Mit der Verbrennung von Kohle/Holz sind erhöhte Bleiemissionen verbunden. Aus diesem Grunde sollte versucht werden, den Anteil einzeln betriebener Öfen mit Kohle-/Holzfeuerung zu verringern.

Der Einfluß einer **beruflichen Exposition** ist in dieser Studie nachweisbar, hat aber generell für die Allgemeinbevölkerung eine geringe Bedeutung. Sie kann jedoch eine bedeutende Expositionsquelle sein, wie Studien bei Personen zeigen, die am Arbeitsplatz einer Belastung mit Schwermetallen ausgesetzt sind. Hier sind punktuelle bzw. arbeitsmedizinische Maßnahmen zur Verringerung dieser Belastung notwendig.

Neben diesen bisher genannten Belastungspfaden gibt es weitere, die von individuellen Verhaltensweisen abhängig sind.

Mit dem Umwelt-Survey konnte aufgezeigt werden, daß ein höherer Alkoholkonsum mit höheren Bleigehalten im Blut assoziiert ist. Für die Häufigkeit des Konsums von **Wein, Sekt, Obstwein** sowie von **Bier** konnte dieser Effekt nachgewiesen werden. Dabei ist in den alten Bundesländern sowohl die Varianzaufklärungsrate als auch die Stärke des Effektes der Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt und Obstwein größer als in den neuen Bundesländern. Häufiges Trinken von Wein, Sekt und Obstwein erhöht den Bleigehalt im Blut stärker als häufiges Trinken von Bier. Ursache dürfte der höhere Bleigehalt von Weinen gegenüber Bieren bei möglicherweise gleichzeitiger Veränderung des Bleimetabolismus unter Alkoholeinwirkung sein.

Sowohl für die Bleigehalte im Blut und im Kopfhair als auch die Bleiniederschläge in Wohnräumen konnten Zusammenhänge mit dem **Rauchen** (positive Korrelation) nachgewiesen werden. Die Bleikontamination von Tabaken und die äußere Kontamination von Zigaretten (durch bleihaltigen Staub an den Händen) können Ursachen für diesen Zusammenhang sein.

Durch **Geschlecht** und **Zellpackungsvolumen** wird ein bedeutender Anteil der Varianz der Bleigehalte im Blut erklärt. Die Ursachen für die bei Männern gegenüber Frauen höheren Bleigehalte im Blut können nicht völlig geklärt werden, da das Modell zumindest für einige geschlechtsspezifische Verhaltensweisen wie z.B. das Rauchen oder den Alkoholkonsum oder weitere Parameter wie z.B. das Zellpackungsvolumen adjustiert wurde. Weitere klärende Untersuchungen sind notwendig.

Die Güte von Regressionsmodellen zur Vorhersage von korporalen Belastungen hängt im Wesentlichen von den zur Verfügung stehenden Variablen ab. Dabei sollten möglichst alle Belastungspfade erfaßt werden. So wäre z.B. eine differenziertere Erfassung des Nahrungspfades wünschenswert. Dabei sind allerdings methodische Probleme zu lösen, da insbesondere belastete Lebensmittel oder Lebensmittelgruppen vergleichsweise seltener konsumiert werden. Die Durchführung von z.B. Duplikatstudien ist sehr aufwendig und kostenintensiv und in großen Studien oft nicht praktikabel.

Die deskriptiven Ergebnisse des Umwelt-Surveys liefern repräsentative Daten zur Bleibelastung und von Belastungen mit weiteren Schwermetallen/Schadstoffen der Wohnbevölkerung der Bundesrepublik Deutschland. Diese stellen sowohl für staatliche Stellen (Umwelt- und Gesundheitsämter) als auch für die Forschung (umweltmedizinische Erhebungen an ausgewählten Kollektiven) ein überaus wertvolles Material für vergleichende Wertungen dar. Durch die multivariate Auswertung werden Hauptbelastungspfade erkannt. Aus lufthygienischer Sicht kann die Bleibelastung der Bevölkerung durch Verringerung der Bleiemissionen und -immissionen weiter reduziert werden. Außerdem sollten vorhandene häusliche Trinkwasserleitungen aus Blei weiterhin ersetzt werden. Während diese Maßnahmen teilweise nur mit Hilfe von administrativen Regelungen möglich sind, kann die Änderung individueller Verhaltensweisen wie die Verringerung des Bier-, Wein- und Zigarettenkonsums zur Verringerung der Bleibelastung beitragen.

11 Literatur

- 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.
- Akhter, M.S., Madany, I.M.: Heavy metals in street and house dust in Bahrain, *Water, Air and Soil Pollution*, 66 (1993) 111-119.
- Al-Radady, A.S., Davies, B.E., French, M.J.: Distribution of lead inside the home: case studies in the North of England, *Sci. Tot. Environ.* 145 (1994) 143-156.
- Al-Rajhi, M.A., Seaward, M.R.D., Al-Aamer, A.S.: Metal levels in indoor and outdoor dust in Riyadh, Saudi Arabia, *Environ. Int.* 22 (1996) 315-324.
- Al-Saleh, I., Devol, E., Taylor, A.: Distribution of lead levels in 1047 Saudi Arabian children with respect to province, sex, and age, *Arch. Environ. Health* 49, 6 (1994) 471-476.
- Andren, P., Schütz, A., Vahter, M., Attewell, R., Johansson, L., Willers, S., Skerfving, S.: Environmental exposure to lead and arsenic among children living near a glassworks, *Sci. Total Environ.* 77 (1988) 25-34.
- Angle, C.R., Marcus, A., Cheng, I.-H., McIntire, M.S.: Omaha childhood blood lead and environmental lead: A linear total exposure model, *Environ. Res.* 35 (1984) 160-170.
- Arbeitsstoffverordnung: Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe (ArbStoffV), *Bgbl. I* (1980) 1071-1080.
- Archer, A., Barrett, R.S.: Lead levels in Birmingham dust, *Sci. Total Environ.* 6 (1976) 275-286.
- Arnetz, B.B., Nicolich, M.J.: Modelling of environmental lead contributors to blood lead in humans, *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 62 (1990) 397-402.
- Ashraf, W., Jaffar, M., Anwer, K., Ehsan, U.: Age- and sex-based comparative distributions of selected metals in the scalp hair of an urban population from two cities in Pakistan, *Environ. Pollution* 87 (1995) 61-64.
- Aurand, K., Hoffmeister, H.: Ad hoc-Felduntersuchungen über die Schwermetallbelastung der Bevölkerung im Raum Oker im März 1980, *BGA-Berichte* 2 (1980) 21-23.
- Balzer, D.: Eintrag von Blei, Cadmium und Quecksilber in die Umwelt, Bilanzen über Verbrauch und Verbleib, Band 1: Blei und Cadmium, Landesgewerbeanstalt Bayern, Bereich Technische Information, Umweltbundesamt, Forschungsbericht 106 01 047, 1996.

- Becker, K., Müssig-Zufika, M., Hoffmann, K., Krause, C., Meyer, E., Nöllke, P., Schulz, C., Seiwert, M.: Umwelt-Survey 1990/92, Band V: Trinkwasser, Deskription der Spurenelementgehalte im Haushalts- und Wasserwerkstrinkwasser der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, WaBoLu-Hefte, 5/1997.
- Begerow, J., Freier, I., Turfeld, M., Krämer, U., Dunemann, L.: Internal lead and cadmium exposure in 6-year-old children from western and eastern Germany, *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 66 (1994) 243-248.
- Bernigau, W., Becker, K., Chutsch-Abelmann, M., Henke, M., Krause, C., Schulz, C., Schwarz, E., Thefeld, W.: Umwelt-Survey 1985/86, Band IVb: Blei, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, WaBoLu-Hefte 7/1993.
- Berode, M., Wietlisbach, V., Rickenbach, M., Guillemin, M.P.: Lifestyle and environmental factors as determinants of blood lead levels in a Swiss population, *Environ. Res.* 55 (1991) 1-17.
- Bjerre, B., Berglund, M., Harsbo, K., Hellmann, B.: Blood lead concentrations of Swedish preschool children in a community with high lead levels from mine waste in soil and dust, *Scand. J. Work Environ. Health* 19 (1993) 154-161.
- Bortz, J.: Statistik für Sozialwissenschaftler, 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1993.
- Brockhaus, A., Collet, W., Dolgenr, R., Engelke, R., Ewers, U., Freier, I., Jermann, E., Krämer, U., Manojlovic, M., Turfeld, M., Winecke, G.: Exposure to lead and cadmium of children living in different areas of North-West Germany: Results of biological monitoring studies 1982-1986, *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 60 (1988) 211-222.
- Brockhaus, A., Freier, J., Ewers, U., Jermann, E., Dolgner, R.: Levels of cadmium and lead in blood in relation to smoking, sex, occupation, and other factors in an adult population of the FRG, *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 52 (1983) 167-175.
- Brody, D.J., Pirkle, J.L., Kramer, R.A., Flegal, K.M., Matte, T.D., Gunter, E.W., Paschal, D.C.: Blood lead levels in US population, phase 1 of the third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III; 1988 to 1991), *JAMA* 272, 4 (1994) 277-283.
- Brumsack, H., Heinrichs, H., Lange, H.: West German coal power plants as sources of potentially toxic emissions, *Environ. Technol. Lett.* 5 (1984) 7-22.
- 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.

- Cikrt, M., Smerhovský, Z., Blaha, K., Nerudová, J., Sediva, V., Fornusková, H., Knotková, J., Roth, Z., Kodl, M., Fitzgerald, E.: Biological monitoring of child lead exposure in the Czech Republic, *Environ. Health Persp.* 104, 4 (1997) 406-411.
- Clark, S., Bornschein, R., Succop, P., Roda, S., Peace, B.: Urban lead exposures of children in Cincinnati, Ohio, *Chemical Speciation and Bioavailability* 3 (1991) 163-171.
- Culbard, E.B., Thornton, I., Watt, J., Wheatley, M., Moorcroft, S., Thopson, M.: Metal Contamination in British Urban Dusts and Soils, *J. Environ. Qual.* 17 (1988) 226-234.
- Dally, S., Girre, C., Hispard, E., Thomas, G., Fournier, L.: High blood lead level in alcoholics: Wine vs. beer, *Drug and Alcohol Dependence* 23 (1989) 45-48.
- Davies, D.J.A., Watt, J.M., Thornton, I.: Lead Levels in Birmingham Dusts and Soils, *Sci. Tot. Environ.* 67 (1987) 177-185.
- Davies, D.J.A., Thornton, I., Watt, J.M., Culbard, E.B., Harvey, P.G., Delves, H.T., Sherlock, J.C., Smart, G.A., Thomas, J.F.A., Quinn, M.J.: Lead intake and blood lead in two-year-old U.K. urban children, *Sci. Total Environ.* 90 (1990) 13-29.
- Diemel, J.A.L., Brunekreef, B., Boleij, J.S.M., Biersteker, K., Veenstra, S.J.: The Arnhem lead study, II. Indoor pollution, and indoor/outdoor relationships, *Environ. Res.* 25 (1981) 449-456.
- 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.
- Dube, R., Sonneborn, M.: Lacke und Farben - Zusammensetzung und Verwendung im Heimwerkerbereich, *MvP-Hefte* 3/1986, Max-von-Pettenkofer-Institut des Bundesgesundheitsamtes, Berlin 1986, 42-45.
- Elinder, C.G., Friberg, L., Lind, B., Jawaideh, M.: Lead and cadmium in blood samples from general population of Sweden, *Environ. Res.* 30 (1983) 233-253.
- Elwood, P.C., Phillips, K.M., Lowe, N., Phillips, J.K., Toothill, C.: Hardness of domestic water and blood lead levels, *Human Tox.* 2 (1983) 645-648.
- Elwood, P.C., Gallacher, J.E.J., Phillips, K.M., Davies, B.E., Toothill, C.: Greater contribution to blood lead from water than from air, *Nature* 310 (1984) 138-140.
- Englert, N., Höring, H.: Lead concentration in tap-water and in blood of selected schoolchildren in Southern Saxonia, *Toxicology Letters* 72 (1994) 325-331.
- Ewers, U., Freier, I., Krämer, U., Jermann, E., Brockhaus, A.: Schwermetalle im Staubbiederschlag und Boden und ihre Bedeutung für die Schwermetallbelastung von Kindern, *Staub-Reinh. der Luft* 48 (1988) 27-33.

- Fawcett, J.P., Williams, S.M., Heydon, J.L., Walmsley, T.A., Menkes, D.B.: Distribution of blood lead levels in a birth cohort of New Zealanders at age 21, *Environ. Health Perspectives* 104, 12 (1996) 1332-1335.
- Feng, Y., Barratt, R. S.: An assessment of data of trace elements in indoor and outdoor dusts, *Int. J. Environ. Health Res.* 3 (1993) 18-31.
- Fergusson, J.E., Forbes, E.A., Schroeder, R.J.: The elemental composition and sources of house dust and street dust, *Sci. Total Environ.* 50 (1986) 217-221.
- Fergusson, J.E., Kim, N.D.: Trace elements in street and house dusts: sources and speciation, *Sci. Total Environ.* 100 (1991) 125-150.
- Fergusson, J.E., Schroeder, R.J.: Lead in house dust of Christchurch, New Zealand: Sampling, levels and sources, *Sci. Total Environ.* 46 (1985) 61-72.
- Fiedler, H.J., Rösler, H.J.: Spurenelementemissionen aus Kraftwerken und Abfallverbrennungsanlagen. In: Fiedler, H. J., Rösler, H. J.(Hrsg.): Spurenelemente in der Umwelt. Gustav Fischer Verlag, Jena 1993, 161-170.
- Fishbein, L.: Indoor environments: The role of metals, in: Merian, E. (Ed.): Metals and their compounds in the environment - occurrence analysis and biological relevance, VCH Verlag Weinheim 1991, 287-309.
- Foo, S.C., Khoo, N.Y., Heng, L.H., Chua, S.E., Chia, S.E., Ong, C.N., Ngim, C.H., Jeyaratman, J.: Metals in hair as biological indices for exposure, *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 65 (1993) 83-86.
- Friedrich, C., Helm, D., Becker, K., Hoffmann, K., Krause, C., Nöllke, P., Schulz, C., Seiwert, M.: Umwelt-Survey 1990/92, Band VI: Hausstaub, Deskription der Spurenelementgehalte im Staub (Staubniederschlag, Konzentrationen im Hausstaub) der Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, WaBoLu-Hefte, in Bearbeitung, 1997.
- Fullmer, C.S., Rosen, J.F.: Effect of dietary calcium and lead status in intestinal calcium absorption, *Environ. Res.* 51 (1990) 91-99.
- Gefahrstoffverordnung - GefStoffV (Verordnung über gefährliche Stoffe) vom August 1986 (BGBl. I S. 1470) zul. geänd. d. VO vom Dezember 1989 (BGBl. I S. 2235).
- 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.
- Grandjean, P., Nielsen, G.D., Jorgensen, P.J., Horder, M.: Reference intervals for trace elements in blood: significance of risk factors, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 52 (1992) 321-337.
- 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.

- Hense, H.-W., Filipiak, B., Novak, L., Stoeppler, M.: Nonoccupational determinants of blood lead concentrations in a general population, *Int. J. Epid.* 21 (1992) 753-762.
- Hoffmeister, H., Bellach, B.-M. (Hrsg.): Die Gesundheit der Deutschen, Ein Ost-West-Vergleich von Gesundheitsdaten, Robert Koch-Institut, Bundesinstitut für Infektionskrankheiten und nicht übertragbare Krankheiten, RKI-Hefte 7/1995.
- Hoffmeister, H., Thefeld, W., Stolzenberg, H., Schön, D.: Nationaler Gesundheits-Survey 1984-86, Untersuchungsbefunde und Laborwerte, Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie, Schriftenreihe des Bundesgesundheitsamtes 1/1992.
- Hofstetter, I., Ewers, U., Turfeld, M., Freier, I., Westerweiler, S., Brockhaus, A.: Untersuchungen zur Blei- und Cadmiumbelastung von Kindern aus Stolberg, *Öff. Gesundh.-Wes.* 52 (1990) 232-327.
- Hovinga, M.E., Sowers, M., Humphrey, H.E.B.: Environmental exposure and lifestyle predictors of lead, cadmium, PCB and DDT levels in great lakes fish eaters, *Arch. Environ. Health* 48, 2 (1993) 98-104.
- Hrasovec, B., Meznar, B., Planinsek, A., Bratanic, Z.: Blutblei- und Blutcadmiumkonzentrationen bei Schülern in Celje, *Zbl. Hyg.* 197 (1995) 567-575.
- Kimbrough, R.D., Falk, H., Stehr, P.: Health implications of 2,3,7,8-Tetrachloridibenzodioxin (TCDD) contamination of residual soil, *J. Toxicol. Environ. Health* 14 (1984) 300-306.
- Kommission Humanbiomonitoring des Umweltbundesamtes: Stoffmonographie Blei - Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM), *Bundesgesundhbl.* 6 (1996) 236-241.
- Krause, C., Babisch, W., Becker, K., Bernigau, W., Hoffmann, K., Nöllke, P., Schulz, C., Schwabe, R., Seiwert, M., Thefeld, W.: Umwelt-Survey 1990/92, Band Ia: Studienbeschreibung und Human-Biomonitoring: Deskription der Spurenelementgehalte im Blut und Urin der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, WaBoLu-Hefte 1/1996a.
- Krause, C., Becker, K., Bernigau, W., Hoffmann, K., Nöllke, P., Schulz, C., Schwabe, R., Seiwert, M.: Umwelt-Survey 1990/92, Band Ib: Human-Biomonitoring: Deskription der Spurenelementgehalte im Haar der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, WaBoLu-Hefte 2/1996b.
- Krause, C., Chutsch, M.: Haaranalyse in Medizin und Umwelt, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York, 1987.
- Kreuter, H., Klaes, L., Hoffmeister, H., Laaser, U.: Prävention von Herz-Kreislaufkrankheiten, Juventa-Verlag GmbH, Weinheim, 1995.
- Kurtin, D., Therrell, B.L., Patterson, P.: Demographic risk factors associated with elevated lead levels in Texas children covered by Medicaid, *Environ. Health Perspect.* 105, 1 (1997) 66-68.

- Lahmann, E.: Schwermetall-Immissionen - Niederschlag, Schwebstaub, Korngrößen, Trend, in: Lahmann, E., Jander, K. (Hrsg.): Schwermetalle in der Umwelt, Schr.-Reihe Verein WaBoLu 74 (1987) 17-29.
- Leotsinidis, M., Kondakis, X.: Trace metals in scalp hair of Greek agricultural workers, Sci. Total Environ. 95 (1990) 149-156.
- Liou, S.-H., Wu, T.-N., Chiang, H.-C., Guang-Yang, Y., Wu, Y.-Q., Lai, J.-S., Ho, S.-T., Guo, Y.-L., Ko, Y.-C., Chang, P.-Y.: Blood lead levels in the general population of Taiwan, Republic of China, Int. Arch. Occup. Environ. Health 66 (1994) 255-260.
- Lourekari, K., Uusitalo, U., Pietinen, P.: Variation and modifying factors of exposure to lead and cadmium based on an epidemiological study, Sci. Total Environ. 84 (1989) 1-12.
- Madany, I.M., Akhter, M.S., Al Jowder, O.A.: The correlations between heavy metals in residential indoor dust and outdoor street dust in Bahrain, Environ. Int. 20 (1994) 483-492.
- Mahaffey, K.R., Gartside, P.S., Glueck, C.J.: Blood lead levels and dietary intake in 1- to 11-year-old children: The second National Health and Nutrition Examination Survey, 1976 to 1980, Pediatrics 78, 2 (1986) 257-262.
- 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.
- Maravellias, C., Hatzakis, A., Katsouyanni, K., Trichopoulos, D., Koutselinis, A., Ewers, U., Brockhaus, A.: Exposure to lead and cadmium of children living near a lead smelter at Lkavrion, Greece, Sci. Total Environ. 84 (1989) 61-70.
- 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.
- Morisi, G., Menditto, A., Spagnolo, A., Patriarca, M., Menotti, A.: Association of selected social, environmental and constitutional factors to blood lead levels in men aged 55-75 years, Sci. Total Environ. 126 (1992) 209-229.
- Moriske, H.-J.; Block, I., Kneiseler, R., Trauer, I., Rüden, H.: Immissionsbelastung in der Innenraumluft beim Staubsaugen. 2. Mitteilung: Schwebstaubkonzentrationen, Staubinhaltsstoffe und mutagene Wirksamkeit Forum Städte-Hygiene 41 (1990) 110-116.
- Moriske, H.-J., Scheller, C., Drews, M.: Untersuchung zur Innenraumluftbelastung durch verschiedene Heizsysteme. 3. Mitteilung: Konzentrationen von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen und Metallen, Gesundheits-Ingenieur 117 (1996a) 76-80.

- Moriske, H.-J., Drews, M., Ebert, G., Menk, C., Scheller, M., Schöndube, M., Konieczny, L.: Indoor air pollution by different heating systems: coal burning, open fire place and central heating, *Toxicol. Lett.* 88(1996b) 349-354.
- Müller, J., Weigert, P. (Hrsg.): Bleigehalte in und auf Lebensmitteln, Zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien des Bundesgesundheitsamtes, ZEBs-Hefte 2/1990.
- MURL: Wirkungskataster zu den Luftreinhalteplänen des Ruhrgebietes 1993, Immissionswirkungen durch Luftverunreinigungen auf den Menschen, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, 1993.
- Newton, D., Pickford C.J., Chamberlain, A.C., Sherlock, J.C., Hislop, J.S.: Elevation of lead in human blood from ist controlled ingestion in beer, *Human Exp. Tox.* 11 (1992) 3-9.
- 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-Fahrländer, C., Bodenmann, A., Ackermann-Liebrich, 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.
- Quinn, M.J., Delves, H.T.: UK blood lead monitoring programme 1984-1987: Protocol and results for 1985, *Human Toxicol.* 7 (1988) 105-123.
- Reina, A.G., Lopez-Artiguez, M., Castilla, L., Castro, M., Garcia-Bragado, F., Repetto, M.: El vino como fuente contaminate de plomo: estudio en el areas sur de Sevilla, *Med. Clin.* 95 (1990) 281-285.
- Revich, B.A.: Lead in hair and urine of children and adults from industrialized areas, *Arch. of Environ. Health* 49, 1 (1994) 59-62.
- Riehm, G.: Schwermetalle im Innenraum - Nachweis und Vorkommen in Hausstaub und Materialien, Wissenschafts-Verlag Dr. Wigbert Maraun, Frankfurt/Main 1994.
- Rinehart, R.D., Yanagisawa, Y.: Paraoccupational exposures to lead and tin carried by electric-cable splicers, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 54 (1993) 593-599.
- Roels, H.A., Buchet, J.P., Lauwreys, R.R., Bruaux, P., Clays-Thoreau, F., Lafontaine, A., Verduyn, G.: Exposure to lead by oral and pulmonary routes of children living in the vicinity of a primary lead smelter, *Environ. Res.* 22 (1980) 81-94.
- Schumacher, 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.

- Schumacher, M., Domingo, J.L., Llobet, J.M., Corbella, J.: Variability of blood lead levels in an urban population in relation to drinking and smoking habits, *Sci. Total Environ.* 138 (1993) 23-29.
- Schütz, A., Attewell, R., Skerfving, S.: Decreasing blood lead in Swedish children, 1978-1988, *Arch. Environ. Health* 44, 6 (1989) 391-394.
- Seifert, B., Drews, M.: Blei- und Cadmiumbelastung ausgewählter Innenräume von Häusern in Oker / Harlingerode (1983/1984). *WaBoLu-Hefte* 3/1985, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin 1985, 12-13.
- Sherlock, J.C., Ashby, D., Delves, H.T., Forbes, G.I., Moore, M.R., Patterson, W.J., Pocock, S.J., Quinn, M.J., Richards, W.N., Wilson, T.S.: Reduction in exposure to lead from drinking water and its effect on blood lead concentrations, *Human Toxicol.* 3 (1984) 383-392.
- Silbergeld, E.K., Sauk, J., Somerman, M., Todd, A., McNeill, F., Fowler, B., Fontane, A., Van Buren, J.: Lead in bone: Storage site, exposure source, and target organ, *Neurotoxicology* 14, 2-3 (1993) 225-236.
- Skerfving, S.: Biological Monitoring of exposure to inorganic lead, in: Clarkson, T.W., Friberg, L., Nordberg, G.F., Sager, P.R. (Eds.): *Biological monitoring of toxic metals*, Plenum Press, New York, London, 1988.
- Smith, B.L.: Analysis of hair element levels by age, sex, race and hair color, in: Anke, M., Meissner, D., Mills, C.F. (Eds.) *Trace elements in man and animal - TEMA 8*, 1993.
- SPSS: *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, *Euroean J. Clin. Nutr.* 46 (1992) 661-669.
- Staessen, J.A., Lauwerys, R.R., Buchet, J.-P., Bulpitt, T.J., Rondia, D., Vanrenterghem, Y., Amery, T.J.: Impairment of renal function with increasing blood lead concentrations in the general population, *New Engl. J. Med.* 327, 3 (1992) 151-156.
- Sutton, P. M., Lead levels in the household environment of children in three high-risk communities in California, *Environ. Res.* 68 (1995) 45-57.
- Trepka, M. J., Heinrich, J., Krause, C., Schulz, C., Lippold, U., Meyer, E., Wichmann, H.-E.: The internal burden of lead among children in a smelter town - A small area analysis, *Env. Res.* 72 (1997) 118-130.
- UBA: *Daten zur Umwelt 1992/93*, Umweltbundesamt, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1994.
- UBA: *Daten zur Umwelt - Der Zustand der Umwelt in Deutschland - Ausgabe 1997*, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1997, 55.
- Valkovic, V.: *Human hair Vol. II, trace element levels*, Boca Raton Press, Florida, 1988.

- Vienna, A., Capucci, E., Wolfspurger, M., Hauser, G.: Heavy metal concentration in hair of students in Rome, *Antrop. Anz.* 53, 1 (1995) 27-32.
- Weyermann, M., Brenner, H.: Alcohol consumption and smoking habits as determinants of blood lead levels in a national population sample from Germany, *Arch. Environ. Health* 52, 3 (1997) 233-239.
- WHO: Inorganic lead, Environmental Health Criteria 156, World Health Organization, Geneva, 1995.
- 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.
- Wietlisbach, V., Rickenbach, M., Berode, M., Guillemin, M.: Time trend and determinants of blood lead levels in a Swiss population over a transition period (1984-1993) from leaded to unleaded gasoline use, *Environ. Res.* 68 (1995) 82-90.
- Wilbrand, B., Marquard, D., Lüderitz, P.: Spurenelementgehalt im Kopfhaar Berliner Kinder, *Forum Städte-Hygiene* 42 (1991) 351-354.
- Wilhelm, M., Ewers, U.: Umweltschadstoffe VI-3, Metalle/Blei, in: Wichmann, H.-E., Schlipköter H.-W., Füllgraf, G. (Hrsg.): *Handbuch der Umweltmedizin*, ecomed Verlag, Landsberg, 3. Erg. Lfg. 1993.
- Wilhelm, M., Idel, H.: Hair analysis in environmental medicine, *Zbl. Hyg.* 198 (1996) 485-501.
- 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 (1989) 165-170.
- 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.
- Wilhelm, M., Ohnesorge, F.K.: Cadmium, copper, lead and zinc concentrations in human scalp and pubic hair, *Sci. Total Environ.* 92 (1990) 199-206.
- Willers, S., Hein, H.O., Schütz, A., Suadicani, P., Gyntelberg, F.: Cadmium and lead levels in house dust from smokers' and non-smokers' homes related to nicotine levels, *Indoor Environ.* 2 (1993) 14-18.
- Willers, S., Schütz, A., Attewell, R., Skerfving, S.: Relation between lead and cadmium in blood and the involuntary smoking of children, *Scand. J. Work Environ. Health* 14 (1988) 385-389.
- Wolfspurger, M., Hauser, G., Gößler, W., Schlagenhaufen, C.: Heavy metals in human hair samples from Austria and Italy: influence of sex and smoking habits, *Sci. Total Environ.* 156 (1994) 235-242.

12 Verzeichnisse

12.1 Verzeichnis der Abkürzungen

AAS	Atomabsorptionsspektrometrie
Abb	Abbildung
AM	Arithmetisches Mittel
b, B	Regressionskoeffizient für Rohdaten
β	Standardpartialregressionskoeffizient
BG	Bestimmungsgrenze
BGA	Bundesgesundheitsamt
Cd	Cadmium
CI, KI	Konfidenzintervall
DHP	Deutsche Herz-Kreislauf-Präventionsstudie
GM	Geometrisches Mittel
HBM	Human-Biomonitoring
Kap	Kapitel
Kfz	Kraftfahrzeug
ln	natürlicher Logarithmus
Max	Maximum
n, N	Anzahl (Stichprobenumfang)
NBS	National Bureau of Standardization
Ost	Neue Bundesländer
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
P	Perzentil
Part Korr.	Semipartialkorrelationskoeffizient
Partial Korr.	Partialkorrelation
Pb	Blei
PbB	Bleigehalt im Blut
PbBch	Bleiniederschlag im Wohnraum
PbBt	Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels
PbH	Bleigehalt im Kopfhaar
r	Bivariater Korrelationskoeffizient
R	Multipler Korrelationskoeffizient
s	Standardabweichung
SE	Standardfehler
SWA	Sollwertabweichung
Tab	Tabelle
TRGS 410	Technische Regel 410 der Gefahrstoffverordnung

UBA	Umweltbundesamt
VK	Variationskoeffizient
West	Alte Bundesländer
WHO	World Health Organization
x	Prädiktor
y	Kriterium

12.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 4.1:	Interne Qualitätskontrolle - Referenzmaterialien _____	26
Tab. 6.1:	Prädiktoren der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen ____	37
Tab. 6.2:	Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen _____	38
Tab. 6.3:	Die Parameter der Modellgleichungen für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen_	40
Tab. 6.4:	Prädiktoren der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Blut der 6- bis 14jährigen Kinder _____	54
Tab. 6.5:	Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Blut der 6- bis 14jährigen Kinder	55
Tab. 6.6:	Die Parameter der Modellgleichung für den Bleigehalt im Blut der 6- bis 14jährigen Kinder der neuen Bundesländer _____	57
Tab. 6.7:	Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1985/86 für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf Basis der Daten von 1985/86 (N = 1636) und 1990/91 (N = 2100) _____	67
Tab. 6.8:	Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1990/91 für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf Basis der Daten von 1990/91 (N = 2197) und 1985/86 (N = 2324) _____	68
Tab. 6.9:	Die Parameter der Modellgleichungen für den Bleigehalt im Blut der 25- bis 69jährigen Erwachsenen in den Umwelt-Surveys 1990/91 (N = 2197) und 1985/86 (N = 2324) _____	69
Tab. 7.1:	Prädiktoren der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Kopfhaar der 25- bis 69jährigen Erwachsenen _____	71
Tab. 7.2:	Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Kopfhaar der 25- bis 69jährigen Erwachsenen _____	72
Tab. 7.3:	Die Parameter der Modellgleichungen für den Bleigehalt im Kopfhaar der 25- bis 69jährigen Erwachsenen _____	74
Tab. 7.4:	Prädiktoren des Regressionsmodells für den Bleigehalt im Blut der 6- bis 14jährigen Kinder _____	85
Tab. 7.5:	Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Kopfhaar der 6- bis 14jährigen Kinder _____	86
Tab. 7.6:	Die Parameter der Modellgleichungen für den Bleigehalt im Kopfhaar der 6- bis 14jährigen Kinder____	88
Tab. 7.7:	Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1985/86 für den Bleigehalt im Kopfhaar der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf Basis der Daten von 1985/86 (N = 906) und 1990/91 (N = 1956) _____	96
Tab. 7.8:	Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1990/91 für den Bleigehalt im Kopfhaar der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf Basis der Daten von 1990/91 (N = 2343) und 1985/86 (N = 1317) _____	97
Tab. 8.1:	Prädiktoren der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels der 25- bis 69jährigen Erwachsenen _____	100

Tab. 8.2:	Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels der 25- bis 69jährigen Erwachsenen	101
Tab. 9.1:	Prädiktoren der Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen	108
Tab. 9.2:	Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen	109
Tab. 9.3:	Die Parameter der Modellgleichung für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der neuen Bundesländer	110
Tab. 9.4:	Prädiktoren der Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der 6- bis 14jährigen Kinder	122
Tab. 9.5:	Varianzkomponenten der Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der 6- bis 14jährigen Kinder	123
Tab. 9.6:	Die Parameter der Modellgleichungen für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der 6- bis 14jährigen Kinder	124
Tab. 9.7:	Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1985/86 für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf der Basis der Daten von 1985/86 (N = 2066) und 1990/91 (N = 2018)	131
Tab. 9.8:	Varianzkomponenten des Regressionsmodells des Umwelt-Surveys 1990/91 für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen der alten Bundesländer auf der Basis der Daten von 1990/91 (N = 1459) und 1985/86 (N = 1986)	132
Tab. 13.1.1:	Blei im Blut ($\mu\text{g/l}$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle für Erwachsene (25 bis 69 Jahre) - gewichtete Daten	155
Tab. 13.1.2:	Blei im Blut ($\mu\text{g/l}$) gegliedert nach den Prädiktoren des Regressionsmodells für Kinder der neuen Bundesländer (6 bis 14 Jahre) - gewichtete Daten	156
Tab. 13.1.3:	Blei im Kopfhaar ($\mu\text{g/g}$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle für Erwachsene (25 bis 69 Jahre) - gewichtete Daten	157
Tab. 13.1.4:	Blei im Kopfhaar ($\mu\text{g/g}$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle für Kinder (6 bis 14 Jahre) - gewichtete Daten	158
Tab. 13.1.5:	Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels ($\mu\text{g/g}$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle - gewichtete Daten	159
Tab. 13.1.6:	Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen (25 bis 69 Jahre, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle - gewichtete Daten	160
Tab. 13.1.7:	Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder (6 bis 14 Jahre, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle - gewichtete Daten	161
Tab. 13.2.1:	Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Blut der Erwachsenen	162
Tab. 13.2.2:	Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Blut der Erwachsenen	163
Tab. 13.2.3:	Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen	165
Tab. 13.2.4:	Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen der alten Bundesländer	165

Tab. 13.2.5: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen der neuen Bundesländer	166
Tab. 13.2.6: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen (N = 3658)	167
Tab. 13.2.7: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen der alten Bundesländer (N = 2197)	168
Tab. 13.2.8: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen der neuen Bundesländer (N = 1459)	169
Tab. 13.3.1: Kennwerte der Variablen des Regressionsmodells für Blei im Blut der Kinder der neuen Bundesländer	170
Tab. 13.3.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen des Regressionsmodells für Blei im Blut der Kinder der neuen Bundesländer	170
Tab. 13.3.3: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Blut der Kinder der neuen Bundesländer	171
Tab. 13.3.4: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Blut der Kinder der neuen Bundesländer (N = 262)	171
Tab. 13.4.1: Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen	172
Tab. 13.4.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen	172
Tab. 13.4.3: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen	173
Tab. 13.4.4: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen der alten Bundesländer	173
Tab. 13.4.5: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen der neuen Bundesländer	174
Tab. 13.4.6: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen (N = 3738)	174
Tab. 13.4.7: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen der alten Bundesländer (N = 2344)	175
Tab. 13.4.8: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen der neuen Bundesländer (N = 1394)	175
Tab. 13.5.1: Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Kopfhaar der Kinder	176
Tab. 13.5.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Kopfhaar der Kinder	176
Tab. 13.5.3: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Kinder	177
Tab. 13.5.4: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Kinder der alten Bundesländer	177
Tab. 13.5.5: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Kinder der neuen Bundesländer	178
Tab. 13.5.6: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Kinder (N = 699)	178

Tab. 13.5.7: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Kinder der alten Bundesländer (N = 451)	179
Tab. 13.5.8: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Kinder der neuen Bundesländer (N = 256)	179
Tab. 13.6.1: Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels	180
Tab. 13.6.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels	180
Tab. 13.7.1: Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen	181
Tab. 13.7.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen	182
Tab. 13.7.3: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen der neuen Bundesländer	184
Tab. 13.7.4: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen der neuen Bundesländer (N = 924)	184
Tab. 13.8.1: Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder	185
Tab. 13.8.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder	186
Tab. 13.8.3: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder	188
Tab. 13.8.4: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder der alten Bundesländer	188
Tab. 13.8.5: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder der neuen Bundesländer	189
Tab. 13.8.6: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder (N = 571)	189
Tab. 13.8.7: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder der alten Bundesländer (N = 359)	190
Tab. 13.8.8: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder der neuen Bundesländer (N = 224)	190

12.3 Abbildungsverzeichnis

Abb. 6.1:	Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Blut von Erwachsenen und Kindern der neuen Bundesländer, Vergleich der Varianzkomponenten	35
Abb. 6.2:	Verteilung der Bleigehalte im Blut sowie der logarithmierten Gehalte der 25- bis 69jährigen Erwachsenen für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe	36
Abb. 6.3:	Effekt des Zellpackungsvolumens im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	42
Abb. 6.4:	Effekt der Häufigkeit des Trinkens von Wein, Sekt, Obstwein in den Regressionsmodellen für Erwachsene der alten und neuen Bundesländer bzw. der Häufigkeit des Trinkens von Bier im Regressionsmodell für Erwachsenen (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	44
Abb. 6.5:	Effekt der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	45
Abb. 6.6:	Effekt der Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	46
Abb. 6.7:	Effekt des Lebensalters im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	47
Abb. 6.8:	Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) in den Regressionsmodellen für Erwachsene der alten und neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	49
Abb. 6.9:	Effekt des Alters des zur Zeit bewohnten Wohnhauses im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	50
Abb. 6.10:	Verteilung der Bleigehalte im Blut sowie der logarithmierten Gehalte der 6- bis 14jährigen Kinder der neuen Bundesländer für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe	53
Abb. 6.11:	Effekt des Lebensalters im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Abnahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	59
Abb. 6.12:	Effekt des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe) im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	60
Abb. 6.13:	Effekt des Alters des Wohnhauses im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	62
Abb. 6.14:	Effekt der Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	63
Abb. 6.15:	Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Blut mit 95%-Konfidenzintervall)	64
Abb. 7.1:	Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Kopfhhaar von Erwachsenen und Kindern, Vergleich der Varianzkomponenten	70

Abb. 7.2:	Verteilung der Bleigehalte im Kopfhhaar sowie der logarithmierten Gehalte der 25- bis 69jährigen Erwachsenen für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe	71
Abb. 7.3:	Effekt des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe) im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhhaar mit 95%-Konfidenzintervall)	77
Abb. 7.4:	Effekt des Aufenthalts außerhalb geschlossener Räume im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhhaar mit 95%-Konfidenzintervall)	78
Abb. 7.5:	Effekt der mittleren Tageshöchsttemperatur während des Untersuchungszeitraumes am Wohnort des Probanden im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhhaar mit 95%-Konfidenzintervall)	79
Abb. 7.6:	Effekt des Alters des gegenwärtig bewohnten Wohnhauses im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhhaar mit 95%-Konfidenzintervall)	81
Abb. 7.7:	Effekt der Anzahl der täglich gerauchten Zigaretten im Regressionsmodell für Erwachsene (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhhaar mit 95%-Konfidenzintervall)	82
Abb. 7.8:	Verteilung der Bleigehalte im Kopfhhaar sowie der logarithmierten Gehalte der 6- bis 14jährigen Kinder für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe	85
Abb. 7.9:	Effekt des Lebensalters im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Abnahme des Bleigehaltes im Kopfhhaar mit 95%-Konfidenzintervall)	91
Abb. 7.10:	Effekt des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe) in den Regressionsmodellen für Erwachsene bzw. Kinder (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhhaar mit 95%-Konfidenzintervall)	92
Abb. 7.11:	Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) im Regressionsmodell für Kinder (mittlere relative Zunahme des Bleigehaltes im Kopfhhaar mit 95%-Konfidenzintervall)	94
Abb. 8.1:	Verteilung des Bleigehalts im Inhalt des Staubsaugerbeutels der 25- bis 69jährigen Erwachsenen sowie der logarithmierten Bleigehalte	99
Abb. 8.2:	Effekt der mittleren Tageshöchsttemperatur in einem Regressionsmodell für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels in den alten Bundesländern (mittlere relative Zunahme des Bleigehalts mit 95%-Konfidenzintervall)	103
Abb. 8.3:	Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) in Regressionsmodellen für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels in den alten und neuen Bundesländern (mittlere relative Zunahme des Bleigehalts mit 95%-Konfidenzintervall)	104
Abb. 9.1:	Verteilung der Bleiniederschläge in Wohnräumen der 25- bis 69jährigen Erwachsenen sowie der logarithmierten Bleiniederschläge für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe	107
Abb. 9.2:	Effekt des Alters des Wohnhauses im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)	112
Abb. 9.3:	Effekt der Anzahl der täglich im Probenahmeraum gerauchten Zigaretten im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)	114
Abb. 9.4:	Effekt der Anzahl Personen pro m ² im Probenahmeraum im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)	115

Abb. 9.5:	Effekt der Raumhöhe des Aufstellraums des Staubsammelbechers im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)	116
Abb. 9.6:	Effekt der Aufenthaltsdauer im Probenahmerraum im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)	117
Abb. 9.7:	Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) im Regressionsmodell für Erwachsene der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)	118
Abb. 9.8:	Verteilung der Bleiniederschläge in Wohnräumen der 6- bis 14jährigen Kinder sowie der logarithmierten Bleiniederschläge für die dem Regressionsmodell zugrunde liegende Stichprobe	121
Abb. 9.9:	Effekt des Alters des Wohnhauses im Regressionsmodell für Kinder der neuen Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags in Wohnräumen mit 95%-Konfidenzintervall)	126
Abb. 9.10:	Effekt der Anzahl von Spuren einer vom Probenahmerraum aus sichtbaren Straße im Regressionsmodell für Kinder der alten Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)	127
Abb. 9.11:	Effekt des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) im Regressionsmodell für Kinder (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)	128
Abb. 9.12:	Effekt der Anzahl Personen pro m ² der Wohnung im Regressionsmodell für Kinder der alten Bundesländer (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)	129
Abb. 9.13:	Effekt der Wohndauer im Regressionsmodell für Kinder (mittlere relative Zunahme des Bleiniederschlags mit 95%-Konfidenzintervall)	130

13 Anhang

13.1 Deskription von Blei im Blut, im Kopfhaar, Bleiniederschlag in Wohnräumen und Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels gegliedert nach Prädiktoren der Regressionsmodelle - gewichtete Daten

Erläuterungen zu den Tabellen 13.1.1 bis 13.1.7

- **Datengewichtung**

Abweichungen in der proportionalen Verteilung der Merkmale Alter, Geschlecht, Gemeindegrößenklasse und alte/neue Bundesländer zwischen der realisierten Stichprobe und der Grundgesamtheit werden ausgeglichen, indem die Probanden der Stichprobe gewichtet wurden. Der durch die Gewichtung erzielte Effekt ist vor allem in der "Abwertung" der in der Stichprobe überrepräsentierten neuen Bundesländer zu sehen, die bei gesamtdeutschen Auswertungen notwendig ist.

- **Stichprobenumfang**

Differenzen zwischen der Summe der Teilstichprobenumfänge - z.B. der Männer und der Frauen - und dem Gesamtstichprobenumfang treten infolge von Rundungsungenauigkeiten auf oder wenn die entsprechende Frage von mehreren Probanden nicht beantwortet wurde bzw. werden konnte.

- **Stichprobenverteilung**

Zur Beschreibung der Stichprobenverteilung sind fünf Perzentile (10., 50., 90., 95. und 98.) und der Maximalwert tabelliert. Das m-te Perzentil ist so definiert, daß m % der Stichprobenwerte kleiner oder gleich und (100-m) % der Stichprobenwerte größer sind, wobei $0 < m < 100$ ist. Bei sehr kleinem Stichprobenumfang können am Rand liegende Perzentile, insbesondere das 98. Perzentil, nicht berechnet werden.

- **Lagemaße**

Neben dem Median (50. Perzentil) werden das arithmetische und das geometrische Mittel tabelliert. 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 das geometrische Mittel präferiert, da es im Unterschied zum Median alle Meßwerte berücksichtigt und im Unterschied zum arithmetischen Mittel robuster gegenüber Ausreißern im Datenmaterial ist. Da die Meßwerte annähernd lognormalverteilt sind (Kap. 5.3), wird zudem durch das geometrische Mittel die "durchschnittliche Lage" der Daten besser charakterisiert als durch das arithmetische Mittel.

- **Konfidenzintervall des geometrischen Mittels**

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. Dabei ist SE der Standardfehler des geometrischen Mittels und z das 0,975-Quantil der t-Verteilung mit n-1 Freiheitsgraden (n = Stichprobenumfang). Die Intervallbreite nimmt mit steigendem Stichprobenumfang ab und spiegelt die Streuung der Meßwerte wider.

- **Zusätzliche Informationen**

In Band Ia zum Umwelt-Survey 1990/92 (Krause et al. 1996a) sind Datengewichtung und statistische Kennwerte genauer beschrieben sowie die Verteilungen der Bleigehalte grafisch dargestellt. Dort sind auch weitere Gliederungsmerkmale tabelliert.

Tab. 13.1.1: Blei im Blut ($\mu\text{g/l}$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle für Erwachsene (25 bis 69 Jahre) - gewichtete Daten

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland	3966	61	24	45	87	106	134	708	52,4	45,3	44,5 - 46,0
Geschlecht											
Männer	1939	10	32	54	97	116	157	708	61,5	54,9	53,7 - 56,0
Frauen	2027	52	20	38	71	91	114	468	43,6	37,7	36,8 - 38,6
Tägliche Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser °											
unter 2 $\mu\text{g/Tag}$	3105	52	24	44	84	100	125	410	50,6	44,2	43,4 - 45,0
2 $\mu\text{g/Tag}$ bis unter 10 $\mu\text{g/Tag}$	665	9	24	46	88	105	142	371	52,7	45,7	43,9 - 47,6
ab 10 $\mu\text{g/Tag}$	191	1	24	46	88	105	142	708	80,3	64,8	59,3 - 70,8
Häufigkeit des Konsums von Bier °											
nie	1113	36	20	37	69	84	114	708	42,9	36,7	35,5 - 37,9
max. einmal pro Monat	585	11	20	40	77	95	117	468	45,7	39,6	38,0 - 41,4
zwei- bis dreimal pro Monat	376	1	26	45	84	99	124	157	50,4	45,4	43,4 - 47,6
einmal pro Woche	663	4	28	47	87	106	135	410	54,8	48,6	46,9 - 50,4
öfter als einmal pro Woche	1219	9	32	56	100	121	165	551	63,4	56,1	54,6 - 57,7
Zellpackungsvolumen °											
unter 0,4	1015	32	19	36	66	79	98	305	40,2	35,3	34,1 - 36,4
0,4 bis unter 0,425	913	15	23	43	80	101	127	468	49,7	43,1	41,6 - 44,6
0,425 bis unter 0,45	910	5	29	50	95	114	157	708	57,6	50,7	49,1 - 52,4
ab 0,45	834	6	32	56	102	121	166	551	64,1	56,8	55,0 - 58,8
Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein °											
nie	820	21	22	42	82	103	139	708	50,7	42,7	41,0 - 44,4
max. einmal pro Monat	1329	26	22	42	79	98	121	468	48,0	41,6	40,4 - 42,8
zwei- bis dreimal pro Monat	734	9	25	43	81	95	117	270	49,2	43,7	42,2 - 45,3
einmal pro Woche	660	3	27	50	87	102	131	340	55,3	49,3	47,6 - 51,2
öfter als einmal pro Woche	405	3	34	63	115	149	169	352	71,1	62,7	59,6 - 65,9
Anzahl täglich gerauchter Zigaretten °											
keine	2707	49	23	43	82	98	123	708	49,3	42,8	42,0 - 43,7
1 bis 5 Zigaretten	197	3	24	48	86	109	142	551	55,0	47,7	44,3 - 51,3
6 bis 10 Zigaretten	265	0	25	45	87	110	133	410	53,2	46,3	43,5 - 49,2
11 bis 15 Zigaretten	180	3	28	45	98	115	155	249	54,4	47,2	43,6 - 51,1
16 bis 20 Zigaretten	342,7	4	30	54	106	139	179	371	63,9	55,1	52,0 - 58,3
ab 21 Zigaretten	262	2	31	55	105	122	152	333	64,3	57,6	54,3 - 61,0
Lebensalter °											
25 bis 29 Jahre	534	11	21	40	76	95	124	371	45,5	39,6	37,9 - 41,4
30 bis 39 Jahre	943	20	22	44	78	96	121	410	48,9	42,8	41,3 - 44,3
40 bis 49 Jahre	821	13	24	48	94	108	160	352	55,1	47,2	45,4 - 49,0
50 bis 59 Jahre	936	7	28	49	91	109	135	329	55,6	49,2	47,7 - 50,8
60 bis 69 Jahre	732	10	24	45	90	112	156	708	54,5	46,1	44,3 - 48,0
Blei-Niederschlag in der Außenluft (Bergerhoff) °											
bis 12,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{Tag})$	2337	41	23	44	84	102	129	333	50,3	43,8	42,9 - 44,8
über 12,5 bis 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{Tag})$	1254	17	25	46	86	103	130	340	51,9	45,5	44,2 - 46,8
über 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{Tag})$	375	4	29	53	106	145	270	708	66,9	54,9	51,8 - 58,3
Metalle, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz											
nie, gelegentlich oder selten	3357	60	23	44	84	103	132	708	50,9	44,0	43,2 - 44,8
häufig, sehr häufig oder immer	573	1	30	54	98	119	159	352	60,9	53,9	51,7 - 56,1
Baujahr des Wohnhauses (neue Bundesländer) °											
bis 1949	654	2	25	52	109	143	196	708	65,3	52,8	50,4 - 55,4
1950 bis 1980	576	11	22	41	76	86	112	270	46,2	40,8	39,2 - 42,6
ab 1981	251	4	19	39	73	91	110	249	45,1	38,9	36,3 - 41,6

Anmerkungen: ° = Merkmal in Regressionsanalysen nicht kategorisiert, sondern als metrische Variable verwendet;

N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze von 15 $\mu\text{g/l}$; 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, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 13.1.2: Blei im Blut ($\mu\text{g/l}$) gegliedert nach den Prädiktoren des Regressionsmodells für Kinder der neuen Bundesländer (6 bis 14 Jahre) - gewichtete Daten

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Neue Bundesländer	269	10	18	28	51	64	99	137	33,3	29,4	27,8 - 31,2
Geschlecht											
Jungen	140	0	21	32	56	65	103	132	36,6	33,5	31,3 - 35,8
Mädchen	129	10	16	26	45	53	96	137	29,7	25,6	23,3 - 28,1
Lebensalter °											
6 bis 7 Jahre	53	0	20	29	60	103		137	39,0	33,9	29,6 - 38,8
8 bis 9 Jahre	65	0	24	32	50	58	68	69	35,2	33,5	31,0 - 36,2
10 bis 11 Jahre	53	0	19	30	66	102	132	134	38,4	33,3	29,0 - 38,2
12 bis 14 Jahre	97	8	15	26	47	56	66	114	29,0	25,4	22,9 - 28,3
Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe) °											
bis 0,4 $\mu\text{g/l}$	27	0	19	29	55	68	106	114	33,4	30,5	26,0 - 35,9
über 0,4 $\mu\text{g/l}$ bis 4 $\mu\text{g/l}$	142	2	19	27	46	53	64	76	30,5	28,6	26,8 - 30,4
über 4 $\mu\text{g/l}$	97	6	18	34	68	111	135	137	40,3	33,3	29,3 - 37,8
Baujahr des Wohnhauses °											
bis 1949	116	2	20	34	66	96	134	137	40,2	34,9	31,7 - 38,4
1950 bis 1980	72	1	18	29	44	48	63	114	30,7	28,4	25,9 - 31,2
ab 1981	81	5	17	26	46	57	61	76	29,1	26,4	23,8 - 29,3
Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr °											
unter 1 Stunde	74	5	18	28	49	56	120	137	32,9	28,5	25,2 - 32,3
1 Stunde bis unter 2 Stunden	96	3	18	27	51	61	102	134	32,3	28,7	26,0 - 31,6
ab 2 Stunden	97	1	20	34	64	69	103	132	37,7	33,9	30,9 - 37,1
Blei-Niederschlag in der Außenluft (Bergerhoff) °											
bis 12,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$	175	8	17	27	49	56	114	137	31,8	28,1	26,1 - 30,3
über 12,5 bis 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$	60	1	22	32	47	63	94	132	35,5	32,6	29,4 - 36,1
über 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$	34	0	20	39	73	94	123	134	45,3	39,9	33,4 - 47,7

Anmerkungen: ° = Merkmal in Regressionsanalysen nicht kategorisiert, sondern als metrische Variable verwendet;

N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze von 15 $\mu\text{g/l}$; 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, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 13.1.3: Blei im Kopfhaar ($\mu\text{g/g}$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle für Erwachsene (25 bis 69 Jahre) - gewichtete Daten

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland	3817	13	0,3	0,9	3,7	6,3	12,1	583,5	2,26	0,96	0,93 - 0,99
Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe) °											
bis 0,4 $\mu\text{g/l}$	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 $\mu\text{g/l}$ bis 4 $\mu\text{g/l}$	2317	5	0,3	0,8	3,2	5,6	10,4	583,5	2,16	0,92	0,88 - 0,95
über 4 $\mu\text{g/l}$	627	4	0,4	1,4	6,2	9,4	15,5	340,0	3,11	1,43	1,31 - 1,56
Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume °											
unter 3 Stunden	1350	9	0,2	0,6	2,5	4,0	7,5	46,8	1,27	0,72	0,69 - 0,76
3 Stunden bis unter 6 Stunden	1153	2	0,3	0,8	2,9	4,9	9,7	583,5	2,57	0,88	0,83 - 0,93
ab 6 Stunden	1292	3	0,4	1,3	5,7	9,1	17,4	340,0	3,03	1,38	1,30 - 1,47
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
Mittlere Tageshöchsttemperatur °											
unter 5° C	766	5	0,3	0,6	3,3	5,4	11,4	59,5	1,59	0,77	0,71 - 0,83
5° C bis unter 15° C	1476	9	0,3	0,7	3,3	5,7	10,0	340,0	1,96	0,83	0,79 - 0,88
ab 15° C	1575	0	0,4	1,1	4,2	7,4	12,9	583,5	2,88	1,22	1,16 - 1,28
Haarwuchs											
dichtes Haar	3035	12	0,3	0,8	3,2	5,0	8,8	340,0	1,82	0,87	0,84 - 0,90
schütteres Haar	782	1	0,4	1,2	6,6	11,8	19,1	583,5	3,98	1,39	1,28 - 1,50
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 bis 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
Anzahl täglich gerauchter Zigaretten °											
keine	2620		0,3	0,8	3,2	5,5	9,4	583,5	2,18	0,88	0,84 - 0,91
1 bis 5 Zigaretten	184		0,3	0,8	4,1	6,2	8,9	24,2	1,70	0,94	0,81 - 1,08
6 bis 10 Zigaretten	248		0,3	0,9	3,7	6,5	14,5	32,0	1,94	0,92	0,80 - 1,07
11 bis 15 Zigaretten	171		0,3	0,8	3,7	8,0	13,2	194,7	2,60	1,00	0,85 - 1,18
16 bis 20 Zigaretten	324		0,4	1,3	5,2	7,0	18,8	51,4	2,60	1,39	1,24 - 1,55
ab 21 Zigaretten	257,1		0,4	1,3	6,9	13,2	22,5	73,2	3,13	1,44	1,25 - 1,65

Anmerkungen: ° = Merkmal in Regressionsanalysen nicht kategorisiert, sondern als metrische Variable verwendet;

N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze von 0,1 $\mu\text{g/g}$; 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, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 13.1.4: Blei im Kopfhaar ($\mu\text{g/g}$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle für Kinder (6 bis 14 Jahre) - gewichtete Daten

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland	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
Lebensalter °											
6 bis 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 bis 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 bis 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 bis 14 Jahre	247	2	0,3	0,7	2,8	4,9	6,6	11,8	1,25	0,77	0,68 - 0,86
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 bis 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
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
Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe) °											
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 $\mu\text{g/l}$ 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
Jahreszeit											
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
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
Blei-Niederschlag in der Außenluft (Bergerhoff) °											
bis 12,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{Tag})$	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 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{Tag})$	233	2	0,3	0,9	2,8	4,1	6,6	11,8	1,39	0,92	0,82 - 1,04
über 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{Tag})$	57	0	0,7	2,2	5,9	7,7	20,5	26,9	3,34	2,23	1,77 - 2,81

Anmerkungen: ° = Merkmal in Regressionsanalysen nicht kategorisiert, sondern als metrische Variable verwendet;

N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze von 0,1 $\mu\text{g/g}$; 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, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 13.1.5: Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels ($\mu\text{g/g}$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle - gewichtete Daten

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland	3900	46	1	4	80	178	340	36986	56,9	5,9	5,6 - 6,3
Haustyp											
Hochhaus oder Wohnblock	862	12	1	3	39	79	196	4382	20,6	4,0	3,6 - 4,5
Ein-, Zwei- od. Mehrfamilienhaus	2934	33	1	5	92	197	373	36986	67,6	6,6	6,2 - 7,1
Mittlere Tageshöchsttemperatur °											
unter 5° C	798	2	1	4	53	135	330	5221	42,1	5,2	4,7 - 5,9
5° C bis unter 15° C	1504	17	1	4	57	126	243	36986	56,1	5,2	4,7 - 5,6
ab 15° C	1598	26	1	5	142	228	479	21846	65,0	7,2	6,5 - 7,9
Blei-Niederschlag in der Außenluft (Bergerhoff) °											
bis 12,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{Tag})$	2307	30	1	4	72	153	293	21846	44,3	5,5	5,1 - 5,9
über 12,5 bis 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{Tag})$	1221	14	1	5	91	213	380	36986	84,4	6,6	5,9 - 7,3
über 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{Tag})$	372	1	1	5	98	237	419	3111	44,3	7,0	5,9 - 8,4

Anmerkungen: ° = Merkmal in Regressionsanalysen nicht kategorisiert, sondern als metrische Variable verwendet;
 N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze von 0,1 $\mu\text{g/g}$; 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, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 13.1.6: Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen (25 bis 69 Jahre, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle - gewichtete Daten

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland	3282	0	0,11	0,27	0,79	1,17	2,50	86,61	0,529	0,286	0,277 - 0,294
Baujahr des Wohnhauses °											
bis 1949	995	0	0,13	0,36	1,17	1,95	3,71	56,90	0,820	0,389	0,366 - 0,412
1950 bis 1980	1799	0	0,11	0,24	0,67	0,96	1,65	86,61	0,428	0,257	0,248 - 0,267
ab 1981	453	0	0,10	0,21	0,51	0,79	1,02	6,34	0,303	0,221	0,208 - 0,236
Personen pro m² im Probenahmeraum °											
unter 0,1	1261	0	0,10	0,23	0,63	0,95	1,50	56,90	0,468	0,243	0,232 - 0,254
0,1 bis unter 0,15	1049	0	0,12	0,26	0,77	1,13	1,95	86,61	0,536	0,282	0,269 - 0,297
ab 0,15	904	0	0,14	0,34	1,03	1,58	3,52	15,88	0,597	0,364	0,344 - 0,385
Heizungsart											
zentral od. dezentral., kein Kohle/Holz	2161	0	0,11	0,25	0,73	1,00	2,02	56,90	0,484	0,266	0,257 - 0,276
dezentral mit Kohle/Holz	349	0	0,16	0,39	1,26	1,77	3,39	86,61	0,749	0,419	0,382 - 0,459
Haustiere mit Fell oder Federn											
nein	2128	0	0,10	0,25	0,76	1,08	2,10	86,61	0,486	0,267	0,258 - 0,277
ja	1146	0	0,13	0,30	0,88	1,35	3,04	37,69	0,610	0,324	0,308 - 0,341
Höhe des Probenahmeraumes °											
unter 2,60 m	2294	0	0,11	0,25	0,74	1,04	1,95	86,61	0,450	0,268	0,259 - 0,277
2,60 m bis unter 3,00 m	719	0	0,12	0,29	0,86	1,24	2,18	13,92	0,484	0,306	0,288 - 0,326
ab 3,00 m	227	0	0,13	0,37	1,55	3,38	11,30	56,90	1,448	0,430	0,372 - 0,497
Anzahl Kinder zwischen 6 und 14 Jahren im Haushalt °											
keine	2542	0	0,11	0,25	0,77	1,12	2,27	56,90	0,482	0,272	0,263 - 0,281
1 Kind	470	0	0,12	0,31	0,82	1,33	3,60	86,61	0,623	0,324	0,300 - 0,350
ab 2 Kinder	267	0	0,14	0,34	1,03	1,54	3,00	37,39	0,806	0,360	0,323 - 0,402
Blei-Niederschlag in der Außenluft (Bergerhoff) °											
bis 12,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$	1947	0	0,10	0,24	0,72	1,05	1,92	33,85	0,409	0,258	0,249 - 0,268
über 12,5 bis 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$	1026	0	0,12	0,29	0,85	1,13	2,30	18,91	0,477	0,301	0,286 - 0,316
über 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$	308	0	0,15	0,39	1,26	3,55	11,46	86,61	1,457	0,454	0,403 - 0,511
Aufenthaltszeit im Probenahmeraum °											
unter 4 Stunden	627	0	0,10	0,24	0,76	1,07	2,52	12,64	0,433	0,263	0,246 - 0,281
4 bis unter 6 Stunden	1343	0	0,11	0,26	0,77	1,12	2,21	56,90	0,572	0,282	0,269 - 0,296
ab 6 Stunden	1297	0	0,12	0,28	0,84	1,23	2,66	86,61	0,530	0,300	0,286 - 0,314
Täglich im Probenahmeraum gerauchte Zigaretten °											
keine	2190	0	0,10	0,24	0,74	1,08	2,01	86,61	0,482	0,264	0,255 - 0,274
1 bis 9 Zigaretten	625	0	0,12	0,29	0,85	1,16	2,17	56,90	0,596	0,309	0,289 - 0,330
ab 10 Zigaretten	410	0	0,14	0,35	1,10	2,14	2,58	18,81	0,693	0,382	0,349 - 0,418

Anmerkungen: ° = Merkmal in Regressionsanalysen nicht kategorisiert, sondern als metrische Variable verwendet;

N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze in der Lösung von 0,2 $\mu\text{g}/\text{l}$;

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, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

Tab. 13.1.7: Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder (6 bis 14 Jahre, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$) gegliedert nach den Prädiktoren der Regressionsmodelle - gewichtete Daten

	N	n<BG	10	50	90	95	98	MAX	AM	GM	KI GM
Deutschland	600	0	0,15	0,38	1,02	1,55	3,08	37,69	0,787	0,391	0,365 - 0,419
Baujahr des Wohnhauses °											
bis 1949	176	0	0,18	0,47	1,55	1,87	13,82	37,69	1,442	0,513	0,440 - 0,599
1950 bis 1980	260	0	0,16	0,38	0,97	1,28	2,78	18,91	0,600	0,395	0,361 - 0,433
ab 1981	160	0	0,12	0,28	0,66	0,94	1,21	3,20	0,385	0,290	0,259 - 0,324
Blei-Niederschlag in der Außenluft (Bergerhoff) °											
bis 12,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$	350	0	0,13	0,34	0,75	1,08	1,57	3,69	0,433	0,330	0,306 - 0,356
über 12,5 bis 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$	205	0	0,18	0,39	1,06	1,57	2,81	18,91	0,679	0,432	0,386 - 0,483
über 25 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$	44	0	0,28	0,80	3,94	32,90		37,69	4,091	0,945	0,617 - 1,449
Hunde im Haushalt											
nein	516	0	0,14	0,38	0,95	1,46	2,04	18,91	0,542	0,370	0,346 - 0,396
ja	80	0	0,20	0,44	2,35	11,56		37,69	2,402	0,575	0,437 - 0,756
Wohndauer °											
unter 5 Jahre	101	0	0,14	0,36	0,82	1,05	1,31	2,70	0,451	0,351	0,304 - 0,406
5 bis unter 10 Jahre	301	0	0,14	0,36	0,95	1,55	2,58	37,69	0,929	0,371	0,335 - 0,410
ab 10 Jahre	193	0	0,16	0,43	1,24	1,84	3,23	18,91	0,721	0,443	0,394 - 0,499
Höhe des Probenahmeraumes °											
unter 2,60 m	437	0	0,14	0,36	0,97	1,49	3,02	18,91	0,568	0,373	0,346 - 0,402
2,60 m bis unter 3,00 m	118	0	0,17	0,37	0,90	1,06	1,38	1,84	0,457	0,368	0,326 - 0,416
ab 3,00 m	37	0	0,15	0,62	7,37			37,69	4,489	0,786	0,467 - 1,323
Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße °											
keine Straße (0 Spuren)	225	0	0,14	0,34	0,94	1,20	2,80	18,91	0,564	0,344	0,309 - 0,383
1 Spur	66	0	0,18	0,36	0,93	1,21	2,66	3,34	0,505	0,375	0,314 - 0,449
2 Spuren	292	0	0,15	0,39	1,05	1,55	2,70	37,69	0,992	0,420	0,379 - 0,465
4 Spuren	14	0	0,30	1,32	3,59	3,94		4,02	1,577	4,095	0,626 - 1,915
Personen pro m² in der Wohnung °											
unter 0,03	145	0	0,13	0,27	0,82	1,56	1,88	3,69	0,443	0,305	0,268 - 0,347
0,03 bis unter 0,05	300	0	0,14	0,38	1,03	1,53	3,32	37,69	1,052	0,405	0,364 - 0,451
ab 0,05	146	0	0,25	0,44	1,11	1,53	2,94	4,02	0,610	0,472	0,423 - 0,527
Einzeln zu bedienende Öfen											
nicht vorhanden	443	0	0,14	0,35	0,99	1,54	3,35	37,69	0,862	0,377	0,347 - 0,410
vorhanden	155	0	0,15	0,46	1,23	1,54	2,17	2,85	0,580	0,438	0,388 - 0,494
Staubsammelbecher in Küche oder Wohnküche											
nein	516	0	0,15	0,38	0,98	1,50	3,24	37,69	0,830	0,401	0,373 - 0,431
ja	82	0	0,12	0,33	1,46	1,66	2,27	2,70	0,527	0,342	0,278 - 0,421

Anmerkungen: ° = Merkmal in Regressionsanalysen nicht kategorisiert, sondern als metrische Variable verwendet;
 N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl Werte unter Bestimmungsgrenze in der Lösung von 0,2 $\mu\text{g}/\text{l}$;
 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, Umwelt-Survey 1990/92, Bundesrepublik Deutschland

13.2 Regressionsanalysen für den Bleigehalt im Blut der Erwachsenen - zusätzliche statistische Kennwerte

Tab. 13.2.1: Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Blut der Erwachsenen

	N	Min	10.P.	Median	90.P.	Max.	AM	s
y Blei im Blut ($\mu\text{g/l}$) *	3658	< 15	23	45	87	708	52,5	35,7
x ₁ Geschlecht	3658							
weiblich	1836							
männlich	1822							
x ₂ Täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser ($\mu\text{g/Tag}$)	3658	0	0,1	0,7	6,2	2525	8,92	81,8
x ₃ Häufigkeit des Konsums von Bier (pro Monat)	3658	0	0	2,5	28	28	7,8	9,9
x ₄ Zellpackungsvolumen über 25 %	3658	0,25	0,38	0,42	0,47	0,63	0,424	0,035
x ₅ Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (pro Monat)	3658	0	0	1	4	28	3,1	4,9
x ₆ Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (mit Filter, ohne Filter, selbstgedreht), Zigarren, Zigarillos, Stumpen und Pfeifen	3658	0	0	0	20	68	4,9	9,1
x ₇ Lebensalter	3658	25	28	44	62	69	45,1	12,4
x ₈ Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	3658	1	5	6	24	1342	23,6	112,7
x ₉ Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz nie, gelegentlich oder selten häufig, sehr häufig oder immer	3658 3075 583							
x ₁₀ Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses (Jahre)	3658	0	9	31	92	192	43,9	39,1

Anmerkung: * Die Regressionsanalysen wurden mit logarithmierten Bleigehalten im Blut durchgeführt; Meßwerte unter der Bestimmungsgrenze von 15 $\mu\text{g/l}$ wurden mit der halben Bestimmungsgrenze berücksichtigt; N = Stichprobenumfang; 10.P., 90.P. = Perzentile; AM = Arithmetisches Mittel; s = Standardabweichung.

Tab. 13.2.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Blut der Erwachsenen

	Teilkollektiv	ln(PbB)	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉
x ₁ Geschlecht	Deutschland Alte Länder Neue Länder	0,38 0,34 0,45									
x ₂ Quadratwurzel der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser	Deutschland Alte Länder Neue Länder	0,26 0,04 0,40	0,00 -0,01 0,02								
x ₃ Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier	Deutschland Alte Länder Neue Länder	0,35 0,30 0,41	0,54 0,47 0,65	0,06 -0,01 0,07							
x ₄ Zellpackungsvolumen über 25 %	Deutschland Alte Länder Neue Länder	0,35 0,34 0,37	0,59 0,59 0,61	0,03 0,01 0,03	0,33 0,28 0,40						
x ₅ Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein	Deutschland Alte Länder Neue Länder	0,18 0,27 0,04	-0,02 0,00 -0,06	-0,02 -0,01 -0,01	0,06 0,09 0,03	-0,02 0,00 -0,06					
x ₆ Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten	Deutschland Alte Länder Neue Länder	0,17 0,18 0,17	0,18 0,15 0,24	0,00 0,08 0,01	0,09 0,08 0,15	0,22 0,21 0,27	-0,09 -0,09 -0,11				
x ₇ Lebensjahre über 25	Deutschland Alte Länder Neue Länder	0,13 0,11 0,15	0,00 -0,01 0,01	0,04 0,02 0,07	-0,02 -0,04 0,02	0,06 0,05 0,06	0,01 0,05 -0,09	-0,19 -0,18 -0,22			
x ₈ Logarithmus des Blei- niederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	Deutschland Alte Länder Neue Länder	0,13 0,08 0,22	0,01 -0,01 0,03	0,13 0,03 0,27	0,00 -0,02 0,04	-0,02 -0,01 -0,01	0,03 0,02 0,04	0,06 0,06 0,02	0,02 0,02 0,02		
x ₉ Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz	Deutschland Alte Länder Neue Länder	0,14 0,11 0,19	0,29 0,28 0,30	0,03 -0,01 0,04	0,18 0,13 0,23	0,15 0,14 0,16	-0,05 -0,06 -0,03	0,11 0,10 0,14	-0,18 -0,15 -0,22	-0,02 -0,05 0,04	
x ₁₀ Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses	Deutschland Alte Länder Neue Länder	0,09 0,03 0,17	0,01 0,02 0,01	0,15 0,06 0,17	0,01 -0,02 0,01	0,03 0,04 0,00	0,01 0,03 -0,01	0,02 0,04 0,01	0,06 0,03 0,11	-0,01 0,08 -0,07	-0,01 -0,01 -0,02

Tab. 13.2.3: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Korr.	Partial Korr.
x ₁ Geschlecht	0,179	0,021	0,137; 0,220	0,000	0,11	0,14
x ₂ Quadratwurzel der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser	0,048	0,003	0,042; 0,054	0,000	0,23	0,27
x ₃ Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier	0,073	0,007	0,059; 0,087	0,000	0,14	0,16
x ₄ Zellpackungsvolumen über 25 %	0,023	0,003	0,018; 0,029	0,000	0,12	0,14
x ₅ Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein	0,022	0,002	0,019; 0,025	0,000	0,19	0,23
x ₆ Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten	0,008	0,001	0,006; 0,010	0,000	0,12	0,15
x ₇ Lebensjahre über 25	0,006	0,001	0,005; 0,008	0,000	0,14	0,17
x ₈ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,061	0,009	0,043; 0,080	0,000	0,09	0,11
x ₉ Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz	0,096	0,022	0,054; 0,139	0,000	0,06	0,07
Konstante	2,737	0,049	2,641; 2,833	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbB})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Korr. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Korr. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.2.4: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen der alten Bundesländer

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Korr.	Partial Korr.
x ₁ Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein	0,025	0,002	0,022; 0,029	0,000	0,25	0,29
x ₂ Zellpackungsvolumen über 25 %	0,025	0,003	0,018; 0,032	0,000	0,14	0,16
x ₃ Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier	0,072	0,009	0,053; 0,090	0,000	0,14	0,16
x ₄ Geschlecht	0,129	0,027	0,077; 0,182	0,000	0,09	0,10
x ₅ Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten	0,008	0,001	0,006; 0,010	0,000	0,15	0,17
x ₆ Lebensjahre über 25	0,006	0,001	0,004; 0,007	0,000	0,13	0,15
x ₇ Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz	0,094	0,029	0,037; 0,150	0,001	0,06	0,07
x ₈ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,047	0,012	0,023; 0,070	0,000	0,07	0,08
Konstante	2,833	0,062	2,711; 2,954	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbB})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Korr. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Korr. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.2.5: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen der neuen Bundesländer

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Korr.	Partial Korr.
x ₁ Quadratwurzel der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser	0,048	0,003	0,042; 0,054	0,000	0,31	0,38
x ₂ Geschlecht	0,247	0,035	0,178; 0,316	0,000	0,14	0,18
x ₃ Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier	0,067	0,011	0,045; 0,090	0,000	0,12	0,15
x ₄ Zellpackungsvolumen über 25 %	0,023	0,004	0,014; 0,032	0,000	0,10	0,14
x ₅ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,084	0,015	0,054; 0,114	0,000	0,11	0,14
x ₆ Lebensjahre über 25	0,007	0,001	0,005; 0,009	0,000	0,14	0,18
x ₇ Alter des Wohnhauses	0,001	0,000	0,001; 0,002	0,000	0,10	0,13
x ₈ Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten	0,007	0,002	0,003; 0,010	0,000	0,08	0,11
x ₉ Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz	0,107	0,032	0,044; 0,170	0,001	0,07	0,09
x ₁₀ Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein	0,011	0,003	0,006; 0,017	0,000	0,08	0,10
Konstante	2,606	0,081	2,447; 2,766	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbB})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Korr. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Korr. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.2.6: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen (N = 3658)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 1811)	Teilstichprobe B (N = 1847)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Geschlecht (signifikant) - Quadratwurzel der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser (signifikant) - Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier (signifikant) - Zellpackungsvolumen über 25 % (signifikant) - Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (signifikant) - Lebensjahre über 25 (signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant) - Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz (signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Geschlecht (signifikant) - Quadratwurzel der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser (signifikant) - Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier (signifikant) - Zellpackungsvolumen über 25 % (signifikant) - Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (signifikant) - Lebensjahre über 25 (signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant) - Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz (signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 34,1 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 32,4 \%$
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 33,6 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 31,8 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsraten des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

Tab. 13.2.7: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen der alten Bundesländer (N = 2197)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 1117)	Teilstichprobe B (N = 1080)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (signifikant) - Zellpackungsvolumen über 25 % (signifikant) - Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier (signifikant) - Geschlecht (signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (signifikant) - Lebensjahre über 25 (signifikant) - Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz (nicht signifikant) - Logarithmus der Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, nicht signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (signifikant) - Zellpackungsvolumen über 25 % (signifikant) - Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier (signifikant) - Geschlecht (signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (signifikant) - Lebensjahre über 25 (signifikant) - Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz (signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 28,3 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 26,3 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 27,2 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 25,2 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsraten des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

Tab. 13.2.8: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Blut der Erwachsenen der neuen Bundesländer (N = 1459)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 738)	Teilstichprobe B (N = 721)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Quadratwurzel der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser (signifikant) - Geschlecht (signifikant) - Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier (signifikant) - Zellpackungsvolumen über 25 % (signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant) - Lebensjahre über 25 (signifikant) - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (signifikant) - Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz (signifikant) - Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Quadratwurzel der täglichen Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser (signifikant) - Geschlecht (signifikant) - Logarithmus der Häufigkeit des Konsums von Bier (signifikant) - Zellpackungsvolumen über 25 % (signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant) - Lebensjahre über 25 (signifikant) - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (signifikant) - Vorhandensein von Metallen, Metallverbindungen, Eisen oder Stahl am Arbeitsplatz (nicht signifikant) - Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 43,2 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 45,4 \%$
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 40,9 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 43,4 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsraten des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993)

13.3 Regressionsanalysen für den Bleigehalt im Blut der Kinder - zusätzliche statistische Kennwerte

Tab. 13.3.1: Kennwerte der Variablen des Regressionsmodells für Blei im Blut der Kinder der neuen Bundesländer

	N	Min	10.P.	Median	90.P.	Max.	AM	s
y Blei im Blut ($\mu\text{g/l}$) *	262	< 15	18	28	52	137	33,4	19,0
x ₁ Geschlecht	262							
weiblich	125							
männlich	137							
x ₂ Lebensalter (Jahre)	262	6	7	11	14	14	10,9	2,5
x ₃ Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe, $\mu\text{g/l}$)	262	0,02	0,4	2,0	21,7	412	16,33	58,17
x ₄ Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses (Jahre)	262	0	6	26	102	192	44,4	42,8
x ₅ Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr (h/Tag)	262	0,1	0,5	1,3	4,0	7,0	1,76	1,28
x ₆ Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	262	1	5	8	26	103	13,5	15,4

Anmerkung: * Die Regressionsanalysen wurden mit logarithmierten Bleigehalten im Blut durchgeführt; Messwerte unter der Bestimmungsgrenze von $15 \mu\text{g/l}$ wurden mit der halben Bestimmungsgrenze berücksichtigt; N = Stichprobenumfang; 10.P., 90.P. = Perzentile; AM = Arithmetisches Mittel; s = Standardabweichung.

Tab. 13.3.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen des Regressionsmodells für Blei im Blut der Kinder der neuen Bundesländer

	ln(PbB)	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅
x ₁ Geschlecht	0,28					
x ₂ Lebensjahre über 6	-0,23	-0,04				
x ₃ Quadratwurzel des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe)	0,28	0,01	0,02			
x ₄ Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses	0,22	-0,16	0,01	0,18		
x ₅ Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr	0,22	0,21	0,07	0,17	0,04	
x ₆ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,20	0,07	-0,01	0,22	0,04	0,06

Tab. 13.3.3: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Blut der Kinder der neuen Bundesländer

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Kor.	Partial Kor.
x ₁ Geschlecht	0,269	0,054	0,162; 0,376	0,000	0,26	0,30
x ₂ Lebensjahre über 6	-0,046	0,010	-0,067; -0,026	0,000	-0,24	-0,27
x ₃ Quadratwurzel des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe)	0,029	0,009	0,012; 0,046	0,001	0,18	0,21
x ₄ Alter des zur Zeit bewohnten Wohnhauses	0,003	0,001	0,001; 0,004	0,000	0,21	0,24
x ₅ Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr	0,049	0,021	0,007; 0,091	0,022	0,12	0,14
x ₆ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,078	0,035	0,009; 0,148	0,027	0,12	0,14
Konstante	3,028	0,106	2,820; 3,237	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbB})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Kor. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Kor. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.3.4: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Blut der Kinder der neuen Bundesländer (N = 262)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 123)	Teilstichprobe B (N = 139)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Geschlecht (signifikant) - Lebensjahre über 6 (signifikant) - Quadratwurzel des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, signifikant) - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr (nicht signifikant) - Logarithm. d. Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, nicht signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Geschlecht (signifikant) - Lebensjahre über 6 (signifikant) - Quadratwurzel des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, signifikant) - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr (signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 26,3 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 35,1 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 20,8 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 26,6 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsraten des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

13.4 Regressionsanalysen für den Bleigehalt im Kopfhhaar der Erwachsenen - zusätzliche statistische Kennwerte

Tab. 13.4.1: Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Kopfhhaar der Erwachsenen

	N	Min	10.P.	Median	90.P.	Max.	AM	s
y Blei im Kopfhhaar ($\mu\text{g/g}$) *	3738	< 0,1	0,3	0,9	4,0	583,5	2,36	12,69
x ₁ Bleigehalt im häusl. Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, $\mu\text{g/l}$)	3738	< 0,05	0,2	1,2	9,0	2879	12,2	99,3
x ₂ Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (h)	3738	0	1	4	11	24	5,2	3,9
x ₃ Geschlecht	3738							
männlich	1830							
weiblich	1908							
x ₄ Mittlere Tageshöchsttemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	3738	-2,4	2,5	11,5	23,7	28,2	12,48	7,56
x ₅ Haarwuchs	3738							
dichtes Haar	3012							
schütteres Haar	726							
x ₆ Baujahr des Wohnhauses	3738							
ab 1950 gebaut	2478							
bis 1949 gebaut	1260							
x ₇ Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (mit Filter, ohne Filter, selbstgedreht), Zigarren, Zigarillos, Stumpen und Pfeifen	3738	0	0	0	20	68	4,9	9,2

Anmerkung: * Die Regressionsanalysen wurden mit logarithmierten Bleigehalten im Kopfhhaar durchgeführt; Meßwerte unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 $\mu\text{g/g}$ wurden mit der halben Bestimmungsgrenze berücksichtigt;
N = Stichprobenumfang; 10.P., 90.P. = Perzentile; AM = Arithmetisches Mittel; s = Standardabweichung.

Tab. 13.4.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Kopfhhaar der Erwachsenen

	Teilkollektiv	ln(PbH)	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
x ₁ Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	Deutschland	0,26						
	Alte Länder	0,17						
	Neue Länder	0,30						
x ₂ Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume	Deutschland	0,28	0,07					
	Alte Länder	0,29	0,00					
	Neue Länder	0,26	0,06					
x ₃ Geschlecht	Deutschland	0,28	0,03	0,33				
	Alte Länder	0,29	0,02	0,30				
	Neue Länder	0,27	0,05	0,39				
x ₄ Mittlere Tageshöchsttemperatur	Deutschland	0,15	-0,06	0,15	-0,01			
	Alte Länder	0,28	0,09	0,19	-0,01			
	Neue Länder	-0,02	-0,12	0,13	-0,01			
x ₅ Haarwuchs	Deutschland	0,17	-0,03	0,06	0,27	0,04		
	Alte Länder	0,20	-0,08	0,08	0,30	0,02		
	Neue Länder	0,14	0,01	0,04	0,20	0,08		
x ₆ Baujahr des Wohnhauses	Deutschland	0,17	0,26	0,04	0,03	-0,08	0,02	
	Alte Länder	0,07	0,07	0,00	0,03	-0,04	-0,01	
	Neue Länder	0,27	0,35	0,05	0,03	-0,10	0,08	
x ₇ Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten	Deutschland	0,15	-0,02	0,13	0,18	0,00	-0,02	0,02
	Alte Länder	0,18	0,01	0,12	0,15	-0,02	-0,01	0,05
	Neue Länder	0,14	0,02	0,18	0,24	0,02	-0,04	-0,01

Tab. 13.4.3: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Korr.	Partial Korr.
x ₁ Logarithmus d. Bleigehalts im häusl. Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	0,238	0,016	0,208; 0,269	0,000	0,22	0,24
x ₂ Tögl. Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume	0,047	0,004	0,039; 0,056	0,000	0,16	0,18
x ₃ Geschlecht	0,350	0,035	0,282; 0,418	0,000	0,15	0,16
x ₄ Mittlere Tageshöchsttemperatur	0,020	0,002	0,016; 0,024	0,000	0,14	0,15
x ₅ Haarwuchs	0,319	0,041	0,239; 0,400	0,000	0,11	0,13
x ₆ Baujahr des Wohnhauses	0,246	0,034	0,179; 0,313	0,000	0,10	0,12
x ₇ Durchschnittliche Anzahl tögl. gerauchter Zigaretten	0,012	0,002	0,008; 0,015	0,000	0,10	0,11
Konstante	-1,138	0,041	-1,219; -1,058	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbH})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Korr. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Korr. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.4.4: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen der alten Bundesländer

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Korr.	Partial Korr.
x ₁ Mittlere Tageshöchsttemperatur	0,030	0,002	0,026; 0,035	0,000	0,26	0,23
x ₂ Geschlecht	0,345	0,040	0,267; 0,424	0,000	0,18	0,16
x ₃ Tögl. Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume	0,043	0,005	0,033; 0,053	0,000	0,17	0,15
x ₄ Haarwuchs	0,359	0,047	0,266; 0,451	0,000	0,16	0,14
x ₅ Logarithmus d. Bleigehalts im häusl. Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	0,233	0,027	0,179; 0,286	0,000	0,17	0,15
x ₆ Durchschnittliche Anzahl tögl. gerauchter Zigaretten	0,013	0,002	0,010; 0,017	0,000	0,15	0,13
x ₇ Baujahr des Wohnhauses	0,119	0,040	0,040; 0,198	0,003	0,06	0,05
Konstante	-1,258	0,048	-1,352; -1,164	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbH})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Korr. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Korr. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.4.5: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen der neuen Bundesländer

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Korr.	Partial Korr.
x ₁ Logarithmus d. Bleigehalts im häusl. Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	0,190	0,022	0,147; 0,233	0,000	0,20	0,23
x ₂ Baujahr des Wohnhauses	0,421	0,061	0,301; 0,540	0,000	0,16	0,18
x ₃ Geschlecht	0,370	0,064	0,244; 0,495	0,000	0,14	0,15
x ₄ Tögl. Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume	0,047	0,008	0,032; 0,062	0,000	0,15	0,16
x ₅ Haarwuchs	0,256	0,075	0,108; 0,404	0,001	0,08	0,09
x ₆ Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten	0,011	0,004	0,003; 0,019	0,005	0,07	0,08
Konstante	-0,870	0,061	-0,990; -0,751	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbH})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Korr. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Korr. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.4.6: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Erwachsenen (N = 3738)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 1853)	Teilstichprobe B (N = 1885)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, signifikant) - Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (signifikant) - Geschlecht (signifikant) - Mittlere Tageshöchsttemperatur (signifikant) - Haarwuchs (signifikant) - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, signifikant) - Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (signifikant) - Geschlecht (signifikant) - -Mittlere Tageshöchsttemperatur (signifikant) - Haarwuchs (signifikant) - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 23,0 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 22,8 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 22,2 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 22,0 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsraten des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

Tab. 13.4.7: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhhaar der Erwachsenen der alten Bundesländer (N = 2344)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 1133)	Teilstichprobe B (N = 1211)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Mittlere Tageshöchsttemperatur (signifikant) - Geschlecht (signifikant) - Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (signifikant) - Haarwuchs (signifikant) - Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (signifikant) - Alter des Wohnhauses (nicht signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Mittlere Tageshöchsttemperatur (signifikant) - Geschlecht (signifikant) - Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (signifikant) - Haarwuchs (signifikant) - Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (signifikant) - Alter des Wohnhauses (signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 25,9 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 24,0 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 24,9 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 23,2 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsraten des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

Tab. 13.4.8: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhhaar der Erwachsenen der neuen Bundesländer (N = 1394)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 723)	Teilstichprobe B (N = 671)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, signifikant) - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Geschlecht (signifikant) - Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (signifikant) - Haarwuchs (signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (nicht signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, signifikant) - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Geschlecht (signifikant) - Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (signifikant) - Haarwuchs (signifikant) - Durchschnittliche Anzahl täglich gerauchter Zigaretten (signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 21,6 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 22,4 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 20,6 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 21,3 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsraten des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

13.5 Regressionsanalysen für den Bleigehalt im Kopfhhaar der Kinder - zusätzliche statistische Kennwerte

Tab. 13.5.1: Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Kopfhhaar der Kinder

	N	Min	10.P.	Median	90.P.	Max.	AM	s
y Blei im Kopfhhaar ($\mu\text{g/g}$) *	699	0,1	0,3	1,0	3,4	26,9	1,59	2,05
x ₁ Geschlecht	699							
männlich	356							
weiblich	343							
x ₂ Lebensalter (Jahre)	699	5	7	119	14	16	10,7	2,6
x ₃ Baujahr des Wohnhauses	699							
ab 1950 gebaut	500							
bis 1949 gebaut	199							
x ₄ Körperliche Betätigung im Freien	699							
seltener	130							
häufiger	569							
x ₅ Bleigehalt im häusl. Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, $\mu\text{g/l}$)	699	< 0,1	0,2	1,2	8,2	440	4,9	22,1
x ₆ Jahreszeit der Probenahme	699							
Oktober bis April	459							
Mai bis September	240							
x ₇ Bleiniederschlag (Außenluft, Bergerhoff-Gerät, $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	699	1	5	9	23	1342	15,1	51,6

Anmerkung: * Die Regressionsanalysen wurden mit logarithmierten Bleigehalten im Kopfhhaar durchgeführt; Meßwerte unter der Bestimmungsgrenze von $0,1 \mu\text{g/g}$ wurden mit der halben Bestimmungsgrenze berücksichtigt;
N = Stichprobenumfang; 10.P., 90.P. = Perzentile; AM = Arithmetisches Mittel; s = Standardabweichung.

Tab. 13.5.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für Blei im Kopfhhaar der Kinder

	Teilkollektiv	$\ln(\text{PbH})$	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
x ₁ Geschlecht	Deutschland	0,32						
	Alte Länder	0,37						
	Neue Länder	0,24						
x ₂ Lebensahre über 6	Deutschland	-0,23	0,01					
	Alte Länder	-0,22	0,06					
	Neue Länder	-0,26	-0,08					
x ₃ Baujahr des Wohnhauses	Deutschland	0,19	-0,05	0,01				
	Alte Länder	0,10	-0,01	0,01				
	Neue Länder	0,27	-0,12	-0,03				
x ₄ Körperliche Betätigung im Freien	Deutschland	0,25	0,22	-0,28	0,01			
	Alte Länder	0,24	0,14	-0,27	0,05			
	Neue Länder	0,28	0,35	-0,28	0,01			
x ₅ Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	Deutschland	0,17	-0,01	0,02	0,25	-0,02		
	Alte Länder	0,11	-0,02	0,02	0,12	-0,03		
	Neue Länder	0,20	0,00	-0,04	0,31	0,06		
x ₆ Jahreszeit der Probenahme	Deutschland	0,16	0,01	-0,05	-0,02	0,07	0,03	
	Alte Länder	0,28	0,03	-0,04	0,03	0,07	0,16	
	Neue Länder	0,00	-0,03	0,00	0,02	0,00	0,07	
x ₇ Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	Deutschland	0,11	0,04	-0,06	0,00	0,01	0,03	0,12
	Alte Länder	0,15	0,02	-0,11	0,06	0,02	0,00	-0,01
	Neue Länder	0,12	0,08	0,04	-0,01	-0,05	0,16	0,25

Tab. 13.5.3: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhhaar der Kinder

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Korr.	Partial Korr.
x ₁ Geschlecht	0,550	0,063	0,426; 0,673	0,000	0,29	0,32
x ₂ Lebensalter über 6	-0,068	0,012	-0,092; -0,044	0,000	-0,18	-0,21
x ₃ Baujahr des Wohnhauses	0,349	0,070	0,212; 0,486	0,000	0,16	0,19
x ₄ Körperliche Betätigung im Freien	0,280	0,084	0,115; 0,445	0,001	0,11	0,13
x ₅ Logarithmus d. Bleigehalts im häusl. Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	0,134	0,035	0,065; 0,203	0,000	0,13	0,14
x ₆ Jahreszeit der Probenahme	0,244	0,065	0,117; 0,371	0,000	0,12	0,14
x ₇ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,096	0,047	0,004; 0,188	0,040	0,07	0,08
Konstante	-0,728	0,158	-1,037; -0,418	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbH})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Korr. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Korr. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.5.4: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhhaar der Kinder der alten Bundesländer

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Korr.	Partial Korr.
x ₁ Geschlecht	0,617	0,072	0,476; 0,758	0,000	0,34	0,38
x ₂ Jahreszeit der Probenahme	0,425	0,073	0,282; 0,567	0,000	0,23	0,27
x ₃ Lebensalter über 6	-0,065	0,014	-0,093; -0,037	0,000	-0,18	-0,21
x ₄ Körperliche Betätigung im Freien	0,313	0,104	0,108; 0,518	0,003	0,12	0,14
x ₅ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,177	0,060	0,060; 0,294	0,003	0,12	0,14
x ₆ Logarithmus d. Bleigehalts im häusl. Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)	0,111	0,052	0,009; 0,214	0,033	0,09	0,10
Konstante	-1,052	0,205	-1,455; -0,649	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbH})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Korr. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Korr. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.5.5: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Kinder der neuen Bundesländer

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Korr.	Partial Korr.
x ₁ Baujahr des Wohnhauses	0,581	0,110	0,363; 0,798	0,000	0,29	0,32
x ₂ Körperliche Betätigung im Freien	0,396	0,137	0,125; 0,667	0,004	0,16	0,18
x ₃ Lebensjahre über 6	-0,073	0,022	-0,116; -0,030	0,001	-0,18	-0,21
x ₄ Geschlecht	0,355	0,115	0,129; 0,581	0,002	0,17	0,19
x ₅ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,168	0,073	0,023; 0,312	0,023	0,13	0,14
Konstante	-0,584	0,242	-1,061; -0,107	0,017		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbH})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Korr. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Korr. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.5.6: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Kinder (N = 699)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 359)	Teilstichprobe B (N = 340)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Geschlecht (signifikant) - Lebensjahre über 6 (signifikant) - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Körperliche Betätigung im Freien (signifikant) - Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, signifikant) - Jahreszeit der Probenahme (signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Geschlecht (signifikant) - Lebensjahre über 6 (signifikant) - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Körperliche Betätigung im Freien (signifikant) - Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, signifikant) - Jahreszeit der Probenahme (signifikant) - Logarithm. d. Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, nicht signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 24,2 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 26,4 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 23,3 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 25,2 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsrate des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

Tab. 13.5.7: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Kinder der alten Bundesländer (N = 451)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 231)	Teilstichprobe B (N = 220)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Geschlecht (signifikant) - Jahreszeit der Probenahme (signifikant) - Lebensjahre über 6 (signifikant) - Körperliche Betätigung im Freien (signifikant) - Logarithm. d. Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, nicht signifikant) - Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, nicht signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Geschlecht (signifikant) - Jahreszeit der Probenahme (signifikant) - Lebensjahre über 6 (signifikant) - Körperliche Betätigung im Freien (nicht signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant) - Logarithmus des Bleigehalts im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe, signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 30,8 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 32,2 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 22,7 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 23,1 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsraten des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

Tab. 13.5.8: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für Blei im Kopfhaar der Kinder der neuen Bundesländer (N = 256)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 119)	Teilstichprobe B (N = 137)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Körperliche Betätigung im Freien (nicht signifikant) - Lebensjahre über 6 (signifikant) - Geschlecht (nicht signifikant) - Logarithm. d. Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, nicht signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Alter des Wohnhauses (signifikant) - Körperliche Betätigung im Freien (signifikant) - Lebensjahre über 6 (signifikant) - Geschlecht (signifikant) - Logarithm. d. Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, nicht signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 24,8 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 24,2 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 23,3 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 22,0 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsraten des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

13.6 Regressionsanalysen für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels - zusätzliche statistische Kennwerte

Tab. 13.6.1: Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels

	N	Min	10.P.	Median	90.P.	Max.	AM	s
y Blei im Inhalt des Staubsaugerbeutels ($\mu\text{g/g}$) *	3805	< 1	1	4	73	36986	57,5	732,6
x ₁ Haustyp	3805							
Hochhaus oder Wohnblock	1018							
Ein-, Zwei- oder Mehrfamilienhaus	2787							
x ₂ Mittlere Tageshöchsttemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	3805	-2,4	2,5	11,5	23,9	28,2	12,41	7,58
x ₃ Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	3805	1	5	10	24	1342	24,8	118,4

Anmerkung: * Die Regressionsanalysen wurden mit logarithm. Bleigehalten im Inhalt des Staubsaugerbeutels durchgeführt; Meßwerte unter der Bestimmungsgrenze von $0,1 \mu\text{g/g}$ wurden mit der halben Bestimmungsgrenze berücksichtigt;
N = Stichprobenumfang; 10.P., 90.P. = Perzentile; AM = Arithmetisches Mittel; s = Standardabweichung.

Tab. 13.6.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für den Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels

	Teilkollektiv	$\ln(\text{PbBt})$	x ₁	x ₂
x ₁ Haustyp	Deutschland	0,13		
	Alte Länder	0,10		
	Neue Länder	0,12		
x ₂ Mittlere Tageshöchsttemperatur	Deutschland	0,09	-0,01	
	Alte Länder	0,13	0,03	
	Neue Länder	-0,01	-0,17	
x ₃ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	Deutschland	0,05	-0,11	0,03
	Alte Länder	-0,01	-0,15	-0,01
	Neue Länder	0,13	-0,22	0,05

13.7 Regressionsanalysen für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen - zusätzliche statistische Kennwerte

Tab. 13.7.1: Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für die Bleiniederschläge in Wohnräumen der Erwachsenen

	N	Min	10.P.	Median	90.P.	Max.	AM	s
y Bleiniederschlag im Hausstaub ($\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$) *	2357	0,01	0,12	0,27	0,79	56,90	0,477	1,609
x ₁ Alters des Wohnhauses (Jahre)	2357	0	9	29	92	192	41,6	36,6
x ₂ Personen pro m ² im Becherraum	2357	0,01	0,06	0,21	0,22	0,70	0,129	0,072
x ₃ Heizungsart	2357							
zentral oder dezentral, andere als Kohle/Holz	1852							
dezentral mit Kohle/Holz	505							
x ₄ Täglicher Aufenthalt im Becherraum (h)	2357	1	3	5	9	20	5,6	2,6
x ₅ Höhe des Becherraumes (cm)	2357	180	235	250	280	450	254,5	23,0
x ₆ Täglich im Becherraum gerauchte Zigaretten	2357	0	0	0	15	210	4,3	9,4
x ₇ Haustier(e) mit Fell od. Federn in der Wohnung	2357							
nein	1548							
ja	809							
x ₈ Anzahl 6- bis 14jährige Kinder im Haushalt	2357	0	0	0	1	5	0,4	0,7
x ₉ Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	2357	1	5	10	25	1342	29,5	142,1
x ₁₀ Entf. einer sichtbaren Straße vom Becherraum	2357							
keine oder mehr als 12 m entfernt	1263							
bis zu 12 m entfernt	1094							

Anmerkung: * Die Regressionsanalysen wurden mit logarithmierten Bleiniederschlägen in Wohnräumen durchgeführt;
N = Stichprobenumfang; 10.P., 90.P. = Perzentile; AM = Arithmetisches Mittel; s = Standardabweichung.

Tab. 13.7.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen

	Teilkollektiv	ln(PbBch)	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉
x ₁ Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses	Deutschland	0,27									
	Alte Länder	0,22									
	Neue Länder	0,33									
x ₂ Logarithmus der Personenzahl pro m ² im Probenahmeraum	Deutschland	0,19	0,05								
	Alte Länder	0,19	0,09								
	Neue Länder	0,14	-0,04								
x ₃ Heizungsart	Deutschland	0,20	0,30	0,15							
	Alte Länder	0,17	0,12	0,13							
	Neue Länder	0,22	0,45	-0,02							
x ₄ Tägliche Aufenthaltsdauer im Probenahmeraum	Deutschland	0,12	-0,01	-0,10	0,05						
	Alte Länder	0,11	-0,06	-0,06	0,02						
	Neue Länder	0,11	0,05	-0,22	0,01						
x ₅ Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm	Deutschland	0,14	0,19	-0,04	0,04	-0,01					
	Alte Länder	0,14	0,24	-0,09	0,00	-0,03					
	Neue Länder	0,14	0,11	0,01	-0,01	0,00					
x ₆ Täglich im Probenahmeraum gerauchte Zigaretten	Deutschland	0,13	0,02	0,09	-0,03	0,09	-0,01				
	Alte Länder	0,12	0,02	0,12	0,03	0,10	-0,02				
	Neue Länder	0,20	0,04	0,09	0,01	0,09	0,02				
x ₇ Haustier(e) mit Fell oder Federn in der Wohnung	Deutschland	0,11	0,04	0,08	0,00	-0,06	-0,04	0,12			
	Alte Länder	0,15	0,03	0,09	0,05	-0,05	-0,02	0,10			
	Neue Länder	0,07	0,08	0,13	0,05	-0,05	-0,05	0,15			
x ₈ Anzahl 6- bis 14jährige Kinder im Haushalt	Deutschland	0,12	-0,07	0,41	0,06	-0,09	0,03	0,05	0,14		
	Alte Länder	0,15	-0,04	0,31	0,00	-0,03	-0,01	0,09	0,13		
	Neue Länder	0,06	-0,13	0,51	-0,08	-0,19	0,04	0,05	0,19		
x ₉ Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	Deutschland	0,08	-0,01	-0,08	-0,20	0,07	0,12	0,06	-0,01	-0,07	
	Alte Länder	0,14	0,11	-0,04	0,00	0,06	0,17	0,05	-0,04	-0,04	
	Neue Länder	0,05	-0,14	0,00	-0,20	0,12	0,07	0,03	0,01	-0,02	
x ₁₀ Entfernung einer vom Probe- nahmeraum aus sichtbaren Straße	Deutschland	0,10	0,20	-0,02	0,09	0,01	0,04	0,01	0,00	-0,04	-0,01
	Alte Länder	0,07	0,15	0,01	-0,03	0,02	0,04	-0,01	-0,02	-0,02	0,02
	Neue Länder	0,15	0,27	-0,07	0,18	-0,01	0,05	0,07	0,04	-0,06	-0,05

Tab. 13.7.3: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen der neuen Bundesländer

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part. Korr.	Partial Korr.
x ₁ Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses	0,070	0,009	0,052; 0,0873	0,000	0,23	0,25
x ₂ Täglich im Probenahmeraum gerauchte Zigaretten	0,017	0,003	0,011; 0,0240	0,000	0,15	0,17
x ₃ Logarithmus der Personenzahl pro m ² im Probenahmeraum	0,281	0,051	0,180; 0,3807	0,000	0,16	0,18
x ₄ Heizungsart	0,160	0,052	0,058; 0,2618	0,002	0,09	0,10
x ₅ Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm	0,003	0,001	0,001; 0,0055	0,001	0,09	0,11
x ₆ Tägliche Aufenthaltsdauer im Probenahmeraum	0,032	0,009	0,015; 0,0487	0,000	0,11	0,12
x ₇ Entfernung zu einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße	0,097	0,048	0,003; 0,1910	0,042	0,06	0,07
x ₈ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,082	0,031	0,021; 0,1423	0,008	0,08	0,09
Konstante	-3,019	0,176	-3,363; -2,6741	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbBch})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part. Korr. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Korr. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.7.4: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Erwachsenen der neuen Bundesländer (N = 924)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 465)	Teilstichprobe B (N = 459)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses (signifikant) - Täglich im Probenahmeraum gerauchte Zigaretten (signifikant) - Logarithmus der Personenzahl pro m² im Probenahmeraum (signifikant) - Heizungsart (signifikant) - Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm (signifikant) - Täglicher Aufenthalt des Probanden im Probenahmeraum (signifikant) - Entfernung zu einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (nicht signifikant) - Logarithm. d. Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, nicht signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses (signifikant) - Täglich im Probenahmeraum gerauchte Zigaretten (signifikant) - Logarithmus der Personenzahl pro m² im Probenahmeraum (signifikant) - Heizungsart (signifikant) - Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm (signifikant) - Täglicher Aufenthalt des Probanden im Probenahmeraum (nicht signifikant) - Entfernung zu einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (nicht signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 18,0 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 23,1 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 17,0 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 22,0 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsrate des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993)

13.8 Regressionsanalysen für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder - zusätzliche statistische Kennwerte

Tab. 13.8.1: Kennwerte der Variablen der Regressionsmodelle für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder

	N	Min	10.P.	Median	90.P.	Max.	AM	s
y Bleiniederschlag im Hausstaub ($\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$) *	571	0,03	0,15	0,38	0,99	37,7	0,733	2,839
x ₁ Alters des Wohnhauses (Jahre)	571	0	6	20	94	192	37,3	37,6
x ₂ Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$)	571	1	5	10	24	1342	16,5	57,0
x ₃ Hunde in der Wohnung	571							
nein	498							
ja	73							
x ₄ Wohndauer in derzeitiger Wohnung (Jahre)	571	0	3	8	12	15	8,1	3,6
x ₅ Höhe des Becherraumes (cm)	571	190	230	250	272	380	252,5	23,4
x ₆ Spuren einer vom Becherraum sichtbaren Straße	571							
keine	207							
1	57							
2	295							
4	12							
x ₇ Personen pro m ² in der Wohnung	571	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,04	0,02
x ₈ Einzeln zu bedienende Öfen	571							
nein	420							
ja	151							
x ₉ Probenahmeraum	571							
Küche/Wohnküche	81							
andere Räume	490							

Anmerkung: * Die Regressionsanalysen wurden mit logarithmierten Bleiniederschlägen in Wohnräumen durchgeführt;
N = Stichprobenumfang; 10.P., 90.P. = Perzentile; AM = Arithmetisches Mittel; s = Standardabweichung.

Tab. 13.8.2: Interkorrelationsmatrix der Variablen der Regressionsmodelle für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder

	Teilkollektiv	ln(PbBch)	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈
x ₁ Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses	Deutschland	0,28								
	Alte Länder	0,25								
	Neue Länder	0,40								
x ₂ Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	Deutschland	0,22	0,07							
	Alte Länder	0,25	0,12							
	Neue Länder	0,19	0,06							
x ₃ Hunde in der Wohnung	Deutschland	0,17	0,08	0,17						
	Alte Länder	0,19	0,11	0,20						
	Neue Länder	0,10	0,11	0,07						
x ₄ Wohndauer	Deutschland	0,13	0,23	-0,12	-0,01					
	Alte Länder	0,14	0,19	-0,10	-0,01					
	Neue Länder	0,12	0,29	-0,14	-0,02					
x ₅ Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm	Deutschland	0,16	0,13	0,16	-0,02	-0,03				
	Alte Länder	0,20	0,20	0,10	0,03	-0,01				
	Neue Länder	0,05	0,00	0,28	-0,08	-0,08				
x ₆ Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße	Deutschland	0,14	0,07	0,03	-0,01	-0,05	0,10			
	Alte Länder	0,19	0,12	0,02	0,00	-0,01	0,08			
	Neue Länder	0,04	-0,06	0,07	0,06	-0,13	0,09			
x ₇ Logarithmus der Personenzahl pro m ² in der Wohnung	Deutschland	0,13	0,14	0,14	-0,13	-0,13	-0,09	0,13		
	Alte Länder	0,15	0,12	0,22	-0,07	-0,13	-0,27	0,10		
	Neue Länder	0,17	0,04	0,23	-0,03	-0,17	0,04	0,04		
x ₈ Einzeln zu bedienende Öfen	Deutschland	0,12	0,12	-0,03	0,01	-0,07	0,00	0,06	0,13	
	Alte Länder	-0,01	-0,21	-0,12	0,04	-0,10	-0,09	0,11	0,00	
	Neue Länder	0,39	0,48	0,11	0,01	-0,03	0,11	-0,05	0,20	
x ₉ Probenahmeraum	Deutschland	0,05	-0,24	-0,08	0,01	0,00	-0,02	-0,01	-0,08	-0,13
	Alte Länder	0,11	-0,16	0,03	-0,07	-0,02	0,07	0,01	-0,03	-0,05
	Neue Länder	-0,06	-0,31	-0,22	0,11	0,03	-0,10	0,00	-0,04	-0,21

Tab. 13.8.3: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Kor.	Partial Kor.
x ₁ Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses	0,063	0,012	0,039; 0,087	0,000	0,20	0,22
x ₂ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,210	0,047	0,117; 0,302	0,000	0,17	0,19
x ₃ Hunde in der Wohnung	0,352	0,097	0,162; 0,542	0,000	0,14	0,15
x ₄ Wohndauer	0,030	0,009	0,012; 0,048	0,001	0,12	0,14
x ₅ Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm	0,004	0,001	0,001; 0,006	0,007	0,10	0,11
x ₆ Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße	0,084	0,031	0,022; 0,145	0,008	0,10	0,11
x ₇ Logarithmus der Personenzahl pro m ² in der Wohnung	0,231	0,090	0,054; 0,407	0,010	0,10	0,11
x ₈ Einzel zu bedienende Öfen	0,193	0,072	0,051; 0,335	0,008	0,10	0,11
x ₉ Probenahmeraum	0,334	0,093	0,151; 0,516	0,000	0,14	0,15
Konstante	-3,271	0,264	-3,789; -2,753	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbBch})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Kor. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Kor. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.8.4: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder der alten Bundesländer

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Kor.	Partial Kor.
x ₁ Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm	0,009	0,002	0,005 0,012	0,000	0,20	0,22
x ₂ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,230	0,074	0,085 0,375	0,002	0,15	0,16
x ₃ Hunde in der Wohnung	0,431	0,118	0,198 0,663	0,000	0,17	0,19
x ₄ Logarithmus der Personenzahl pro m ² in der Wohnung	0,557	0,145	0,272 0,843	0,000	0,18	0,20
x ₅ Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße	0,129	0,042	0,046 0,212	0,002	0,14	0,16
x ₆ Wohndauer	0,047	0,012	0,024 0,071	0,000	0,18	0,20
x ₇ Probenahmeraum	0,346	0,137	0,076 0,616	0,012	0,12	0,13
Konstante	-4,093	0,391	-4,863 -3,323	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbBch})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Kor. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Kor. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.8.5: Zusätzliche Kennwerte des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder der neuen Bundesländer

Prädiktor	B	SE (B)	KI(B)	Sign. B	Part Kor.	Partial Kor.
x ₁ Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses	0,056	0,014	0,029 0,083	0,000	0,24	0,27
x ₈ Einzeln zu bedienende Öfen	0,341	0,092	0,159 0,523	0,000	0,22	0,24
x ₂ Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät)	0,123	0,049	0,026 0,220	0,013	0,15	0,17
Konstante	-1,692	0,135	-1,957 -1,426	0,000		

Anmerkungen: B = Regressionsparameter für die Regressionsfunktion von $\ln(\text{PbBch})$; SE(B) = Standardfehler des Regressionsparameters B; KI(B) = 95%-Konfidenzintervall des Regressionsparameters B; Part Kor. = Semipartialkorrelationskoeffizient (Korrelation des Kriteriums mit dem Prädiktor, der bezüglich aller übrigen Prädiktoren residualisiert wurde); Partial Kor. = Partialkorrelation (Korrelation von Prädiktor und Kriterium, wenn alle linearen Effekte der übrigen Prädiktoren sowohl aus diesem Prädiktor als auch aus dem Kriterium rechnerisch entfernt wurden).

Tab. 13.8.6: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder (N = 571)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 269)	Teilstichprobe B (N = 302)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses (signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant) - Hunde in der Wohnung (nicht signifikant) - Wohndauer (signifikant) - Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm (signifikant) - Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (nicht signifikant) - Logarithmus der Personenzahl pro m² in der Wohnung (nicht signifikant) - Einzeln zu bedienende Öfen (nicht signifikant) - Probenahmeraum (signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses (signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant) - Hunde in der Wohnung (signifikant) - Wohndauer (nicht signifikant) - Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm (signifikant) - Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (signifikant) - Logarithmus der Personenzahl pro m² in der Wohnung (signifikant) - Einzeln zu bedienende Öfen (nicht signifikant) - Probenahmeraum (signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 25,2 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 18,8 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 19,8 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 15,3 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsraten des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

Tab. 13.8.7: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder der alten Bundesländer (N = 359)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 168)	Teilstichprobe B (N = 191)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm (nicht signifikant) - Logarithm. d. Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, nicht signifikant) - Hunde in der Wohnung (signifikant) - Logarithmus der Personenzahl pro m² in der Wohnung (signifikant) - Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (signifikant) - Wohndauer (signifikant) - Probenahmeraum (signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Höhe des Probenahmeraumes über 180 cm (signifikant) - Logarithmus des Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, signifikant) - Hunde in der Wohnung (signifikant) - Logarithmus der Personenzahl pro m² in der Wohnung (signifikant) - Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße (nicht signifikant) - Wohndauer (signifikant) - Probenahmeraum (nicht signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 24,9 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 23,4 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 15,8 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 13,7 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsrate des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

Tab. 13.8.8: Kreuzvalidierung des Regressionsmodells für den Bleiniederschlag in Wohnräumen der Kinder der neuen Bundesländer (N = 224)

Zufällig gebildete Teilstichproben:	Teilstichprobe A (N = 117)	Teilstichprobe B (N = 107)
Regressionsmodelle für die Teilstichproben	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell A:</u> - Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses (signifikant) - Einzel zu bedienende Öfen (signifikant) - Logarithm. d. Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, nicht signifikant)	<u>Prädiktoren von Regressionsmodell B:</u> - Quadratwurzel des Alters des Wohnhauses (signifikant) - Einzel zu bedienende Öfen (signifikant) - Logarithm. d. Bleiniederschlags in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät, nicht signifikant)
	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 24,6 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 22,5 \%$
Kreuzvalidierung	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell B: $R^2 \cdot 100 \% = 24,1 \%$	Aufgeklärte Varianz durch Regressionsmodell A: $R^2 \cdot 100 \% = 22,0 \%$

Anmerkungen: Für jede nach dem Zufallsprinzip gebildete Teilstichprobe wurde ein Regressionsmodell berechnet. Die beiden Modelle enthielten die gleichen Prädiktoren. Anschließend wurden die Varianzaufklärungsrate des zur Teilstichprobe A (bzw. B) gehörenden Modells für die Daten der Teilstichprobe B (bzw. A) berechnet (vgl. z.B. Bortz 1993).

13.9 Erläuterungen zu den in den Regressionsanalysen benutzten Variablen

Individuelle und physiologische Faktoren

- 1) **Geschlecht:**
Ausprägungen: 0: "weiblich",
 1: "männlich"
im Modell für: Blei im Blut (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder, Kinder, Kinder - alte Länder, Kinder - neue Länder), Blei im Kopfhaar (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder, Kinder, Kinder - alte Länder, Kinder - neue Länder)
- 2) **Lebensalter:**
Ausprägungen: metrisch [Jahre]
im Modell für: Blei im Blut (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder, Kinder, Kinder - neue Länder), Blei im Kopfhaar (Kinder, Kinder - alte Länder, Kinder - neue Länder)
- 3) **Body Mass Index:**
Ausprägungen: metrisch [kg/m^2]
- 4) **Zellpackungsvolumen:**
Ausprägungen: metrisch
im Modell für: Blei im Blut (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder)
- 5) **Thiocyanat (nur Erwachsene):** Thiocyanat im Serum
Ausprägungen: metrisch [$\mu\text{mol/l}$]
- 6) **Kalzium (nur Erwachsene):** Kalzium im Serum
Ausprägungen: metrisch [mmol/l]
- 7) **Tageszeit der Blutentnahme (nur Erwachsene):**
Ausprägungen: metrisch [h]
- 8) **Haarwuchs (nur Erwachsene):**
Ausprägungen: 0: "dichtes Haar",
 1: "schütteres Haar"
im Modell für: Blei im Kopfhaar (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder)

Ernährungsverhalten

- 9) **Mittlere Alkoholmenge (nur Erwachsene):** Mittlere pro Tag konsumierte Alkoholmenge des Probanden
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 l Bier mit 40 g verrechnet.
Ausprägungen: metrisch [g]

10-14) Durchschnittlicher Bierkonsum pro Tag (nur Erwachsene):Ausprägungen: metrisch [l]Codierte Variable: 0: "bis 0,25 l",
1: "mehr als 0,25 l"Codierte Variable: 0: "bis 0,5 l",
1: "mehr als 0,5 l"Codierte Variable: 0: "bis 1 l",
1: "mehr als 1 l"Codierte Variable: 0: "bis 2 l",
1: "mehr als 2 l"**15) Durchschnittlicher Kaffeekonsum pro Tag (nur Erwachsene):**Ausprägungen: metrisch [Tassen]**16-20) Durchschnittlicher Wein-, Sekt-, Obstweinkonsum pro Tag (nur Erwachsene):**Ausprägungen: metrisch [Gläser]Codierte Variable: 0: "(fast) nie",
1: "öfter"Codierte Variable: 0: "weniger als 1 Glas",
1: "mindestens 1 Glas"Codierte Variable: 0: "bis zu 1 Glas",
1: "mehr als 1 Glas"Codierte Variable: 0: "bis zu 2 Gläsern",
1: "mehr als 2 Gläser"**21-25) Durchschnittlicher Vollmilchkonsum pro Tag (nur Erwachsene):**Ausprägungen: metrisch [Tassen]Codierte Variable: 0: "(fast) nie",
1: "öfter"Codierte Variable: 0: "weniger als 1 Tasse",
1: "mindestens 1 Tasse"Codierte Variable: 0: "bis zu 2 Tassen",
1: "mehr als 2 Tassen"Codierte Variable: 0: "bis zu 4 Tassen",
1: "mehr als 4 Tassen"**26-30) Häufigkeit des Konsums von Bier (nur Erwachsene):**Ausprägungen: metrisch [Häufigkeit/Monat]im Modell für: Blei im Blut (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder)Codierte Variable: 0: "nie",
1: "öfter"Codierte Variable: 0: "bis maximal einmal pro Monat",
1: "mindestens zwei- bis dreimal pro Monat"Codierte Variable: 0: "bis zwei- bis dreimal pro Monat",
1: "mindestens einmal pro Woche"Codierte Variable: 0: "bis einmal pro Woche",
1: "öfter als einmal pro Woche"**31) Häufigkeit des Konsums von Kaffee (nur Erwachsene):**Ausprägungen: metrisch [Häufigkeit/Monat]

32-36) Häufigkeit des Konsums von Wein, Sekt, Obstwein (nur Erwachsene):Ausprägungen: metrisch [Häufigkeit/Monat]im Modell für: Blei im Blut (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene – neue Länder)Codierte Variable: 0: "nie",
1: "öfter"Codierte Variable: 0: "bis maximal einmal pro Monat",
1: "mindestens zwei- bis dreimal pro Monat"Codierte Variable: 0: "bis zwei- bis dreimal pro Monat",
1: "mindestens einmal pro Woche"Codierte Variable: 0: "bis einmal pro Woche",
1: "öfter als einmal pro Woche"**37-42) Häufigkeit des Konsums von Vollmilch:**Ausprägungen: metrisch [Häufigkeit/Monat]Codierte Variable: 0: "(fast) täglich",
1: "seltener"Codierte Variable: 0: "mindestens mehrmals pro Woche",
1: "höchstens einmal pro Woche"Codierte Variable: 0: "mindestens einmal pro Woche",
1: "höchstens 2- bis 3mal pro Monat"Codierte Variable: 0: "mind. 2- bis 3mal pro Monat",
1: "höchstens einmal pro Monat"Codierte Variable: 0: "mindestens einmal pro Monat",
1: "(fast) nie"**43) Häufigkeit des Konsums von Milchprodukten:** Verzehrshäufigkeit von Magerkäse, Quark, Jogurt, Käse mit hohem Fettgehalt, Vollmilch, fettarme Milch und SauermilchBemerkung: Die Häufigkeiten wurden im Fragebogen für vier Milch-Produktgruppen 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: 0: "häufiger Konsum",
1: "weniger häufiger Konsum"im Modell für: Blei im Blut (Kinder - alte Länder)**44) Diet oder besondere Ernährungsweise:** Essen einer besonderen Diet oder Einhaltung einer besonderen ErnährungsweiseAusprägungen: 0: "ja",
1: "nein"**45) Tägliche konsumierte Trinkwassermenge (nur Erwachsene):** Konsumierte Trinkwassermenge aus Leitungen des Haushalts und anderen LeitungenAusprägungen: metrisch [l/Tag]**46) Tägliche Bleizufuhr mit dem häuslichen Trinkwasser (nur Erwachsene):**Ausprägungen: metrisch [μ g/Tag]im Modell für: Blei im Blut (Erwachsene, Erwachsene – neue Länder)

Allgemeine Verhaltensweisen

- 47) **Täglicher Aufenthalt außerhalb geschlossener Räume (nur Erwachsene):**
Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit außerhalb geschlossener Räume nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
im Modell für: Blei im Kopfhaar (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene – neue Länder)
- 48) **Aufenthalt draußen während der kalten Jahreszeit an einem normalen Schultag (nur Kinder):**
Aufenthaltszeit draußen an einem normalen, durchschnittlichen Schultag im Winter nach Angaben des Kindes
Ausprägungen: metrisch [h]
- 49) **Aufenthalt draußen während der warmen Jahreszeit an einem normalen Schultag (nur Kinder):**
Aufenthaltszeit draußen an einem normalen, durchschnittlichen Schultag im Sommer nach Angaben des Kindes
Ausprägungen: metrisch [h]
- 50) **Täglicher Aufenthalt in Wohnräumen während der Jahreszeit der Probenahme (nur Erwachsene):** Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Wohnräumen zur Jahreszeit der Probenahme * nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
- 51) **Täglicher Aufenthalt in Wohnräumen während der kalten Jahreszeit (nur Erwachsene):**
Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Wohnräumen von Oktober bis April nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
- 52) **Täglicher Aufenthalt in Wohnräumen während der warmen Jahreszeit (nur Erwachsene):**
Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Wohnräumen von Mai bis September nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
- 53) **Täglicher Aufenthalt in motorisierten Fahrzeugen während der Jahreszeit der Probenahme (nur Erwachsene):** Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Pkw, Lkw, Taxen, Bussen oder Straßenbahnen oder auf einem Mofa, Moped oder Motorrad zur Jahreszeit der Probenahme * nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
- 54) **Täglicher Aufenthalt in motorisierten Fahrzeugen während der kalten Jahreszeit (nur Erwachsene):** Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Pkw, Lkw, Taxen, Bussen oder Straßenbahnen oder auf einem Mofa, Moped oder Motorrad von Oktober bis April
nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
- 55) **Täglicher Aufenthalt in motorisierten Fahrzeugen während der warmen Jahreszeit (nur Erwachsene):** Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Pkw, Lkw, Taxen, Bussen oder Straßenbahnen oder auf einem Mofa, Moped oder Motorrad von Mai bis September nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]

* siehe auch Variable 227)

- 56) **Derzeitige Aufenthaltsdauer in motorisierten Fahrzeugen (nur Kinder):**
 Derzeitige tägliche Aufenthaltszeit im Straßenverkehr in Autos oder in Bussen, Straßenbahnen oder auf einem Mofa nach Angaben des Kindes
Ausprägungen: metrisch [h]
- 57) **Täglicher Aufenthalt im Straßenverkehr während der Jahreszeit der Probenahme (nur Erwachsene):** Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Pkw, Lkw, Taxen, Bussen oder Straßenbahnen, auf einem Fahrrad, auf einem Mofa, Moped oder Motorrad oder als Fußgänger im Straßenverkehr zur Jahreszeit der Probenahme * nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
- 58) **Täglicher Aufenthalt im Straßenverkehr während der kalten Jahreszeit (nur Erwachsene):**
 Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Pkw, Lkw, Taxen, Bussen oder Straßenbahnen, auf einem Fahrrad, auf einem Mofa, Moped oder Motorrad oder als Fußgänger im Straßenverkehr von Oktober bis April nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
- 59) **Täglicher Aufenthalt im Straßenverkehr während der warmen Jahreszeit (nur Erwachsene):**
 Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Pkw, Lkw, Taxen, Bussen oder Straßenbahnen, auf einem Fahrrad, auf einem Mofa, Moped oder Motorrad oder als Fußgänger im Straßenverkehr von Mai bis September nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
- 60) **Derzeitige Aufenthaltsdauer im Straßenverkehr (nur Kinder):**
 Derzeitige tägliche Aufenthaltszeit im Straßenverkehr in Autos oder in Bussen, Straßenbahnen, auf dem Fahrrad, auf einem Mofa oder als Fußgänger nach Angaben des Kindes
Ausprägungen: metrisch [h]
im Modell für: Blei im Blut (Kinder – neue Länder)
- 61) **Täglicher Aufenthalt im Grünen während der Jahreszeit der Probenahme (nur Erwachsene):**
 Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Garten, Park, Wald, Feld und auf Sportplätzen zur Jahreszeit der Probenahme * nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
- 62) **Täglicher Aufenthalt im Grünen während der kalten Jahreszeit (nur Erwachsene):**
 Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Garten, Park, Wald, Feld und auf Sportplätzen von Oktober bis April nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
- 63) **Täglicher Aufenthalt im Grünen während der warmen Jahreszeit (nur Erwachsene):**
 Durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in Garten, Park, Wald, Feld und auf Sportplätzen von Mai bis September nach Angaben des Probanden
Ausprägungen: metrisch [h]
- 64) **Häufigkeit der sportlichen Betätigung (nur Erwachsene):**
 Durchschnittlicher wöchentlicher Zeitaufwand für Sport
Ausprägungen: 0: "bis 2 Stunden pro Woche",
 1: "mehr als 2 Stunden pro Woche"

* siehe auch Variable 227)

65-66) Aufenthalt im Grünen im Sommer (nur Kinder):

Durchschnittlicher wöchentlicher Zeitaufwand für Sport

Codierte Variable: 0: "nie oder selten",
1: "häufig oder sehr häufig"

Codierte Variable: 0: "nie, selten oder häufig",
1: "sehr häufig"

67) Körperliche Betätigung im Freien (nur Kinder):

Häufigkeit solcher Tätigkeiten wie Fahrrad, Roller, Skateboard fahren, Rollschuhlaufen, Ball spielen, toben, rennen und klettern

Ausprägungen: 0: "seltener",
1: "häufiger"

im Modell für: Blei im Kopfhaar (Kinder, Kinder - alte Länder, Kinder – neue Länder)

68-69) Buddeln, Graben, Höhlenbauen (nur Kinder):

Häufigkeit der angegebenen Beschäftigungen von Kindern nur im Freien

Codierte Variable: 0: "nie",
1: "gelegentlich, selten oder häufig"

Codierte Variable: 0: "nie oder gelegentlich, selten",
1: "häufig"

70) Schmutz an Kleidern, Gesicht und Händen nach dem Spielen draußen (nur Kinder):

Angaben des Kindes über Aussehen von Kleidern, Gesicht und Händen nach dem Spielen draußen

Bemerkung: Der Verschmutzungsgrad wurde im Fragebogen für Kleidungsstücke, Gesicht bzw. Hände getrennt und jeweils vierstufig mit Codierungen 1-4 erfaßt. Die drei Merkmale wurden additiv zusammengefaßt. Eine Code-Summe über 9 wird als schmutzig und bis 9 als weniger schmutzig interpretiert.

Ausprägungen: 0: "weniger schmutzig",
1: "schmutzig"

71) Ausführung von Lötarbeiten in den letzten vier Wochen (nur Kinder):

Befragung des Kindes, ob in den letzten vier Wochen Lötarbeiten als Hobby ausgeführt wurden.

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

72) Ausführung von Metallarbeiten in den letzten vier Wochen (nur Kinder):

Befragung des Kindes, ob in den letzten vier Wochen Metallarbeiten (z.B. Emaillieren) als Hobby ausgeführt wurden.

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

73-74) Rauchstatus (nur Erwachsene): Proband ist Nieraucher, Exraucher oder Raucher

Codierte Variable: 0: "Nieraucher",
1: "Exraucher oder Raucher"

Codierte Variable: 0: "Nieraucher oder Exraucher",
1: "Raucher"

75) Rauchstatus (nur Kinder): Gelegentliches oder regelmäßiges gegenwärtiges Rauchen

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

- 76) **Anzahl Zigaretten (nur Erwachsene):** Anzahl täglich gerauchter Zigaretten
Ausprägungen: metrisch
im Modell für: Blei im Blut (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder),
 Blei im Kopfhair (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder)
- 77) **Passivrauchen (nur Nichtraucher):** Bei allen Ausprägungen ist Befragter Nichtraucher!
 Es liegt keine Tabakrauchexposition vor, wenn folgende drei Bedingungen gelten:
 - kein Haushaltsmitglied raucht;
 - im vom Befragten meist genutzten Zimmer der Wohnung wird gewöhnlich nicht geraucht;
 - der Befragte hält sich nicht häufiger in Räumen auf, in denen stark geraucht wird (Frageformulierung bei Erwachsenen) bzw. der Befragte hält sich nie in Räumen auf, in denen geraucht wird (Frageformulierung bei Kindern)
 Wenn mindestens eine dieser Bedingungen nicht zutrifft, liegt Tabakrauchexposition vor
Ausprägungen: 0: "keine Tabakrauchexposition",
 1: "Tabakrauchexposition"

Wohnungsumfeld

- 79) **Alte/Neue Länder:** Proband lebt in den alten bzw. neuen Bundesländern
Ausprägungen: 0: "Alte Länder",
 1: "Neue Länder"
im Modell für: Blei im Blut (Kinder)
- 79-80) **Gemeindegröße:** Gemeindegrößenklasse der Gemeinde, in der der Proband wohnt
Codierte Variable: 0: "unter 20 000 Einwohner",
 1: "ab 20 000 Einwohner"
Codierte Variable: 0: "unter 100 000 Einwohner",
 1: "ab 100 000 Einwohner"
- 81) **Bevölkerungsdichte der Gemeinde:** Bevölkerungsdichte der Wohngemeinde des Probanden, berechnet aus Einwohnerzahl und Fläche der Gemeinde nach Daten der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (Stand:).
Ausprägungen: metrisch [Einwohner/km²]
- 82-83) **Wohngebiet:** Proband wohnt in einem ländlichen, vorstädtischen oder städtischen Wohngebiet
Codierte Variable: 0: "ländlich",
 1: "vorstädtisch oder städtisch"
Codierte Variable: 0: "ländlich oder vorstädtisch",
 1: "städtisch"
- 84) **Haustyp:** Typ des Wohnhauses, in dem der Proband wohnt.
Codierte Variable: 0: "Hochhaus oder Wohnblock",
 1: "Ein-, Zwei- oder Mehrfamilienhaus"
im Modell für: Blei im Inhalt des Staubsaugerbeutels (Erwachsene)

85-86) Wohnumgebung / Bauungsart: Bauungsart der Wohngegend des Probanden

Codierte Variable: 0: "Blockbauung ohne Grün",
1: "Blockbauung mit Grün oder aufgelockerte Bauung oder Ein-, Zweifamilienhäuser, Villenviertel"

Codierte Variable: 0: "Blockbauung ohne oder mit Grün",
1: "Aufgelockerte Bauung oder Ein-, Zweifamilienhäuser, Villenviertel"

Codierte Variable: 0: "Blockbauung ohne oder mit Grün oder aufgelockerte Bauung",
1: "Ein-, Zweifamilienhäuser, Villenviertel"

87) Kläranlagen/Deponien in 3 km Umkreis der Wohnung:

Nach Befragung des erwachsenen Probanden befinden sich Kläranlagen/Deponien in 3 km Umkreis seiner Wohnung

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

88) Müllverbrennungsanlagen in 3 km Umkreis der Wohnung:

Nach Befragung des erwachsenen Probanden befinden sich Müllverbrennungsanlagen in 3 km Umkreis seiner Wohnung

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

89-90) Industrie- oder Gewerbebetriebe in 3 km Umkreis der Wohnung:

Nach Befragung des erwachsenen Probanden befinden sich Industrie- oder Gewerbebetriebe in 3 km Umkreis seiner Wohnung

Codierte Variable: 0: "(fast) keine oder wenige stillgelegte",
1: "wenige oder viele"

Codierte Variable: 0: "(fast) keine oder wenige oder viele stillgelegte",
1: "viele"

91) Lärmbelästigung durch Industrie- oder Gewerbebetriebe in 3 km Umkreis der Wohnung:

Nach Befragung des erwachsenen Probanden gehen von Industrie- oder Gewerbebetrieben, die sich in 3 km Umkreis seiner Wohnung befinden, Lärmbelästigungen für die Umgebung aus.

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

92) Staub-, Schmutzbelastung durch Industrie- oder Gewerbebetriebe in 3 km Umkreis der Wohnung:

Nach Befragung des erwachsenen Probanden gehen von Industrie- oder Gewerbebetrieben, die sich in 3 km Umkreis seiner Wohnung befinden, Staub-, Schmutzbelastungen für die Umgebung aus.

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

93) Belastung durch Dämpfe, Gase, Rauch durch Industrie- oder Gewerbebetriebe in 3 km Umkreis der Wohnung: Nach Befragung des erwachsenen Probanden gehen von Industrie- oder Gewerbebetrieben, die sich in 3 km Umkreis seiner Wohnung befinden, Belastungen durch Dämpfe, Gase, Rauch für die Umgebung aus.

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

94) Kraftwerke in 3 km Umkreis der Wohnung:

Nach Befragung des erwachsenen Probanden befinden sich Kraftwerke in 3 km Umkreis seiner Wohnung

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

- 95) **Energiewirtschaft in 3 km Umkreis der Wohnung:**
Nach Befragung des erwachsenen Probanden befinden sich energiewirtschaftliche Betriebe in 3 km Umkreis seiner Wohnung
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 96) **Bergbau in 3 km Umkreis der Wohnung:**
Nach Befragung des erwachsenen Probanden befinden sich Bergbaubetriebe in 3 km Umkreis seiner Wohnung
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 97) **Eisen- und Stahlindustrie / -verarbeitung in 3 km Umkreis der Wohnung:**
Nach Befragung des erwachsenen Probanden befinden sich Betriebe der Eisen- und Stahlindustrie bzw. -verarbeitung in 3 km Umkreis seiner Wohnung
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 98) **Maschinenbau in 3 km Umkreis der Wohnung:**
Nach Befragung des erwachsenen Probanden befinden sich Maschinenbaubetriebe in 3 km Umkreis seiner Wohnung
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 99) **Automobilindustrie in 3 km Umkreis der Wohnung:**
Nach Befragung des erwachsenen Probanden befindet sich Automobilindustrie in 3 km Umkreis seiner Wohnung
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 100) **Kfz-Gewerbe in 3 km Umkreis der Wohnung:**
Nach Befragung des erwachsenen Probanden befinden sich Betriebe des Kfz-Gewerbes in 3 km Umkreis seiner Wohnung
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 101) **Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik in 3 km Umkreis der Wohnung:**
Nach Befragung des erwachsenen Probanden befinden sich Betriebe der Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik in 3 km Umkreis seiner Wohnung
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 102) **Luftqualität während der Jahreszeit der Probenahme:**
Beurteilung der Luftqualität zur Jahreszeit der Blutabnahme in der Wohnumgebung durch den erwachsenen Probanden
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 103) **Luftqualität während des Sommers:** Beurteilung der Luftqualität während des Sommers in der Wohnumgebung durch den erwachsenen Probanden
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

- 104) **Luftqualität während der Heizperiode:** Beurteilung der Luftqualität während der Heizperiode in der Wohnumgebung durch den erwachsenen Probanden
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 105) **Landwirtschaft/Klärwerke als Grund für schlechte Luftqualität während Jahreszeit der Probenahme:** Landwirtschaft/Klärwerke werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität zur Jahreszeit der Blutabnahme in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Landwirtschaft/Klärwerke",
1: "schlechte Luftqualität durch Landwirtschaft/Klärwerke"
- 106) **Landwirtschaft/Klärwerke als Grund für schlechte Luftqualität während des Sommers:** Landwirtschaft/Klärwerke werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität während des Sommers in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Landwirtschaft/Klärwerke",
1: "schlechte Luftqualität durch Landwirtschaft/Klärwerke"
- 107) **Landwirtschaft/Klärwerke als Grund für schlechte Luftqualität während der Heizperiode:** Landwirtschaft/Klärwerke werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität während der Heizperiode in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Landwirtschaft/Klärwerke",
1: "schlechte Luftqualität durch Landwirtschaft/Klärwerke"
- 108) **Industrie/Gewerbe als Grund für schlechte Luftqualität während Jahreszeit der Probenahme:** Industrie/Gewerbe werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität zur Jahreszeit der Blutabnahme in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Industrie/Gewerbe",
1: "schlechte Luftqualität durch Industrie/Gewerbe"
- 109) **Industrie/Gewerbe als Grund für schlechte Luftqualität während des Sommers:** Industrie/Gewerbe werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität während des Sommers in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Industrie/Gewerbe",
1: "schlechte Luftqualität durch Industrie/Gewerbe"
- 110) **Industrie/Gewerbe als Grund für schlechte Luftqualität während der Heizperiode:** Industrie/Gewerbe werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität während der Heizperiode in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Industrie/Gewerbe",
1: "schlechte Luftqualität durch Industrie/Gewerbe"
- 111) **Verkehr als Grund für schlechte Luftqualität während Jahreszeit der Probenahme:** Verkehr werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität zur Jahreszeit der Blutabnahme in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Verkehr",
1: "schlechte Luftqualität durch Verkehr"

- 112) Verkehr als Grund für schlechte Luftqualität während des Sommers:**
Verkehr werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität während des Sommers in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Verkehr",
1: "schlechte Luftqualität durch Verkehr"
- 113) Verkehr als Grund für schlechte Luftqualität während der Heizperiode:**
Verkehr werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität während der Heizperiode in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Verkehr",
1: "schlechte Luftqualität durch Verkehr"
- 114) Verbrennungsprozesse als Grund für schlechte Luftqualität während Jahreszeit der Probenahme:**
Verbrennungsprozesse werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität zur Jahreszeit der Blutabnahme in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Verbrennungsprozesse",
1: "schlechte Luftqualität durch Verbrennungsprozesse"
- 115) Verbrennungsprozesse als Grund für schlechte Luftqualität während des Sommers:**
Verbrennungsprozesse werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität während des Sommers in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Verbrennungsprozesse",
1: "schlechte Luftqualität durch Verbrennungsprozesse"
- 116) Verbrennungsprozesse als Grund für schlechte Luftqualität während der Heizperiode:**
Verbrennungsprozesse werden durch den erwachsenen Probanden als Grund für schlechte Luftqualität während der Heizperiode in der Wohnumgebung angegeben
Ausprägungen: 0: "gute oder schlechte Luftqualität nicht durch Verbrennungsprozesse",
1: "schlechte Luftqualität durch Verbrennungsprozesse"
- 117) Fahrstraßen des öffentlichen Kfz-Verkehrs weniger als 10 m vom Wohnhaus:**
Fahrstraßen des öffentlichen Kfz-Verkehrs befinden sich nach Einschätzung des Interviewers weniger als 10 m vom Wohnhaus entfernt
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 118) Fahrstraßen des öffentlichen Kfz-Verkehrs weniger als 10 m vom Wohnhaus an Fensterseite:**
Fahrstraßen des öffentlichen Kfz-Verkehrs befinden sich nach Einschätzung des Interviewers weniger als 10 m vom Wohnhaus entfernt an einer Fensterseite der Wohnung
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 119) Werkstätten weniger als 10 m vom Wohnhaus:**
Werkstätten befinden sich nach Einschätzung des Interviewers weniger als 10 m vom Wohnhaus entfernt
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

120) Werkstätten weniger als 10 m vom Wohnhaus an Fensterseite:

Werkstätten befinden sich nach Einschätzung des Interviewers weniger als 10 m vom Wohnhaus entfernt an einer Fensterseite der Wohnung

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

121) Bleiniederschlag in der Außenluft (Bergerhoff-Gerät): Jahresmittelwert des Bleiniederschlags, der aus den Monats-Messungen des im Wohnort (Point) aufgestellten Bergerhoff-Gerätes berechnet wurde

Ausprägungen: metrisch [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$]

Häuslicher Bereich**122-124) Alter des Wohnhauses:** Alter des Wohnhauses, in dem der Proband wohnt

Ausprägungen: metrisch [Jahre],

im Modell für: Blei im Blut (Erwachsene - neue Länder, Kinder - neue Länder),
Bleiniederschlag in Wohnräumen (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder,
Erwachsene - neue Länder, Kinder, Kinder - neue Länder)

Codierte Variable: 0: "ab 1981 gebaut",
1: "bis 1980 gebaut"

Codierte Variable: 0: "ab 1950 gebaut",
1: "bis 1949 gebaut"

im Modell für: Blei im Kopfhaar (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder, Kinder, Kinder - neue Länder)

125) Wohndauer: Wohndauer in der Wohnung zum Zeitpunkt des Interviews

Ausprägungen: metrisch [Jahre]

im Modell für: Blei im Inhalt des Staubsaugerbeutels (Kinder - alte Länder)

126) Etagezahl des Wohnhauses: Anzahl Etagen des Wohnhauses des Probanden

Ausprägungen: metrisch

127) Wohnfläche der Wohnung: Gesamtfläche der Wohnung des Probanden

Ausprägungen: metrisch [m^2]

128) Anzahl Personen im Haushalt: Anzahl Personen im Haushalt des Probanden

Ausprägungen: metrisch

129) Anzahl 6- bis 14jährige Kinder im Haushalt: Anzahl der im Haushalt des Probanden lebenden 6- bis 14jährigen Kinder

Ausprägungen: metrisch

im Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Erwachsene, Erwachsene - neue Länder)

130) Anzahl Raucher im Haushalt: Anzahl Raucher im Haushalt des Probanden

Ausprägungen: metrisch

131) Wohnfläche pro Person: Quotient aus Wohnfläche und Anzahl der Personen im Haushalt des Probanden

Ausprägungen: metrisch

- 132) *Person pro m² der Wohnung:*** Quotient aus Anzahl der Personen im Haushalt des Probanden und der Fläche der Wohnfläche
Ausprägungen: metrisch [Personen/m²]
im Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Kinder, Kinder - alte Länder)
- 133-136) *Haustiere in der Wohnung:*** Haltung von Haustieren in der Wohnung des Probanden
Codierte Variable: 0: "kein(e) Hund(e)",
 1: "Hund(e)"
im Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Kinder, Kinder - alte Länder)
Codierte Variable: 0: "keine Katze(n)",
 1: "Katze(n)"
Codierte Variable: 0: "keine Katze(n) oder Hund(e)",
 1: "Katze(n) oder Hund(e)"
Codierte Variable: 0: "kein(e) Tier(e) mit Fell oder Federn",
 1: "Tier(e) mit Fell oder Federn"
im Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder)
- 137) *Bleiniederschlag in Wohnräumen:*** Bleiniederschlag im Probenahmeraum im Haushalt des Probanden
Ausprägungen: metrisch [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$]
- 138) *Gesamtstaubniederschlag im Haushalt:*** Gesamtstaubniederschlag im Haushalt des Probanden
Ausprägungen: metrisch [$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$]
- 139) *Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels:*** Bleigehalt im Inhalt des Staubsaugerbeutels aus dem Haushalt des Probanden
Ausprägungen: metrisch [$\mu\text{g}/\text{g}$]
- 140) *Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Spontanprobe):***
 Bleigehalt im Haushaltstrinkwasser (Spontanprobe)
Ausprägungen: metrisch [$\mu\text{g}/\text{l}$]
- 141) *Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Stagnationsprobe):***
 Bleigehalt im Haushaltstrinkwasser (Stagnationsprobe)
Ausprägungen: metrisch [$\mu\text{g}/\text{l}$]
im Modell für: Blei im Blut (Kinder, Kinder - neue Länder)
- 142) *Bleigehalt im häuslichen Trinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe):***
 Bleigehalt im Haushaltstrinkwasser
Ausprägungen: metrisch [$\mu\text{g}/\text{l}$]
im Modell für: Blei im Kopfhaar (Erwachsene, Erwachsene – alte Länder, Erwachsene - neue Länder, Kinder, Kinder - alte Länder)
- 143) *Bleiwasserleitungen:*** Ausschließliche oder teilweise Verwendung von Blei als Material für die im Wohnhaus installierten Wasserrohre
Ausprägungen: 0: "nein",
 1: "ja"
- 144) *Kalziumgehalt im häuslichen Trinkwasser:*** Kalziumgehalt im Haushaltstrinkwasser (Mittelwert aus Spontan- und Stagnationsprobe)
Ausprägungen: metrisch [mg/l]

- 145) **Härte des häuslichen Trinkwassers:** Härte des Haushaltstrinkwassers
Ausprägungen: metrisch [mmol/l]
- 146) **Heizen mit Öl:** Proband heizt Wohnung mit Öl
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 147) **Heizen mit Gas:** Proband heizt Wohnung mit Gas
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 148) **Heizen mit Kohle/Holz:** Proband heizt Wohnung mit Kohle/Holz
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 149) **Heizen mit Elektro:** Proband heizt Wohnung mit Elektro
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 150) **Kochen mit Öl:** Proband kocht mit Öl
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 151) **Kochen mit Gas:** Proband kocht mit Gas
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 152) **Kochen mit Kohle/Holz:** Proband kocht mit Kohle/Holz
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 153) **Kochen mit Elektro:** Proband kocht mit Elektro
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 154) **Warmwasser mit Öl:** Proband bereitet warmes Wasser mit Öl
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 155) **Warmwasser mit Gas:** Proband bereitet warmes Wasser mit Gas
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 156) **Warmwasser mit Kohle/Holz:** Proband bereitet warmes Wasser mit Kohle/Holz
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 157) **Warmwasser mit Elektro:** Proband bereitet warmes Wasser mit Elektro
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

158) *Einzeln zu bedienende Öfen:* Proband lebt in Wohnung mit einzeln zu bedienenden Öfen

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

im Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Kinder, Kinder - neue Länder)

159) *Heizungsart:* Art der Beheizung der Wohnung des Probanden

Codierte Variable: 0: "zentral",
1: "dezentral"

Codierte Variable: 0: "zentral oder dezentral, andere als Kohle/Holz",
1: "dezentral mit Kohle/Holz"

im Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder)

Probenahmeraum (Staubsaammelbecher)

160-168) *Art des Probenahmeraumes:*

Codierte Variable: 0: "kein Arbeitszimmer",
1: "Arbeitszimmer"

Codierte Variable: 0: "kein Esszimmer",
1: "Esszimmer"

Codierte Variable: 0: "kein Hobbyzimmer",
1: "Hobbyzimmer"

Codierte Variable: 0: "kein Jugend-/Kinderzimmer",
1: "Jugend-/Kinderzimmer"

Codierte Variable: 0: "keine Küche",
1: "Küche"

Codierte Variable: 0: "keine Wohnküche",
1: "Wohnküche"

Codierte Variable: 0: "kein Schlafzimmer",
1: "Schlafzimmer"

Codierte Variable: 0: "kein Wohnzimmer",
1: "Wohnzimmer"

Codierte Variable: 0: "keine Küche oder Wohnküche",
1: "Küche oder Wohnküche"

im Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Kinder, Kinder - alte Länder)

169) *Etagenlage des Probenahmeraumes:*

Ausprägungen: metrisch

170) *Fläche des Probenahmeraumes:*

Ausprägungen: metrisch [m²]

171) *Höhe des Probenahmeraumes:*

Ausprägungen: metrisch [cm]

im Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder, Kinder, Kinder - alte Länder)

172) *Volumen des Probenahmeraumes:*

Ausprägungen: metrisch [m³]

173) Anzahl Personen im Probenahmeraumes: Anzahl der Personen einschließlich des Probanden, die sich im Allgemeinen im Probenahmeraum aufhalten

Ausprägungen: metrisch

174) Personen pro m² im Probenahmeraum: Quotient aus Fläche des Probenahmeraumes und der Anzahl der sich im Allgemeinen darin aufhaltenden Personen

Ausprägungen: metrisch

im Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder)

175-177) Fläche des Probenahmeraum pro Person: Quotient aus der Anzahl der sich im Allgemeinen im Probenahmeraum aufhaltenden Personen und dessen Fläche

Codierte Variable: 0: "ab 12 m² pro Person",
1: "unter 12 m² pro Person"

Codierte Variable: 0: "ab 9 m² pro Person",
1: "unter 9 m² pro Person"

Codierte Variable: 0: "ab 6 m² pro Person",
1: "unter 6 m² pro Person"

178) Tägliche Aufenthaltsdauer im Probenahmeraum: Tägliche Aufenthaltsdauer des Probanden im Probenahmeraum

Ausprägungen: metrisch [h]

im Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder)

179-180) Art des Bodenbelags im Probenahmeraum:

Codierte Variable: 0: "glatter Boden ohne Teppich",
1: "glatter Boden mit Teppich oder Teppichboden"

Codierte Variable: 0: "glatter Boden ohne oder mit Teppich",
1: "Teppichboden"

181-182) Pflanzen im Probenahmeraum:

Codierte Variable: 0: "nein",
1: "ja, einige oder viele"

Codierte Variable: 0: "nein oder ja, einige",
1: "ja, viele"

183) Rauchen im Probenahmeraum:

Ausprägungen: 0: "nein, nicht üblich",
1: "ja, üblich"

184-186) Anzahl Raucher im Probenahmeraum: Anzahl der im Allgemeinen im Probenahmeraum rauchenden Personen einschließlich des Probanden

Ausprägungen: metrisch

Codierte Variable: 0: "keine(r)",
1: "eine(r) oder mehr"

Codierte Variable: 0: "keine(r) oder eine(r)",
1: "eine(r) oder mehr"

187) *Täglich im Probenahmeraum gerauchte Zigaretten:*Ausprägungen: metrischim Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder)**188) *Dichtigkeit der geschlossenen Fenster im Probenahmeraum:***Ausprägungen: 0: "(sehr) dicht",
1: "eher zugig"**189) *Tägliche Belüftung des Probenahmeraumes:***Ausprägungen: metrisch [h]**190) *Vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße:***Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"**191-192) *Entfernung zu einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße:***Transf. Variable: metrisch (1 / Entfernung [m] bzw. 0, wenn keine Straße sichtbar)Codierte Variable: 0: "keine sichtbar oder mehr als 12 m entfernt",
1: "bis zu 12 m entfernt"im Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Erwachsene, Erwachsene - neue Länder)**193) *Anzahl Spuren einer vom Probenahmeraum aus sichtbaren Straße:***Ausprägungen: metrischim Modell für: Bleiniederschlag in Wohnräumen (Kinder, Kinder - alte Länder)**Arbeitsplatz****194) *Berufstätigkeit (nur Erwachsene):***Ausprägungen: 0: "momentan nicht berufstätig",
1: "momentan berufstätig"**195) *Berufliche Stellung Arbeiter (nur Erwachsene):***

Derzeitige berufliche Stellung des Probanden ist Arbeiter

Ausprägungen: 0: "keine Arbeiter",
1: "Arbeiter"**196) *Berufliche Stellung Selbständiger (nur Erwachsene):***

Derzeitige berufliche Stellung des Probanden ist Selbständiger

Ausprägungen: 0: "kein Selbständiger",
1: "Selbständiger"**197) *Berufliche Stellung Angestellter (nur Erwachsene):***

Derzeitige berufliche Stellung des Probanden ist Angestellter

Ausprägungen: 0: "kein Angestellter",
1: "Angestellter"**198) *Berufliche Stellung Beamter (nur Erwachsene):***

Derzeitige berufliche Stellung des Probanden ist Beamter

Ausprägungen: 0: "kein Beamter",
1: "Beamter"

199) Aufenthalt in Werkhallen (nur Erwachsene):

Dauer des Aufenthalts des Probanden in Werkhallen, Garagen usw.

Ausprägungen: metrisch [h]**200) Haushaltseinkommen (nur Erwachsene):**

Monatliches Nettoeinkommen des Haushalts, in dem der Proband lebt

Ausprägungen: metrisch [DM]**201-202) Schulabschluß (nur Erwachsene):**Codierte Variable: 0: "kein Abschluss od. Abschluss 8. Klasse od. Volks-/Hauptschulabschluss",
1: "Realschulabschluss oder mittlere oder Abschluss 10. Klasse oder ..."Codierte Variable: 0: "kein Abschluss oder Abschluss 8. Klasse oder ...",
1: "Fachhochschulreife oder Abitur oder Abschluss einer Fachoberschule"**203) Arbeiter in Bergbau, Energiewirtschaft (nur Erwachsene):**

Proband arbeitet als Arbeiter in der Branche Bergbau, Energiewirtschaft

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"**204) Arbeiter in Eisen-, Stahlindustrie (nur Erwachsene):**

Proband arbeitet als Arbeiter in der Branche Eisen-, Stahlindustrie

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"**205) Arbeiter im Maschinenbau (nur Erwachsene):**

Proband arbeitet als Arbeiter in der Branche Maschinenbau

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"**206) Arbeiter in Autoindustrie, Kfz-Gewerbe (nur Erwachsene):**

Proband arbeitet als Arbeiter in der Branche Autoindustrie, Kfz-Gewerbe

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"**207) Arbeiter in Feinwerk-, Elektrotechnik (nur Erwachsene):**

Proband arbeitet als Arbeiter in der Branche Feinwerk-, Elektrotechnik

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"**208) Arbeiter in Papier-, Druckindustrie (nur Erwachsene):**

Proband arbeitet als Arbeiter in der Branche Papier-, Druckindustrie

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"**209) Arbeiter in Leder-, Textilindustrie (nur Erwachsene):**

Proband arbeitet als Arbeiter in der Branche Leder-, Textilindustrie

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

- 210) **Arbeiter in Bergbau, Energiewirtschaft, Eisen-, Stahl-, Autoindustrie, Kfz-Gewerbe, Papier- oder Druckindustrie (nur Erwachsene):** Proband arbeitet als Arbeiter in der Branche Bergbau, Energie oder Eisen-, Stahlindustrie oder Autoindustrie, Kfz-Gewerbe oder Papier-, Druckindustrie
- Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 211) **Arbeiter in Maschinenbau, Feinwerk-, Elektrotechnik, Leder- oder Textilindustrie (nur Erwachsene):** Proband arbeitet als Arbeiter in der Branche Maschinenbau oder Feinwerk-, Elektrotechnik oder Leder-, Textilindustrie
- Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 212) **Bergmann, Steinbrecher, Mineralaufbereiter (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Bergmanns, Steinbrechers oder Mineralaufbereiters aus
- Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 213) **Keramiker, Glasmassehersteller, Hohlglasmacher (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Keramikers, Glasmasseherstellers oder Hohlglasmachers aus
- Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 214) **Chemiebetriebswerker, Kunststoffverarbeiter (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Chemiebetriebswerkers oder Kunststoffverarbeiters aus
- Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 215) **Buchbinder, Schriftsetzer, Druckstoffhersteller (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Buchbinders, Schriftsetzers oder Druckstoffherstellers aus
- Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 216) **Metallverformer (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf Metallverformers aus
- Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 217) **Kfz-Instandsetzer, -mechaniker (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Kfz-Instandsetzers oder -mechanikers aus
- Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 218) **Fahrzeugelektriker, -monteur (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Fahrzeugelektrikers oder -monteurs aus
- Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 219) **Elektriker (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Elektrikers (außer Kfz) aus
- Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

- 220) **Lederhersteller, -verarbeiter (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Lederherstellers oder -verarbeiters aus
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 221) **Techniker, Ingenieur (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Technikers oder Ingenieurs aus
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 222) **Fahrer (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Fahrers (aller Art) aus
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 223) **Postbote (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Postboten aus
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 224) **Raumreiniger (nur Erwachsene):** Proband übt den Beruf eines Raumreinigers aus
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 225) **Beschäftigungsdauer im letzten Betrieb (nur Erwachsene):** Beschäftigungsdauer des Probanden im letzten Betrieb
Ausprägungen: metrisch [Monate]
- 226) **Staub in der Luft als Arbeitsbedingung (nur Erwachsene):** Staub in der Luft ist übliche Arbeitsbedingung des Probanden am Arbeitsplatz
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 227) **Staub auf Arbeitsmitteln als Arbeitsbedingung (nur Erwachsene):** Staub auf Arbeitsmitteln ist übliche Arbeitsbedingung des Probanden am Arbeitsplatz
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 228) **Staub auf dem Boden als Arbeitsbedingung (nur Erwachsene):** Staub auf dem Boden ist übliche Arbeitsbedingung des Probanden am Arbeitsplatz
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"
- 229) **Schmutz an Arbeitskleidung als Arbeitsbedingung (nur Erwachsene):** Schmutz an der Arbeitskleidung ist übliche Arbeitsbedingung des Probanden am Arbeitsplatz
Ausprägungen: 0: "nie oder selten",
1: "häufig oder immer"
- 230) **Metallverbindungen als Arbeitsbedingung (nur Erwachsene):** Metallverbindungen werden üblicherweise vom Probanden am Arbeitsplatz vorgefunden
Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

- 231) **Eisen, Stahl als Arbeitsbedingung (nur Erwachsene):** Eisen, Stahl werden üblicherweise vom Probanden am Arbeitsplatz vorgefunden
Ausprägungen: 0: "nein",
 1: "ja"
- 232) **Metalle, Metallverbindungen, Eisen, Stahl als Arbeitsbedingung (nur Erwachsene):** Metalle, Metallverbindungen, Eisen, Stahl werden üblicherweise vom Probanden am Arbeitsplatz vorgefunden
Ausprägungen: 0: "nie, gelegentlich oder selten",
 1: "häufig, sehr häufig oder immer"
im Modell für: Bleigehalt im Blut (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder, Erwachsene - neue Länder)
- 233) **Blei am Arbeitsplatz:** Blei wird üblicherweise vom Probanden am Arbeitsplatz vorgefunden
Codierte Variable: 0: "nie",
 1: "gelegentlich oder häufig oder sehr häufig"
Codierte Variable: 0: "nie oder gelegentlich",
 1: "häufig oder sehr häufig"
- 234) **Fabrikhallen, Garagen als Arbeitsort (nur Erwachsene):** Häufigkeit des Aufenthalts des Probanden in Fabrikhallen, Garagen am derzeitigen (letzten) Arbeitsplatz
Ausprägungen: 0: "nie, gelegentlich, selten",
 1: "häufig, sehr häufig, immer"
- 235) **Baustellen im Gebäude als Arbeitsort (nur Erwachsene):** Häufigkeit des Aufenthalts des Probanden auf Baustellen innerhalb von Gebäuden am derzeitigen (letzten) Arbeitsplatz
Ausprägungen: 0: "nie, gelegentlich, selten",
 1: "häufig, sehr häufig, immer"
- 236) **Fahrzeuge im Straßenverkehr als Arbeitsort (nur Erwachsene):** Häufigkeit des Aufenthalts des Probanden in Fahrzeugen im Straßenverkehr am derzeitigen (letzten) Arbeitsplatz
Ausprägungen: 0: "nie, gelegentlich, selten",
 1: "häufig, sehr häufig, immer"
- 237) **Fußgänger oder Zweiradfahrer im Straßenverkehr als Arbeitsort (nur Erwachsene):** Häufigkeit des Aufenthalts des Probanden als Fußgänger oder Zweiradfahrer im Straßenverkehr am derzeitigen (letzten) Arbeitsplatz
Ausprägungen: 0: "nie, gelegentlich, selten",
 1: "häufig, sehr häufig, immer"
- 238) **Baustellen im Freien als Arbeitsort (nur Erwachsene):** Häufigkeit des Aufenthalts des Probanden auf Baustellen im Freien am derzeitigen (letzten) Arbeitsplatz
Ausprägungen: 0: "nie, gelegentlich, selten",
 1: "häufig, sehr häufig, immer"
- 239) **Berufliche Stellung des Ehepartners ist Arbeiter (nur Erwachsene):**
Ausprägungen: 0: "kein Arbeiter",
 1: "Arbeiter"

240) Berufliche Stellung des Ehepartners ist Selbständiger (nur Erwachsene):

Ausprägungen: 0: "kein Selbständiger",
1: "Selbständiger"

241) Berufliche Stellung des Ehepartners ist Angestellter (nur Erwachsene):

Ausprägungen: 0: "kein Angestellter",
1: "Angestellter"

242) Berufliche Stellung des Ehepartners ist Beamter (nur Erwachsene):

Ausprägungen: 0: "kein Beamter",
1: "Beamter"

Staubsaugerbeutelprobe**243) Staubsaugen auch außerhalb der Wohnung:** Mit dem Staubsauger, aus dem die Beutelprobe entnommen wurde, wird auch außerhalb der Wohnung gesaugt.

Ausprägungen: 0: "nein",
1: "ja"

244-246) Verweildauer des Beutels im Staubsauger:

Ausprägungen: metrisch [Wochen]
Codierte Variable: 0: "bis 1 Woche",
1: "mehr als 1 Woche"
Codierte Variable: 0: "bis 2 Wochen",
1: "mehr als 2 Wochen"
Codierte Variable: 0: "bis 4 Wochen",
1: "mehr als 4 Wochen"

247-248) Abgesaugte Bodenart: Art der gesaugten Böden

Codierte Variable: 0: "nur glatter Boden",
1: "nur Teppichboden oder beides"
Codierte Variable: 0: "nur glatter Boden oder beides",
1: "nur Teppichboden"

Sonstige Variable**249) Jahreszeit:** Jahreszeit, zu der die Blut-, Kopfhair- und Staubsaugerbeutelproben entnommen wurden.

Ausprägungen: 0: "Oktober bis April",
1: "Mai bis September"

im Modell für: Blei im Kopfhair (Kinder, Kinder - alte Länder)

250) Mittlere Tageshöchsttemperatur: Mittelwert der Tageshöchsttemperatur während des Zeitraumes der Probenahme am Wohnort des Probanden

Ausprägungen: metrisch [°C]

im Modell für: Blei im Kopfhair (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder), Blei im Inhalt des Staubsaugerbeutels (Erwachsene, Erwachsene - alte Länder)