

WaBoLu-Hefte

WaBoLu

**03
07**

ISSN
1862-4340

Evaluation von Standards und Modellen zur probabilistischen Expositionsabschätzung

Teil 2: Empfehlungen für Expositionsfaktoren

Umwelt
Bundes
Amt 
Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 202 61 218/02
UBA-FB 001073/2



Evaluation von Standards und Modellen zur probabilistischen Expositionsabschätzung

Teil 2: Empfehlungen für Expositions faktoren

von

**Odile Mekel¹, Olaf Mosbach-Schulz²,
Michael Schümann^{3,7}, Petra-Karin Okken⁴,
Claudia Peters⁷, Jens Herrmann^{†2}, Oliver Hehl⁵,
Michael Bubenheim⁶, Rainer Fehr¹, Jürgen Timm²**

- 1: Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst NRW
- 2: Universität Bremen, FB 3: Risikoforschung Umwelt Gesundheit
- 3: Behörde für Soziales, Gesundheit und Verbraucherschutz, Hamburg
- 4: Universität Bielefeld, Fakultät Gesundheitswissenschaften
- 5: Niedersächsisches Landesgesundheitsamt
- 6: Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Inst. f. med. Biometrie und Epidemiologie (IMBE)
- 7: Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, IMBE / Arbeitsgruppe Epidemiologie

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

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

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 1406
06844 Dessau-Roßlau
Tel.: +49-340-2103-0
Telefax: +49-340-2103-2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 1.3
Dirk Wintermeyer
André Conrad

Dessau-Roßlau, November 2007



Evaluation von Standards und Modellen zur probabilistischen Expositionsabschätzung

Teil 2 Empfehlungen für Expositionsfaktoren

Abschlussbericht

Inhaltsverzeichnis Teil 2

Verzeichnis der Abbildungen	V
--	----------

Verzeichnis der Tabellen	VI
---------------------------------------	-----------

1	Methoden der Dokumentation von Expositions Faktoren	1
----------	--	----------

Claudia Peters

1.1	Einleitung	1
1.2	Thematische Gliederung der Expositions Faktoren	2
1.3	Der Umgang mit Datenquellen für Expositionsabschätzungen	3
1.4	Stratifizierung der Expositionsdaten.....	6
1.5	Anpassung parametrischer Verteilungen	9
1.6	Zusammenfassung.....	10

2	Die Datenbank RefXP - Dokumentation und Nutzung der Datenbank RefXP für Expositions Faktoren	13
----------	---	-----------

Michael Schümann, Claudia Peters

2.1	Ziele der Entwicklung einer standardisierten Datenbank	13
2.2	Technische Voraussetzungen	14
2.3	Aufbau der Datenbank	15
2.4	Funktion der Datenbank RefXP	18
2.5	Die Suchfunktion	25
2.6	Der Datenexport.....	26
2.7	Fazit	27

3	Ausgewählte Datenquellen für Expositions Faktoren.....	29
----------	---	-----------

Claudia Peters, Jens Herrmann†, Olaf Mosbach-Schulz, Petra Okken

3.1	Nationale Verzehrsstudie (NVS) 1985/89	30
3.2	Nationaler Untersuchungssurvey (NUS) 1990/91	35
3.3	Gesundheitssurvey Ost-West (OW) 1990/92	36
3.4	Umwelt-Survey 1990/92	38
3.5	Bundes-Gesundheitssurvey (BGS) 1998	39
3.6	Umwelt-Survey 1998	40
3.7	Schuleingangsuntersuchung Niedersachsen.....	41
3.8	Schulärztliche Untersuchungen Hamburg.....	42
3.9	Sozio-ökonomisches Panel (SOEP)	42

4	Anthropometrie.....	45
	<i>Claudia Peters</i>	
4.1	Einleitung	45
4.2	Datenquellen	45
4.2.1	Nationaler Untersuchungssurvey 1990/91	45
4.2.2	Gesundheitssurvey Ost-West 1990/92	46
4.2.3	Umwelt-Survey 1990/92	46
4.2.4	Bundes-Gesundheitssurvey 1998	47
4.2.5	Schulärztliche Untersuchungen	47
4.2.6	Sozio-ökonomisches Panel (SOEP)	48
4.2.7	Anthropometrische Datenbank der Universität Potsdam.....	50
4.3	Literaturquellen	50
4.3.1	AUH-Bericht	50
4.3.2	Kromeyer-Hauschild et al.	51
4.3.3	Handbuch der Ergonomie	52
4.4	Körperoberfläche.....	52
4.5	Körperfett	53
4.6	Fazit der Empfehlungen zur Anthropometrie	55
5	Zeitbudget	59
	<i>Claudia Peters, Jens Herrmann†</i>	
5.1	Einleitung	59
5.2	Datenquellen	60
5.2.1	Nationaler Untersuchungssurvey 1990/91	60
5.2.2	Gesundheitssurvey Ost-West 1990/92	61
5.2.3	Umwelt-Survey 1990/92	61
5.2.4	Bundes-Gesundheitssurvey 1998.....	64
5.2.5	Sozio-ökonomisches Panel (SOEP)	65
5.2.6	Zeitbudgeterhebung 2001/02.....	66
5.3	Literaturquellen zum Aktivitätsmuster	67
5.4	Fazit	69
6	Ernährung	73
	<i>Olaf Mosbach-Schulz, Petra Okken</i>	
6.1	Erhebungsmethoden für das Verzehrverhalten.....	73
6.1.1	Geeignete Erhebungsmethoden für Referenzwerte	75
6.1.2	Interpretation der Referenzwerte	78
6.2	Datensätze für Deutschland	78
6.2.1	Ernährungsstudien für die Gesamtbevölkerung	82
6.2.2	Ernährungsstudien für spezielle Altersgruppen	83

6.2.3	Ernährungsstudien für spezielle Regionen	85
6.2.4	Ernährungsstudien zur Aufklärung spezieller Krankheitsrisiken	86
6.2.5	Weitere Datenquellen	87
6.2.6	Fazit	87
6.3	Spezielle Ernährungsfragestellungen	88
6.3.1	Verzehr von selbst angebautem Obst und Gemüse.....	88
6.3.2	Fazit	95
6.3.3	Verzehr von Trinkwasser aus Leitungen des eigenen Haushalts	96
6.3.4	Fazit	97
7	Orale Boden- und Hausstaubaufnahme	99
	<i>Petra Okken, Odile Mekel</i>	
7.1	Methodik von Studien zur Ableitung von Ingestionswerten.....	100
7.2	Literaturquellen: Studien mit Kindern	103
7.2.1	Binder-Studie	103
7.2.2	Clausing-Studie.....	105
7.2.3	Amherst-Studie	106
7.2.4	Van Wijnen-Studie	112
7.2.5	Davis-Studie.....	113
7.2.6	Anaconda-Studie	115
7.2.7	Bothe-Studie	117
7.3	Literaturquellen: Studien zu Pica-Verhalten.....	119
7.4	Literaturquellen: Studien mit Erwachsenen.....	121
7.4.1	Amherst-Studie	121
7.4.2	Anaconda-Studie	122
7.5	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse aus Tracer-Studien.....	122
7.6	Vergleich der Empfehlungen zur Bodeningestion aus internationaler Kompendien	126
7.7	Ingestion von Hausstaub.....	127
7.8	Unsicherheiten bei der Ableitung von Bodeningestionswerten	128
7.9	Fazit der Empfehlungen für orale Boden- und Staubaufnahme.....	129
8	Inhalation	131
	<i>Claudia Peters</i>	
8.1	Einleitung	131
8.2	Literaturquellen - Kompendien	131
8.2.1	AUH-Bericht	131
8.2.2	Exposure Factors Handbook	132
8.2.3	Child specific Exposure Factors Handbook.....	133
8.2.4	Air Toxics „Hot Spots“ Program	133
8.2.5	International Commission on Radiological Protection (ICRP).....	134

8.2.6	American Industrial Health Council (AIHC)	135
8.2.7	Exposure Factors Sourcebook for European Population (ECETOC).....	136
8.2.8	Australian Exposure Assessment Handbook	136
8.2.9	Compendium of Canadian Human Exposure Factors for Risk Assessment	136
8.3	Weitere Literaturquellen	137
8.4	Fazit und Empfehlungen zur Inhalation.....	141
9	Dermale Aufnahme.....	145
	<i>Petra Okken</i>	
9.1	Kontaktmengen	145
9.2	Diskussion	145
9.3	Fazit	146
10	Gebrauch von Trinkwasser	147
	<i>Petra Okken</i>	
10.1	Literaturquellen zum Wassergebrauch	147
10.1.1	Statistisches Bundesamt	148
10.1.2	Statistisches Jahrbuch der Bundesrepublik Deutschland.....	149
10.1.3	Weitere Informationsquellen	150
10.2	Empfehlungen zum Trinkwassergebrauch.....	151
11	Wohncharakteristika	153
	<i>Claudia Peters</i>	
11.1	Einleitung	153
11.2	Datenquellen	153
11.2.1	Bundes-Gesundheitssurvey 1998.....	154
11.2.2	Sozio-ökonomisches Panel (SOEP).....	154
11.3	Empfehlungen zu den Wohncharakteristika.....	155
12	Literatur und Datenquellen.....	157

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1.1	Vorgehensweise bei der Evaluation von Surveydaten	3
Abbildung 1.2	Vorgehensweise bei der Evaluation von Literaturquellen	6
Abbildung 1.3	Altersstratifizierung für Kinder und Jugendliche verschiedener Literaturquellen	7
Abbildung 2.1	Ansicht des Programms RefXP nach Programmstart	15
Abbildung 2.2	Datenbankoberfläche in RefXP nach Auswahl einer Datenquelle	16
Abbildung 2.3	Auswahlmöglichkeiten in RefXP zur Ansicht der aktuellen Datenquelle.....	18
Abbildung 2.4	Datenbank-Informationseite zum Umwelt-Survey 1990/92 für den Aufenthalt im Freien von Frauen im Alter von 25 – 79 Jahren.....	19
Abbildung 2.5	Datenbankfenster der Datentabelle mit Wahloptionen.....	20
Abbildung 2.6	Datentabelle in RefXP zur Speicherung in der Zwischenablage.....	21
Abbildung 2.7	Ergebnisse der Verteilungsanpassung in RefXP I	22
Abbildung 2.8	Ergebnisse der Verteilungsanpassung in RefXP II	22
Abbildung 2.9	Ergebnisse der Verteilungsanpassung in RefXP über alle Altersgruppen	23
Abbildung 2.10	Ergebnisse der Verteilungsanpassung in RefXP III	23
Abbildung 2.11	Ergebnisse der Verteilungsanpassung in RefXP IV	24
Abbildung 2.12	Protokoll- und Einstelloptionen in RefXP	24
Abbildung 2.13	Die Suchfunktion in RefXP	25
Abbildung 4.1	Mittelwertvergleich des Körpergewichtes von BGS 1998 und SOEP 2002.....	49
Abbildung 4.2	Vergleich der Schätzungen zum relativen Körperfettanteil für Männer und Frauen des BGS 1998.....	55

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1.1	Kriterien zur Datenqualität.....	5
Tabelle 1.2	Empfehlung des Xprob-Projekts zur Stratifizierung des Alters	7
Tabelle 3.1	Datenquellen, die für die Verteilungsanpassung von Expositionsfaktoren ausgewertet wurden	29
Tabelle 3.2	Kategorisierung von Lebensmitteln in 24 bzw. 85 Gruppen (Adolf et al. 1995, AUH 1995).....	33
Tabelle 4.1	Werte für Konstanten in der Formel zur Schätzung der Körperoberfläche	53
Tabelle 4.2	Inhalt der Datenbank zum Themenbereich Anthropometrie	57
Tabelle 5.1	Aufenthaltssorte im Umwelt-Survey 1990/92.....	62
Tabelle 5.2	Aktivitätsmuster des Bundes-Gesundheitssurvey 1998.....	64
Tabelle 5.3	Tätigkeiten im SOEP	66
Tabelle 5.4	Referenzwerte zum täglichen Zeitbudget (h/d) bei unterschiedlichen Aktivitäten für die Allgemeinbevölkerung (ICRP 2003)	68
Tabelle 5.5	Referenzwerte zum täglichen Zeitbudget (h/d) für die Allgemeinbevölkerung (ICRP 2003).....	68
Tabelle 5.6	Inhalt der Datenbank RefXP zum Themenbereich Zeitbudget	70
Tabelle 6.1	Erhebungsverfahren für Verzehrsverhalten und ihre Bezugszeiträume	75
Tabelle 6.2	Quellen der Unsicherheit bei der Schätzung der Exposition über Lebensmittel (Kroes et al. 2002)	77
Tabelle 6.3	Ausgewählte Ernährungsstudien in Deutschland	80
Tabelle 6.4	Verzehr von Trinkwasser aus Leitungen des eigenen Haushalts (Hilbig und Kersting 2003)	85
Tabelle 6.5	Ernährungsstudien nach Altersgruppen.....	88
Tabelle 6.6	Täglicher Verzehr von Obst (g/d) durch Kleingärtner	90
Tabelle 6.7	Täglicher Verzehr von (g/d) Gemüse und anderen Vegetabilien durch Kleingärtner	91
Tabelle 6.8	Jahresdurchschnittlicher Verzehr (g/d) von Vegetabilien durch Kleingärtner	92
Tabelle 6.9	Einteilung der Obst- und Gemüsearten für die Auswertung der Daten der Verzehrsstudie in Kleingärten im Rhein-Ruhrgebiet	94
Tabelle 6.10	Absolute Anzahl der Teilnehmer der Verzehrsprotokollierung.....	94
Tabelle 6.11	Verzehr von Trinkwasser aus Leitungen des eigenen Haushalts für Erwachsene.....	97
Tabelle 7.1	Studien zur Ermittlung von Boden- bzw. Staubingestionsraten	99
Tabelle 7.2	Bodeningestionsraten (mg/d) nach Binder et al. (1986)	103
Tabelle 7.3	Verteilungsparameter für geschätzte Bodeningestion (mg/d) nach Thompson und Burmaster (1991)	104
Tabelle 7.4	Bodeningestion (mg/d) von Kindern nach Clausen et al. (1987)	105
Tabelle 7.5	Ingestionswerte für Boden und Staub (mg/d) von Kindern nach Calabrese et al. (1989)	107
Tabelle 7.6	Mittelwerte der Bodeningestion (mg/d) in Abhängigkeit von den betrachteten Tracerelementen nach Calabrese und Stanek (1995).....	108

Tabelle 7.7	Empirische Verteilung der Mittelwerte der Bodeningestion (mg/d) berechnet für einzelne und über mehrere Tracerelemente nach Stanek und Calabrese (1995a).....	109
Tabelle 7.8	Empirische Verteilung der Mediane der Bodeningestion (mg/d) berechnet für einzelne und über mehrere Tracerelemente nach Stanek und Calabrese (1995a).....	109
Tabelle 7.9	Lognormalverteilung der Bodeningestion (mg/d) berechnet über 365 Tage nach Stanek und Calabrese (1995a)	110
Tabelle 7.10	Parameter der Verteilungen für Bodeningestion (mg/d) nach Stanek und Calabrese (1995b).....	110
Tabelle 7.11	Quantilwerte der Verteilung für die Bodeningestion (mg/d) von Kindern nach Finley et al. (1994a).....	111
Tabelle 7.12	Bodeningestionsraten (mg/d) für Kinder nach van Wijnen et al. (1990)	113
Tabelle 7.13	Durchschnittliche tägliche Bodeningestion (mg/d) nach Davis et al. (1990).....	114
Tabelle 7.14	Bodeningestion von Kindern (mg/d) nach Calabrese et al. (1997)	116
Tabelle 7.15	Staubingestion von Kindern (mg/d) nach Calabrese et al. (1997).....	116
Tabelle 7.16	Bodeningestionsraten (mg/d und mg/h) verschiedener Altersgruppen (Korngrößenfraktion < 500 µm) nach Bothe (2004)	119
Tabelle 7.17	Studien zu Pica-Verhalten.....	120
Tabelle 7.18	Geschätzter Anteil der Kinder (in Prozent), die an einer bestimmten Anzahl an Tagen im Jahr erhöhte Bodenmengen aufnehmen; nach Stanek und Calabrese (1995a)	120
Tabelle 7.19	Tracerabhängige Bodeningestionsraten (mg/d) für Erwachsene nach Calabrese et al. (1990).....	121
Tabelle 7.20	Bodenaufnahmeraten von Kindern und Erwachsenen (mg/d) nach verschiedenen Studien und Reanalysen.....	124
Tabelle 7.21	Übersicht der Empfehlungen zur Bodeningestionsrate (mg/d) aus internationalen Kompendien	126
Tabelle 7.22	Tägliche Boden- und Hausstaubaufnahme (kombiniert) sowie tägliche Hausstaubaufnahme (mg/d).....	127
Tabelle 8.1	Parameter der Gammaverteilung für die Atemrate (L/kg · d) bei Kindern und Erwachsenen nach Cal EPA (2000).....	134
Tabelle 8.2	Referenzwerte für die Atemrate (m³/h) nach ICRP (2003).....	135
Tabelle 8.3	Atemfrequenz (Atemzüge/min) für Kinder bis 3 Jahre nach Rusconi et al. 1994.....	138
Tabelle 8.4	Inhalt der Datenbank RefXP zum Themenbereich Inhalation.....	142
Tabelle 10.1	Wasserabgabe an den Letztverbraucher der öffentlichen Wasserversorgung in Deutschland im Jahr 2001 nach Bundesländern (Statistisches Bundesamt 2003a)	148
Tabelle 10.2	Wasserabgabe an den Letztverbraucher der öffentlicher Wasserversorgung nach Jahr (Statistisches Bundesamt 2003a)	149
Tabelle 10.3	Nach Aktivitäten differenzierter Trinkwasserverbrauch pro Person in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2003b)	150
Tabelle 10.4	Wasserverbrauch in privaten Haushalten pro Aktivität (Wasserverband Peine 2003)	150
Tabelle 11.1	Übersicht über die in der Datenbank RefXP verfügbaren Daten zum Themenbereich Wohncharakteristika.....	156

1 Methoden der Dokumentation von Expositionsfaktoren

Claudia Peters

1.1 Einleitung

Die Durchführung einer verteilungsbasierten Expositionsabschätzung ist an die Voraussetzung einer ausreichenden und für die betrachtete Bevölkerungsgruppe repräsentativen Datenbasis für alle relevanten Einflussparameter geknüpft. Anderenfalls können auf der Basis der vorliegenden, oft nur unzureichenden Daten anhand von Szenarien und Erfahrungswerten lediglich Punktschätzungen der Exposition z. B. für den so genannten „worst case“ vorgenommen werden. Die Festlegung von Standards für einzelne Einflussparameter dient dabei der Vereinheitlichung und Genauigkeit bei der Durchführung von verteilungsbasierten Abschätzungen, da dann für diese Parameter regelmäßig auf die festgelegten Standards zurückgegriffen werden kann.

Wie in Deutschland durch den bereits mehrfach erwähnten AUH-Bericht (1995) werden auch in anderen Ländern personenbezogene Expositionsparameter in Handbüchern für Expositionsabschätzungen zur Verfügung gestellt. Die Projektgruppe hat über den AUH-Bericht hinaus die wichtigsten internationalen Handbücher mit Expositionsstandards einer vergleichenden Untersuchung unterzogen (siehe auch Teil 1, Kapitel 4). Zwischen allen ausgewerteten Handbüchern wurden sowohl in Bezug auf die Auswahl der Expositionsvariablen als auch hinsichtlich der Empfehlungen zu einzelnen Parametern erhebliche Unterschiede festgestellt. Die Variabilität der Expositionsfaktoren, der personenbezogenen Variablen, die Einfluss auf die Höhe der Exposition haben, wird in allen Dokumenten dadurch charakterisiert, dass Mittelwerte bzw. Medianwerte und obere Abschätzungen, wie z. B. der 95%-Quantilwert, angegeben werden. Nur für wenige Expositionsparameter werden mehrere Perzentilwerte oder angepasste Verteilungsfunktionen zur Verfügung gestellt. Ziel des Projektes ist es, neben der Bereitstellung von Punktschätzern möglichst viele Expositionsvariablen verteilungsbasiert zu dokumentieren. Dieses wird durch die vom Xprob-Projekt vorgeschlagene und angewandte Auswertungsmethode ermöglicht. Die dadurch abgeleiteten Referenzwerte können somit sowohl für Punktschätzungen als auch für verteilungsbasierte Expositionsmodelle verwendet werden.

Dieser Teil des Projektberichts befasst sich mit den Referenzwerten zur Expositionsabschätzung in Theorie und Praxis. Zunächst werden im vorliegenden Kapitel einige methodische Aspekte diskutiert. Dabei geht es um die Wahl der Expositionsfaktoren, die Datenqualität, die Stratifizierung und die Anpassung parametrischer Verteilungen. Im zweiten Kapitel wird die im Projekt entwickelte

Datenbank RefXP vorgestellt und ihre Funktionsweise näher erläutert. Anschließend wird die Datenlage zu den Expositionsfaktoren detailliert dargestellt, evaluiert und Empfehlungen abgeleitet. Diese Informationen sind in Kapitel 3 bis 10 dargestellt.

1.2 Thematische Gliederung der Expositionsfaktoren

Ein wesentlicher Bestandteil des Projektes ist die Fortschreibung des Berichtes des Ausschusses für Umwelthygiene (AUH), der seit seinem Erscheinen 1995 einerseits zeitlich einer Erneuerung der Datenquellen und der daraus abgeleiteten Referenzwerte bedarf. Andererseits müssen wesentliche Verteilungsparameter für Modellierungen ergänzt werden, um den Ansprüchen der probabilistischen Expositionsabschätzung gerecht zu werden. Im AUH-Bericht konnte dieses noch nicht zur Verfügung gestellt werden.

Die Orientierung des Projektes erfolgt zunächst anhand des AUH-Berichtes und versucht, die dort bestehenden Lücken zu füllen. In diesem Bericht wird nach folgenden Expositionsfaktoren untergliedert:

- Anthropometrische Daten
- Zeitbudget und Aktivitätsmuster
- Lebensmittelverzehr
- Aufnahme von Boden und Staub
- Inhalation
- Dermale Aufnahme.

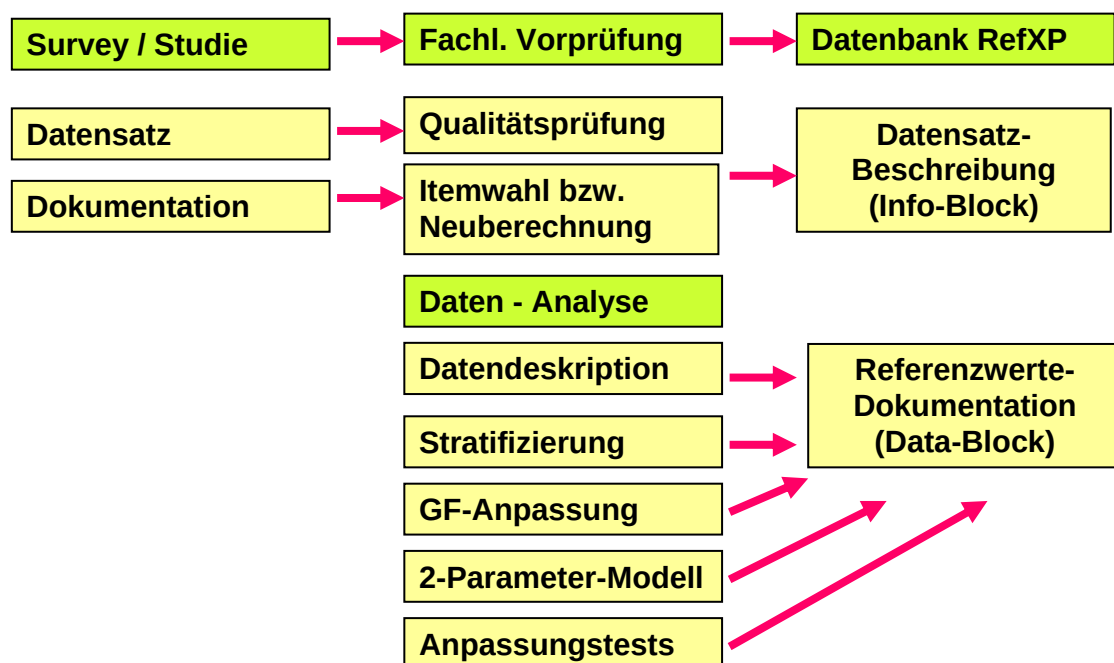
Die Daten werden im AUH-Bericht überwiegend in sieben Altersgruppen angegeben (unter 1 Jahr, 1 – 3, 4 – 6, 7 – 9, 10 – 14, 15 – 19, 20 – 75 Jahre; Einteilung nach Wichmann et al. 1993), wobei die Einteilung nicht konsequent für alle Expositionsfaktoren angewendet wird. Die weitere Stratifizierung nach Geschlecht erfolgt nur für die anthropometrischen Daten und den Lebensmittelverzehr. Für die anderen Expositionspfade ist keine Stratifizierung nach Geschlecht vorhanden. Die Empfehlungen des AUH werden für den wahrscheinlichen Fall (Median, Mittelwert) und den ungünstigen Fall, der als 95%-Quantil der zugrunde liegenden Verteilung zu interpretieren ist, gegeben. Angaben zu Verteilungsformen und -parametern sind jedoch nicht vorhanden.

Das Xprob-Projekt hat die Gliederung des AUH-Berichtes weitestgehend übernommen, als neuer Expositionsfaktor wurde der Bereich der Wohncharakteristika hinzugefügt, in dem Wohndauer, Wohnfläche, Baujahr des Hauses und Wohnumgebung subsumiert werden. Der Expositionsfaktor Wohndauer wurde in diesem Fall nicht dem Zeitbudget sondern wegen seiner thematischen Nähe dem Bereich des Wohnens zugeordnet.

1.3 Der Umgang mit Datenquellen für Expositionsabschätzungen

Daten zur Expositionsabschätzung können in verschiedenen Formen vorhanden sein. Zunächst gibt es die Rohdaten, die als Datensätze aus Surveys oder anderen Studien vorliegen, bei denen mithilfe einer Sekundärdatenanalyse benötigte Auswertungen erstellt werden können. Außerdem können Daten, die aufgrund einer Literaturrecherche gesammelt werden, für verteilungsbasierte Modellierungen genutzt werden.

Abbildung 1.1 Vorgehensweise bei der Evaluation von Surveydaten



Für sowohl die Evaluation von Datensätzen als auch von Literaturangaben wurde eine standardisierte Vorgehensweise im Projekt verfolgt. Die Handhabung des Xprob-Projektes im Umgang mit den Datenquellen folgt einem klaren Schema. Bei den aus (repräsentativen) Untersuchungen vorhandenen Datensätzen (s. Abbildung 1.1) wird die dazu vorhandene Dokumentation im Rahmen einer fachlichen Vorprüfung zunächst einem so genannten Qualitätscheck unterzogen, um die Anwendbarkeit für Expositionsabschätzungen und insbesondere deren Eignung für eine Modellierung prüfen zu können. Das Verfahren zur Beschreibung der Datenqualität und Vollständigkeit der notwendigen Informationen wird anhand einer Checkliste durchgeführt, die als projektinterne Arbeitshilfe konzipiert und angewandt wurde. Sie ist im Anhangsband aufgenommen. Angaben zu Stichprobenumfang, Studien- und Zielpopulation, Repräsentativität, regionaler und zeitlicher Verteilung, Diskussion über Verzerrungen u. a.

werden damit überprüft. Die wichtigsten Kriterien sind in die Datenbank (siehe nachfolgendes Kapitel 2) im Informationsblock zur Datensatzbeschreibung aufgenommen. In ausführlicher Form sind sie auch in der Dokumentation zu den einzelnen Expositionsfaktoren nachzulesen (siehe nachfolgende Kapitel 3 bis 10). Weitere Informationen zu den Minimalanforderungen an die Datensatzbeschreibung finden sich in Kapitel 4 im ersten Teil des Projektberichts.

Für den Anwender sollen die Bewertungen für die Verwendung der einzelnen Datensätze aufgrund der vorher durchgeführten Prüfung nachvollziehbar und transparent sein und Hilfestellung bei der Auswahlentscheidung für eine Modellierung geben. Aus diesem Grund wurde die Checkliste weiterentwickelt und Kriterien für eine systematische fünfstufige Kategorisierung der Qualität der Datenquellen innerhalb der Datenbank aufgestellt (vgl. Tabelle 1.1). Für eine detaillierte Beschreibung dieser Kriterien sei auf Kapitel 4 im ersten Berichtsteil verwiesen. Durch Anwendung dieser Kriterien ist in der Datenbank jede Datenquelle mit einer Empfehlung zur Verwendung versehen (Tabelle 1.1).

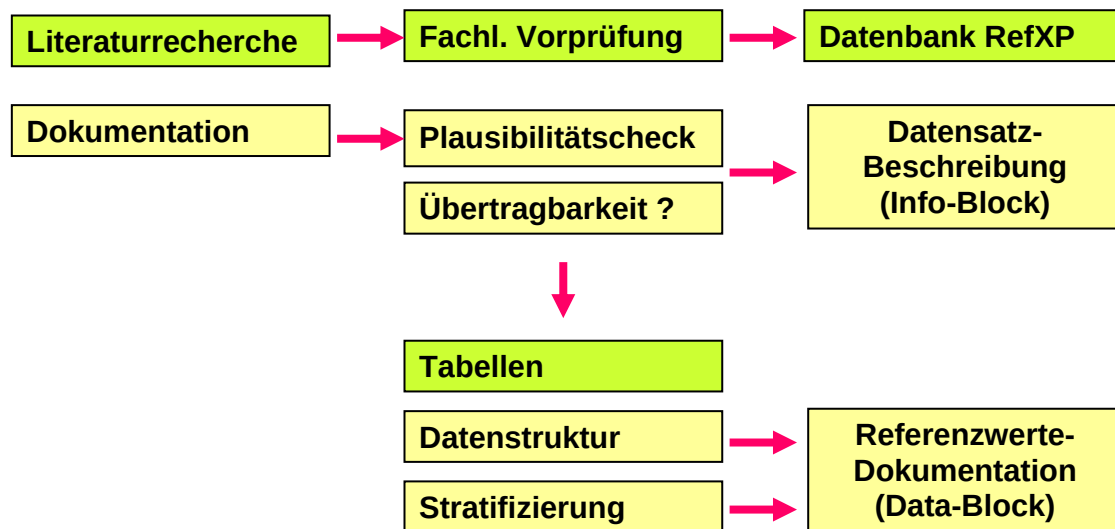
Wenn die Datenquelle mithilfe der Checkliste als zumindest akzeptabel bewertet worden ist, erfolgt als nächster Schritt die Datenanalyse. Die deskriptive Analyse liefert zunächst statistische Kennwerte, z. B. Zentralwerte (Median, arithmetisches und geometrisches Mittel), Minimum, Maximum, Standardabweichung, Varianz und Schiefe. Anschließend werden nach Möglichkeit für jedes Geschlecht und jede Altersgruppe Verteilungen angepasst, die mit Angaben zur Anpassungsgüte in die Datenbank übertragen werden.

Das Vorgehen bei einer Literaturdatenquelle wird in gleicher Weise analog zu den Surveydaten gehandhabt (Abbildung 1.2). Die Dokumentation der Literaturquelle wird genauso einer Plausibilitätsprüfung unterzogen, um die Frage der Übertragbarkeit beantworten zu können. Anhand der bereits erwähnten Checkliste sollten einige wesentliche Kriterien geklärt werden können, ob diese Daten für eine weitere Verwendung geeignet sind. Grundlegende Angaben über Stichprobenumfang, Studien- und Zielpopulation, regionale und zeitliche Erhebung etc. sollten als ein Minimum an Informationen vorhanden sein. Analog zum Auswertungsprozedere bei Surveydaten wird eine Datensatzbeschreibung als Informationsblock in der Datenbank generiert und auch in die vorliegende schriftliche Dokumentation der Expositionsfaktoren übernommen. Außerdem wird eine Empfehlung zur Verwendung dieser Quellen gegeben (s. Tabelle 1.1). Die Datentabellen der Literaturquellen werden, wie in der Veröffentlichung vorhanden, in die Datenbank übertragen.

Tabelle 1.1 Kriterien zur Datenqualität

Nr.	Kriterien der Qualität der Datensätze	Bitte genau eine Antwort ankreuzen: ☐	
Abgefragt werden Einschränkungen in der Qualität des Expositionsfaktors:		ja	nein
1	Eingeschränkte allgemeine Qualitätsbeurteilung Es herrscht wissenschaftlicher Dissens über die Methodik oder Ergebnisse oder die Datenerhebung ist unvollständig dokumentiert oder die Studienergebnisse zeigen ungeklärte Abweichungen zu vergleichbaren Studien Ein „ja“ erzeugt folgenden Warnhinweis in der Datenbank RefXP: Use carefully, survey quality not clear	☐	☐
2	Eingeschränkte Zugänglichkeit Der fachöffentliche Zugang zu den Ursprungsdaten ist nicht gewährleistet oder die Variable wurde isoliert erfasst bzw. dokumentiert, so dass relevante Korrelationen nicht überprüft werden können. Ein „ja“ erzeugt folgenden Warnhinweis in der Datenbank RefXP: Use carefully, no access to original data	☐	☐
3	Eingeschränkte Aktualität Eine relevante Änderung der erhobenen Merkmale seit dem Erhebungszeitraum der Studie ist wahrscheinlich. Ein „ja“ erzeugt folgenden Warnhinweis in der Datenbank RefXP: Use carefully, survey may be out of date	☐	☐
4	Eingeschränkte Gültigkeit für die deutsche Bevölkerung Die Zielpopulation der Studie ist – in den untersuchten Geschlechts- und Alterskategorien – nicht auf die deutsche Bevölkerung übertragbar oder die Erhebung von Geschlecht, Alter bzw. bekannten Confoundern fehlt oder die Studienpopulation ist nicht Teil der deutschen Bevölkerung. Ein „ja“ erzeugt folgenden Warnhinweis in der Datenbank RefXP: Use carefully, survey may be not valid for the German population	☐	☐
5	Eingeschränkte Repräsentativität für die untersuchte Zielpopulation Der Stichprobenumfang ist gering oder das Erhebungsverfahren ist nicht repräsentativ oder die Teilnahmebereitschaft war gering oder eine relevante Abweichung zwischen Stichprobe und Zielpopulation wurde nicht durch eine Gewichtung / Standardisierung korrigiert oder eine Quantifizierung und Korrektur bekannter verzerrter Erhebungsverfahren ist nicht erfolgt. Ein „ja“ erzeugt folgenden Warnhinweis in der Datenbank RefXP: Use carefully, survey might be not representative for considered population	☐	☐
6	Eingeschränkte Genauigkeit In der Studie wurden verzerrte bzw. unsichere Messverfahren, Befragungen messbarer Größen, Erhebungen von Surrogatgrößen mit unklarer Umrechnung verwandt oder eine Quantifizierung und Korrektur bekannter verzerrter Erhebungsverfahren ist nicht erfolgt oder das Erhebungsinstrument ist unvollständig dokumentiert bzw. unbekannt oder die Auswertungen wurden ohne Angabe von zu Grunde liegenden Modellen, Rechenverfahren etc. dokumentiert oder die Rechenverfahren sind nicht allgemein wissenschaftlich akzeptiert Ein „ja“ erzeugt folgenden Warnhinweis in der Datenbank RefXP: Use carefully, data might have a low degree of accuracy	☐	☐
7	Eingeschränkte Erfassung der Variation Das Bezugsintervall zur Trennung von inter- und intraindividuelle Variation ist unklar oder die Verfahren zur Erhebung bzw. Anpassung des Bezugsintervalls sind ungeeignet oder in der Studie werden nur Angaben zur Lokation (Mittelwert) und Streuung bzw. einzelnen Quantilen (RME) gemacht. Ein „ja“ erzeugt folgenden Warnhinweis in der Datenbank RefXP: Use carefully, variation might have a lack of accuracy	☐	☐

Eine ausführliche Erläuterung dieser Kriterien ist in Teil 1, Kapitel 4 dargestellt.

Abbildung 1.2 Vorgehensweise bei der Evaluation von Literaturquellen

1.4 Stratifizierung der Expositionsdaten

Bei Betrachtung der verschiedenen Kompendien und weiterer Literaturquellen zu Expositionsfaktoren wird ersichtlich, dass bei den Berichten zu den verwendeten Datenquellen eine breite Vielfalt der Darstellungsformate zu finden ist. So ist auch zum Thema Stratifizierung, also der Differenzierung oder Abschichtung der Daten, keine einheitliche Darstellungsform zu erkennen. Die Stratifizierung nach Geschlecht wird relativ einheitlich durchgeführt, zumindest erfolgt diese Unterteilung ab einem jugendlichen Alter. Die Altersschichtung zeigt jedoch große Unterschiede. Die Spanne reicht von einigen wenigen Altersgruppen bis zu einer feinen Differenzierung in viele einzelne Altersgruppen (vgl. Abbildung 1.3).

Die Strategie des Xprob-Projekts bei der Datenauswertung und Bereitstellung für die Datenbank hinsichtlich der Geschlechterstratifizierung zielt auf eine getrennte Auswertung beider Geschlechter über alle Altersklassen hinweg. Wenn infolge des vorgeschalteten Signifikanz-Tests keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern zu erkennen sind, die Stichprobe aber eine ausreichende Größe hat, dann wird die Entscheidung für oder gegen eine Geschlechtertrennung von inhaltlichen Aspekten abhängig gemacht und in den Erläuterungen zur Auswertung diskutiert (siehe z. B. US 1990/92 Kinder: Aufenthalt im Freien, vgl. Abschnitt 5.2.3). Sollte die Datenlage aufgrund eines geringen Stichprobenumfangs jedoch so mangelhaft sein, dass eine Verteilungsanpassung nach Abschichtung nicht möglich ist oder nur eine ungenügende

Anpassung erfolgen könnte, wird eine gemeinsame Darstellung beider Geschlechter erfolgen.

Abbildung 1.3 Altersstratifizierung für Kinder und Jugendliche verschiedener Literaturquellen

Alter in Jahren	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
AUH, Wichmann 93, Ihme 94		1 < 4					4 < 7			7 < 10			10 < 15				
Mathews 98		1 - 3					4 - 9						10 - 19				
Hempfling 97		1 - 3				3 - 8					8 - 16						
Steffens 96	0,5 < 1	1 < 4					4 < 7			7 < 10			10 < 15				
ICRP 2003		1				3							10				
US EPA EFH 1997																	
1. Trinkwasser																	
2. Inhalation																	
3. Körpergewicht																	
4. Nahrungsaufnahme																	
5. Aktivitätsfaktoren																	
US EPA Child-specific EFH 2000																	
1. Food																	
2. Inhalation																	
3. Total Body Surface Area																	
4. Körpergewicht																	
ECETOC 2001																	
1. Gewicht																	
2. Nahrungsaufnahme																	
3. Inhalationsrate																	

Bei jeder Abweichung vom Xprob-Vorgehen zur Trennung der Geschlechter wird dieses anhand des entsprechenden Datensatzes diskutiert.

Die Grundlage für die im Xprob-Projekt verwendete **Altersstratifizierung** bilden die existierenden Standardwerke zur Expositionsabschätzung, u. a. das Exposure Factors Handbook (EFH) der US EPA (1997); der AUH-Bericht (1995) und das Exposure Factors Sourcebook (ECETOC 2001). Nach Sichtung und Gegenüberstellung verschiedener Quellen wurde der kleinste gemeinsame Nenner gebildet, der als Differenzierung der Altersgruppen empfohlen wird. Daraus ergibt sich eine Untergliederung in folgende Klassen (Tabelle 1.2):

Tabelle 1.2 Empfehlung des Xprob-Projekts zur Stratifizierung des Alters

Kinder/Jugendliche: (Alter in Jahren)	0,5;	1;	1,5;	2;	2,5;	3;	4;	5	...	18;	19
Erwachsene: (Alter in Jahren)	20 < 25;		25 < 35;		35 < 45;		45 < 55;		55 < 65;		≥ 65

Die feine Stratifizierung des Alters wird den unterschiedlichen Entwicklungen, Interessen und Lebensstilen in bestimmten Lebensabschnitten am besten gerecht. Die in der Praxis auf einen Datensatz anzuwendende Altersstratifizierung wird jedoch durch die Anzahl der Beobachtungen des betrachteten Datensatzes mit beeinflusst. So kann trotz des bestehenden „Optimums“ für eine Gruppe von

bspw. $N = 15$ keine valide Verteilungsanpassung erfolgen. In diesem Fall müssen einzelne Altersgruppen zusammengefasst werden. Dem dadurch entstehenden Informationsverlust wird eine deutlich verbesserte Anpassungsgüte entgegengesetzt.

Grundwissen t-Test

Der t-Test testet auf Mittelwertgleichheit. Der Test zeigt an, ob die Mittelwerte sich systematisch unterscheiden oder durch Zufall zustande gekommen sind.

Die Sekundärdatenauswertungen unterliegen im Xprob-Projekt einem klaren Ablaufschema. Das Prozedere wird für jede Datenquelle im Einzelnen durchgeführt. Zunächst wird aufgrund des t-Tests eine Vorentscheidung getroffen, ob nach Geschlechtern zu differenzieren ist oder nicht. Anschließend wird innerhalb der jeweiligen Gruppe (männlich, weiblich oder gesamt) nach einem globalen und nicht iterativen Verfahren vorgegangen, d. h. es sind alle Zerlegungen möglich bis auf die Restriktionen, die durch die Gruppengröße bestehen. Zunächst werden alle zulässigen Stratifizierungen gemäß folgender Kriterien bestimmt:

- die kleinste empfohlene Unterteilung ist die Xprob-Altersstratifizierung
- es können nur nebeneinander liegende Gruppen zusammengefasst werden,
- die Gruppe mit der kleinsten Stichprobenanzahl muss mindestens 72 Beobachtungen umfassen, damit das 95%-Quantil berechnet werden kann (vgl. Teil 1, Tabelle 4.8),
- die Gruppe mit der größten Stichprobenanzahl sollte nicht mehr als 368 Beobachtungen umfassen. Ausnahmen können sich aus dem konkreten Datensatz ergeben, wenn im Xprob-Schema bereits größere Gruppen existieren.

Durch die Stratifizierung wird es möglich, den Unterschieden zwischen den Geschlechtern einerseits und zwischen verschiedenen Altersgruppen, die unterschiedliche Lebensabschnitte der Individuen darstellen andererseits, gerecht zu werden. Die Abschichtung nach Geschlecht und Alter ist daher bei entsprechender Datenlage auf jeden Fall zu empfehlen. Von der jeweiligen Problemstellung abhängig sind jedoch weitere Stratifizierungen möglich und ggf. nötig, wie z. B. Berufstätige / Nichtberufstätige oder Raucher / Nichtraucher.

1.5 Anpassung parametrischer Verteilungen

Punktschätzwerte

Nach der empirischen Analyse liegt eine Datenbeschreibung in Form von statistischen Kennzahlen, z. B. in Quantilen oder Häufigkeiten, vor. Damit sind bereits sowohl Punktschätzungen als auch probabilistische Modellierungen möglich. Gemäß der AUH-Empfehlungen wird für die Schätzung eines „durchschnittlich exponierten Individuums“ im Sinne eines Central Tendency Estimate (CTE) bzw. des „wahrscheinlichen Falles“ je nach Expositionsmodell der Stichprobenmedian, der arithmetische oder geometrische Mittelwert benutzt; die Exposition einer Reasonable Most Exposed- (RME) Person wird im Gegensatz dazu durch ein „ungünstiges“ Quantil, in der Regel das 95%-Quantil, modelliert.

Verteilungen

Bei stetig verteilten Variablen, die neben den beobachteten Ausprägungen auch Werte dazwischen annehmen können sowie auch Werte über das beobachtete Minimum und Maximum hinaus, empfiehlt sich zusätzlich die Anpassung einer parametrischen Verteilung, die in Gestalt einer mathematischen Formel mit wenigen Parametern beschreibbar ist. So können auch nicht beobachtete, theoretisch aber denkbare Ausprägungen in die Simulation einfließen.

Die Xprob-Gruppe hat sich im Projekt für eine Methodik entschieden, die eine Verteilungsanpassung durch die verallgemeinerte F-Verteilung (GF-Verteilung) als Grundlage hat. Sie ist damit einem Vorschlag der US EPA (US EPA 2000) gefolgt. Die GF-Verteilung ist eine übergeordnete Verteilungsfamilie mit vier Parametern, die die klassischen zweiparametrischen Verteilungen, das sind die Loglogistische, Lognormal, Gamma- und Weibullverteilungen, als Spezialfälle, so genannte Unterverteilungen, umfasst. Das Schätzen der Parameter und die Auswahl der besten Anpassung können einheitlich durch das Maximum-Likelihood-Prinzip erfolgen. Eine ausführliche Beschreibung dieses Verfahrens ist im ersten Teil des Berichtes, Kapitel 5, zu finden. Dokumentiert werden schließlich die Verteilungsparameter, Anpassungsgüten, Quantile und Parameter zur Lage, Variation und Form der Verteilung.

Die Auswertung der Datensätze nach dieser Methodik erfolgte innerhalb des Xprob-Projekts mithilfe der Software SAS und einem speziell für die Verteilungsanpassung geschriebenen Programm. Dieses SAS-Programm wird dem Anwender im Internet¹ zur Verfügung gestellt. Eine technische Erläuterung zu diesem Auswerteprogramm befindet sich im Anhang.

Die Xprob-Gruppe hat alle stetig verteilten Variablen in der vorgestellten Form ausgewertet, so dass der Anwender bei ausreichender Datenlage stets auf parametrische Verteilungen zugreifen kann. Nach Abschichtung und ggf. Zusam-

¹ <http://www.apug.de/risiken/forschungsprojekte/expositionsabschaetzung.htm>

menlegung benachbarter Datengruppen ist auch sichergestellt, dass jede Gruppe aus mindestens 72 Beobachtungen besteht, eine Verteilungsanpassung also hinreichend sicher ist.

Eine Schwierigkeit kann sich ergeben, wenn die Gruppe zu groß ist und die Abweichung zwischen der parametrischen Anpassung und den empirischen Daten deutlich wird, schließlich stellt eine Anpassung nur die Approximation der Realität dar. Bei einer großen Stichprobe ergibt sich die Möglichkeit, diese Abweichung statistisch nachzuweisen. Hier bietet sich als einfachste Alternative an, die empirische Verteilungsfunktion als Schätzung der zugrunde liegenden Verteilung zu nehmen. Eine andere Möglichkeit bietet das Resampling. Hierbei wird direkt aus der Stichprobe modelliert. Dies setzt jedoch voraus, dass Zugang zu dem gesamten Datensatz der Stichprobe besteht; eine Situation, die in den wenigsten Fällen vorliegt, z. B. nur in Public Use Files. Eine Entscheidung muss der Anwender treffen; die Verwendung der theoretisch abgeleiteten Verteilung ist in diesem Fall jedoch weder „schlecht“ noch „falsch“.

Bei manchen Variablen (z. B. Schlafzeit) sind in der Datenbank große Kolmogorov-Smirnov-Abstände (KS-Abstände) zwischen Empirie und GF-Verteilung zu finden, so dass mithilfe eines Kolmogorov-Smirnov-Tests die Nullhypothese „Beobachtungen stammen aus der angepassten Verteilung“ mit sehr kleiner Fehlerwahrscheinlichkeit abgelehnt wird. Der Grund ist jedoch oft die mangelhafte Genauigkeit bei der Datenerhebung wie beispielsweise bei der Schlafzeit, bei der die Abfrage im ungenauen Stundenraster erfolgte. In diesem Fall ist die theoretische Verteilung trotz der vermeintlich schlechten Anpassung der empirischen vorzuziehen, weil sie näher an der Realität liegt und die tatsächliche Variation besser abbildet.

1.6 Zusammenfassung

In diesem Kapitel sind theoretische Standards, wie sie für die Expositionsabschätzung genutzt werden können, beschrieben worden. Dabei ging es zunächst um die thematische Gliederung der Expositionsfaktoren, die sich überwiegend an dem für Deutschland vorliegenden Handbuch für Expositionsstandards, dem AUH-Bericht, orientieren. Neben den anthropometrischen Daten, dem Zeitbudget, dem Lebensmittelverzehr, der Aufnahme von Boden und Staub, der Inhalation und dem dermalen Kontakt ist der Bereich der Wohncharakteristika als neuer Expositionsfaktor hinzugefügt worden, der insbesondere für Innenraumszenarien von Interesse ist.

Daten, die für Expositionsabschätzungen genutzt werden, können in verschiedenen Formen vorliegen. Dabei handelt es sich einerseits um Surveydaten, die mittels einer Sekundärdatenanalyse zur Anwendung gebracht werden und andererseits um Literaturdaten, die meist in Tabellenform vorliegen. Im Xprob-Projekt wurden die Daten und Literaturangaben systematisch nach einem einheitlichen Schema evaluiert: Vor der Übernahme der Daten zur Nutzung als

Expositionsfaktoren wurden die Datenquellen zunächst einem sog. Qualitätscheck unterzogen, um wichtige Informationen zu deren Erhebung und Auswertung zu erhalten, und um die Datensätze auf ihre Anwendbarkeit prüfen zu können. Anschließend konnten sie bei entsprechender Eignung in die Datenbank RefXP überführt und für die Weiterverwendung bereitgestellt werden.

Ein weiterer Schwerpunkt in der Sekundärdatenanalyse ist die Stratifizierung von Datensätzen, die auch als Abschichtung oder Differenzierung verschiedener Gruppen bezeichnet wird. Sie ermöglicht es, z. B. die systematischen Unterschiede bestimmter Expositionsfaktoren zwischen den Geschlechtern (= Geschlechtsstratifizierung) zu berücksichtigen. Die Unterteilung in verschiedene Altersgruppen wiederum (= Altersstratifizierung) erlaubt die Berücksichtigung der Entwicklungsdynamik insbesondere bei Kindern und Jugendlichen sowie die unterschiedlichen Interessen und Lebensstile der einzelnen Individuen. Weitere Differenzierungen können nötig und sinnvoll sein, z. B. die Unterteilung nach Rauchern und Nichtrauchern.

Durch die Anpassung parametrischer Verteilungen durch die von der EPA empfohlene Methode konnte im Xprob-Projekt eine standardisierte Auswertung der Datensätze erfolgen. Die Durchführung erfolgte mithilfe des innerhalb des Projekts entwickelten SAS-Skripts zur Verteilungsanpassung. Somit können die statistischen Kennzahlen für Punktschätzungen sowie verteilungsbasierte Modellierungen zur weiteren Verwendung genutzt werden. Verteilungsparameter, Quantile und Momente zur Beschreibung der angepassten Verteilungen wurden ebenfalls berechnet und dem Anwender in der Datenbank RefXP zur Verfügung gestellt.

2 Die Datenbank RefXP - Dokumentation und Nutzung der Datenbank RefXP für Expositionsfaktoren

Michael Schümann und Claudia Peters

2.1 Ziele der Entwicklung einer standardisierten Datenbank

In diesem Kapitel wird die innerhalb des Xprob-Projekts entwickelte Datenbankstruktur zur standardisierten Dokumentation von Expositionsstandards vorgestellt. Die vom AUH 1995 entwickelten Empfehlungen und die in Xprob neu abgeleiteten Verteilungen sind in der Datenbank RefXP in einer vereinheitlichten Form gespeichert und für die Anwender für Expositionsmodellierungen zur weiteren Verwendung bereitgestellt worden. Die Anwendungsentwicklung einer Dokumentationsdatenbank hat innerhalb des Projektes das Ziel verfolgt, eine feste Struktur der Referenzdaten für Expositions- und Risikoabschätzungen zu formulieren, diese auf ihre Nutzbarkeit für die Dokumentation zu prüfen und ausgewählte externe Datentabellen bzw. innerhalb des Projektes ausgewertete und evaluierte Dateninhalte in dem entwickelten Format zu speichern. Hierzu wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- Analyse existierender Datensammlungen und Expositionsstandards
- Thematische Gliederung der erforderlichen Informationen und Definition von standardisierten Datentabellen
- Entwicklung einer Programmoberfläche zur Suche, Auswahl und Anzeige der Tabelleninhalte (Prototyp der Datenbank)
- Interne Evaluation der prototypischen Lösung und Anpassung
- Aufnahme von ausgewählten Datenauswertungen als Grundlage für die Ableitung neuer Standards

Das Programm soll helfen, die vorhandene Komplexität zu reduzieren, die gekennzeichnet ist durch eine große Anzahl von Dokumenten mit differenzierten Analysen für unterschiedliche Alters- und Geschlechtsgruppierungen sowie der Stratifikation nach Sondergruppen. Außerdem soll die Datenbank einen standardisierten Rahmen zur Dokumentation von Expositionsfaktoren bilden. Eine systematische und einheitliche Dokumentationsvorgabe war bei der Vielzahl der analysierten Datenquellen und Variablen einerseits und der hohen Abschichtung nach Alters- und Geschlechtsgruppen andererseits unverzichtbar.

Als eines der Projektergebnisse werden ausgewählte bestehende Referenzdaten (u. a. AUH-Standards) und neu vorgeschlagene Referenzwerte für Expo-

sitionsfaktoren in einer interaktiven Form einem breiteren Nutzerkreis elektronisch zur Verfügung gestellt.

2.2 Technische Voraussetzungen

Die System-Voraussetzungen für die Funktionsfähigkeit des Programms RefXP setzen folgende Bedingungen als gegeben voraus:

- CPU mit einer Taktrate größer als 350 MHz
- Arbeitsspeicher (RAM) größer als 128 MB
- Festplattenspeicher ca. 30 MB (abhängig von den zukünftigen Erweiterungen der Datenbank mehr)
- Betriebssystem-Status höher als Windows 2000.

Für die Installation des Programms auf dem Computer sind keine besonderen Maßnahmen nötig. Es empfiehlt sich jedoch dringend, ein neues Verzeichnis (z. B. RefXP) anzulegen, in dem das gesamte Programmpaket zusammen mit den ausgelieferten Datentabellen abgelegt wird. Die xml-Dateien (Einzel- und Gesamtabellen der Datenbank) sollten nicht mit anderen Programmen geöffnet oder redigiert werden, da dies zu Beschädigungen an der Tabellenstruktur führen kann².

Installation: Der Inhalt des Verzeichnisses RefXP wird vom Datenträger (CD, Datei im ZIP-Format, o. ä.) vollständig in ein neu angelegtes Verzeichnis (z. B. c:\RefXP) kopiert; weitere Installationsschritte sind nicht erforderlich. Nach Installation wird ein sofortiger Programmstart durch Doppelklick der Datei *RefXP.exe* im Dateimanager möglich. Für einen schnelleren Zugriff lässt sich optional ein Icon durch Verknüpfung der Datei *RefXP.exe* auf dem Desktop erstellen: Dies erfolgt in der Abfolge



1. Rechter Mausklick im Desktop, dann
2. Neu | Verknüpfung | ...
3. Im Fenster *Verknüpfung erstellen* den Pfad der installierten RefXP-Dateien auswählen und das Programm RefXP auswählen.

² Dem Auftraggeber des Projektes werden zwei Fassungen des Programms übergeben; eine Fassung erlaubt die Bearbeitung, Redaktion und Erweiterung des Datenbestandes, die andere Version erlaubt alleine lesenden Zugriff auf die Daten. Ein spezielles Programm mit der Bezeichnung RefXP Reader zum Einlesen von Tabelleninhalten für SAS®-Skript-basierte Analysen neu ausgewerteter Variablen (siehe Kapitel 3) und zur Übernahme von Tabellen anderer Quellen gehört zu den im Rahmen des Xprob-Projekts erstellten Produkten; es ist im Anhang (Abschnitt A2) beschrieben. Technische Details des Datenbank-Programms sind ebenfalls im Anhang (Abschnitt A3) dokumentiert.

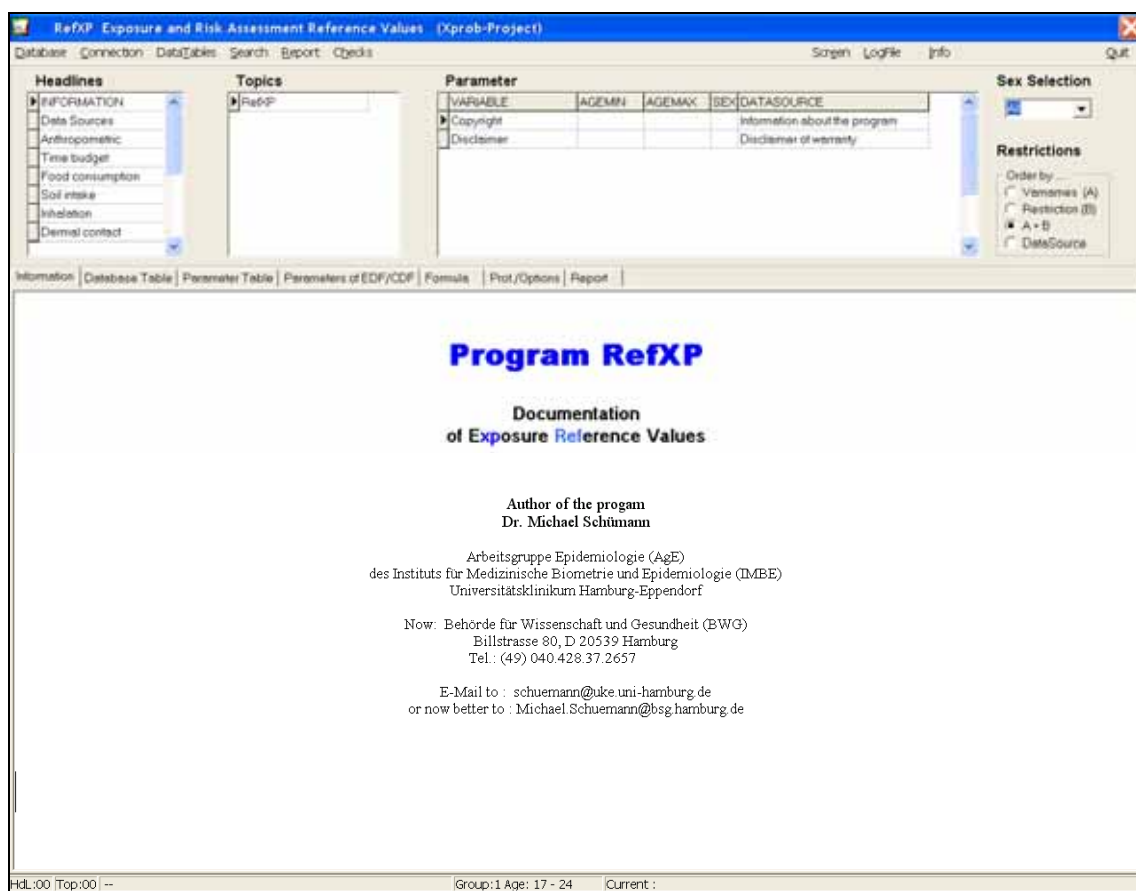
Das Programm wird nicht in der Registrierung (Registry) von Windows eingetragen. Der Inhalt der Datenbank kann durch Löschen des gewählten Verzeichnisses der RefXP-Dateien wieder entfernt werden. Dies sollte, wie immer bei Löschungen, sehr vorsichtig und nur nach Kontrolle der ggf. dort gespeicherten Inhalte erfolgen! Eine gesonderte Erstellung von Installations- und Deinstallationsroutinen ist in der prototypischen Entwicklung dieser Anwendungssoftware nicht vorgesehen.

2.3 Aufbau der Datenbank

Der Aufbau des Datenbankprogramms RefXP erfolgt durch eine klare hierarchische Struktur, die im Folgenden erläutert werden soll.

Der Programmstart erfolgt durch einen Doppelklick auf das Icon RefXP auf dem Desktop oder die Programmdatei (.exe) im gewählten Verzeichnis (z. B. RefXP). Nach erfolgreichem Start wird die folgende Datenbankoberfläche sichtbar:

Abbildung 2.1 Ansicht des Programms RefXP nach Programmstart



In der oberen Hälfte werden die einzelnen Auswahlfenster und im unteren Teil das Ergebnis- bzw. Informationsfenster sichtbar. Bei jedem Programmstart

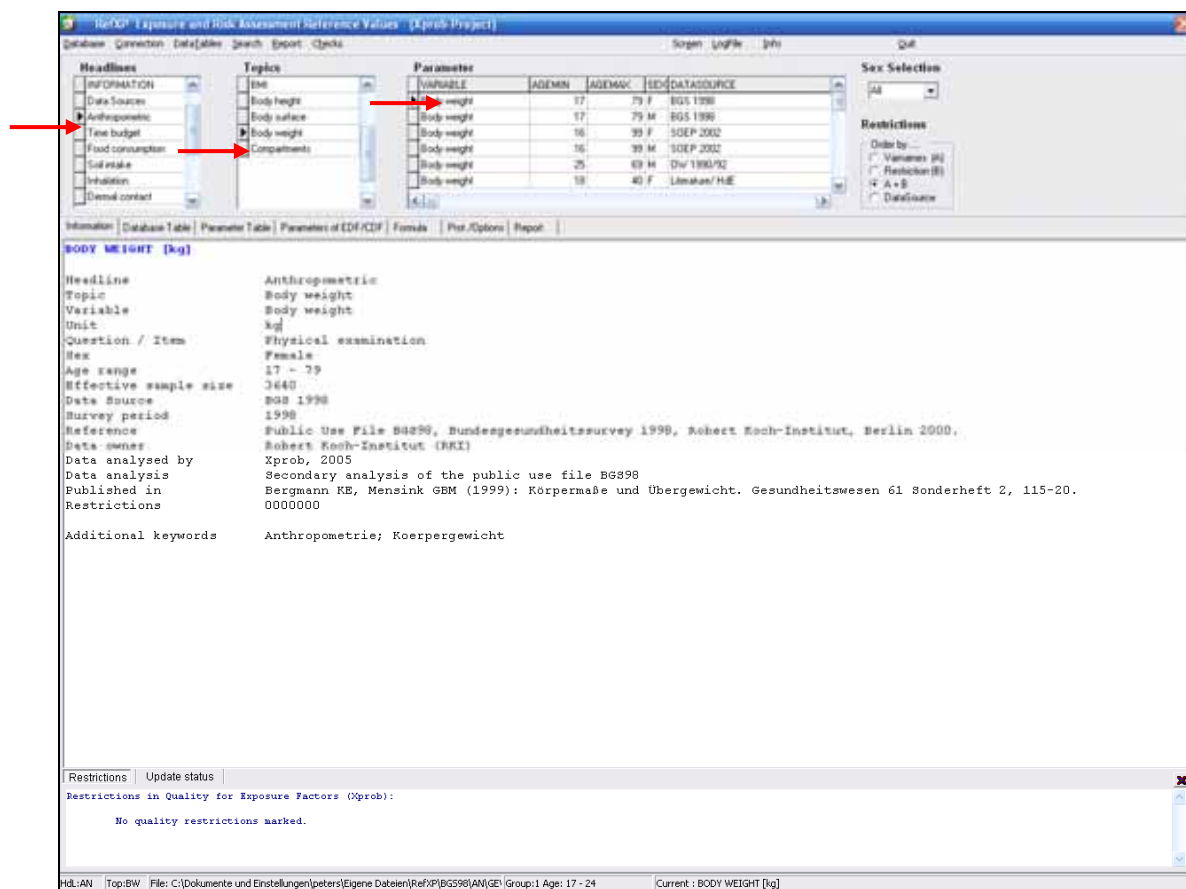
werden zunächst die Informationen über das Programm und die Teilnehmer des Forschungsprojektes Xprob angezeigt.

Sammlungen von Referenzdaten zur Expositionsabschätzung orientieren sich mehrheitlich an einer inhaltlichen Gliederung, die dem Bericht des AUH vergleichbar ist. Die Gliederung des Zugriffs auf dokumentierte Datenquellen wurde daher gemäß folgender Hierarchie gestaltet:

- **Headlines** (Themenblöcke)
- **Topics** (Variablengruppen)
- **Parameter** (Variablen und Datenquellen),

d. h. wenn z. B. der Themenbereich (**Headline**) der Anthropometrie ausgewählt wird, dann erscheinen die darunter integrierten **Topics** BMI, Körpergröße, Körperoberfläche, Körpergewicht und Kompartimenten. Bei Auswahl des Körpergewichts erscheinen im rechten oberen Feld der **Parameter** wiederum die dafür zur Verfügung stehenden Variablen und Datenquellen. Gleichzeitig wird sichtbar, für welches Geschlecht und welche Altersgruppen diese Daten ausgewertet vorliegen (Abbildung 2.2).

Abbildung 2.2 Datenbankoberfläche in RefXP nach Auswahl einer Datenquelle



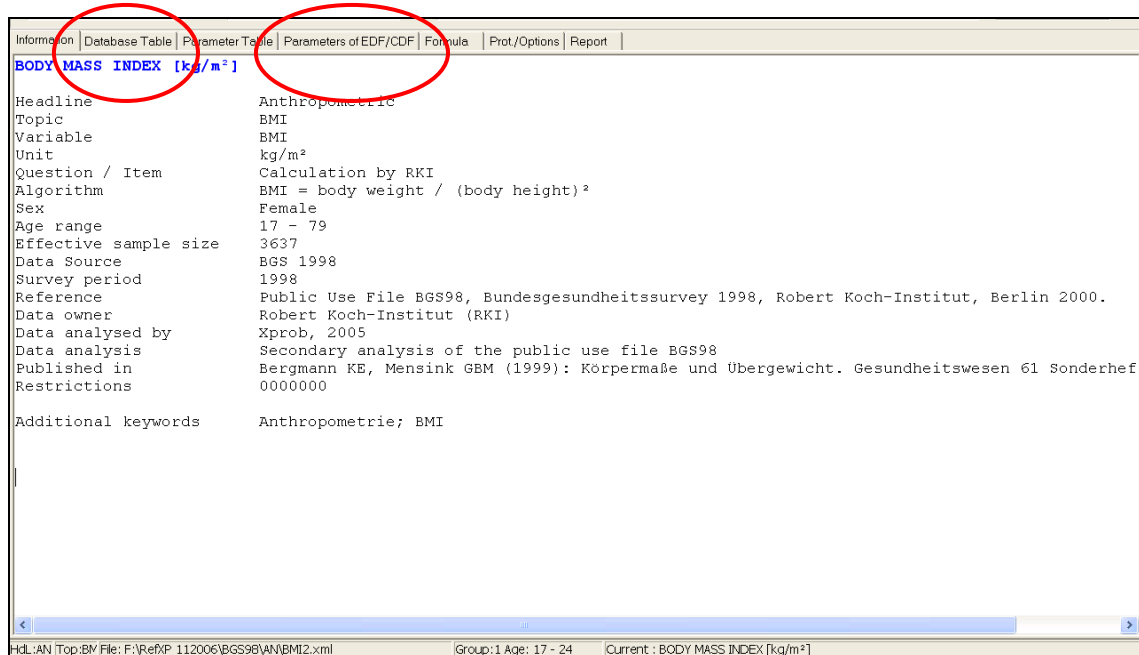
Die Datenbanktabellen wurden entsprechend dreischichtig relational aufgebaut und der Datenzugriff mit Zuordnungsfiltern realisiert. Zur Auswahl von Datenbeständen für ausgewählte Geschlechtergruppen wurde eine Filterfunktion für die anzuzeigenden Datenquellen aufgenommen. In der Ebene der Variablen und Datenquellen werden alle zur Auswahl passenden Datenquellen im Überblick angezeigt: Hierbei werden u. a. die Bezeichnungen der jeweiligen Variablen, die verfügbaren Datenquellen und die Altersbereiche angezeigt³.

Neben dem Parameter-Fenster befindet sich am rechten Rand eine Filterfunktion (**Sex Selection**), die eine Einschränkungsmöglichkeit für einzelne Geschlechtsgruppen zur Verfügung stellt. Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Reihenfolge der Variablen und Datenquellen nach verschiedenen Gesichtspunkten zu sortieren (**Restrictions**).

Im unteren Fenster werden zur ausgewählten Datenquelle Informationen über die Variable (z. B. Körpergewicht), u. a. über die Studie und Erhebungsmethode, das Geschlecht, den Stichprobenumfang, die Erhebungszeit usw. angezeigt. Zusätzlich werden dort mögliche Einschränkungen gegeben, die bei der Verwendung der Daten Beachtung finden sollten. Entsprechend der im Xprob-Bericht (s. Teil 1, Kapitel 4) dargestellten Anforderungen an die Inhalte und die Struktur von Referenzdaten muss zu jedem Expositionsfaktor eine detaillierte Beschreibung vorliegen, aus der alle relevanten Aspekte für Expositionsabschätzungen hervorgehen. Diese Informationssammlung hat eine feste Struktur und ist für jede Variable und jede Datenquelle in dem Tabellenfeld **Information** zusammengefasst dargestellt. Die aufgenommenen Inhalte sollen dem Nutzer der Datenbank einen schnellen und weitgehend vollständigen Überblick über die wesentlichen Merkmale des gewählten Expositionsfaktors und der zugrunde liegenden Daten- bzw. Literaturquelle geben. Bei der Entwicklung und Anwendung von Expositionsmodellen sollen die in der Datenbank bereitgestellten Informationen die begleitende Dokumentation der Expositionsabschätzung (im vorliegenden 2. Berichtsteil) unterstützen.

³ Da nicht alle Zuordnungen exklusiv und eindeutig sein können, ist bei mehrdeutigen Zuordnungen auch eine mehrfache Indizierung möglich.

Abbildung 2.3 Auswahlmöglichkeiten in RefXP zur Ansicht der aktuellen Datenquelle



Nach Betätigen der verschiedenen Reiter (*page controls*) können die Datentabelle zu den empirischen Kennwerten (Reiter: **Database Table**) und die Ergebnisse der Verteilungsanpassung der ausgewählten Datenquelle betrachtet werden (Abbildung 2.3) (Reiter: **Parameter of EDF/CDF**, d. h. Angaben zur Beschreibung der empirischen (EDF) und kumulierten (CDF) Verteilungsfunktion). Unter dem letztgenannten Reiter finden sich getrennt die Angaben zur Verteilungsanpassung (Parameter und Güte), eine Liste der empfohlenen Verteilungstypen mit Parameter, die Momente der empirischen und der angepassten Verteilungen und ausgewählte Quantile.

2.4 Funktion der Datenbank RefXP

Die Frage, die einen Anwender zunächst interessieren wird, lautet: Wie finde ich die für meine Expositionsabschätzung benötigten Daten in der Datenbank RefXP?

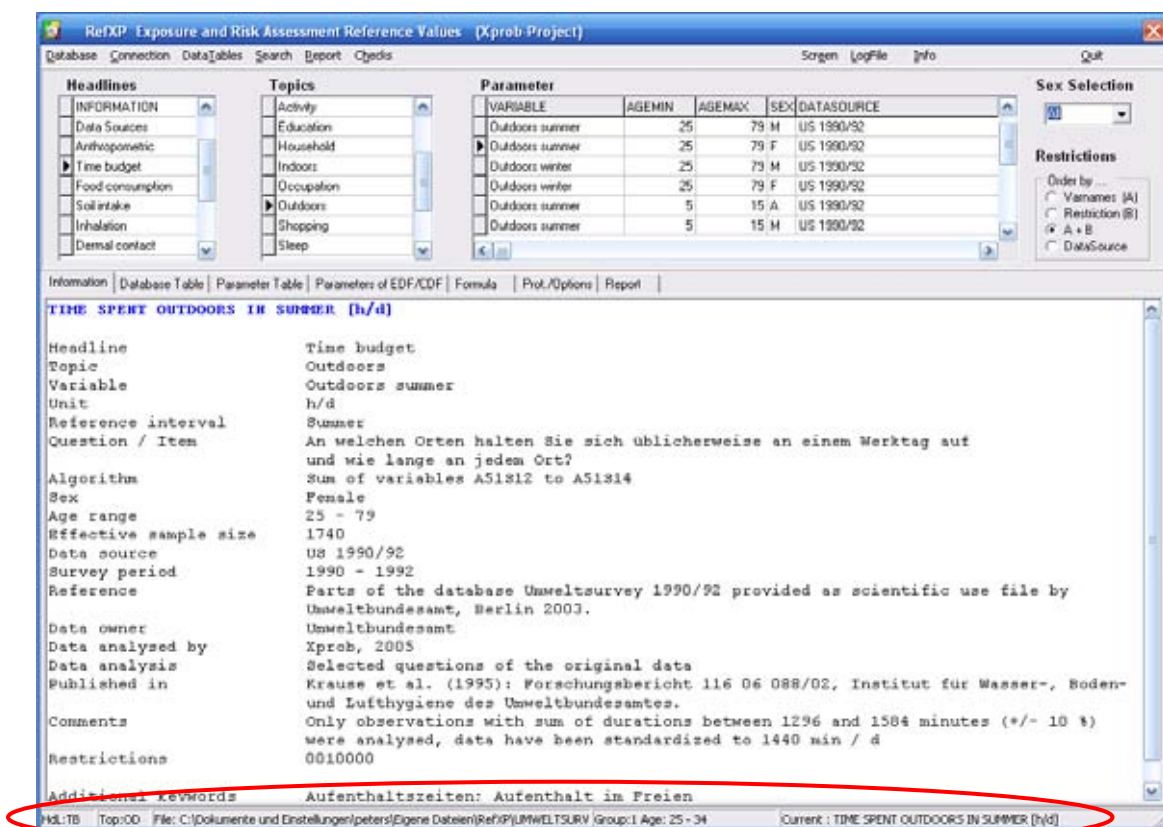
Das Auffinden bestimmter Daten und Datenquellen lässt sich am einfachsten an einem Beispiel verdeutlichen. Für die Modellierung eines Szenarios über die Luftbelastung eines bestimmten Schadstoffes werden neben anderem die Angaben zu den Aufenthaltszeiten im Freien benötigt.

Für die Datensuche ist die oben erwähnte Beachtung der hierarchischen Gliederung der Datenbank von Vorteil, wobei die Auswahl durch Anklicken des gewünschten Items erfolgt.

- **Headlines** (Themenblöcke) : Timebudget / Zeitbudget
- **Topics** (Variablengruppen): Outdoors / Aufenthalt im Freien
- **Variables** und **Data sources** : Outdoors summer / winter

Nach erfolgter Auswahl von **Headline** und **Topic** werden verschiedene Datenquellen angezeigt (Abbildung 2.4), die ausgewertete Daten von Aufenthaltszeiten im Freien im Sommer und Winter für verschiedene Alters- und Geschlechtsgruppen enthalten. Durch betätigen der Pfeiltasten oder das Anklicken einer Datenquelle mit der Maus werden Informationen zu dem gewählten Datensatz und zur Variable im unteren Fenster sichtbar.

Abbildung 2.4 Datenbank-Informationssseite zum Umwelt-Survey 1990/92 für den Aufenthalt im Freien von Frauen im Alter von 25 – 79 Jahren



Im unteren Rand des Programms (linke Seite) bleibt immer ersichtlich, welche Headline (Abkürzung **HdL**), welcher Topic (Abkürzung **Top**) und welche Datei gerade angezeigt wird. Außerdem wird auf der rechten Seite die aktuelle Variable genannt und, wenn nicht anders gewählt, die erste Altersgruppe angezeigt.

Im vorliegenden Beispiel (s. Abbildung 2.4) sind die Auswertungen zum Aufenthalt im Freien im Sommer für Frauen im Alter von 25-79 Jahren des Umwelt-

Surveys 1990/92 ausgewählt worden. Wichtige Informationen können jetzt im Informationsfenster abgelesen werden.

Nach Anklicken des Reiters **Database Table** im unteren Teil des Programmfensters können dann für diese Datenbasis für alle ausgewerteten Altersgruppen die zusammengefassten empirischen Kennwerte der beschreibenden Statistik für den Aufenthalt im Freien im Sommer für Frauen aus dem US 1990/92 betrachtet werden (Abbildung 2.5).

Abbildung 2.5 Datenbankfenster der Datentabelle mit Wahloptionen

AGEGRP	SEX	NOBS	MEAN	STDDEV	SKEWNESS	VARIANCE	MAXIMUM	MINIMUM	MEDIAN	IQUART	GRP	AGEMIN	AGEMAX
1	F	460	2,8433	2,09985	1,11977	4,40938	11	0	2,5	3	1	25	3
2	F	414	2,81013	2,27874	2,44641	5,19266	16,2406	0	2,41611	2,89709	2	35	4
3	F	394	2,82096	2,19635	0,95765	4,82394	11,03833	0	2,21538	3	3	45	5
4	F	308	3,65209	2,70536	0,52928	7,31895	13,5	0	3,27273	3,46909	4	55	6
5	F	184	3,60523	2,0252	0,06355	4,10142	12	0	3,27273	3,07821	5	65	7

Selected variables view

- ☒ AGEGRP
- ☒ SEX
- ☒ NOBS
- ☒ MEAN
- ☒ STDDEV
- ☒ SKEWNESS
- ☒ VARIANCE
- ☒ MAXIMUM
- ☒ MINIMUM
- ☒ MEDIAN
- ☒ IQUART
- ☒ GRP
- ☒ AGEMIN
- ☒ AGEMAX
- ☒ AGEMID
- ☒ GEOMMEAN
- ☒ GEOMSTDDEV
- ☒ QUANTILES
- ☒ MOMENTS
- ☒ GENERALF
- ☒ CORRELATIO

SEX= sex,
 AGEGRP= age group,
 AGEMIN= minimal age in group,
 AGEMAX= maximal age in group,
 NOBS= number of observations,
 MEAN= arithmetic mean,
 STDDEV= standard deviation,
 SKEWNESS= skewness,
 VARIANCE= variance,
 MAXIMUM= maximal value.

Die Erklärungen für die in der Tabelle verwendeten Abkürzungen befinden sich im unteren rechten Fenster.

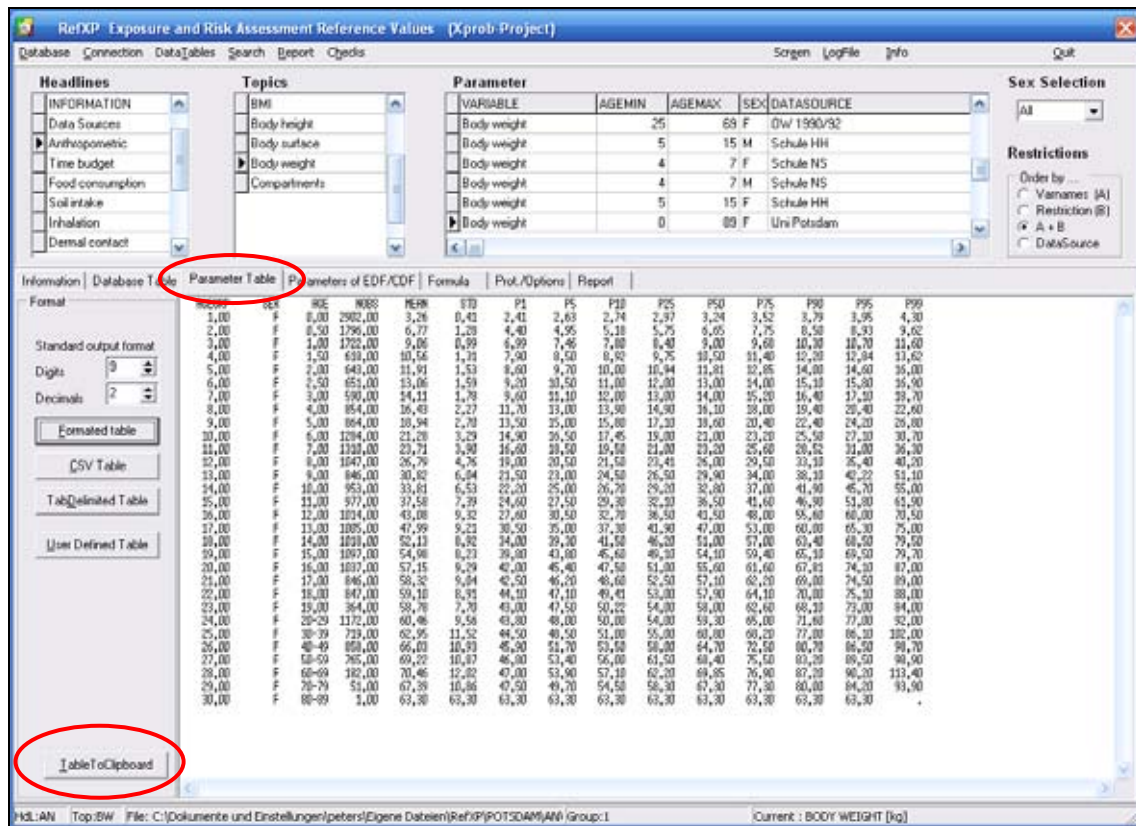
Das neben der Datentabelle befindliche obere Fenster bietet die Möglichkeit, eine Auswahl der statistischen Werte zu treffen (**Selected variables view**). Dafür werden die Häkchen vor den nicht benötigten Kennwerten per Mausklick entfernt. Die so getroffene Auswahl wird in der Parametertabelle (s. Abbildung 2.6) wirksam.

Die Datentabelle lässt sich zur Weiterverarbeitung in verschiedenen Formaten in die Zwischenablage kopieren, indem der Reiter **Parameter table** (Abbildung 2.6) getätigt wird. Hier ist zunächst ein leeres Fenster zu sehen. Durch das Betätigen eines Buttons **Formatted table**, **CSV-Table⁴** oder **TabDelimited Table** wird die Tabelle in dem gewählten Format in das Fenster eingefügt. Außerdem besteht die Möglichkeit zum Erstellen einer benutzerdefinierten Tabelle (**User Defined Table**). Nach Anklicken dieser Schaltfläche öffnet sich ein neues Fenster, in dem die Auswahl getätigt werden kann. Durch einen weiteren Mausklick auf den Button **Table To Clipboard** wird die entsprechende Tabelle dann

⁴ CSV = Comma Separated Values Table: Durch Komma getrennte Tabelle

in der Zwischenablage gespeichert. Nähere Erläuterungen zu den Datenformaten sind im Abschnitt 2.6 – Datenexport zu finden.

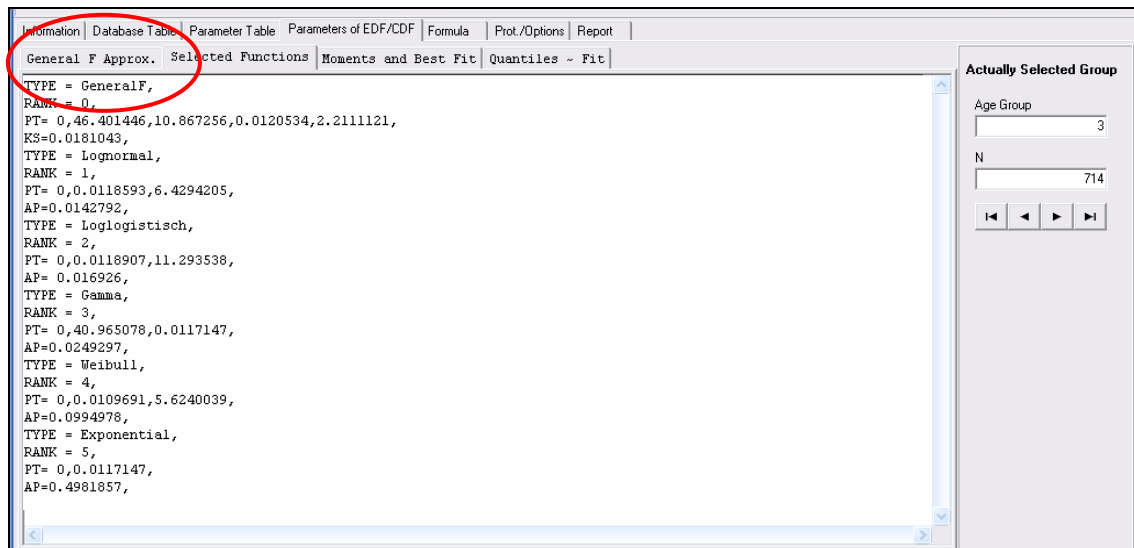
Abbildung 2.6 Datentabelle in RefXP zur Speicherung in der Zwischenablage



Unter dem Reiter **Parameters of EDF / CDF** (Abbildung 2.7) werden neue Schaltflächen sichtbar.

Als erstes steht der Reiter für die **General F Approximation** zur Auswahl. Hier werden die angepassten Verteilungen mit ihren Parametern und dem Kolmogorov-Smirnov-Test (KS) in der Reihenfolge der Anpassungsgüte aufgeführt. Es wird zunächst immer die 1. Altersgruppe angezeigt mit ihrer Anzahl an Beobachtungen. Die weiteren Altersgruppen lassen sich durch Betätigen der Pfeiltasten auswählen.

Abbildung 2.7 Ergebnisse der Verteilungsanpassung in RefXP I



Unter **Selected Functions** (Abbildung 2.8) werden die Parameter gezeigt, die zur Modellierung verwendet werden können. Diese Option erleichtert die Weiterverwendung der Ergebnisse in Programmen wie @RISK. Die Standardparameter für die einzelnen Verteilungen werden hier wie im Xprob-Bericht beschrieben (siehe Kapitel 5 in Teil 1) zur Verfügung gestellt. Unter dem Button **Formula** (Abbildung 2.9) können alle Altersgruppen gleichzeitig angesehen werden. Hier sind in der Voreinstellung nur die GF-Verteilung sowie die beiden besten Verteilungsanpassungen zu finden. Dieses kann jedoch optional verändert werden.

Abbildung 2.8 Ergebnisse der Verteilungsanpassung in RefXP II

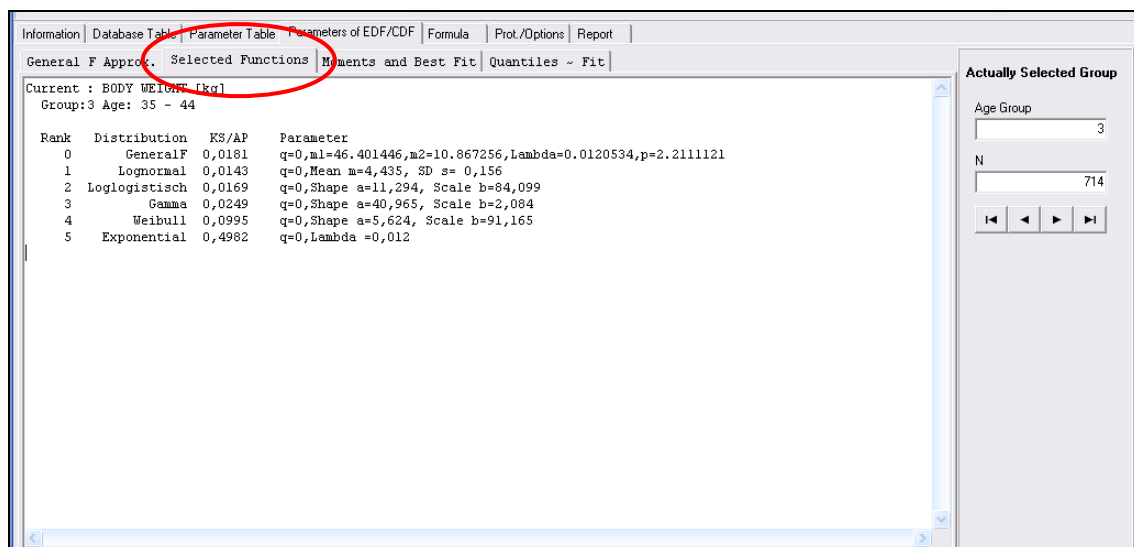
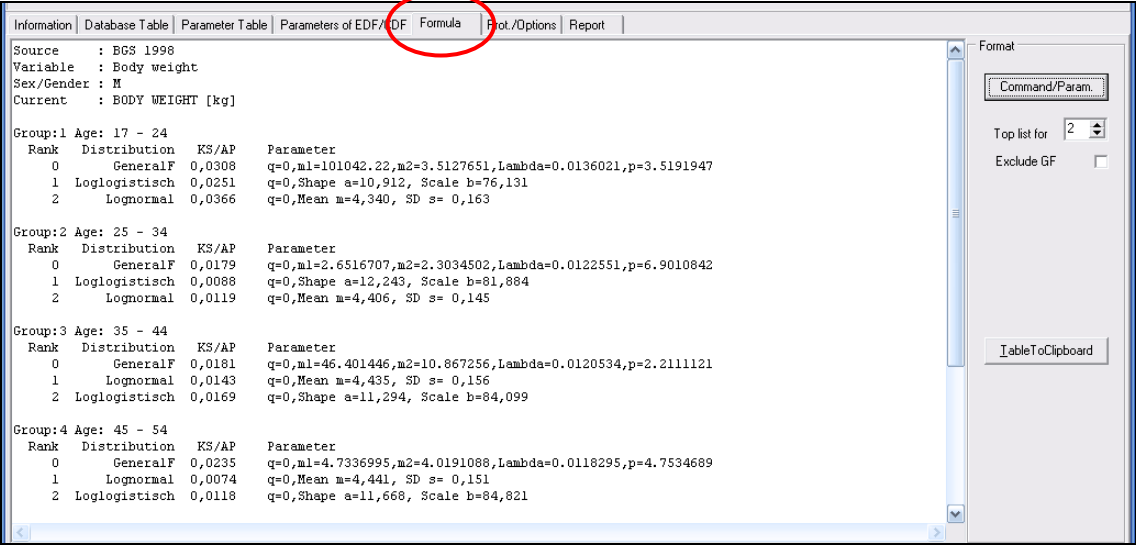


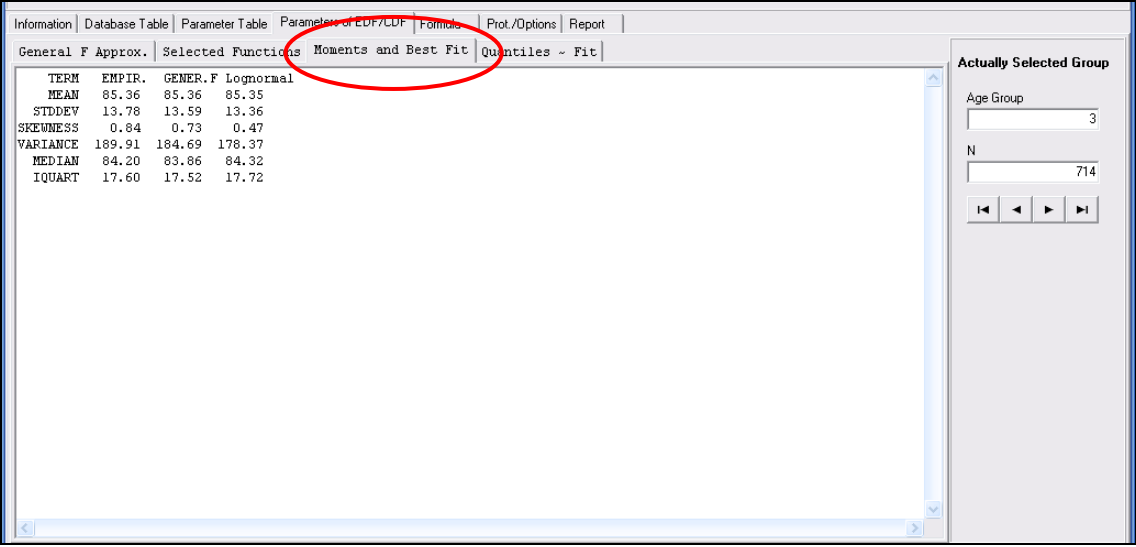
Abbildung 2.9 Ergebnisse der Verteilungsanpassung in RefXP über alle Altersgruppen



Group	Age	Rank	Distribution	KS/AP	Parameter
Group:1	Age: 17 - 24	0	General F	0,0308	$q=0, m1=101042,22, m2=3,5127651, \text{Lambda}=0,0136021, p=3,5191947$
		1	Loglogistisch	0,0251	$q=0, \text{Shape } a=10,912, \text{Scale } b=76,131$
		2	Lognormal	0,0366	$q=0, \text{Mean } m=4,340, \text{SD } s=0,163$
Group:2	Age: 25 - 34	0	General F	0,0179	$q=0, m1=2,6516707, m2=2,3034502, \text{Lambda}=0,0122551, p=6,9010842$
		1	Loglogistisch	0,0088	$q=0, \text{Shape } a=12,243, \text{Scale } b=81,884$
		2	Lognormal	0,0119	$q=0, \text{Mean } m=4,406, \text{SD } s=0,145$
Group:3	Age: 35 - 44	0	General F	0,0181	$q=0, m1=46,401446, m2=10,867256, \text{Lambda}=0,0120534, p=2,2111121$
		1	Lognormal	0,0143	$q=0, \text{Mean } m=4,435, \text{SD } s=0,156$
		2	Loglogistisch	0,0169	$q=0, \text{Shape } a=11,294, \text{Scale } b=84,099$
Group:4	Age: 45 - 54	0	General F	0,0235	$q=0, m1=4,7336995, m2=4,0191088, \text{Lambda}=0,0118295, p=4,7534689$
		1	Lognormal	0,0074	$q=0, \text{Mean } m=4,441, \text{SD } s=0,151$
		2	Loglogistisch	0,0118	$q=0, \text{Shape } a=11,668, \text{Scale } b=84,821$

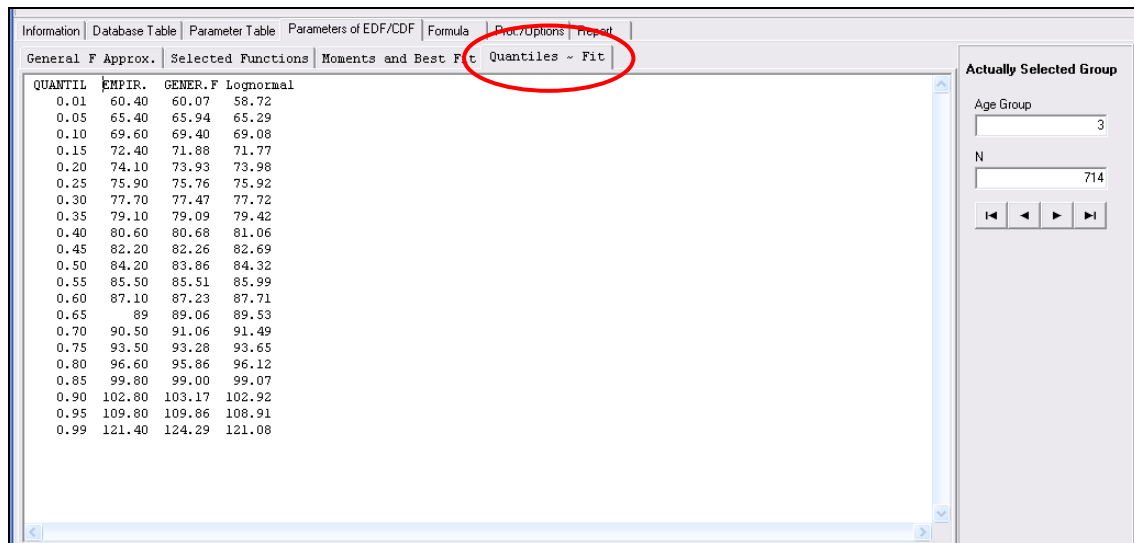
Durch Betätigen der Schaltfläche **Moments and Best Fit** (Abbildung 2.10) werden die statistischen Kennwerte der Verteilungen von empirischer und den theoretischen Verteilungen GF und Best Fit angezeigt.

Abbildung 2.10 Ergebnisse der Verteilungsanpassung in RefXP III



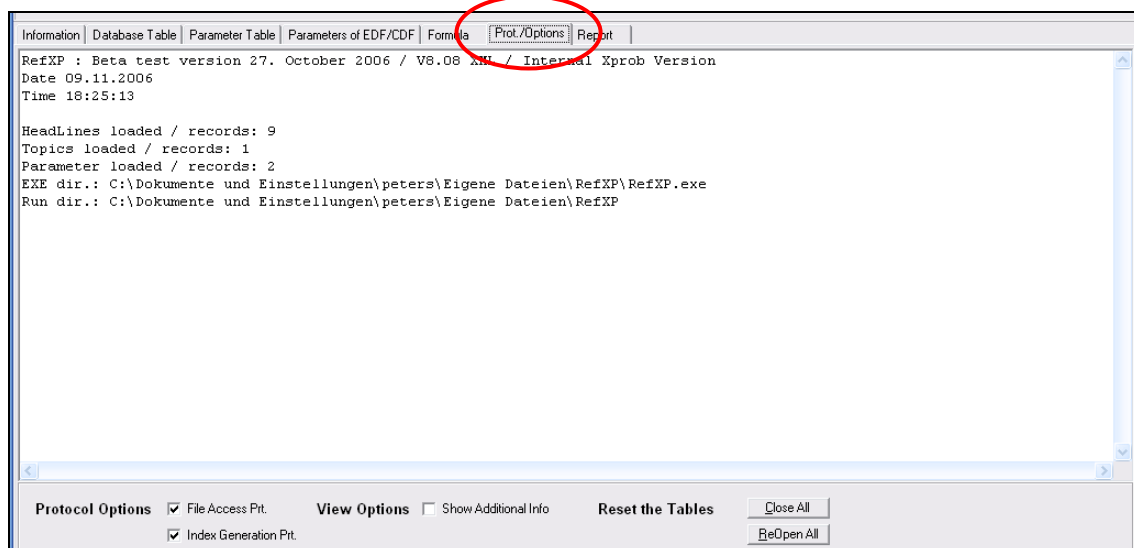
TERM	EMPIR.	GENER. F	Lognormal
MEAN	85.36	85.36	85.35
STDDEV	13.78	13.59	13.36
SKEWNESS	0.84	0.73	0.47
VARIANCE	189.91	184.69	178.37
MEDIAN	84.20	83.86	84.32
IQUART	17.60	17.52	17.72

Unter **Quantiles ~ Fit** (Abbildung 2.11) sind die Quantile für die empirische Verteilung, die angepasste GF- und die jeweils beste angepasste Verteilung (Best Fit) zu finden. Auch hier kann wieder die Auswahl einer bestimmten Altersgruppe erfolgen.

Abbildung 2.11 Ergebnisse der Verteilungsanpassung in RefXP IV


QUANTIL	EMPIR.	GENER.F	Lognormal
0.01	60.40	60.07	58.72
0.05	65.40	65.94	65.29
0.10	69.60	69.40	69.08
0.15	72.40	71.88	71.77
0.20	74.10	73.93	73.98
0.25	75.90	75.76	75.92
0.30	77.70	77.47	77.72
0.35	79.10	79.09	79.42
0.40	80.60	80.68	81.06
0.45	82.20	82.26	82.69
0.50	84.20	83.86	84.32
0.55	85.50	85.51	85.99
0.60	87.10	87.23	87.71
0.65	89	89.06	89.53
0.70	90.50	91.06	91.49
0.75	93.50	93.28	93.65
0.80	96.60	95.86	96.12
0.85	99.80	99.00	99.07
0.90	102.80	103.17	102.92
0.95	109.80	109.86	108.91
0.99	121.40	124.29	121.08

Die Seite, die durch die Schaltfläche **Prot./Options** (Abbildung 2.12) geöffnet wird, zeigt im großen Fenster das Protokoll der aktuellen Sitzung. Dazu gibt es verschiedene Einstellungsmöglichkeiten, die sich im unteren Rand auf der rechten Seite befinden. Das Protokoll dient der technischen Kontrolle und soll beim Auftreten eines Fehlers dessen Identifizierung erleichtern.

Abbildung 2.12 Protokoll- und Einstelloptionen in RefXP


```

RefXP : Beta test version 27. October 2006 / V8.08 XML / Interval Xprob Version
Date 09.11.2006
Time 18:25:13

HeadLines loaded / records: 9
Topics loaded / records: 1
Parameter loaded / records: 2
EXE dir.: C:\Dokumente und Einstellungen\peters\Eigene Dateien\RefXP\RefXP.exe
Run dir.: C:\Dokumente und Einstellungen\peters\Eigene Dateien\RefXP
  
```

Protocol Options ☒ File Access Prit. **View Options** ☐ Show Additional Info **Reset the Tables**

Die Möglichkeit der Auswahl der **View Options** – *Show Additional Info* bezieht sich auf die Informationsseite zu den einzelnen Datenquellen. Hier werden zu dem Stichpunkt *Restrictions* nur Zahlen angezeigt. Durch das Setzen des Häkchens bei *Show Additional Info* auf der Info-Seite öffnet sich ein Textfeld, in dem die Erklärungen für die Einschränkungen stehen. Dieses Feld lässt sich je-

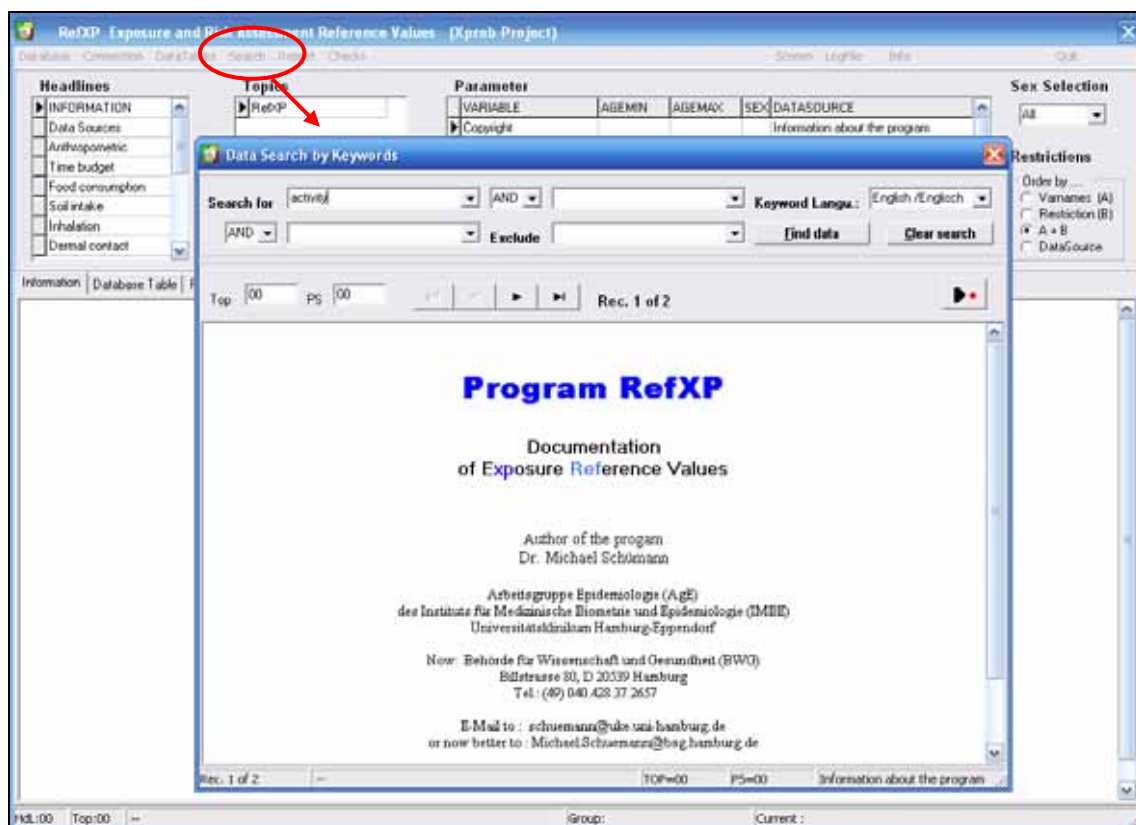
doch auch durch einfaches Anklicken auf der unteren Info-Zeile öffnen und schließen.

Der letzte Reiter **Report** listet die gesamte Dokumentation auf, wenn dieses durch das Betätigen der oberen Schaltfläche **Report** und *Documentation (full)* gewählt wird.

2.5 Die Suchfunktion

Die Datenbank RefXP enthält eine Möglichkeit, um Datensätze zu bestimmten Themen nach gewählten Schlüsselbegriffen zu suchen. Der Suchmechanismus kann über die Schaltfläche **Search** in der oberen Zeile aufgerufen werden. Hierauf öffnet sich ein neues Fenster (Abbildung 2.13). Mithilfe dieser Suchfunktion können nun Dokumente und Daten nach Schlagwörtern, frei wählbaren Suchbegriffen und Ausschlusskriterien identifiziert werden. Dabei kann zwischen englischer und deutscher Eingabe unterschieden werden.

Abbildung 2.13 Die Suchfunktion in RefXP



Das Programm durchsucht nach Eingabe eines Begriffes die gesamten Textfelder innerhalb der Datenbank und listet die gefundenen Ergebnisse nacheinander auf. Die Eingabe erfolgt in den vorgegebenen Feldern und die Suche wird anschließend mit dem Button **Find data** ausgelöst. Anschließend werden die Suchergebnisse im Fenster der Suchfunktion angezeigt. Mit Hilfe der Pfeiltasten

lassen sich alle Ergebnisse nacheinander einzeln im Ergebnisfenster anzeigen. Wenn der Anwender sich einen Datensatz nun näher betrachten möchte, dann sollte mit der linken Maustaste auf die Schaltfläche **Set to...and Go** geklickt werden, und der gewählte Datensatz steht sofort zur Ansicht in der Datenbank bereit.

Für ein reibungsloses Suchen empfiehlt es sich einige Punkte zu beachten:

- Die deutschen Suchbegriffe sollten ohne Umlaute (ä, ö, ü) und ß geschrieben werden (ersetzen durch: ae, oe, ue und ss).
- Bei der Suche nach langen zusammengesetzten Begriffen kann es zu Problemen kommen, weshalb davon abzuraten ist.
- Die Eingabe kann in Klein- oder Großschreibung erfolgen.

Zur Orientierung befinden sich die kleinen Kästchen **HdL** und **Top** neben den Pfeiltasten. Sie geben an, unter welcher **Headline (HdL)** und welchem **Topic (Top)** sich die Variable des angezeigten Datensatzes befindet.

2.6 Der Datenexport

Für die Weiterverwendung können die Daten und der gespeicherte Inhalt der Zwischenablage problemlos in ein Word-Dokument überführt werden. Der Seiteninhalt des Fensters **Parameter Table** (siehe Abbildung 2.6) wird durch den Button **Table To Clipboard** in die Zwischenablage des Berichtssystems als Textblock gelegt. Der jeweils letzte Textblock der Zwischenablage kann z. B. in Word mit *Bearbeiten / Einfügen* übernommen werden. Es bieten sich dafür drei verschiedene Möglichkeiten:

1. Bei einer direkten Übernahme in Word sollte, um die Textformatierung zu erhalten, auf eine nicht-proportionale Schrift (empfohlen wird Courier) gesetzt werden (Gesamttext markieren und Schrifttyp auswählen).
2. Soll eine als Tabelle formatierte Datenübernahme erfolgen, so muss der Button **CSV Table** benutzt und mittels **Table To Clipboard** der Inhalt nach Word kopiert werden. Anschließend kann der Textblock markiert und mit *Tabelle/Umwandeln/Text in Tabelle* in eine „typische“ Word-Tabelle umgewandelt werden.
3. Wenn der Inhalt jedoch in eine Tabellenkalkulationsumgebung wie z. B. Excel übernommen werden soll, muss die Form **TabDelimited Table** zum Kopieren in die Zwischenablage gewählt werden. Hierdurch kann z. B. in Excel die Tabelle durch *Bearbeiten/Einfügen* spaltenrichtig übertragen werden.

Die Übernahme des Textblockes der Zwischenablage der Verteilungsanpassung (unter **Formula**) erfolgt ebenfalls durch *Bearbeiten/Einfügen* in ein Word-Dokument. Es empfiehlt sich auch hier eine nicht-proportionale Schrift (z. B.

Courier) anzuwenden und die Schriftgröße auf 8 Pt zu begrenzen, so dass eine gute Ansicht der Daten möglich wird.

Eine Übernahme der gesamten Auswertung einer Variablen wird durch die einfache Option **Report/Documentation (full)** ermöglicht, die in der oberen Bearbeitungsleiste des Programms RefXP zu finden ist. Dabei werden für die markierte Variable alle in der Datenbank zur Verfügung stehenden Informationen und Ergebnisse zusammengefasst und für jede Altersgruppe hintereinander aufgelistet. Diese Ergebnisse lassen sich mit der Option **Report/Save the Documentation to File** auch ohne Umweg in eine externe Rich-Text-Format-Datei (.rtf) speichern.

2.7 Fazit

Mit der Datenbank RefXP steht nunmehr ein geeignetes Instrumentarium zur Verfügung, das einen einheitlichen Standard für die Dokumentation von Referenzdaten in der Expositions- und Risikoabschätzung schafft.

Mit ihr kann der Datenbestand in einer einheitlichen Struktur aufgebaut, gespeichert und den Datennutzern zur Weiterverwendung zur Verfügung gestellt werden. Die Datenbank ist im Rahmen des Xprob-Projekts in den Modellanwendungen getestet worden und wird zum Projektabschluss für eine breitere Nutzung freigegeben.

Die statistischen Kennwerte und Verteilungsangaben zu den einzelnen Expositionsfaktoren sind in der Datenbank RefXP nachzuschlagen. Nur vereinzelt sind diese auch in der vorliegenden Dokumentation aufgeführt. Wie bereits mehrfach erwähnt, sind ebenfalls die vom Xprob-Projekt neu ausgewerteten Datenquellen und daraus abgeleiteten Empfehlungen für Expositionsreferenzwerte in der Datenbank enthalten. Im vorliegenden Bericht (Teil 2) wird an entsprechender Stelle darauf verwiesen.

3 Ausgewählte Datenquellen für Expositionsfaktoren

Claudia Peters, Jens Herrmann†, Olaf Mosbach-Schulz, Petra Okken

In den nachfolgenden Kapiteln werden die vom Xprob-Projekt ausgewerteten Expositionsfaktoren vorgestellt und näher erläutert. Ein Schwerpunkt bei der Auswertung liegt auf der Reanalyse geeigneter Surveydaten aus Deutschland, aus denen Verteilungen angepasst wurden. In einem zweiten Schritt sind insbesondere bei unzureichender Datenlage zusätzlich Literaturquellen recherchiert und auf ihre Eignung für Reanalysen geprüft worden.

Tabelle 3.1 Datenquellen, die für die Verteilungsanpassung von Expositionsfaktoren ausgewertet wurden

Datenquelle	Variable	Geschlecht	Alter	Stichprobe
NVS 1985/89	Lebensmittelverzehr	Frauen Männer	4 – 74 Jahre	23 209
NUS 1990/91	Körpergewicht, Körperhöhe, BMI, spezifische Aktivitäten, Schlafzeit	Frauen Männer	25 – 69 Jahre	5 312
OW 1990/92	Körpergewicht, Körperhöhe, BMI, spezifische Aktivitäten, Schlafzeit, Arbeitszeit	Frauen Männer	25 – 69 Jahre	2 211
US 1990/92	Aufenthaltszeiten im Freien, in Innenräumen, im Verkehr	Frauen Männer	25 – 69 Jahre	4 287
US 1990/92 Kinder	Körpergewicht, Körperhöhe, BMI, Aufenthaltszeiten im Freien und im Verkehr	Mädchen Jungen	6 – 14 Jahre	736
BGS 1998	Körpergewicht, Körperhöhe, BMI, Aktivitätsmuster, Schlafzeit, Wohndauer	Frauen Männer	17 – 79 Jahre	7 124
US 1998	Trinkwasserkonsum	Frauen Männer	18 – 69 Jahre	4 822
Schuleingangsuntersuchung Niedersachsen 1993 – 2001	Körpergewicht, Körperhöhe, BMI	Mädchen Jungen	4,5 – 7,5 Jahre	ca. 250 000
Schuluntersuchung Hamburg 1991 – 1997	Körpergewicht, Körperhöhe, BMI	Mädchen Jungen	5 – 7; 9 – 11; 13 – 15 Jahre	ca. 200 000
SOEP 2001 – 2003	Körpergewicht, -höhe, BMI, Arbeits-, Hausarbeits- und Ausbildungszeit, spezifische Aktivitäten, Wohndauer, Wohnungsgröße	Frauen Männer	17 – 99 Jahre	ca. 23 000

Zunächst werden in diesem Abschnitt alle Datenquellen vorgestellt, die für Expositionsfaktoren relevante Informationen enthalten und für die Reanalyse herangezogen werden konnten (Tabelle 3.1). Damit lässt sich in den folgenden Kapiteln eine wiederholte allgemeine Studienbeschreibung vermeiden. Bei der Diskussion der einzelnen Expositionsfaktoren werden die Datenquellen anschließend für die einzelnen Expositionsfaktoren genauer beschrieben.

Die nachfolgende Beschreibung der Datenquellen enthält u. a. Informationen zum Ziel der Erhebung, zum Dateneigner, zur Verfügbarkeit der Daten, zur Studien- und Zielpopulation, zur regionalen und zeitlichen Verteilung und zum Stichprobenumfang.

3.1 Nationale Verzehrsstudie (NVS) 1985/89

Die Nationale Verzehrsstudie (NVS 1985/89) wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie mit dem Ziel durchgeführt, die Ernährungs- und Belastungssituation der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland zu beschreiben. Die Erhebung wurde von der Gesellschaft für Konsum- und Marktforschung (GfK, Nürnberg) im Zeitraum von Oktober 1985 bis Januar 1989 durchgeführt. Die Grundgesamtheit der Erhebung bildet die in Privathaushalten lebende deutsche Wohnbevölkerung der Bundesrepublik Deutschland vor der Wiedervereinigung inklusive West-Berlin. Ausländer und Anstaltshaushalte blieben unberücksichtigt. Da keine Angaben zu Inhaltsstoffen von Säuglingsnahrung vorlagen, wurden Verzehrer von Säuglingsnahrung ausgeschlossen. Daraus resultiert weitere eine Einschränkung der Grundgesamtheit auf die deutsche Wohnbevölkerung im Alter von mindestens vier Jahren.

Die Stichprobenziehung der Nationalen Verzehrsstudie erfolgte nach den Richtlinien der Muster-Stichproben-Pläne des Arbeitskreises Deutscher Marktforschungsinstitute (Schäfer 1979) in Form einer dreistufigen, mehrfach geschichteten Zufallsstichprobe in 20 Regierungsbezirken mit je 54 Untersuchungseinheiten, die sich an den Wahlbezirken orientierten. Im Durchschnitt wurden 14 Adressen je Untersuchungseinheit zufällig ausgewählt. Auf der Stufe der Regierungsbezirke wurde die Stichprobe disproportional gezogen, um auch kleinere regionale Einheiten ausreichend zu erfassen. Dies kann bei Merkmalen mit starken regionalen Unterschieden zu Verzerrungen führen. Die Ausschöpfung der Erstansprachen betrug 71,3 %. Antwortverweigerungen traten insbesondere bei weiblichen Teilnehmerinnen in den hohen Altersklassen auf, so dass die Daten nur das Alterspektrum von 4 bis 74 Jahren repräsentativ abbilden. Die Erhebung erstreckte sich über 36 Monate. Pro Monat wurden ca. 300 Haushalte befragt (Adolf et al. 1995).

Alle 23 593 Studienteilnehmer (nach Datenbereinigung: N = 23 209) sollten über 7 Tage ein Ernährungs- und Tätigkeitsprotokoll führen. Tatsächlich protokollierten 96,5 % der Teilnehmer ihren Verzehr 7 bis 9 Tage, 2,9 % 4 bis 6 Tage und 0,6 % 1 bis 3 Tage (FDG 1991). Die Feldarbeit und Qualitätssicherung wird

in der Basisauswertung (FDG 1991, Anders et al. 1990) beschrieben. Eine Zielperson im Mindestalter von 14 Jahren aus jedem Haushalt diente zur Erfassung der soziodemografischen und ökonomischen Daten aller Familienmitglieder (Strukturdaten).

Zusätzlich wurde von den genannten Zielpersonen ($N = 10\,985^5$) die Verzehrsfrequenz von 35 Lebensmittelgruppen, von Daten zu Ernährungseinstellung, Ernährungswissen, Einkaufsverhalten, Gesundheitszustand, Rauchgewohnheiten, Freizeitverhalten, Aktivitäten, beruflicher Belastung und zum Informationsverhalten erhoben. Bei dieser Stichprobe haben Mitglieder in Mehrpersonenhaushalten eine geringere Wahrscheinlichkeit, aufgenommen zu werden, als Mitglieder in Einpersonenhaushalten. Dies kann zu möglichen Verzerrungen bei den Auswertungen führen.

Aus den über 18-jährigen Zielpersonen wurde per Zufallsauswahl die Teilstichprobe ($N = 1\,998^5$) zur *Verbundstudie Ernährungserhebung und Risikofaktorenanalytik* (VERA) gezogen. Die regionale Disproportionalität und der Haushaltsbezug wurden dabei aufgehoben. Hier liegen zusätzlich zu den bisherigen Angaben auch Daten zur Vitamin-, Mineralstoff- und Spurenelementversorgung und zur Belastung mit Schwermetallen und Organochlorverbindungen aus Nüchternblutproben und 24-Stunden-Sammelurin vor. Die Daten beziehen sich auf einen Zeitraum von Januar 1986 bis Dezember 1987 (Schneider et al. 1992).

Die Daten der Nationalen Verzehrsstudie (NVS 1985/89) und der VERA-Studie liegen der Fachöffentlichkeit vor und können vom Institut für Ernährungswissenschaften der Justus-Liebig-Universität in Gießen (Datenhalter) als *Public Use File* (Adolf 2003) bezogen werden.

Die Lebensmittel wurden mit Hilfe einer Erweiterung (GfK-Version, Public Use File: BLSCODE.ASC) (Adolf 2003) des Bundeslebensmittelschlüssels (Version I) kodiert (vgl. Klemm et al. 1999). Aus weiteren Angaben zur Verarbeitungsform (mit/ohne Abfall, roh, gekocht, gebraten etc.) und der Verarbeitungsform zum Zeitpunkt der Einwaage wurde das Verzehrsgewicht bestimmt. Ebenso wurden angegebene Gerichte auf ihre Einzelkomponenten aufgeteilt. Die verwandte Rezept-Datei sowie die Auswertungen erstellte das Institut für Ernährungswissenschaften.

Laut Adolf (2003) weisen die Daten zu Ernährungseinstellung, Ernährungswissen, Einkaufsverhalten, Gesundheitszustand, Rauchgewohnheiten, Freizeitverhalten, Informationsverhalten und die Angaben zu Arbeit und Beruf eine Vielzahl fehlerhafter Kodierungen auf, so dass eine Auswertung nicht sinnvoll erscheint.

Für die Ableitung von Referenzwerten wurden aus den Strukturdaten die Variablen Geschlecht (V3) und Alter (V4) verwandt. Die tägliche Lebensmittelauf-

⁵ Nach Datenbereinigung

nahme erfolgte entsprechend den Auswertungen des Instituts für Ernährungswissenschaften (Adolf 2003) für 24 grobe Lebensmittelkategorien (Public Use File: NVSLMG24.ASC) und 90 detaillierte Lebensmittelkategorien (Public Use File: NVSLMG90.ASC). Dabei bilden die detaillierten Kategorien eine Verfeinerung der Grobkategorien. Eine Gewichtung über die Anteile der Haushalte in den 20 Regierungsbezirken wurde – wie in den Auswertungen des Instituts für Ernährungswissenschaften – nicht vorgenommen.

In Adolf et al. (1994, 1995) finden sich arithmetische Mittelwerte der mittleren, täglichen Aufnahme für alle Kategorien, stratifiziert nach Geschlecht und Alter (4 – 6, 7 – 9, 10 – 12, 13 – 14, 15 – 18, 19 – 24, 25 – 50, 51 – 64, 65+ Jahre). Für die 24 Grobkategorien finden sich ebenfalls Angaben zum 2,5/25/50/75 und 97,5%-Quantil der Verteilungen. Weitere Abschichtungen wurden nach Region, Schulbildung, Saison, *Body Mass Index* (BMI) und Einkommen vorgenommen.

Entsprechend den Auswertungen zum AUH-Bericht (AUH 1995) wurden bei der Berechnung der Expositionsfaktoren fünfmal jeweils zwei Kategorien zu einer gemeinsamen zusammengefasst (vgl. Tabelle 3.2, lfd.Nr. 05.1, 05.5, 13.4, 15.3, 21.2). Angegeben ist jeweils das mittlere, tägliche Verzehrsgewicht aller Lebensmittel einer Kategorie über die Protokolltage in Gramm pro Tag (g/d). Damit besteht eine direkte Vergleichbarkeit der Referenzwerte mit den Auswertungen des AUH (1995).

Für eine weiterführende Auswertung der Verzehrsmenge pro Körpergewicht stehen in den Strukturdaten ebenfalls das Körpergewicht (V5) und die Körpergröße (V6) zur Verfügung.

Der Public Use File zur Nationalen Verzehrsstudie (Adolf 2003) umfasst ebenso Angaben zum Verzehr einzelner Lebensmittel je Protokolltag (File: NVSLM.ASC) sowie zur Nährstoffaufnahme (File: NVSNS.ASC) und Supplementaufnahme (File: NVSVIT.ASC) je Protokolltag.

Für die Zielpersonen finden sich Angaben u. a. zu Verzehrshäufigkeiten (mehrmals täglich, fast täglich, mehrmals (3- bis 4-mal) pro Woche, mehrmals pro Monat, selten/nie) für 35 Lebensmittelkategorien und zur Ernährungsform (u. a. Vegetarier) (File: NVSSTZIL.ASC). In Adolf et al. (1995) sind die Häufigkeiten für 35 Lebensmittelgruppen, stratifiziert nach Geschlecht und Alter (15 – 18, 19 – 24, 25 – 50, 51 – 64, 65+), angegeben.

Tabelle 3.2 Kategorisierung von Lebensmitteln in 24 bzw. 85 Gruppen
(Adolf et al. 1995, AUH 1995)

Lfd. Nr.	24 Lebensmittel-gruppen	85 Lebensmittel-gruppen	Lebensmittel
01.0	Fleisch		
01.1		Rindfleisch	Filet, Kotelett, Schnitzel, Rouladen, sonstiges Rindfleisch
01.2		Kalbfleisch	Filet, Kotelett, Schnitzel, Rouladen, sonstiges Kalbfleisch
01.3		Schweinefleisch	Filet, Kotelett, Schnitzel, Rouladen, Eisbein, sonstiges Schweinefleisch
01.4		Wild und Wildgeflügel	Hirsch, Reh, Hase, Wildkaninchen, Wildente, Wachtel
01.5		Geflügelfleisch	Brathähnchen, Suppenhuhn, Ente, Gans, Pute, Taube
01.6		Hackfleisch	Rind-, Schwein-, Kalbhackfleisch
01.7		Innereien	Leber, Herz, Lunge, Milz, Niere, Bries
01.8		Sonstiges Fleisch	
02.0	Fleisch- und Wurstwaren		
02.1		Wurst und Wurstwaren	Salami, Zervelatwurst, Plockwurst, Leberwurst, Fleischwurst, sonstiger Aufschnitt, Bratwurst, Brühwurst
02.2		Schinken	Schinken, roh und gekocht (Schwein, Rind)
02.3		Speck, mager und fett	Speck, mager und durchwachsen
03.0	Fisch und Fischwaren		
03.1		Frischfisch und tiefgefrorener Fisch	Frischer und tiefgekühlter Fisch
03.2		Geräucherter Fettfisch und Ölkonserven	Makrele, Hering, Thunfisch, Heilbutt, sonstige geräucherte Fettfische und Konserven in Öl
03.3		Fischerzeugnisse und -gerichte	Gesalzener Fisch, Anchosen, Marinaden, Kochfischwaren, sonstige Fischerzeugnisse
03.4		Krebse, Muscheln u.ä.	Krebs, Hummer, Krabbe, Auster, Muschel
04.0	Eier	Eier	Eier
05.0	Milch und Milchprodukte		
05.1		Frisch- und Buttermilch, Milch, ultrahocherhitzt und sterilisiert	Frisch- und Buttermilch, ultrahocherhitzt und sterilisiert (Kuh-, Schafs-, Ziegen und sonstige Milch)
05.2		Kondensmilch	Kondensmilch unterschiedlicher Fettstufen, Kaffeesahne
05.3		Sahne	Schlagsahne, Saure Sahne, Schmand
05.4		Joghurt, Dickmilch, Kefir	Joghurt, Kefir, Dickmilch
05.5		Milchmixgetränke, sonstige Milcherzeugnisse	Vollmilch-, Buttermilch-, Magermilcherzeugnisse, Milchpulver
06.0	Käse und Quark		
06.1		Quark, Frischkäsezubereitungen	Friskäse, Hüttenkäse, Schichtkäse, Quark
06.2		Käse (< 40% Fett i.Tr.)	Schnittkäse, Weichkäse, Kochkäse, Schmelzkäse, sonstiger Käse unter 40% Fett i.d.Tr.
06.3		Käse (40 – 50% Fett i.Tr.)	Ziegenkäse, Schnittkäse (Vollfettstufe), Weichkäse (Vollfettstufe), Camembert, sonstiger Käse zwischen 40% und 50% Fett i.d.Tr.
06.4		Käse (> 50% Fett i.Tr.)	Schnittkäse (Rahm- und Doppelrahmstufe), Weichkäse (Rahm- und Doppelrahmstufe), sonstiger Käse über 50% Fett i.d.Tr.
07.0	Butter	Butter	Butter
08.0	Speisefette und -öle		
08.1		Tierische Fette ohne Butter	Fischöle, Geflügelfett, -schmalz, Rinder-, Schweineschmalz
08.2		Margarine	Margarine, Diätmargarine
08.3		Speiseöle	Oliven-, Diestel-, Maiskeim-, Sonnenblumenöl und sonstige Pflanzenöle
08.4		Sonstige pflanzliche Fette	Kokosfett, sonstige pflanzliche Fette

Lfd. Nr.	24 Lebensmittel-gruppen	85 Lebensmittel-gruppen	Lebensmittel
09.0	Brot- und Backwaren		
09.1		Knäckebrot	Weizen- und Roggenknäckebrot
09.2		Vollkornbrot und -brötchen	Vollkornbrot (Weizen, Roggen, Hafer, Gerste), sonstige Vollkornbrote und -brötchen
09.3		Weißbrot	Weizenbrot, Toastbrot
09.4		Sonstiges Brot	Schwarz- und Graubrot, Roggen-, Hafer-, Gersten-, Mais- und Reisbrot
09.5		Kleingebäck	Brötchen
09.6		Feingebäck, Dauerbackwaren	Laugengebäck, Salzgebäck, Zwieback, Kuchen, Torten, Plätzchen, Kekse, sonstige Backwaren
10.0	Nährmittel		
10.1		Weizenmehl und -griess	Feinmehl und Schrot
10.2		Getreidekörner	Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Hirse, Buchweizen, Grünkern, Mais
10.3		Erzeugnisse aus sonst. Getreide	Weizenflocken, Roggenmehl, -schrot, -flocken, Hafermehl, -schrot, -flocken, Grütze (Hafer, Gerste, Buchweizen), sonstige Getreideerzeugnisse
10.4		Teigwaren	Teigwaren
10.5		Reis	Reis, Milchreis
10.6		Sonstige stärkehaltige Produkte	Stärke (Weizen, Mais, Reis), Müsli, stärkehaltige Pflanzenteile (Tapioka, Batate, Topinambur), Sago, Back-, Soßen-, Puddingpulver, Instantsuppen
11.0	Kartoffeln		
11.1		Kartoffeln	Kartoffeln
11.2		Kartoffelerzeugnisse	Kartoffelchips, Kartoffelklöße, Kroketten, Bratkartoffeln, Kartoffeltrockenprodukte
12.0	Frischgemüse		
12.1		Blumenkohl	Blumenkohl
12.2		Sonstiger Kohl	Sauerkraut, Broccoli, Chinakohl, Grünkohl, Rosenkohl, Rotkohl, Weißkohl, Wirsing
12.3		Blatt- und Stengelgemüse	Rhabarber, Blattsalate, Feldsalat, Mangold, Spinat, Artischocken, Spargel, Porree, sonstiges Blatt- und Stengelgemüse
12.4		Tomaten	Tomaten
12.5		Gurken	Gurken
12.6		Sonstiges Frischgemüse	Kohlrabi, Gemüseemischungen, Meerrettich, Schwarzwurzeln, Pilze
12.7		Zwiebelgemüse	Zwiebeln, Knoblauch
12.8		Möhren	Möhren
12.9		Sonstiges frisches Fruchtgemüse	Auberginen, Kürbis, Paprika, Zucchini
13.0	Gemüseprodukte		
13.1		Tiefgekühltes Gemüse	Tiefgekühltes Gemüse
13.2		Gemüsekonserven ohne Hülsenfrüchte	Gemüsekonserven
13.3		Hülsenfrüchte, inkl. Konserven	Bohnen, Erbsen, Linsen, Sojabohnen, Konserven
13.4		Kräuter, Trockengemüse	Kräuter, Trockengemüse, sonstige Gemüseerzeugnisse
13.5		Soja- und Hefeprodukte	Sojasprossen, Tofu, Sojamehl, -milch, sonstige Sojaprodukte, Hefeflocken, -brühe, -aufstrich
14.0	Einheimisches Frischobst		
14.1		Äpfel	Äpfel
14.2		Pfirsich	Pfirsiche, Nektarinen
14.3		Kirschen	Kirschen
14.4		Erdbeeren	Erdbeeren
14.5		Weintrauben	Weintrauben
14.6		Sonstiges Frischobst	Obstmischungen, Birne, Aprikose, Pflaume, Beerenfrüchte
15.0	Südfrüchte, einschl. Zitrusfrüchte		
15.1		Orangen	Orangen
15.2		Bananen	Bananen

Lfd. Nr.	24 Lebensmittel-gruppen	85 Lebensmittel-gruppen	Lebensmittel
15.3		Mandarinen, sonstige Südfrüchte	Ananas, Avocado, Feige, Melone, Kiwi, Mango, Zitrusfrüchte
16.0	Obstprodukte		
16.1		Schalenfrüchte	Haselnuss, Erdnuss, Walnuss, Kokosnuss, Mandel, Pistazie, Nussmus
16.2		Trockenobst	Getrocknetes Obst
16.3		Nasskonserven	Obstkonserven
16.4		Tiefkühlobst, roh	Tiefgekühltes Obst
17.0	Marmelade, Konfitüre		
17.1		Marmelade mit Zucker	Marmelade, Konfitüre mit Zucker
17.2		Marmelade mit Süßstoff	Marmelade, Konfitüre ohne Zucker
18.0	Zucker, Süßstoff		
18.1		Zucker	Zucker (braun, weiß), Traubenzucker, Fruchtzucker, Milchezucker, Invertzucker
18.2		Süßstoff	Süßstoff
19.0	Süßwaren		
19.1		Schokolade, Schokoladenerzeugnisse	Schokoladen, Pralinen, Kakaopulver
19.2		Speiseeis	Milcheis, Fruchteis
19.3		Honig	Honig
19.4		Zuckerwaren	Lakritze, Pfefferminz, Karamellen, Weingummi, Kaugummi, Marzipan, sonstige Süßwaren
20.0	Mayonnaise, Gewürze	Gewürze, Mayonnaise	Gewürze, Mayonnaise
21.0	Nichtalkoholische Getränke		
21.1		Obst- und Gemüsesäfte	Apfel-, Birnen-, Kirsch-, Trauben-, Orangen-, Aprikosensaft, sonstige Obstsäfte, -nektare, Tomaten-, Karottensaft, sonstige Gemüsesäfte
21.2		Mineralwasser, Wasser	Mineralwasser, Wasser
21.3		Coffeinhaltige Erfrischungsgetränke	Coffeinhaltige Erfrischungsgetränke
21.4		Limonaden und sonstige Saftgetränke	Limonaden, Fruchtsaftgetränke, Brausen
21.5		Kaffee-Ersatz, Kräutertee	Kräuter-, Früchtetees, Kaffee-Ersatz
22.0	Alkoholische Getränke		
22.1		Spirituosen	Liköre, Brandy, Weinbrand, Rum, Cocktails
22.2		Bier	Bier
22.3		Wein, Sekt	Wein, Sekt
23.0	Bohnenkaffee	Röstkaffee	Röstkaffee
24.0	Tee	Tee	Tee
Ges	Gesamtverzehr		

3.2 Nationaler Untersuchungssurvey (NUS) 1990/91

Mit NUS 1990/91 wird umgangssprachlich die 3. Erhebungsrunde des Nationalen Gesundheitssurveys der Deutschen Herz-Kreislauf-Präventionsstudie (DHP) bezeichnet. Sie wurde als repräsentative Querschnittsstichprobe von 1990 bis 1991 durchgeführt.

Die DHP ist eine gemeindeorientierte, multizentrische Interventionsstudie mit dem Ziel der Reduktion der kardiovaskulären Risikofaktoren und der Herz-Kreislauf-Mortalität, die über einen Zeitraum von acht Jahren erfolgte. Finanziert wurde sie durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie.

Das Erhebungsprogramm enthielt eine Fragebogenerhebung zum Gesundheitsverhalten und zu den Lebensbedingungen sowie zu den kardiovaskulären Risi-

kofaktoren. Es wurden insgesamt 91 Fragen zu den Bereichen Demografie, Verhalten, Lebensbedingungen und Krankheiten gestellt. Zusätzlich wurden medizinische Parameter gemessen: Blutdruck, Puls, Körperhöhe und Körpergewicht sowie weitere Parameter aus einer Blutprobe bestimmt. Die Durchführung erfolgte durch INFRATEST Gesundheitsforschung (München) in Zusammenarbeit mit dem *Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie des Bundesgesundheitsamtes* (SozEp/BGA) in Berlin (heute: Robert Koch-Institut (RKI), Bundesinstitut für Infektionskrankheiten und nicht übertragbare Krankheiten).

Zur Grundgesamtheit des Nationalen Untersuchungssurveys gehören alle während des Befragungs- und Untersuchungszeitraumes in der Bundesrepublik Deutschland (West) und Westberlin in Privathaushalten lebenden und in den Einwohnermeldekarteien mit Hauptwohnsitz gemeldeten Erwachsenen von 25 bis 69 Jahren deutscher Nationalität.

Die Auswahl der Erhebungseinheiten erfolgte in einer mehrfach geschichteten zweistufigen Zufallsstichprobe mit gleichen Auswahlwahrscheinlichkeiten. Aufgrund der Untersuchungsanlage ergab sich eine Stichprobe, bei der jede Person der Grundgesamtheit a priori die gleiche Auswahlchance hatte.

Die realisierte Nettostichprobe umfasst 5 312 Personen (2 624 männlich, 2 688 weiblich). Sie wies jedoch zufällige, unter Umständen auch systematische Abweichungen in den Ausprägungen bekannter Merkmale auf. Derartige Abweichungen wurden durch Gewichtungen ausgeglichen. Hierzu wurden einerseits regionale Merkmale (Bundesland, Gemeindegrößenklasse), andererseits demografische Merkmale (Alter, Geschlecht) miteinander kombiniert.

Es fanden umfangreiche Maßnahmen zur Qualitätssicherung statt, so wurden alle Fragenkomplexe z. T. mehreren Pretests unterworfen. Für alle Mitarbeiter wurde eine einheitliche Schulung auf der Basis standardisierter Schulungsunterlagen organisiert. Zudem erfolgte die Datenerfassung doppelt. Anschließend wurden die Rohdaten einer weiteren Prüfung unterzogen, die vor allem folgende Kontrollen enthielt: Prüfung auf zulässige Werte, Inkonsistenzen und Vollständigkeit, automatische Auffüllungen und Setzung von Übercodes (Stolzenberg und Winkler 1995).

Die Daten des NUS 1990/91 können beim RKI als Public Use File angefordert werden.

Als expositionsrelevante Variablen sind im Rahmen von Xprob die Angaben zur Anthropometrie (Körpergewicht, -höhe, BMI) sowie zu Schlafzeit und diversen spezifischen Aktivitäten ausgewertet worden.

3.3 Gesundheitssurvey Ost-West (OW) 1990/92

Die Grundlage des OW 1990/92 bilden Daten aus dem Nationalen Gesundheitssurvey NUS 1990/91 und der „Ersten Nationalen Untersuchung über Lebensbedingungen, Umwelt und Gesundheit in Deutschland Ost 1991/92“

(Survey OST). Informationen über den NUS 1990/91 sind im entsprechenden Abschnitt zu finden, daher wird an dieser Stelle nur der Survey OST beschrieben, der mit weitgehend gleicher Methodik wie der NUS 1990/91 in den Jahren 1991 – 1992 in den neuen Bundesländern erhoben wurde.

Der Survey OST hatte zum Ziel, für die Bevölkerung der neuen Bundesländer repräsentative Daten über Gesundheitszustand, Risikofaktoren, Gesundheits- und Ernährungsverhalten und weitere gesundheitsrelevante Merkmale zu erheben, wie sie zum großen Teil für die alten Bundesländer zur Verfügung standen. Die Finanzierung erfolgte durch das Bundesministerium für Gesundheit, wobei die Durchführung dem SozEp/BGA (heute: Robert Koch-Institut) oblag.

Im Survey OST wurden folgende Erhebungsinstrumente eingesetzt: Fragebogen „Leben und Gesundheit in Deutschland“, medizinisches Messblatt, Arzneimittel-Anamnesebogen (Medikamentensurvey) und Diet History (Ernährungssurvey einer Unterstichprobe). Große Teile des Fragebogens, der als Selbstausfüllbogen konzipiert war, stimmen mit dem beim NUS 1990/91 eingesetzten überein, um Vergleiche zwischen Ost und West zu ermöglichen. Die Durchführung der Feldarbeit lag in der Verantwortung des Zentrums für Epidemiologie und Gesundheitsforschung in Berlin.

Die Grundgesamtheit des Survey OST bilden alle Deutschen in den neuen Bundesländern im Alter von 18 bis 79 Jahren. Die Auswahl der Erhebungseinheiten erfolgte, wie beim NUS 1990/91, in einer mehrfach geschichteten zweistufigen Zufallsstichprobe.

Die realisierte Nettostichprobe umfasst 2 211 Personen (1 051 männlich, 1 160 weiblich).

Es fanden umfangreiche Maßnahmen zur Qualitätssicherung statt: während der Feldarbeit, zur Maximierung der Responseraten und bei der Datenerfassung.

Für den Datensatz OW 1990/92 wurden von INFRATEST Gesundheitsforschung (München) zwei Gewichtungsfaktoren berechnet. Der erste Faktor wurde erstellt, um für OST/WEST-Vergleiche auf einen gemeinsamen Standard zurückgreifen zu können. Er enthält jedoch keinerlei Korrekturen für die unterschiedlichen Responseraten (z. B. pro Altersgruppe) oder für den disproportionalen Stichprobenansatz. Um zuverlässige Aussagen für Gesamtdeutschland treffen zu können, ist die Anwendung der zweiten Gewichtungsvariablen erforderlich (Stolzenberg 1995).

Die Daten des Gesundheitssurvey Ost-West 1990/92 können beim RKI als Public Use File angefordert werden.

Als expositionsrelevante Variablen sind im Rahmen von Xprob die Angaben zur Anthropometrie (Körpergewicht -höhe, BMI) sowie zu Schlafzeit und diversen spezifischen Aktivitäten ausgewertet worden.

3.4 Umwelt-Survey 1990/92

Der Umwelt-Survey 1990/92 (US 1990/92) wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Nationalen Gesundheitssurveys der Deutschen Herz-Kreislauf-Präventionsstudie (DHP) und des Gesundheitssurveys in den neuen Ländern durchgeführt. Die Erhebungsinstrumente beinhalten eine Fragebogenerhebung zu soziodemografischen Charakteristika, Verhalten (Ernährung, Trinkwasser), Angaben über mögliche Expositionen (Verwendung von Holzschutzmitteln, Arbeitsbedingungen u. a.) sowie Humanbiomonitoring (Blut, Urin, Haare) und Umweltmonitoring durch Messdaten aus den Haushalten (z. B. Staubsaugerproben, Trinkwasser) zur Ermittlung möglicher Expositionen und Expositionspfade.

Die Auswahl der Erwachsenen erfolgte durch ein mehrfach geschichtetes und gestuftes Zufallsverfahren nach den Merkmalen Gemeindegrößenklasse, Alter und Geschlecht an 150 Erhebungsorten im gesamten Bundesgebiet. Der Umwelt-Survey ist eine repräsentative Querschnittsstichprobe der deutschen Wohnbevölkerung, der in zwei Stichproben getrennt erhoben wurde. Der West-Survey erfolgte 1990 – 1991 und umfasst netto 2 524 Erwachsene im Alter von 25 – 69 Jahren. Bei der sich zeitlich anschließenden Ost-Stichprobe 1991 – 92 wurde sichergestellt, dass die Vergleichbarkeit der Daten zwischen dem West- und Ost-Survey und die Beschreibung der Belastungssituation der gesamten deutschen Bevölkerung gewährleistet wird. In den neuen Ländern sind 1 763 Erwachsene im Alter von 18 – 79 Jahren befragt worden. Da die Weststichprobe auf die 25- bis 69-Jährigen beschränkt ist, kann durch den Ausschluss der Randaltersklassen Ost (18 – 24 und 70 – 79 Jahre) der Survey als ein repräsentatives Abbild der Allgemeinbevölkerung der Bundesrepublik Deutschland angesehen werden.

Für gesamtdeutsche Auswertungen gibt es eine Gewichtung nach dem Merkmal West/Ost, um die Disproportionalität beider Surveys auszugleichen. Die Bevölkerungsdaten des Mikrozensus 1991 stellen die Grundlage für die Gewichtung der Nettostichprobe für über- oder unterrepräsentierte Personengruppen dar, um die Proportionen der Grundgesamtheit wiederherzustellen. Um die Qualitätskriterien erfüllen zu können, wurden zahlreiche Qualitätssicherungsmaßnahmen durchgeführt, u. a. die Einbeziehung von Standards für die Erhebung (Befragung, Probennahme und Aufbereitung der Proben), eingehende Schulung der Mitarbeiter, Fragebogenkontrollen sowie eine Analyse der Ausschöpfung der Stichprobe.

Die Originaldaten des Umwelt-Surveys 1990/92 sind auf Anfrage als Scientific Use File beim Umweltbundesamt (UBA) erhältlich. Auswertungen der Daten des Umwelt-Surveys zu verschiedenen Bereichen sind insbesondere in den Veröffentlichungen des ehemaligen Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene (Reihe WaBoLu-Hefte) zu finden (vgl. beispielsweise Krause et al. 1989). Die hier verwandten Auswertungsmethoden sind überwiegend deskriptiv, da ein

Hauptziel die Ermittlung und Aktualisierung von repräsentativen Daten über Schadstoffbelastungen ist. So sind die 90-/95-/98%-Quantile angegeben und Lagewerte wie der Median, das arithmetische und geometrische Mittel. In Abhängigkeit von der jeweiligen Zielstellung erfolgte teilweise auch eine stoffspezifische Modellbildung, um mögliche Einflussgrößen bewerten zu können (Radoschewski et al. 1997).

Neben den Erwachsenen wurden insgesamt 812 Kinder befragt, in den alten Bundesländern im Alter von 6 – 14 Jahren und im Ost-Survey im Alter von 6 – 17 Jahren. Sie wurden nicht randomisiert gezogen, sondern gehörten zu den Haushalten der erwachsenen Probanden. Bei dieser Stichprobe wurde unter anderem Blut, Urin und Kopfhhaar hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte untersucht und eine Vielzahl von expositionsrelevanten Informationen mittels Fragebogen erfasst. Da die gleiche regionale Breite der Stichprobe wie bei den Erwachsenen erreicht werden sollte, sind pro Erhebungspunkt sechs Kinder gezogen worden. Dabei wurden die Anteile der Geschlechter und Altersklassen so gewählt, dass sie denen der jeweiligen Grundgesamtheit entsprachen. Da bei der Nettostichprobe durch verschiedene Ausfälle diese Anteile nicht mehr vorhanden waren, wurden die Daten analog zur Erwachsenenstichprobe gewichtet, so dass auch für Kinder und Jugendliche „eine gewisse Repräsentativität“ (Krause et al. 1995, S. 136) gewährleistet ist, auch wenn diese einer echten Zufallsstichprobe nicht entspricht.

Die 15- bis 17-jährigen Jugendlichen des Ost-Surveys stellen eine Randaltersklasse dar. Sie sind wegen möglicher systematischer Verzerrung bei den gesamtdeutschen Auswertungen ausgeschlossen worden (N = 76), so dass die Altersgruppe der 6- bis 14-Jährigen im Umwelt-Survey 1990/92 736 Beobachtungen umfasst.

Als expositionsrelevante Variablen sind im Rahmen von Xprob die Angaben zum Zeitbudget für Kinder und Erwachsene sowie zur Anthropometrie für Kinder und Jugendliche ausgewertet worden.

3.5 Bundes-Gesundheitssurvey (BGS) 1998

Im Oktober 1997 startete der erste gesamtdeutsche Gesundheitssurvey, eine repräsentative Untersuchung zum Gesundheitszustand der Bevölkerung in Deutschland. Das Erhebungsprogramm bestand aus einem Kernsurvey und Ergänzungsmodulen, die an Unterstichproben der Studienpopulation durchgeführt wurden.

Vorrangiges Ziel des Surveys war es, Daten für die Gesundheitsberichterstattung des Bundes und für den Vergleich im europäischen Rahmen zu erhalten. Darüber hinaus haben die Daten einen hohen Stellenwert für die Bearbeitung von Fragestellungen der epidemiologischen Forschung. Das Projekt wurde vom Robert Koch-Institut im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit durchgeführt.

Es wurden folgende Erhebungsinstrumente eingesetzt: Fragebogen zu Leben und Gesundheit des Probanden, ärztliches Interview, medizinisch-physikalische und labormedizinische Untersuchungen. Für die Stichprobenplanung und -ziehung, die Herstellung der Erhebungsunterlagen einschließlich des Studienhandbuchs, die Schulung der Teams, die Feldarbeit und die Datenaufbereitung war I+G Gesundheitsforschung (München) zuständig.

Zur Grundgesamtheit gehören alle während des Befragungs- und Untersuchungszeitraumes in der Bundesrepublik Deutschland lebenden und in den Einwohnermelderegistern mit Hauptwohnsitz gemeldeten Erwachsenen im Alter von 18 bis 79 Jahren, die ausreichend gut Deutsch sprachen.

Es kam die Ziehung einer Einwohnermelderegister-Stichprobe als Resultat einer geschichteten Zufallsauswahl zur Anwendung. Da mit Ost-West-Unterschieden zum Gesundheitszustand und im Gesundheitsverhalten zu rechnen war und diese auch abgebildet werden sollten, wurde ein disproportionaler Ansatz der Stichprobe zugunsten der neuen Bundesländer gewählt.

Die realisierte Nettostichprobe umfasst 7 124 Personen (3 450 männlich, 3 674 weiblich, 2 419 Ost, 4 705 West). Um die Strukturen der Grundgesamtheit im Hinblick auf Bundesland, Geschlecht und Alter nachbilden zu können, wurden GewichtungsvARIABLEN berechnet. Grundlage waren sowohl Strukturdaten aus der Fortschreibung des Statistischen Bundesamtes vom 31.12.1997 als auch Gemeindedaten vom 01.01.1998.

Ergänzend zu internen Maßnahmen der Qualitätssicherung umfasste das Qualitätsmanagement des Kernsurveys zusätzlich eine externe Qualitätskontrolle. Konkret wurden folgende Maßnahmen kombiniert: Überprüfung der Ausschöpfung der Stichprobe sowie der Teilnehmerverteilung, Feldbesuche und Prüfung der Messdatenqualität auf Untersuchereffekte.

Die Datenerfassung erfolgte doppelt, d. h. es wurde eine „Prüflothung“ durchgeführt. Nach Abschluss der Datenerfassung wurden die Rohdaten mithilfe eines Prüfprogramms noch folgenden Kontrollen unterzogen: Prüfung auf zulässige Werte sowie auf Inkonsistenzen und Vollständigkeit (Stolzenberg 2000).

Der Public Use File des BGS 1998 kann beim RKI unter www.rki.de angefordert werden.

Als expositionsrelevante Variablen sind im Rahmen von Xprob die Angaben zur Anthropometrie (Körpergewicht, -höhe, BMI) sowie zur Schlafzeit und zu Aktivitätsmustern ausgewertet worden.

3.6 Umwelt-Survey 1998

Zur Ergänzung und Aktualisierung der Erhebungen von 1985/86 in den alten und 1990/92 in den alten und neuen Bundesländern wurde der Umwelt-Survey 1998 (US 1998) durchgeführt. Damit sollte eine Fortschreibung der Belastung

der Allgemeinbevölkerung über umweltbedingte körperliche und im Wohnbereich befindliche Schadstoffe ermöglicht werden. Der Umwelt-Survey untergliedert sich in drei wesentliche Bereiche:

- Humanbiomonitoring – mithilfe von Analysen der Blut- und Urinproben sollten Aussagen über die interne Schadstoffbelastung des Menschen getroffen werden
- Analyse von Trinkwasser und Hausstaub zur Ermittlung möglicher häuslicher Expositionen
- Fragebogenerhebung – Gewinnung von Informationen zu Rauch- und Ernährungsgewohnheiten, zur Wohnsituation und Wohnumgebung

Der Umwelt-Survey wurde als eine Teilstichprobe im Rahmen des Bundes-Gesundheitssurveys 1998 durchgeführt. Die Auswahl der Probanden erfolgte hierbei durch ein mehrfach geschichtetes und gestuftes Zufallsverfahren nach den Merkmalen alte/neue Bundesländer, Gemeindegröße, Alter und Geschlecht. An 120 Untersuchungsorten wurden von Oktober 1997 bis März 1999 Daten für den Umwelt-Survey von 4 822 Erwachsenen im Alter von 18 – 69 Jahren erhoben. Die Querschnittsstichprobe umfasst die Wohnbevölkerung in Ost- und Westdeutschland. Durch Ausfälle ergaben sich jedoch Abweichungen zu den Proportionen der Grundgesamtheit der Ziehungsmerkmale, so dass eine Gewichtung auf Grundlage des Mikrozensus 1998 erfolgte, um repräsentative Aussagen treffen zu können (Krause et al. 1998, Schulz et al. 1999).

Auswertungen zu verschiedenen der untersuchten Themenbereiche (u. a. Hausstaub, Trinkwasser, Humanbiomonitoring) sind hauptsächlich in der Reihe "WaBoLu-Hefte" zu finden. Hierbei liegt ein Schwerpunkt auf der Deskription der bestehenden Stoffbelastungen der deutschen Bevölkerung. Bei der Auswertung und Darstellung der Daten in tabellarischer und grafischer Form werden jeweils die gleichen Kennwerte für jede Zielvariable angegeben. So ist der jeweilige Stichprobenumfang, die Anzahl der unter der Bestimmungsgrenze liegenden Werte, das 10-/50-/90-/95- und 98%-Quantil, das arithmetische und geometrische Mittel sowie ein approximatives 95%-Konfidenzintervall für das geometrische Mittel angegeben (Becker et al. 2002).

Die Originaldaten des Umwelt-Survey 1998 sind auf Anfrage als Scientific Use File beim UBA erhältlich. Als relevante Angaben für Expositionsabschätzungen sind insbesondere die Informationen über den Konsum von Trinkwasser von Bedeutung und im Rahmen von Xprob ausgewertet worden.

3.7 Schuleingangsuntersuchung Niedersachsen

Die Daten der Schuleingangsuntersuchungen aus dem niedersächsischen Regierungsbezirk Weser-Ems sind in den Jahren 1993 – 2001 unter der Verantwortung der Jugendärztlichen Dienste erhoben worden. Die routinemäßig durchgeführte Untersuchung aller Kinder vor dem Schuleintritt dient zur Erhe-

bung von Entwicklungsstand und Gesundheitsstatus aller Schulanfänger zur Eignung für den ‚Arbeitsplatz‘ Schule. Der Datenhalter ist das Niedersächsische Landesgesundheitsamt (NLGA). Es sind ab 1993 über 250 000 Kinder im Alter von 54 – 90 Monaten (4,5 – 7,5 Jahre) untersucht worden. Die Erhebung ist als repräsentativ für diese Altersgruppe und diese Region anzusehen. Unter anderem wurden die Körperhöhe und das Gewicht gemessen sowie der BMI berechnet. Eine Stratifizierung nach Geschlecht ist für die anthropometrischen Auswertungen möglich. Die Originaldaten sind auf Anfrage beim NLGA erhältlich.

Als expositionsrelevante Variablen sind im Rahmen von Xprob die Angaben zur Anthropometrie (Körpergewicht, -höhe, BMI) ausgewertet worden.

3.8 Schulärztliche Untersuchungen Hamburg

Nach § 34 Absatz 3 des Hamburgischen Schulgesetzes vom 16. April 1997 (HmbSG) werden Schülerinnen und Schüler schulärztlich und schulzahnärztlich betreut, um gesundheitlichen Gefährdungen vorzubeugen, bereits vorliegende Erkrankungen und Behinderungen zu erkennen sowie bei gesundheitlichen Beeinträchtigungen Hilfestellungen zu geben. Die schulärztliche Betreuung beginnt mit der Schuleingangsuntersuchung vor Einsetzen der Schulpflicht. Sie dient der Förderung der gesundheitlichen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Teilnahme am Schulunterricht. Der vorliegende Datensatz umfasst Schuluntersuchungen der Jahre 1991 – 1997. Dabei handelt es sich um Daten aus den Schuleingangsuntersuchungen (5- bis 7-Jährige) sowie aus Schuluntersuchungen in der 4. Klasse (9- bis 11-Jährige) und der 8. Klasse (13- bis 15-Jährige). Insgesamt sind für mehr als 200 000 Jungen und Mädchen Angaben zu Körperhöhe und -gewicht erhoben worden.

Die in den sieben Hamburger Bezirken durchgeführten schulärztlichen Untersuchungen werden systematisch dokumentiert und zu einem Gesamtdatensatz zusammengefasst. Der Datenhalter ist die Behörde für Wissenschaft und Gesundheit. Die Originaldaten sind dort auf Anfrage erhältlich. Die Daten aus der Zeit vor der Neuorganisation der Schulärztlichen Dienste (1998) zur körperlichen und gesundheitlichen Entwicklung der Kinder und Jugendlichen in den drei Altersstufen wurden im Rahmen von Xprob als Grundlage für die Ableitung von anthropometrischen Daten herangezogen.

3.9 Sozio-ökonomisches Panel (SOEP)

Das Sozio-ökonomische Panel (SOEP) ist eine repräsentative Wiederholungsbefragung privater Haushalte in Deutschland. Sie wird seit 1984 im jährlichen Rhythmus bei denselben Personen und Familien in der Bundesrepublik durchgeführt. Seit 1990 wurde die Studie auf das Gebiet der neuen Bundesländer ausgeweitet, so dass seither das gesamte Bundesgebiet erfasst wird. Außerdem wurde eine Stichprobe von Zuwanderern, die von 1984 bis 1995 nach Westdeutschland gekommen sind, in die Erhebung integriert. Der gesamte

Stichprobenumfang lag im Jahre 1984 bei 5 921 Haushalten mit 12 254 Personen, 2002 betrug die Anzahl der befragten Haushalte 12 692 mit insgesamt 23 892 Personen. Die Altersspanne der Probanden liegt zwischen 17 und 99 Jahren. Die Themenschwerpunkte umfassen u. a. die Haushaltszusammensetzung und Wohnsituation, Erwerbs- und Familienbiographien, Erwerbsbeteiligung und berufliche Mobilität, Einkommensverläufe, Bildungsstand, gesellschaftliche Partizipation, Gesundheit und Lebenszufriedenheit. So können mithilfe des SOEP politische und gesellschaftliche Veränderungen in Deutschland beobachtet und analysiert werden. Durch das verwendete Design gibt es die Möglichkeit für Quer- und Längsschnittauswertungen sowie für innerdeutsche Vergleiche auf Haushalts- und/oder Personenebene.

Als Grundgesamtheit (Zielpopulation) für die Stichprobe des SOEP dient die Wohnbevölkerung 1984 in Westdeutschland und Berlin West und die Wohnbevölkerung in Ostdeutschland im Juni 1990. Gründe für eine Gewichtung der Daten sind zunächst die unterschiedlichen Ziehungswahrscheinlichkeiten für einzelne Stichprobengruppen und die Nicht-Teilnahme bzw. die Teilnahmeverweigerung von Probanden. Im Datensatz befinden sich Querschnittsgewichtungen für jedes einzelne Jahr und für die Gewichtung der Population bei Longitudinalauswertung (Haisken-DeNew und Frick 2003). Bei der Xprob-Auswertung wurde auf die Nutzung der vorhandenen Gewichte verzichtet, da sie für diese Auswertung als nicht geeignet erscheinen.

Das SOEP ist institutionell am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) in Berlin angesiedelt. Die Feldarbeit wird durch Infratest Sozialforschung (München) durchgeführt. Der anonymisierte Mikro-Datensatz des SOEP wird Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen als Public Use File (von DIW *Scientific Use File* genannt) zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichungen zu Auswertungen des SOEP sind in einer umfangreichen Literaturdatenbank im Internet zusammengefasst (www.diw.de/deutsch/sop/soeppub/soeplit/index.html).

Für die Expositionsabschätzung können Daten zu Wohncharakteristika, insbesondere die Wohndauer, Wohnungsgröße und das Wohnumfeld Verwendung finden. Informationen zur Zeitverwendung, also der Zeit, die für das Durchführen bestimmter Tätigkeiten wie Beruf, Hausarbeit, Hobbys u. a. verwandt wird, sind ebenso wie Angaben zu anthropometrischen Maßen (Anthropometrie nur für das Jahr 2002) vorhanden. Die Stratifizierung für Geschlecht und Alter ist dabei für alle Parameter möglich. Im Rahmen der Interviews des SOEP gibt es zwei Fragebögen, den Haushalts- und den Personenfragebogen. Dabei muss für jeden Haushalt der Haushaltsvorstand Fragen des Haushaltsbogens beantworten, und von jeder Person dieses Haushaltes wird dann ein Personenfragebogen zu individuellen Faktoren wie Einkommen, Bildung, Meinungen etc. ausgefüllt oder per Interview erhoben.

Auswertungen im Rahmen von Xprob erfolgten für die letzten zur Verfügung stehenden Jahre (Stand Anfang 2005), d. h. für 2001, 2002 und 2003 sind die

Daten des SOEP für Expositionsfaktoren zur Anthropometrie (nur 2002), zum Zeitbudget sowie für Wohncharakteristika ausgewertet worden.

4 Anthropometrie

Claudia Peters

4.1 Einleitung

Für Expositionsabschätzungen stellen anthropometrische Daten einen wesentlichen Bestandteil dar. Sie finden Verwendung als individuelle Einflussgröße, wenn z. B. die Atemrate aus dem Körpergewicht bzw. der Körperoberfläche abgeleitet wird, zur Abschätzung einer Exposition oder als Bezugsgröße, wenn beispielsweise eine Dosis pro kg Körpergewicht betrachtet wird. Außerdem haben sie im Zusammenhang mit der Altersentwicklung u. a. direkten Einfluss auf Atemparameter und die Körperoberfläche.

Nachfolgend werden zunächst die im Rahmen des Xprob-Projektes ausgewerteten Datenquellen aufgeführt und bezüglich ihrer Verwendung als Referenzdatenquelle bewertet. Dabei werden die Angaben zu Körpergewicht, Körperhöhe und ggf. zum Body Mass Index (BMI) vorgestellt und anschließend über eine mögliche Empfehlung zur Verwendung dieser Daten als Standards für Expositionsabschätzungen diskutiert. Anschließend werden einige Literaturdatenquellen zum anthropometrischen Bereich vorgestellt und auf ihre Anwendbarkeit für Expositionsabschätzungen erörtert. Da das Ziel des Projektes die Ableitung von Expositionsfaktoren für die Bundesrepublik Deutschland ist, liegt der Fokus insbesondere auf Publikationen aus dem deutschsprachigen Raum. In den internationalen Nachschlagewerken zur Expositionsabschätzung (u. a. im EFH der US EPA, ICRP) wird der Bereich der Anthropometrie auch thematisiert, im vorliegenden Bericht wird aber aus genanntem Grund dieses nicht weiter verfolgt.

Abschließend ist ein Absatz zur Schätzung der Körperoberfläche und des Körperfettanteils zu finden, da diese auf den Daten zu Körpergewicht und Körperhöhe basieren.

4.2 Datenquellen

4.2.1 Nationaler Untersuchungssurvey 1990/91

Der Nationale Untersuchungssurvey 1990/91 (NUS 1990/91) stellt Daten zu Körpergewicht und Körperhöhe von über 5 000 Probanden zur Verfügung, die im Rahmen der standardisierten ärztlichen Untersuchung gemessen wurden. Die Auswertungen zur Verteilungsanpassung stehen von fünf Altersgruppen für Frauen und Männer in der Datenbank RefXP zur Nutzung bereit. Eine allgemeine Empfehlung zur Verwendung dieser Daten als Referenz kann nicht

gegeben werden, da einerseits die fehlende Aktualität der Daten beachtet werden muss und diese Stichprobe zum anderen nur für Westdeutschland Angaben zur Verfügung stellt und auch nur für diese Region als repräsentativ bezeichnet werden kann.

4.2.2 Gesundheitssurvey Ost-West 1990/92

Für die Betrachtung der gesamten Bundesrepublik sollten die Daten des Gesundheitssurvey Ost-West von 1990-92 (OW 1990/92) Anwendung finden. Hier sind zusätzlich zur oben aufgeführten Stichprobe des NUS 1990/91 die Daten des Ost-Surveys enthalten. Für die Anthropometrie stehen Auswertungen dieser Datenquelle zu Körpergewicht, Körperhöhe und BMI für ca. 7 410 Probanden im Alter von 25 – 79 Jahren bereit, die in alters- und geschlechtsgetrennten Tabellen in der Datenbank zu finden sind. Die Einschränkung hinsichtlich mangelnder Aktualität gilt jedoch auch hier.

4.2.3 Umwelt-Survey 1990/92

Im Umwelt-Survey 1990/92 (US 1990/92) sind bei den Kindern und Jugendlichen während des Interviews auch die anthropometrischen Daten erfragt worden. Das Körpergewicht und die Körperhöhe bilden hierbei die Grundlage für die anschließende Berechnung des BMI.

Der Stichprobenumfang für das Körpergewicht und die Körperhöhe beträgt für beide Geschlechter zusammen $N = 726$, und für 370 Jungen und 359 Mädchen konnte daraus der BMI berechnet werden. Die Auswertung erfolgte für alle drei Parameter. Aufgrund des vorgeschalteten Signifikanz-Testes wurde für die Variablen Körpergewicht und -höhe eine Zusammenlegung der Geschlechter empfohlen. Da der Xprob-Standard aber eine möglichst getrennte Auswertung der Geschlechter bei entsprechender Datenlage vorsieht, werden die Ergebnisse für die gesamte Stichprobe und ebenfalls getrennte Auswertungsergebnisse für beide Geschlechter zur Verfügung gestellt. Es sind aufgrund der teilweise sehr geringen Altersklassenbesetzung mehrere Altersgruppen zusammengefasst worden. So sind für die gemeinsame Auswertung drei Altersklassen zu finden (5 – 8, 9 – 11, 12 – 15 Jahre) und bei der getrennten Auswertung der Geschlechter sind jeweils zwei Gruppen vorhanden, die je nach Variable und Geschlecht leicht voneinander variieren können (Körpergewicht und BMI: 5 – 11, 12 – 15 Jahre; Körperhöhe: Jungen 5 – 10, 11 – 15 Jahre, Mädchen 5 – 9, 10 – 15 Jahre).

Die Verwendung der vorliegenden anthropometrischen Daten der Kinder des US 1990/92 zur Expositionsmodellierung kann nur mit Einschränkung empfohlen werden. Das größte Defizit besteht in der Tatsache, dass die Datenerhebung durch eine Befragung und nicht durch standardisierte Messungen erfolgt ist. Auch ist die fehlende Aktualität der Daten anzumerken. Eine weitere Einschränkung ist der geringe Stichprobenumfang, so dass für künftige Erhebungen durch eine Erhöhung der Probandenzahlen auch eine differenziertere Al-

tersabschichtung erfolgen und durch eine geeignete Stichprobenziehung repräsentative anthropometrische Daten erhoben werden könnten. Als Fazit kann festgehalten werden, dass derzeit in Ermangelung anderer Datensätze, die insbesondere auch Angaben für Kinder und Jugendliche bereitstellen, die Daten des Umwelt-Survey 1990/92 für die Expositionsabschätzung genutzt werden können.

4.2.4 Bundes-Gesundheitsurvey 1998

Im Bundes-Gesundheitssurvey 1998 (BGS 1998) sind im Rahmen der medizinischen Untersuchung die Körpermaße unter standardisierten Bedingungen ermittelt worden. Interne und externe Qualitätskontrollen dienten dabei der Sicherung der gewonnenen Datenbasis. Die Körperhöhe und das Körpergewicht wurden auf 0,1 cm bzw. 0,1 kg genau erhoben. Der BMI wurde anschließend berechnet und den Anwendern im Public Use File zur Verfügung gestellt (Bergmann und Mensink 1999).

Die Daten für Körperhöhe, Körpergewicht und BMI aus dem BGS sind für Expositionsabschätzungen gut geeignet, da es sich einerseits um eine repräsentative Stichprobe handelt, die Aktualität der Daten gegeben ist, die Angaben durch standardisierte Messmethoden erfolgten, der Survey eine große Altersspanne umfasst und zudem eine geschlechtsgruppenspezifische Auswertung möglich ist. Bei der Datenauswertung im Rahmen von Xprob ergeben sich für beide Geschlechter sechs Altersgruppen (17 – 24, 25 – 34, 35 – 44, 45 – 54, 55 – 64, ≥ 65 Jahre), für die jeweils Parameter der Verteilungsanpassung, Quantile, Momente und der Best Fit bereitgestellt werden.

4.2.5 Schulärztliche Untersuchungen

Bei den Schulärztlichen Untersuchungen in Niedersachsen und Hamburg wurden unter anderem die Körperhöhe und das Gewicht gemessen sowie der BMI berechnet. Vor der Verteilungsanpassung musste zunächst eine Datenbereinigung durchgeführt werden.

Für die Daten des Weser-Ems-Gebietes in Niedersachsen wurde das Alter zum Zeitpunkt der Schuleingangsuntersuchungen auf 4,5 bis 7,5 Jahre festgelegt (Altersgruppen 4, 5, 6, 7 Jahre). Das Alter von Kindern, die zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung älter oder jünger waren, erscheint hingegen unplausibel. Die untere Altersgrenze wurde dabei durch den frühestmöglichen Untersuchungstermin (Oktober im Jahr vor der Einschulung) und dem jüngstmöglichen Alter (4 Jahre und 6 Monate) bestimmt. Dementsprechend ist die obere Altersgrenze durch den spätestmöglichen Untersuchungstermin (Juni im Jahr der Einschulung) und dem höchstmöglichen Alter (7 Jahre und 6 Monate) definiert. Die Auswertungen der Daten aus dem Weser-Ems-Bezirk in Niedersachsen beziehen sich auf die schulärztlichen Untersuchungen in den Jahren 1993 – 2001.

Die Hamburger Daten wurden von 1991 – 1997 erhoben. Sie beinhalten die Schuleingangsuntersuchungen mit Angaben zu den 5- bis 7-Jährigen sowie die Untersuchungen der Kinder der 4. Klassen (Alter 9 – 11 Jahre) und der 8. Klassen (13 – 15 Jahre). Vor der Auswertung mussten die Daten bereinigt werden, da sie als Rohdatensatz ohne vorherige Plausibilitätschecks dem Xprob-Projekt zur Verfügung gestellt wurden. Die Daten umfassten z. B. Körperhöhen im Bereich von 0,1 – 9,8 m. Um keine willkürlichen Grenzen zu setzen aber Fehleingaben bzw. unplausible Werte ausschließen zu können, wurden für die Bereinigung der Angaben zum Körpergewicht und zur Körperhöhe die anthropometrischen Daten der Universität Potsdam (s. u.) herangezogen. Dem Median bzw. 50%-Quantil des Körpergewichts der jeweiligen Altersgruppe sind vier Standardabweichungen der Potsdamer Daten (s. u.) für die obere Grenze (Maximum) hinzugefügt sowie drei Standardabweichungen für die untere Grenze (Minimum) abgezogen worden. Da es sich bei der Körperhöhe um eine annähernd symmetrische Verteilung handelt, sind hierbei jeweils drei Standardabweichungen der Potsdamer Daten dem Median zu- bzw. abgerechnet worden. Für den BMI wurden keine weiteren Bereinigungen durchgeführt, auch wenn einige Werte im unteren und oberen Bereich sehr extrem erscheinen.

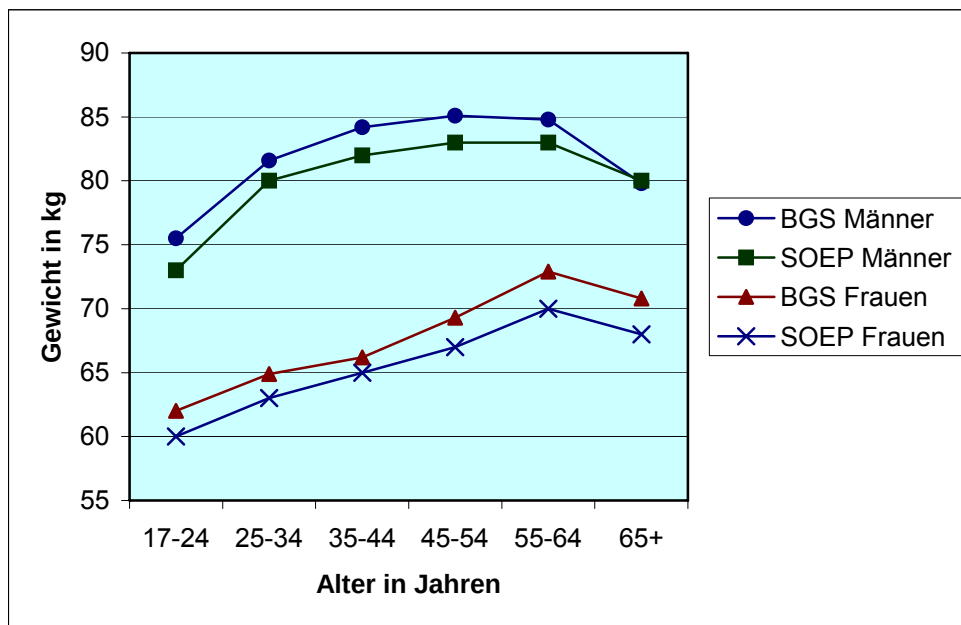
Aufgrund der großen Stichproben in Niedersachsen ($N > 250\,000$) und Hamburg ($N > 200\,000$) ist eine Stratifizierung nach Alter und Geschlecht problemlos möglich. Da es derzeit keine repräsentative Datenquelle für Kinder der gesamten Bundesrepublik Deutschland gibt, können die Daten der Schuleingangsuntersuchungen (5 – 7 Jahre) mit Einschränkung empfohlen werden. Für die norddeutschen Länder kann die Verwendung der anthropometrischen Daten dieser Altersgruppen uneingeschränkt empfohlen werden. Sie repräsentieren mit dem Regierungsbezirk Weser-Ems ein ländliches und mit Hamburg ein städtisches Gebiet für Schulanfänger und Schulkinder, die Datenerhebung erfolgte mit einem standardisierten Messverfahren und die Durchführung der Untersuchungen ist als aktuell anzusehen.

4.2.6 Sozio-ökonomisches Panel (SOEP)

In der Befragungswelle des Sozio-ökonomischen Panels (SOEP) von 2002 wurden unter der Thematik „Gesundheit und Krankheit“ auch erstmalig Angaben zur Körperhöhe und zum Körpergewicht erhoben. Dieses erfolgte aber nicht durch Messung, sondern mit Hilfe eines Fragebogens, wobei die Probanden bei Nichtwissen um eine Schätzung gebeten wurden. Es liegen Daten für über 23 500 Männer und Frauen im Alter von 16 – 99 Jahren vor, die auch nach dem Xprob-Schema ausgewertet wurden. Eine Empfehlung zur Verwendung der vorliegenden Variablen und des daraus berechneten BMI als Referenzdaten kann jedoch nicht gegeben werden. Die Validität der Daten wird für diese Parameter durch die Methodik der Fragebogenerhebung stark eingeschränkt. Die Mittelwertschätzungen zum Körpergewicht liegen etwa zwei Kilogramm unter denen des BGS 1998 (siehe Abbildung 4.1). Bei den Frauen wird dies beson-

ders deutlich und dementsprechend auch bei der Berechnung des BMI sichtbar, da hierbei die Variablen miteinander verknüpft werden. Ähnliches wird auch von Glaesmer und Brähler (2002) berichtet, die auf der Grundlage subjektiver Daten eine Unterschätzung des BMI im Vergleich zu Daten des BGS 1998 beobachten konnten. Für Frauen wurde das in ihrer Studie besonders deutlich, mit zunehmendem Alter nahmen die Abweichungen zu.

Abbildung 4.1 Mittelwertvergleich des Körpergewichtes von BGS 1998 und SOEP 2002



Kroh (2005) untersuchte zudem den Einfluss der Interviewer und der Interview-situation auf das Antwortverhalten bei sensiblen Informationen wie den Körpergewichtsangaben. Im SOEP 2002 zeigte sich besonders bei Männern, dass in Anwesenheit eines Interviewers durchschnittlich ein niedrigeres Gewicht angegeben wurde (ca. 1 kg weniger), als dieses in anonymen Interviews der Fall war. Außerdem konnte ein positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl der Befragungen des Probanden im Panelverlauf und der Höhe seines angegebenen Körpergewichts gezeigt werden, d. h. je höher die Anzahl der SOEP-Befragungen, desto höher (unverzerrter) ist das angegebene Körpergewicht.

Die Auswertungen der anthropometrischen Daten des SOEP werden dem Anwender in der Datenbank RefXP inkl. unplausibler Daten ohne vorherige Korrektur zur Verfügung gestellt. Der Hinweis auf die eingeschränkte Genauigkeit bei Anwendung der Auswertungen zur Expositionsmodellierung sollte jedoch Beachtung finden.

4.2.7 Anthropometrische Datenbank der Universität Potsdam

Als weitere Empfehlung für die Verwendung anthropometrischer Daten kann ein Datenpool des Instituts für Biochemie und Biologie des Fachgebiets Humanbiologie von der Universität Potsdam dienen (Greil 2005). Diese empirischen Auswertungen basieren auf einer Sammelstichprobe, die an verschiedenen Orten der gesamten Bundesrepublik erhoben wurden. Anzumerken ist, dass auch die Landbevölkerung involviert wurde. Die Erhebungen fanden im Zeitraum von 1985 bis 2003 statt, wobei eine große Stichprobe aus dem Jahre 2000 einbezogen wurde und daher die Daten als eine aktuelle Quelle angesehen werden kann. Diese Daten sind als eine direkte Aktualisierung der AUH-Daten zu sehen, wobei mehr Quantile zur Verfügung gestellt werden. Die Erhebungen sind durch standardisierte anthropometrische Messverfahren erfolgt. Angaben zu Körperhöhe, Körpergewicht und BMI sind in der Datenbank RefXP zu finden. Die Stichprobe umfasst insgesamt rund 65 000 Beobachtungen (ca. 37 000 Männer, 28 000 Frauen) und wurde alters- und geschlechtsspezifisch ausgewertet. Durch die Einbeziehung aller Altersjahrgänge (0 – 89 Jahre) stellen die Daten dieser Stichprobe eine gute Grundlage für Expositionsabschätzungen dar. Das Xprob-Projekt hat eine feingliederige Auswertung des Datensatzes bekommen, jedoch nicht selber die Möglichkeit einer Reanalyse des Datensatzes erhalten und somit Verteilungsanpassung durchführen können.

Zu dieser Datenquelle muss einschränkend erwähnt werden, dass die Daten nicht aus einer repräsentativen Erhebung in eng begrenztem Zeitraum hervorgegangen sind, was für eine uneingeschränkte Empfehlung als Referenzdaten für probabilistische Expositionsabschätzungen notwendig wäre, sondern auf mehreren lokal begrenzten Stichproben über einen großen Zeitraum basieren. Außerdem können keine Verteilungsparameter in der Datenbank bereitgestellt werden, sondern nur die publizierten Quantile. Da aber solche aktuellen Surveydaten aller Altersgruppen derzeit nicht verfügbar sind, und hier insbesondere auch für Kinder und Jugendliche in feingliederiger Altersdifferenzierung Angaben zur Anthropometrie vorliegen, können diese Daten als Referenz für Körpergewicht, Körperhöhe und BMI angesehen werden.

4.3 Literaturquellen

4.3.1 AUH-Bericht

Der AUH-Bericht (1995) stellt eine gute Datengrundlage für anthropometrische Daten zur Verfügung. In Tabellen und Grafiken liegen Angaben zu Körperhöhe und -gewicht für das 5%-/50%- und 95%-Quantil, dem Mittelwert und der Streuung vor, die aus repräsentativen Stichproben der anthropometrischen Datenbank der Universität Potsdam (vgl. auch Abschnitt 4.2.7) von 1987 – 1991 für Kinder und 1982 – 1984 für Erwachsene entnommen wurden. Es wird im AUH-Bericht darauf hingewiesen, dass für Expositionsabschätzungen alters- und geschlechtsspezifische anthropometrische Daten zur Vermeidung von Fehlein-

schätzungen genutzt werden sollten, da insbesondere das Körpergewicht und die -höhe altersabhängig sehr variieren. Die Empfehlungen des AUH versuchen daher, der Entwicklungsdynamik für diese Parameter gerecht zu werden und orientieren sich nicht an dem üblicherweise verwandten AUH-Schema der sieben Altersgruppen. Die Altersdifferenzierung im Bereich Anthropometrie erfolgt für die ersten drei Lebensjahre in 3-Monatsschritten, bis zum 8. Lebensjahr in halbjährlichem Abstand, bis zum 20. Lebensjahr in Ganzjahresschritten und bis zur Vollendung des 60. Lebensjahres in 5-Jahresschritten.

4.3.2 Kromeyer-Hauschild et al.

Ziel der Autoren dieser Studie (Kromeyer-Hauschild et al. 2001) war die Schaffung von BMI-Referenzwerten für Kinder und Jugendliche, um dadurch Unter-, Übergewicht und Adipositas im Kinder- und Jugendalter besser identifizieren zu können. Während im Erwachsenenalter feste Grenzwertempfehlungen zur Definition von Übergewicht und Adipositas von der WHO eingesetzt werden, müssen bei Kindern und Jugendlichen die alters- und geschlechtsspezifischen Veränderungen des BMI durch die altersphysiologischen Entwicklungen berücksichtigt werden. In Ermangelung einer repräsentativen nationalen Referenzstudie, die auch für die klinische Praxis geeignet wäre, sind im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft „Adipositas im Kindes- und Jugendalter“ (AGA) aus 17 existierenden Untersuchungen verschiedener Regionen Deutschlands Quantile für den BMI berechnet worden. Dabei fanden nur Studien Berücksichtigung, die ab 1985 erhoben wurden, bei denen es sich um Querschnittsuntersuchungen handelt und Studien, bei denen Körpergewicht und -höhe gemessen wurden. Die Messmethoden sind jedoch keiner Qualitätskontrolle unterzogen worden. Außerdem ist die Nationale Verzehrsstudie (NVS) wegen der nationalen Repräsentativität mit in die Stichprobe eingeflossen, obwohl hier die Daten nicht gemessen sondern nur erfragt wurden. Insgesamt konnten für 17 147 Jungen und 17 275 Mädchen im Alter von 0 bis 18 Jahren BMI-Berechnungen durchgeführt und in graphischer und tabellarischer Form für die 3%-/10%-/25%-/50%-/75%-/90%- und 97%-Quantile zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin sind die Verteilungsparameter der Box-Cox-Power-Transformation sowie die Variationskoeffizienten für die Körperhöhe und das Körpergewicht in der Veröffentlichung zu finden.

Trotz dieser großen Referenzstichprobe sehen die Autoren die Notwendigkeit, dass auch in Deutschland repräsentative Erhebungen insbesondere wegen der gesundheitspolitischen Relevanz in regelmäßigen Abständen erfolgen sollten. Kritisch zu bewerten sind in der Arbeit von Kromeyer-Hauschild et al. der Altersbereich der 0- bis 3-Jährigen, der nur aus einer Erhebung und somit nur einer Region stammt sowie die Daten der Altersgruppen ab 16 Jahren, die überwiegend an Abiturienten erhoben wurden.

4.3.3 Handbuch der Ergonomie

Im Handbuch der Ergonomie (Jürgens 1999) werden Daten von Körpermaßen (Körpergewicht und Körperhöhe) zur Verfügung gestellt. Anwendung finden diese Daten in der ergonomischen Praxis bspw. für Türhöhen, Bettlängen und zur Gestaltung von Arbeitsplätzen. 1995 – 1998 erfolgten diese Untersuchungen mit anthropometrischen Messmethoden an der Wohnbevölkerung der Bundesrepublik Deutschland. Es wurde für 4 350 Männer eine „in regionaler und sozialer Hinsicht repräsentative Stichprobe“ an 14 Messorten untersucht. Für 2 860 Frauen ist die an 8 Standorten erhobene Stichprobe in „regionaler Hinsicht und für die Gruppe der Berufstätigen Frauen“ (Jürgens 1999) repräsentativ.

Geschlechtsspezifische Angaben sind für jeweils drei Altersgruppen enthalten: 18 – 19 Jahre, 20 – 25 Jahre und 26 – 40 Jahre. Zur Verfügung gestellt werden die Quantile 1/5/50/95/99% sowie zusätzlich für die mittlere Altersgruppe die 10/20/30/40/60/70/80/90%-Quantile.

Die Daten des Handbuchs der Ergonomie sind für die probabilistische Expositionsabschätzung weniger geeignet, da zu wenig Informationen u. a. über die Stichprobenerhebung, die Konsistenz/Plausibilität der Ergebnisse und über Verzerrungen zur Verfügung gestellt werden. Die Angaben dieser Erhebung erscheinen daher für die Anwendung in der Arbeitswelt besser geeignet als für Expositionsabschätzungen im umweltbezogenen Gesundheitsschutz.

4.4 Körperoberfläche

Als ein weiterer physiologischer Parameter wird die Körperoberfläche für Expositionsabschätzungen insbesondere für den dermalen Pfad benötigt. Die Körperoberfläche ist definiert als die äußere Oberfläche des Körpers, die von Haut bedeckt ist. Sie wird in m² angegeben. Die Methoden zur Messung (Bedeckung/Coating, Triangulation, Planimetrie) sind sehr umständlich, weshalb in der Praxis zumeist eine Schätzung aus anthropometrischen Größen vorgenommen wird (Brožek et al. 1988). Verschiedene Autoren haben Formeln für die Berechnung der Körperoberfläche entwickelt: DuBois und DuBois (1916), Boyd (1935), Gehan und George (1970), Haycock et al. (1978), Lentner (1984). Sie werden üblicherweise in folgender Form dargestellt (ICRP 2003):

$$SA = a \cdot H^b \cdot W^c$$

SA	=	Surface Area – Körperoberfläche (m ²)
H	=	Height – Körperhöhe (cm)
W	=	Weight – Körpergewicht (kg)
a, b, c	=	Konstanten

Die Schätzung der Körperoberfläche erfolgt unter Einbeziehung der Körperhöhe und des Körpergewichts und variiert in Bezug auf die drei Konstanten. Als

Werte für die Konstanten empfiehlt die US EPA (1997) die Angaben von Gehan und George (1970), da sie auf der größten Anzahl direkter Messungen beruhen.

Zur vertiefenden Information sei auf die Erläuterungen zur Körperoberfläche im Exposure Factors Handbook der US EPA (1997), Appendix 6A, hingewiesen.

Von ECETOC (2001) wird die oben aufgeführte Formel mit den Werten von Murray und Burmaster (1992) zur Verfügung gestellt (s. Tabelle 4.1).

Tabelle 4.1 Werte für Konstanten in der Formel zur Schätzung der Körperoberfläche

Autor (Jahr)	Konstante		
	a	b	c
Gehan und George (1970)	0,0235	0,42246	0,51456
Murray und Burmaster (1992)	0,0239	0,417	0,517

Im Rahmen des Xprob-Projektes konnte mit den Daten des BGS 1998 und der NVS 1985/89 Schätzungen zur Körperoberfläche nach der Formel von Gehan und George durchgeführt werden. Der BGS 1998 stellt als aktuelle und für Deutschland repräsentative Datenquelle (siehe Kapitel 4.2.4) eine gute Grundlage für weiterführende Berechnungen für das Alter der 17- bis 79-jährigen Frauen und Männer dar. Eine Einschränkung zur Verwendung dieser Daten im Zusammenhang mit der Körperoberfläche ist somit nur in der Methodik der Schätzung allgemein zu sehen.

Der Datensatz der NVS 1985/89 wurde zusätzlich ausgewertet, um einen größeren Altersbereich (4 – 19 und 20 – 94 Jahre) für die Körperoberfläche zu Expositionsabschätzungen anbieten zu können. Die Daten stammen zwar ebenfalls aus einer großen Stichprobe, aber sie sind im Gegensatz zum BGS nicht aktuell, die Erhebung bezog sich nur auf die alten Bundesländer und die Körpermaße wurden auch nicht durch standardisierte Messungen erhoben. Diese Einschränkungen sollte bei der Verwendung bedacht werden.

4.5 Körperfett

Für einige Expositionsabschätzungen ist die Betrachtung des Gesamtkörperfettanteils ein wichtiger Bestandteil, da sich viele Schadstoffe vor allem im Fettgewebe anreichern. Da Messungen des Fettanteils einen hohen Aufwand erfordern, werden zumeist Schätzungen des Körperfetts durchgeführt. Die zur Verfügung stehenden Formeln basieren meist auf Messungen der Hautfaltdicken, Densitometrie o. ä. aus denen geschlechts- und/oder altersbezogene Koeffizienten linearer oder multiplikativer Modelle geschätzt wurden. Ziel ist es, unter Einbeziehung von Körperhöhe und Körpergewicht eine Schätzung des Gesamtkörperfettanteils zu berechnen.

Der Index nach **Abdel-Malek** (auch Fettleibigkeitsindex, Index of obesity genannt) stellt nach Knussmann (1988) eine „bestmögliche“ Schätzung des prozentualen Fettanteils am Körper für Erwachsene und Schulkinder auf der Grundlage von Körpergewicht und –höhe in Verknüpfung mit einem geschlechtsspezifischen Faktor dar.

$$\text{Abdel-Malek-Index} = k \cdot (\text{Körpergewicht in kg})^{1,2} / (\text{Körperhöhe in cm})^{3,3}$$

$$k = 3 \cdot 10^6 \text{ (Männer)}$$

$$k = 4 \cdot 10^6 \text{ (Frauen)}$$

Der relative Körperfettanteil wird unter der Annahme berechnet, dass bei steigendem Gewicht und konstanter Körperhöhe auch der Fettanteil steigt. Personen eines Geschlechts haben bei gleicher Größe und gleichem Gewicht auch den gleichen Fettanteil. Ein hohes Gewicht kann u. a. aber auch durch ein starkes Muskelgewebe verursacht werden, was bei diesem Index allerdings keine Beachtung findet. Ein Mangel ist außerdem der fehlende Altersbezug, da sich die Struktur des Körpergewebes mit dem Alter verändert.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgen **Deurenberg et al.** (1991). Hier wird unter Einbeziehung des BMI, des Alters und Geschlechts eine Formel zur Verfügung gestellt, deren Parameter aus Regressionsberechnungen von empirischen Daten abgeleitet wurden.

$$\text{Körperfett Erwachsene \%} = (1,20 \cdot \text{BMI}) + (0,23 \cdot \text{Alter}) - (10,8 \cdot \text{Geschlecht}) - 5,4$$

$$\text{Geschlecht: Männer} = 1; \text{ Frauen} = 0$$

Die Autoren weisen darauf hin, dass es bei übergewichtigen Personen zu einer leichten Überschätzung des Körperfettanteils führen kann.

Von **Jackson et al.** (2002) werden auf Grundlage der Heritage Family Study andere Konstanten abgeleitet. Der Body Mass Index hat ein etwas höheres prädiktives Gewicht, der Anstieg mit dem Alter wird um ca. 30 Prozent niedriger geschätzt.

$$\text{Körperfett Erwachsene \%} = (1,39 \cdot \text{BMI}) + (0,16 \cdot \text{Alter}) - (10,34 \cdot \text{Geschlecht}) - 9,0$$

$$\text{Geschlecht: Männer} = 1; \text{ Frauen} = 0$$

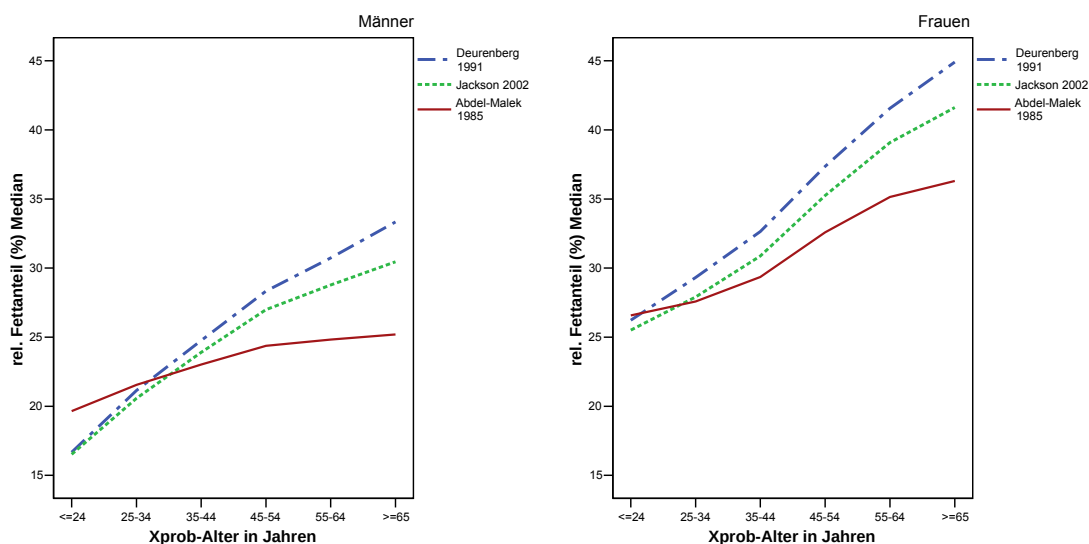
Weitere Arbeiten verschiedener Autoren (Deurenberg 1996, Gallagher et al. 1996, Jackson et al. 1980) haben für diese Gleichung Werte abgeleitet, die sich jedoch nur geringfügig und in den Randbereichen voneinander unterscheiden. Eine Übersicht über die von den genannten Autoren abgeleiteten Konstanten ist in der Datenbank RefXP zu finden.

In der Grafik (Abbildung 4.2) wird der relative Fettanteil für den BGS 1998 im Vergleich für die drei oben vorgestellten Schätzungen dargestellt.

In der Datenbank RefXP sind auch die Schätzungen zum relativen Fettanteil nach den Formeln von Abdel-Malek, Deurenberg und Jackson für den BGS 1998 bereitgestellt. Außerdem ist für eine bessere Verwendung bei Modellierungen der Fettanteil am Körpergewicht in kg umgerechnet worden.

Die schon zur Körperoberfläche aufgeführte Limitierung gilt auch hier: das Schätzen von Werten kann den durch Messungen erhobenen Werten nicht gleichgesetzt werden und muss somit immer als eine Quelle von Unsicherheiten betrachtet werden.

Abbildung 4.2 Vergleich der Schätzungen zum relativen Körperfettanteil für Männer und Frauen des BGS 1998



4.6 Fazit der Empfehlungen zur Anthropometrie

Für den Bereich der Anthropometrie sind Datenquellen von Surveys und aus der Literatur vorgestellt worden. Die Surveydaten sind im Rahmen von Xprob durch Sekundäranalysen für die Verteilungsanpassung ausgewertet und zusammen mit den Literaturquellen in die Datenbank RefXP integriert worden.

Zur Verwendung als Referenzwerte für Expositionsabschätzungen auf dem Gebiet der Anthropometrie werden für Erwachsene die Surveydaten des BGS 1998 empfohlen. Für Kinder stellen die schulärztlichen Untersuchungen von Hamburg und Niedersachsen eine gute Datengrundlage dar. Für die Anwendung sollte jedoch die regionale Beschränkung der Erhebungen berücksichtigt werden. Für den BGS und die Schuleingangsuntersuchungen sind alle benötigten Verteilungsparameter und statistischen Kennwerte unter Anwendung der Xprob-Auswertungssystematik berechnet worden und stehen damit für Punktschätzungen oder verteilungsbasierte Modellierungen zur Verfügung. Als wei-

tere Empfehlungen, die aber mit o. a. Einschränkungen zur Beachtung gegeben werden, sind der US 1990/92 für Kinder und die anthropometrischen Daten der Universität Potsdam zu nennen. Die anderen diskutierten Datenquellen sind in der Datenbank ebenso verfügbar.

Für die Körperoberfläche und den Körperfettanteil stellen die Daten des BGS 1998 eine gute Grundlage für die Berechnungen dar. Diese Herangehensweise kann jedoch nur eine Annäherung an die Realität darstellen, weshalb die Daten zur Körperoberfläche und zum Körperfettanteil nur unter Beachtung dieser Einschränkungen verwendet werden sollten.

Die insbesondere im Kinder- und Jugendlichenalter bestehende große Lücke aktueller, repräsentativer Datenquellen könnte durch die Auswertung der Daten des Kinder- und Jugendgesundheitssurveys (KiGGS) mit der Xprob-Methodik in naher Zukunft geschlossen werden. Dann wären aktuelle Surveydaten, die ohne Einschränkungen empfohlen werden können, auch für Kinder und Jugendliche für verteilungsbasierte Expositionsabschätzungen verfügbar.

Tabelle 4.2 Inhalt der Datenbank zum Themenbereich Anthropometrie

Variable	Geschlecht	Alter	Datenquelle	Kommentar ⁶
<i>Körpergewicht, Körperhöhe, BMI</i>				
Körpergewicht, Körperhöhe, BMI	Frauen Männer	17 – 79 Jahre	BGS 1998	Empfehlung
Körpergewicht, Körperhöhe, BMI	Frauen Männer	16 – 99 Jahre	SOEP 2002	Eingeschränkte Genauigkeit
Körpergewicht, Körperhöhe	Frauen Männer	18 – 40 Jahre	Jürgens 1999	Eingeschränkte allg. Qualitätsbeurteilung / Zugänglichkeit
Körpergewicht, Körperhöhe, BMI	Frauen Männer	25 – 69 Jahre	OW 1990/92	Eingeschränkte Aktualität
Körpergewicht, Körperhöhe, BMI	Mädchen Jungen	5 – 7, 9 – 10, 13 – 15 Jahre / 4,5 – 7,5 Jahre	Schulärztliche Untersuchungen (Hamburg/ Niedersachsen)	Eingeschränkte Gültigkeit für die deutsche Bevölkerung
Körpergewicht, Körperhöhe, BMI	Frauen Männer	25 – 69 Jahre	NUS 1990/91	Eingeschränkte Aktualität / Gültigkeit für die deutsche Bevölkerung
Körpergewicht, Körperhöhe, BMI	Frauen Männer	0 – 89 Jahre	Datenbank Universität Potsdam	Eingeschränkte allg. Qualitätsbeurteilung / Zugänglichkeit / Repräsentativität
Körpergewicht, Körperhöhe, BMI	Mädchen Jungen	5 – 15 Jahre	US 1990/92 Kinder	Eingeschränkte Aktualität / Repräsentativität / Genauigkeit
Körpergewicht, Körperhöhe, BMI	Mädchen Jungen	0 – 18 Jahre	Kromeyer-Hauschild et al. 2001	Eingeschränkte allg. Qualitätsbeurteilung / Zugänglichkeit / Repräsentativität / Genauigkeit
Körpergewicht, Körperhöhe	Frauen Männer	0 – 60 Jahre	AUH 1995	Eingeschränkte allg. Qualitätsbeurteilung / Zugänglichkeit / Aktualität / Repräsentativität
<i>Körperoberfläche, Körperfettanteil</i>				
Körperoberfläche, Körperfettanteil	Frauen Männer	17 – 79 Jahre	BGS 1998	Eingeschränkte Genauigkeit
Körperoberfläche	Frauen Männer	4 – 94 Jahre	NVS 1985/89	Eingeschränkte Aktualität / Gültigkeit für die deutsche Bevölkerung / Repräsentativität / Genauigkeit

⁶ Hinweise zu den Einschränkungen sind in Tabelle 1.1 zu finden. Weitere Erläuterungen siehe Xprob-Bericht Teil 1 Kapitel 4

5 Zeitbudget

Claudia Peters, Jens Herrmann†

5.1 Einleitung

Laut AUH-Bericht (1995) sind „angesichts der Vielfalt menschlicher Aktivitäten in Raum und Zeit ... für eine Expositionsabschätzung möglichst zutreffende, d. h. sich der Realität der betroffenen Personen annähernde Angaben zu Aufenthaltszeiten, -orten und Aktivitätsmustern einzubeziehen.“ Auf Grund der damaligen, höchst unbefriedigenden Datenlage sind im AUH-Bericht aber nur einige wenige Tabellen zu Aufenthaltszeiten im Innenraum und im Freien, in der Wohnung und im Verkehr dokumentiert, die zudem nur Mittelwerte enthalten. Der AUH merkt dazu selber an: „Hierbei wird deutlich, dass die vorliegende Literatur die sich aus der quantitativen Risikoabschätzung ergebenden Fragen zu Aktivitäten in Raum und Zeit nicht befriedigend beantworten kann. Für wissenschaftlich fundierte und für den deutschen Kulturkreis abgesicherte Annahmen ergibt sich weiterer Forschungs- und Auswertungsbedarf.“

Im Xprob-Projekt wurden verschiedene Datensätze aus den 90er Jahren gesichtet und im Hinblick auf den Bereich „Zeitbudget“ ausgewertet. Zum Zeitbudget zählen wir Variablen, die Aufenthaltszeiten oder -orte quantitativ beschreiben sowie Aktivitätsmuster.

Alle zum Themenbereich Zeitbudget vorliegenden Datensätze konnten nach dem Xprob-Schema stratifiziert werden, d. h. die Geschlechter wurden getrennt ausgewertet; die Alterseinteilung bei den Erwachsenen in der Form 25 – 34, 35 – 44, 45 – 54, 55 – 64, 65+ Jahre konnte in den meisten Fällen beibehalten werden. In Ausnahmefällen wurden benachbarte Gruppen zusammengelegt, wenn die Stichproben zu klein waren und sich keine signifikanten Unterschiede zeigten. Für Kinder konnte nur eine Datenquelle für diesen Themenbereich identifiziert und ausgewertet werden (siehe Kapitel 5.2.3).

An alle ausgewerteten Variablen wurden parametrische Verteilungen angepasst. Obwohl tägliche Aufenthaltszeiten durch 24 Stunden begrenzt sind, wurde die Xprob-Methodik benutzt. Bereits bei den ersten Probeauswertungen hatte sich gezeigt, dass die Approximation durch nach rechts unbeschränkte Verteilungen die Daten am besten beschreibt und die zwangsläufig entstehende Wahrscheinlichkeit für mehr als 24 Stunden minimal und daher vernachlässigbar ist.

5.2 Datenquellen

5.2.1 Nationaler Untersuchungssurvey 1990/91

Der Nationale Untersuchungssurvey 1990/91 (NUS 1990/91) war die dritte Erhebungsrunde der Deutschen Herz-Kreislauf-Präventionsstudie mit dem Ziel der Reduktion der kardiovaskulären Risikofaktoren und der Herz-Kreislauf-Mortalität.

Unter dieser Zielsetzung sind die im AUH-Bericht so bezeichneten „Aktivitäten in Zeit und Raum“ eher nebensächlich. Abgefragt wurden die für die Expositionsabschätzung wichtigen Variablen „Schlafzeit“ und „Arbeitszeit“. Beide Variablen wurden in die Datenbank RefXP aufgenommen, sind aber nur bedingt zur Bestimmung von Referenzwerten zu empfehlen.

Es gibt zwei grundsätzliche Einwände gegen die Verwendung der NUS 1990/91-Daten: Zum einen sind die Daten bereits recht alt (ca. 15 Jahre); zum anderen fand die Befragung nur in den alten Bundesländern und in Westberlin statt, ist also nur für die alte BRD repräsentativ.

Die Arbeitszeit wurde folgendermaßen abgefragt: *„Wie viele Stunden arbeiten Sie zur Zeit (bzw. arbeiteten Sie zuletzt) durchschnittlich in der Woche in Ihrem Beruf? (Rechnen Sie dabei auch regelmäßig anfallende Überstunden ein.)“* Diese Formulierung ist problematisch, da sie nicht die aktuelle Arbeitszeit abfragt, die bei arbeitslosen Personen Null beträgt. Stattdessen wird die Nullmasse (die Daten mit dem Wert Null) ausgeklammert, und die Probanden hatten eine Frage zu beantworten, deren Aussage lange – zum Teil mehrere Jahre – zurücklag.

Außerdem erscheinen die Schätzungen für die zentrale Tendenz (Median 40 Stunden, Mittelwert mehr als 40 Stunden) recht hoch. Eine Diskussion darüber, ob diese Werte plausibel sind, konnte weder in der Dokumentation des Datensatzes noch in sonstiger Sekundärliteratur gefunden werden.

Die Schlafzeit wurde durch die Frage ermittelt: *„Wie viele Stunden schlafen Sie im allgemeinen nachts?“* Hier ist die Formulierung unproblematisch; auch dass die Befragten angehalten waren, ihre Antworten auf ganze Stunden zu runden, bringt keine Schwierigkeiten mit sich. Zu beachten ist nur, dass es sich um *nächtliche Schlafzeit* handelt. Insofern sind die Angaben nicht vergleichbar mit der in der Datenbank RefXP ebenfalls als Schlafzeit bezeichneten, ähnlichen Variable aus dem Bundes-Gesundheitssurvey 1998.

Weiterhin wurden Angaben zu diversen speziellen Tätigkeiten ausgewertet. Die entsprechende Frage lautete: *„Wie oft haben Sie diese Sportarten oder körperlichen Betätigungen in den letzten 3 Monaten ausgeübt, und (falls mindestens 1mal pro Woche) wie lange pro Woche?“* Die ausgewerteten Tätigkeiten sind Radfahren, Gartenarbeit, Zu-Fuß-Gehen und Wandern/Bergsteigen. Die angegebenen Referenzwerte sind aber nur sehr bedingt zu empfehlen. Neben den

für diesen Datensatz bereits erwähnten Einschränkungen kommt erschwerend hinzu, dass es keine Angaben beispielsweise für Wenig-Radfahrer gab. Diese Daten wurden im Projekt anhand der an die Daten der Viel-Radfahrer etc. angepassten Verteilung simuliert; danach wurde eine Verteilungsanpassung der Gesamtstichprobe durchgeführt.

Zusätzlich lassen einige Antworten vermuten, dass die Frage nicht richtig verstanden wurde, und nicht die Dauer pro Woche, sondern die Dauer pro Tag angegeben wurde. Insgesamt muss hier die Datenqualität hinsichtlich ihrer Verwendung als Expositionsfaktoren als mangelhaft eingestuft werden – allerdings gibt es bei diesen Variablen keine bessere Datengrundlage als Alternative.

5.2.2 Gesundheitssurvey Ost-West 1990/92

Die Grundlage des Gesundheitssurvey Ost-West (OW 1990/92) bilden die Daten des NUS 1990/91 und der „Ersten Nationalen Untersuchung über Lebensbedingungen, Umwelt und Gesundheit in Deutschland Ost 1991/92“ (Survey OST). Für den OW 1990/92 gelten zum Teil ähnliche Aussagen wie für den NUS 1990/91: Die Daten sind relativ alt und das Zeitbudget spielte in der Befragung nur eine untergeordnete Rolle. Allerdings handelt es sich um die erste gesamtdeutsche Untersuchung, aus der Referenzwerte für Gesamtdeutschland abgeleitet werden konnten. Unterschiedliche Stichprobenumfänge in West- und Ostdeutschland wurden durch GewichtungsvARIABLEN ausgeglichen, so dass die Repräsentativität für Gesamtdeutschland gewährleistet ist.

Was die ausgewerteten Variablen angeht, so gelten dieselben Anmerkungen, wie sie bereits beim NUS 1990/91 gemacht wurden, d. h. die mangelnde Datenqualität bei der Verwendung für Expositionsabschätzungen muss neben der fehlenden Aktualität beachtet werden.

5.2.3 Umwelt-Survey 1990/92

Der Umwelt-Survey (US 1990/92) wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit durchgeführt. Die zum Bereich „Zeitbudget“ interessierende Frage an die Erwachsenen ist dort wie folgt formuliert: *„An welchen Orten halten Sie sich üblicherweise an einem Werktag auf und wie lange an jedem Ort?“*

Differenziert wurde nach Sommer und Winter sowie nach 14 verschiedenen Ortskategorien (vgl. Tabelle 5.1):

Tabelle 5.1 Aufenthaltsorte im Umwelt-Survey 1990/92

1.)	in der Wohnung
2.)	in Büroräumen
3.)	in Werkhallen, Werkstätten, Lagern, Garagen
4.)	in Verkaufsräumen, Läden, Gaststätten, Kantinen, Schulen und Sporthallen
5.)	in anderen geschlossenen Räumen
6.)	in einem Pkw, Taxi, Lkw
7.)	in Bussen, Straßenbahnen
8.)	in S-, U- und Fernbahnen
9.)	auf einem Fahrrad
10.)	auf einem Mofa, Moped, Motorrad
11.)	als Fußgänger im Straßenverkehr
12.)	im Garten, Park, Wald, auf Feldern, Sportplätzen
13.)	auf Gewässern
14.)	sonstiges im Freien

Die Einheit ist mit Minuten pro Werktag angegeben.

Es wurden von der Xprob-Projektgruppe mit einer Ausnahme für die einzelnen Variablen keine Referenzwerte abgeleitet. Eine Anpassung ist dann nicht sinnvoll, wenn extrem viel Nullmasse vorliegt. Das ist aber z. B. bei den Variablen 10 (Mofa, Motorrad) und 13 (Gewässer) der Fall – insbesondere im Winter. Nur zu Variable 1 (Aufenthalt in der Wohnung) sind Referenzwerte in der Datenbank RefXP zu finden.

Statt jede Variable einzeln auszuwerten (Ausnahme Var. 1), wurden sie zu Oberbegriffen zusammengefasst, und zwar zu „Innenräume“ (Var. 1 Wohnungsaufenthalt + Var. 2 – 5), „Verkehr“ (Var. 6 – 11) und „im Freien“ (Var. 12 – 14). Die Einheit wurde in Stunden pro Werktag umgerechnet. Anschließend fand eine Kontrolle statt, ob die Summe über die 14 Kategorien genau 24 Stunden ergab, wie sie auf Grund der Fragestellung sein müsste. Ausgeschlossen wurden Beobachtungen, bei denen diese Summe um mehr als 10 %, also 2,4 Stunden, nach oben oder unten abwich. Beobachtungen, bei denen die Abweichung im tolerablen Bereich war, wurden auf 24 Stunden normiert, bevor der Anpassungsalgorithmus lief.

Die so entstandenen Referenzwerte zu den Aufenthaltszeiten „in der Wohnung“, „in Innenräumen“, „im Verkehr“ und „im Freien“ sind mit der Einschränkung zu empfehlen, dass die Befragung nicht mehr aktuell ist. Es gibt derzeit aber keine aktuelleren vergleichbaren Daten.

Den Kindern und Jugendlichen wurde im Fragebogen des Umwelt-Surveys 1990/92 folgende Frage zum Aufenthalt gestellt:

„Denke einmal an einen ganz normalen, durchschnittlichen Schultag. Wieviele Stunden des Tages hältst Du Dich ungefähr draußen auf: a) im Sommer, b) im Winter?“

Der Stichprobenumfang für den Aufenthalt im Freien beträgt für den Sommer $N = 727$ (männlich 371, weiblich 356) und für den Winter $N = 725$ (männlich 371, weiblich 354). Der Auswertungsalgorithmus empfiehlt für den Sommer eine gemeinsame und den Winter eine nach Geschlecht differenzierte Auswertung. Da einerseits der Xprob-Standard für eine getrennte Auswertung plädiert und zudem bei diesem Parameter auch von einem Informationsverlust ausgegangen werden muss, da bei Mädchen ein anderes Verhalten als bei Jungen angenommen werden kann und außerdem das Verhalten sich mit dem Alter ändert, ist zusätzlich zu der empfohlenen eine getrennte Auswertung durchgeführt worden. Am besten könnte diesem Verlust durch eine Auswertung für jedes Alter und Geschlecht getrennt begegnet werden, aber aufgrund der geringen Klassenbesetzung müssen mehrere Altersgruppen zusammengefasst werden. Für beide Variablen, den Aufenthalt im Freien im Sommer und im Winter, stehen Auswertungsergebnisse für die nach Geschlecht getrennten und die zusammengefassten Gruppen zur Verfügung.

Zu dem Themenbereich Zeitverwendung gehört auch der Straßenverkehr. Die Daten für den Aufenthalt in diesem Bereich werden für Kinder und Jugendliche durch die Frage ermittelt:

„Wie lange hältst du dich derzeit i.a. täglich im „Straßenverkehr“ auf und zwar: A in Autos, B in Bussen, Straßenbahnen, C in S-, U-, Fernbahnen, D auf dem Fahrrad, E auf dem Mofa und F als Fußgänger?“

Aus diesen einzelnen Punkten wurde analog zu den Erwachsenen die zusammengefasste Variable „Aufenthalt im Straßenverkehr“ gebildet und in Stunden pro Tag umgerechnet. Die Angaben zu diesem Parameter sind von 728 Kindern (370 Jungen, 358 Mädchen) getätigt worden. Die Ergebnisse des Signifikanz-Testes bestätigen die Trennung der Geschlechter in jeweils zwei Altersgruppen: Für die Jungen werden die Gruppen der 5- bis 10-Jährigen und 11- bis 15-Jährigen und für die Mädchen die 5- bis 8-Jährigen und 9- bis 15-Jährigen zusammengefasst. Zusätzlich erfolgte hierbei noch eine gemeinsame Auswertung, um die Einheitlichkeit bei der Auswertung dieses Datensatzes zu gewährleisten und zusätzliche Informationen durch die dabei mögliche feinere Altersdifferenzierung geben zu können. Dabei sind vier Gruppen zu unterscheiden: 5 – 7, 8 – 10, 11 – 13 und 14 – 15 Jahre. Es stellt sich natürlich auch hier die Frage nach dem Informationsverlust dieses Parameters durch das Zusammenfassen mehrerer Altersklassen oder durch das Zusammenlegen der Geschlechter, weil hier insbesondere der Alterseffekt und das unterschiedliche Verhalten von Jungen und Mädchen eine große Rolle spielen dürften. Im Gegensatz zu dem Erwach-

senensurvey ist für Kinder und Jugendliche keine Unterscheidung zwischen dem Aufenthalt im Straßenverkehr im Sommer und Winter möglich.

Die Daten der Kinder- und Jugendstichprobe des Umwelt-Survey 1990/92 können zur Verwendung bei Expositionsabschätzungen genutzt werden. Einschränkung sei nochmals auf die fehlende Aktualität der Erhebung hingewiesen. Außerdem stammen die Kinder und Jugendlichen nicht aus einer randomisierten Stichprobe für diese Altersgruppen, sondern sie wurden durch die Zugehörigkeit zu den Haushalten der erwachsenen Probanden in den Survey einbezogen. Für künftige Erhebungen wird neben der Beachtung o. a. Anmerkungen die Empfehlung gegeben, größere Stichproben vorzusehen. Sie sind besser geeignet, um einen geringeren Informationsverlust zu erreichen, d. h. um der Altersentwicklung und Unterschiede der Geschlechter besser gerecht werden zu können.

5.2.4 Bundes-Gesundheitssurvey 1998

Der Bundes-Gesundheitssurvey (BGS 1998) wurde vom Robert Koch-Institut im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit durchgeführt.

Der entscheidende inhaltliche Unterschied zu den vorab beschriebenen Surveys ist, dass hier nicht nach Aufenthaltszeiten oder -orten, sondern nach Aktivität (Tabelle 5.2) gefragt wurde; die entsprechende Formulierung lautet: „*Wieviel Zeit verbringen Sie durchschnittlich an einem Tag (24 Stunden) mit:*“

Tabelle 5.2 Aktivitätsmuster des Bundes-Gesundheitssurvey 1998

1.)	Schlafen, Ruhen
2.)	Sitzen (z. B. im Büro, im Auto, beim Fernsehen, Essen oder Lesen)
3.)	leichten Tätigkeiten (z. B. Kochen, Spaziergehen, Einkaufen, Aufräumen, Körperpflege, Verkaufstätigkeit)
4.)	mittelschweren Tätigkeiten (z. B. Joggen, Renovieren, Putzen, Radfahren, Schwimmen, Bauarbeit)
5.)	anstrengenden Tätigkeiten (z. B. Lasten tragen, schwere Gartenarbeit, Holz hacken, Leistungssport, Ballsport)

Differenziert wird zwischen Werktag und Wochenendtag. Die Einheit ist Stunden pro Tag, wobei die Befragten ihre Antworten auf ganze oder halbe Stunden runden und die gesamten 24 Stunden auf die 5 Kategorien aufteilen sollten.

Das Vorgehen bei der Auswertung verlief analog zu den Aufenthaltszeiten beim Umwelt-Survey 1990/92. Auch hier wurde zunächst geprüft, ob die Summe aller Aktivitäten 24 Stunden beträgt. Beobachtungen mit Abweichungen von mehr als 10 % wurden ausgeschlossen und Beobachtungen mit Abweichungen von unter 10 % normiert.

Die abgeleiteten Referenzwerte des Bundes-Gesundheitssurvey 1998 zu den Aktivitätsmustern sind empfehlenswert. Zu beachten ist nur, dass die Werte zu Antwort 1 in der Datenbank RefXP zwar unter „Schlafzeit“ abgelegt sind, allerdings nicht vergleichbar mit den entsprechenden Werten aus dem NUS 1990/91 und dem OW 1990/92 sind. Der Grund ist die unterschiedliche Fragestellung: Beim BGS 1998 wurde nach der Zeit für Schlafen *und Ruhen innerhalb 24 Stunden* gefragt; die statistischen Kennzahlen sind entsprechend höher.

5.2.5 Sozio-ökonomisches Panel (SOEP)

Im Personenfragebogen des sozio-ökonomischen Panels (SOEP), das vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) seit 1984 jährlich erhoben wird, wird nach der vereinbarten und der tatsächlichen Arbeitszeit in Stunden pro Woche gefragt. Die Auswertung erfolgte jedoch nur für die tatsächliche Arbeitszeit. Die Angaben von mehr als 12 000 Probanden für die Jahre 2001 – 2003 sind in diese Auswertungen jeweils eingeflossen, so dass eine optimale Altersstratifizierung und die Geschlechtertrennung erfolgen konnten. Die mittlere Arbeitszeit (und der Median) liegt bei Männern über 40 Stunden pro Woche, Frauen arbeiten im Durchschnitt etwas mehr als 30 Stunden wöchentlich. Die maximal angegebene Arbeitszeit beträgt jedoch bei vielen Altersgruppen für Männer und Frauen bis zu 80 Stunden pro Woche. Es stellt sich dabei die Frage nach der Validität dieser Angaben, d. h. ob diese extremen Arbeitszeiten überhaupt möglich sind, zumal sich der Fragebogen auf die durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit bezieht und nicht nur auf extreme Arbeitszeiten.

Gibt es überhaupt eine Grenze einer glaubhaften durchschnittlichen wöchentlichen Arbeitszeit und wo ist diese zu finden? Mehrere Berufsgruppen können sehr hohe Arbeitszeiten aufweisen, wie z. B. Selbständige, Ärzte/Feuerwehr und andere Berufsgruppen mit Bereitschaftsdiensten. Eine Antwort ist also nicht so einfach zu finden und kann vor allem nicht im Rahmen dieses Projektes erfolgen. Es sollte zudem erwähnt werden, dass nur ein geringer Prozentsatz der berufstätigen Probanden des SOEP (z. B. bei der Befragungswelle 2003 unter 3 %) Werte von über 60 Stunden Arbeitszeit pro Woche angegeben haben. Die Angaben sind daher so in die Auswertung eingeflossen, wie sie von den Befragten angegeben wurden und können dem Anwender als Referenzdaten in der Datenbank RefXP zur Verfügung gestellt und auch empfohlen werden.

Zum Bereich des Zeitbudgets wird zu Aktivitäten den Probanden überdies folgende Frage gestellt (s. Tabelle 5.3):

„Wie sieht gegenwärtig Ihr normaler Alltag aus? Wie viele Stunden pro Tag entfallen bei Ihnen an einem durchschnittlichen Werktag auf die folgenden Tätigkeiten?“

Tabelle 5.3 Tätigkeiten im SOEP

1.)	Berufstätigkeit, Lehre (Zeiten einschließlich Arbeitsweg, auch nebenberufliche Tätigkeit)
2.)	Besorgungen (Einkaufen, Beschaffungen, Behördengänge)
3.)	Hausarbeit (Waschen, Kochen, Putzen)
4.)	Kinderbetreuung
5.)	Versorgung und Betreuung von pflegebedürftigen Personen
6.)	Aus- und Weiterbildung, Lernen (auch Schule, Studium)
7.)	Reparaturen am Haus, in der Wohnung, am Auto, Gartenarbeit
8.)	Hobbies und sonstige Freizeitbeschäftigungen

Bei den Befragungen des SOEP 2001 und 2003 wurde diese Frage auf die Differenzierung *an einem durchschnittlichen Werktag, an einem typischen Samstag und an einem typischen Sonntag* erweitert. Die Angaben sollten laut Fragebogenanweisung nur in ganzen Stunden erfolgen. Daten für ca. 20 000 Personen konnten für Männer und Frauen getrennt ausgewertet werden, wobei die Items Kinderbetreuung und Versorgung von pflegebedürftigen Personen nicht ausgewertet wurden. Für die Expositionsabschätzung stellen einzelne Variablen nur eine grobe Aggregation dar, da bspw. die Variablen „Reparaturen am Haus, in der Wohnung, am Auto, Gartenarbeit“ und „Hobbys“ nicht eindeutig einem Ort, also dem Innenraum oder dem Aufenthalt im Freien zugeordnet werden können.

Beim Zusammenfassen aller Zeitverwendungsvariablen für jede einzelne Person, werden teilweise Zeiten sichtbar, die über einen 24-Stunden-Tag hinausgehen. Das betrifft aber wiederum nur einen geringen Teil der Probanden. Ferner ist es durchaus möglich, mehrere Tätigkeiten gleichzeitig auszuführen wie z. B. Kinderbetreuung und Hausarbeiten, Einkaufen oder Hobbys, so dass solche ungewöhnlichen Zeiten zusammen kommen. Für künftige Erhebungen wäre es für Expositionsabschätzungen daher von Vorteil, wenn die Abfragen zur Zeitverwendung präziser formuliert wären und zudem eine Unterteilung in Innen-/Außenaktivitäten erfolgen würde.

Die Variablen des SOEP können als Referenzdaten dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden, da eine gute Verteilungsanpassung erfolgen konnte. Der Datensatz des SOEP ist zudem aktuell, repräsentativ und die Grundlage bildet eine große Stichprobe. Aufgrund der angeführten Ungenauigkeit der Fragen und folglich der Zuordnung zum Innen- und Außenbereich können insbesondere die Angaben zu „Reparaturen“ und „Hobbys“ nur eingeschränkt zur Verwendung bei Expositionsabschätzungen empfohlen werden.

5.2.6 Zeitbudgeterhebung 2001/02

In den Jahren 2001 und 2002 führte das Statistische Bundesamt eine Zeitbudgeterhebung (ZBE 2001/02) als repräsentative Quotenstichprobe privater

Haushalte mit freiwilliger Auskunftserteilung durch. Die Zielpopulation umfasst alle Privathaushalte. In den ausgewählten Haushalten wurden alle Personen ab 10 Jahren mittels Tagebuch und Personenfragebogen befragt. In den Tagebüchern sollte der Tagesverlauf (Haupt- und gleichzeitige Aktivitäten, anwesende Personen, Aufenthalte/Verkehrsmittel) im 10-Minuten-Rhythmus abgebildet werden. Aus den Aufzeichnungen im Tagebuch wurden rund 230 Aktivitäten abgeleitet (Statistisches Bundesamt 2005).

Die Rohdaten standen dem Xprob-Projekt nicht zur Verfügung, so dass aus der ZBE 2001/02 keine Referenzwerte abgeleitet werden konnten. Zu bemerken ist auch, dass die Codierung der Tagebuchaufzeichnungen zu Zwecken des Statistischen Bundesamtes vorgenommen wurde (Statistisches Bundesamt 2004) und für Expositionsabschätzungen eine andere Codierung nötig gewesen wäre. Ein Bereich wie „Ehrenamtliche Tätigkeiten und Freiwilligenarbeit“ ist beispielsweise in dieser Form ungeeignet.

Da aber in den Tagebüchern Aufenthaltsorte und Aktivitäten genau erfasst wurden, wäre die ZBE 2001/02 im Falle einer Neucodierung eine gute Quelle zur Ableitung von Referenzwerten im Bereich Zeitbudget und Aktivitäten.

5.3 Literaturquellen zum Aktivitätsmuster

Für die Schätzung der täglichen inhalativen Aufnahmemenge werden Angaben über die Aufteilung von Aktivitäten in einem 24-Stunden-Intervall benötigt. Die verschiedenen Aktivitäten und auch die Aktivitätsmuster sind von grundlegender Bedeutung für eine angemessene Schätzung der inhalativen Aufnahme eines Schadstoffes. Für kurzfristige Expositionen sind neben Alter und Geschlecht die unterschiedlichen Aktivitätsgrade maßgeblich für die angenommene Atemrate, d. h. durch eine sitzende oder leichte Tätigkeit wird eine geringere Atemrate erreicht als bei anstrengenden Aktivitäten (z. B. Sport). Für ein Szenario, das sich über einen längeren Zeitraum erstreckt (chronische Exposition), ist die Summe aller Aktivitäten von Bedeutung, da sich die einzelnen Aktivitäten in einem bestimmten Zeitraum über den Tag verteilen.

Vom AUH (1995) und ICRP (2003) werden Daten zur Verfügung gestellt, die sich dieser Thematik widmen und die für diese Problematik verwendet werden können.

Im Bericht des AUH werden zwei Zusammenstellungen unterschiedlicher Autoren von einer internationalen Zeitbudgetstudie aus den 60er Jahren wiedergegeben. Bei Ihme (1994) werden die Angaben zu durchschnittlichen Aufenthaltszeiten in Innenräumen (wach und schlafend) und im Freien bereitgestellt. Wichmann et al. (1993) gibt Informationen zum wahrscheinlichen Fall von Aufenthaltszeiten innen und außen in der Unterteilung nach verschiedenen Aktivitätsstufen. Diese basieren insbesondere auf Ausführungen im Exposure Factors Handbook der US EPA aus dem Jahre 1989. Es wird ein durchschnittlicher Tätigkeitsmix von 38 %, 38 %, 20 %, und 4 % für ruhige, leichte, mäßige und

intensive Aktivitäten im Freien und entsprechend 48 %, 48 %, 3 % und 1 % für Aktivitäten im Innenraum zugrunde gelegt. Es sei angemerkt, dass die Fragen zu Aktivitäten in Raum und Zeit nicht befriedigend beantwortet werden und der Forschungsbedarf weiterhin bestehen bleibt. Es erfolgt keine geschlechtsspezifische Differenzierung und die Alterseinteilung der Autoren in der Veröffentlichung des AUH folgt dabei der AUH-Systematik.

Tabelle 5.4 Referenzwerte zum täglichen Zeitbudget (h/d) bei unterschiedlichen Aktivitäten für die Allgemeinbevölkerung (ICRP 2003)

Aktivitätslevel	3 Monate	1 Jahr	5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre		Erwachsener	
					männlich	weiblich	männlich	weiblich
Schlafen	17	14	12	10	10	10	8	8,5
Sitzen		3,3	4,0	4,7	5,5	7,0	6,0	5,4
leichte Aktivität	7,0	6,7	8,0	9,3	7,5	6,8	9,8	9,9
schwere Aktivität					1,0	0,25	0,25	0,19

Tabelle 5.5 Referenzwerte zum täglichen Zeitbudget (h/d) für die Allgemeinbevölkerung (ICRP 2003)

	3 Monate	1 Jahr	5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre		Erwachsener	
					männlich	weiblich	männlich	weiblich
Innenraum zu Hause:								
Schlafen	17	14	12	10	10	10	8,5	8,5
wach	7 ^a	5 ^b	6 ^b	8 ^b	7 ^c	9 ^c	7 ^b	9,5 ^b
Andernorts (z. B. Arbeit)		4 ^b	3 ^b	3 ^b	4 ^c	3 ^c	6,5 ^b	4 ^b
Außen		1 ^b	3 ^b	3 ^b	3 ^d	2 ^e	2 ^e	2 ^e

^a leichte Aktivität

^b ein Drittel Sitzen + zwei Drittel leichte Aktivität

^c eine Hälfte Sitzen + eine Hälfte leichte Aktivität

^d zwei Drittel leichte Aktivität + ein Drittel anstrengende Aktivität

^e eine Hälfte Sitzen + drei Achtel leichte Aktivität + ein Achtel anstrengende Aktivität

In der ICRP-Publikation werden Referenzdaten für Aktivitätsmuster in Verbindung mit Inhalationsparametern angegeben. Ausgehend von dem bereits erwähnten Zusammenhang von Aktivitätslevel und Atemrate werden Angaben für die Allgemeinbevölkerung zum täglichen Zeitbudget in vier verschiedenen Tätigkeitsgraden für Kinder, Jugendliche, Männer und Frauen bereitgestellt (Tabelle 5.4). Hierbei ist jedoch keine Unterscheidung zwischen Innen- und Außenaufenthalt möglich. Approximative Angaben zu einer solchen Differenzie-

rung sind in einer weiteren Zusammenstellung dargestellt (s. Tabelle 5.5). Verteilungen werden in der Veröffentlichung des ICRP jedoch nicht bereitgestellt.

Verteilungen für Aktivitätsmuster sind in der Studie von Funk et al. (1998) zu finden, die von der US EPA als Aktualisierung der Expositions faktoren für Inhalation im EFH von 1997 angegeben wird. Um eine Verteilung der inhalativen Exposition zu erhalten, werden Verteilungen von Atemraten in der Bevölkerung und zum Zeitbudget bei bestimmten körperlichen Aktivitäten benötigt. Die Studie von Funk et al. konzentriert sich auf das Zeitbudget. Dafür wurden zwei Aktivitätsstudien analysiert, die von *California Air Resources Board* (CARB) zwischen 1987 und 1990 mit Erwachsenen, Jugendlichen und Kindern (ab 6 Jahren) durchgeführt worden sind (gesamt $N = 2\,347$). Ein 24-Stunden Erinnerungs-Tagebuch sollte Aufschluss geben über die verschiedenen täglichen Aktivitäten und den Ort, an dem diese stattfanden. Die Aktivitäten werden unterschieden als „at-home“ und „away“. Jede „at-home“-Aktivität wurde dann einem der drei Ventilationslevel (gering, moderat oder hoch) zugewiesen und somit wurden drei unterschiedlich aktive Gruppen gebildet. Aggregierte Zeitdaten zur häuslichen Aktivität werden zu jedem Level geliefert und Vergleiche zwischen den Geschlechtern für Erwachsene und Kinder durchgeführt. Außerdem werden Verteilungen angegeben, welche die Aktivitätsgruppen am besten beschreiben. Inhalationsdaten werden in der Studie nicht aufgeführt. Die Quelle von Unsicherheit in den Daten liegt zum einen in der Methode der Zuweisung der häuslichen Aktivitäten zu einem Inhalationslevel, und zum anderen im Erhebungsinstrument, welches sich auf die Erinnerung der Probanden und deren Zeitgenauigkeit bei den Minutenangaben stützt. Letzteres ist häufig bei Zeitbudget-Studien ein beschränkender Faktor.

Die Studie von Funk beschreibt Verteilungen für Aktivitätsmuster einer definierten Bevölkerung in den Vereinigten Staaten. Eine Übertragung dieser Angaben auf deutsche Verhältnisse muss als sehr kritisch betrachtet werden und müsste zunächst durch entsprechende Studien bestätigt werden, bevor sie als potentielle Empfehlung für Deutschland in Betracht kommen kann.

5.4 Fazit

Die Datenlage zum Thema Zeitbudget hat sich seit den Zeiten des AUH-Berichts wesentlich verbessert. Es war möglich, zu wichtigen Variablen in diesem Bereich Referenzwerte abzuleiten, die für Punktschätzungen, aber auch für probabilistische Modellierungen genutzt werden können (siehe Tabelle 5.6).

Für die Altersgruppen 5 bis 17 Jahre sowie 23 bis 79 Jahre liegen repräsentative Studien zum Zeitbudget vor. Es gibt jedoch nicht für alle Altersgruppen Informationen zu Einzelvariablen, wie z. B. zur Schlafzeit bei Kindern. Für Kinder unter 5 Jahren sind insgesamt keine Daten für Deutschland vorhanden.

Verteilungen zu Aufenthaltszeiten an grob klassifizierten Orten, zur Aktivität im Freien, im Innenraum und im Verkehr konnten aus dem Umwelt-Survey 1990/92 abgeleitet werden. Die Verteilungen zu den Aktivitätsmustern, die insbesondere auch zur Bestimmung der Atemrate interessant sind, wurden aus dem Bundes-Gesundheitssurvey 1998 bestimmt.

Tabelle 5.6 Inhalt der Datenbank RefXP zum Themenbereich Zeitbudget

Variable	Geschlecht	Alter	Datenquelle	Kommentar ⁷
Aktivitäten				
Aktivitätsmuster, Schlafzeit	Frauen Männer	17 – 79 Jahre	BGS 1998	Empfehlung
Arbeitszeit	Frauen Männer	17 – 99 Jahre	SOEP 2001 – 2003	Empfehlung
spezifische Aktivitäten	Frauen Männer	17 – 99 Jahre	SOEP 2001 – 2003	Eingeschränkte Genauigkeit
spezifische Aktivitäten, Schlaf-, Arbeitszeit	Frauen Männer	25 – 69 Jahre	OW 1990/92	Eingeschränkte Aktualität / Genauigkeit
spezifische Aktivitäten, Schlafzeit	Frauen Männer	25 – 69 Jahre	NUS 1990/91	Eingeschränkte Aktualität / Gültigkeit für die deutsche Bevölkerung / Genauigkeit
Aktivitätsmuster, spezifische Aktivitäten	keine Differenzierung	0 – 75 Jahre	AUH 1995	Eingeschränkte allg. Qualitätsbeurteilung / Zugänglichkeit / Aktualität / Gültigkeit für die deutsche Bevölkerung / Repräsentativität / Variation / Genauigkeit
Aufenthaltszeiten				
Aufenthaltszeiten im Freien, in Innenräumen, im Verkehr	Frauen Männer	25 – 69 Jahre	US 1990/92	Eingeschränkte Aktualität
Aufenthaltszeiten im Freien, im Verkehr	Mädchen Jungen	5 – 15 Jahre	US 1990/92 Kinder	Eingeschränkte Aktualität / Repräsentativität

Zusammenfassend lässt sich dennoch feststellen, dass die Datenlage für das Zeitbudget im Bereich der Aktivitätsmuster weiterhin nicht befriedigend ist. Als eine neue Datenquelle ist der Bundes-Gesundheitssurvey 1998 zu nennen, die versucht, dieses Manko auszugleichen. Im BGS wurden Informationen zu verschiedenen Aktivitätsgraden (Schlafen/Ruhen, Sitzen, leichte, mittlere und hohe

⁷ Hinweise zu den Einschränkungen sind in Tabelle 1.1 zu finden. Weitere Erläuterungen siehe Xprob-Bericht Teil 1 Kapitel 4

Aktivität) erhoben. Diese können jedoch nicht nach Innen- und Außentätigkeiten unterschieden werden. Aus diesem Grund werden in Ermangelung adäquater aktueller Daten die Zusammenstellungen des AUH und ICRP zur Verwendung für Expositionsabschätzungen empfohlen. Die Einschränkungen über die mangelnde Aktualität, das Fehlen deutscher Daten und die fehlenden Angaben über Verteilungen sollten jedoch dabei beachtet werden.

Weiterer methodischer Forschungsbedarf besteht beim Zeitbudget im Hinblick auf Korrelationen und auf Mischverteilungen. Ein Lösungsansatz besteht in der Stratifizierung nach zusätzlichen Variablen, wie z. B. Beschäftigungsverhältnis oder tatsächliche Arbeitszeit. Im Bundes-Gesundheitssurvey 1998 wurde diese Variable erhoben, eine stratifizierte Auswertung solcher Aktivitätsmuster kam jedoch aus Kapazitätsgründen nicht zustande.

Es gibt weiterhin Forschungs- und Auswertungsbedarf. Die Zeitbudgeterhebung des Statistischen Bundesamtes könnte für Zwecke der Expositionsabschätzung neu codiert und ausgewertet werden. Sie bietet mit ihrer Methodik der Datengewinnung durch Tagebuchaufzeichnungen einen guten Ansatz für zukünftige Erhebungen, etwa einem Aktivitäts- und Aufenthaltssurvey. Mit dem Kinder- und Jugendgesundheitssurvey (KiGGS) sollten für die Altersgruppen der Kinder und Jugendlichen künftig Informationen zum Zeitbudget zur Verfügung stehen.

6 Ernährung

Olaf Mosbach-Schulz, Petra Okken

Der Verzehr von Lebensmitteln ist wie kaum ein weiterer Expositionsfaktor mit intraindividueller Variation behaftet. Je nach Lebensmittel treten bei einer Person unterschiedliche Tages-, Wochen- und Jahresrhythmen auf, die zusätzlich von zufälligen Schwankungen überlagert werden.

In der konkreten Expositionsabschätzung kann, wie z. B. bei biologischen Kontaminationen, die einzelne Mahlzeit oder auch, wie z. B. bei karzinogenen oder mutagenen Verunreinigungen, die über einen langen Zeitraum kumulierte (durchschnittliche) Belastung für die Risikoabschätzung von Bedeutung sein. In der Expositionsmodellierung finden sich deshalb akute (1 Tag), Lebensabschnitts- und lebenslange Szenarien wieder.

Aus diesem Grund ist es sinnvoll, für die Expositionsreferenzwerte Angaben mit unterschiedlichen Bezugszeiträumen zu betrachten. Da mit der Länge des Bezugszeitraumes aber auch der Aufwand bei der Datenerhebung steigt, besitzen Studien mit längeren Bezugsintervallen (1 Monat, 1 Jahr) in der Regel eine geringere Erfassungsgenauigkeit als bei kurzen Zeiträumen (1 Tag, 1 Woche). Im Bereich der Ernährung ist deshalb stets eine Abwägung zwischen notwendiger Genauigkeit und gewünschtem Bezugsintervall zu treffen.

6.1 Erhebungsmethoden für das Verzehrverhalten

Oltersdorf (1995) systematisiert die direkte Messung der Nahrungsaufnahme nach Protokollmethoden, die den gegenwärtigen Verzehr erfassen, und retrospektiven Interviewmethoden. In beiden Fällen kann die Untersuchungseinheit das Individuum oder aber ein Haushalt bzw. eine Familie sein (Tabelle 6.1). Für einen weiteren Überblick, der insbesondere auch indirekte Methoden erfasst, siehe Kroes et al. (2002).

Die aufwendigste Protokollmethode stellt die Duplikatstudie dar, bei der sämtliche Mahlzeiten in doppelter Verzehrsmenge hergestellt und 1:1 beprobt werden. An Hand der Proben können die zu betrachtenden Inhaltsstoffe bestimmt werden. Sämtliche Effekte der Erzeugung und Zubereitung werden miterfasst, allerdings ist durch die anschließende Homogenisierung in der Regel ein Rückschluss auf einzelne Lebensmittel oder Mahlzeiten unmöglich.

Um den Verzehr einzelner Lebensmittel zu erfassen, dient ein Wiegeprotokoll, bei dem sämtliche Zutaten einer Mahlzeit benannt, gewogen und in ihrer Verarbeitung beschrieben werden. Für spezielle Expositionsszenarien kann sowohl die Marke (der Hersteller) als auch die Verpackungsform des Lebensmittels von Bedeutung sein. Für die Auswertung werden die Klartextangaben mit Hilfe von

Lebensmittelschlüsseln kodiert und auf das Verzehrsgewicht umgerechnet. Dabei erfolgen sowohl Zusammenfassungen verschiedener Lebensmittel unter einer Kodierung als auch die Aufteilung eines „fertigen Gerichts“ auf seine Zutaten. Umrechnungsfaktoren dienen zur Berücksichtigung des Anteils von Abfall und der Gewichtsveränderung bei der Zubereitung, falls diese nicht ebenfalls durch Wiegung erhoben wurden.

Als Vereinfachung wird beim Ernährungsprotokoll nur das fertig zubereitete Gericht gewogen bzw. in seiner Menge semi-quantitativ beschrieben. Bei letzterem werden haushaltsübliche Maße, Formschablonen, Verpackungseinheiten oder Darstellungen typischer Portionsgrößen zur Bestimmung der Verzehrsmenge benutzt. In Haushalten ist es auch möglich, nach Ablauf eines Tages den Bestand an Lebensmitteln zu bestimmen, um so auf die insgesamt verbrauchten Nahrungsmittel zu schließen, wobei vorausgesetzt wird, dass auch alle verbrauchten Nahrungsmittel verzehrt wurden.

Die Genauigkeit der Protokollmethoden wird wesentlich durch eine intensive Mitarbeit der Probanden erreicht, die häufig an die Grenze ihrer Belastbarkeit führt. Daher werden unter den Teilnehmern von langfristigen Protokollstudien vermehrt hoch motivierte zu finden sein. Schließlich kann das Messverfahren auch einen direkten Einfluss auf die Ernährungsgewohnheiten nehmen und zu einem vereinfachten Verhalten führen. Um diesen Einfluss zu umgehen, wird in den Interviewmethoden das Verzehrverhalten der Vergangenheit erfragt.

Bei der retrospektiven Erfassung können die Verzehrsmengen allerdings nur semi-quantitativ beschrieben werden. Zusätzlich erlaubt die eingeschränkte Erinnerungsfähigkeit der Probanden nur die Auflistung aller Nahrungsmittel für einen sehr beschränkten Zeitraum von in der Regel 24 Stunden. Ein solches 24-Stunden-Erinnerungsprotokoll vereinfacht die bisher genannten Protokollmethoden und erhöht die Teilnahmebereitschaft der Probanden. Für die Umrechnung der Mengenangaben in Gewichtseinheiten bedarf es aber passender Faktoren.

Soll die Ernährungsgeschichte über einen längeren Zeitraum erfasst werden, bietet sich ein strukturiertes und computergestütztes Interview an. In einem meist zweistufigen Prozess werden übliche Mahlzeiten mit ihren üblichen Bestandteilen, deren Portionsgröße und Verzehrshäufigkeit standardisiert abgefragt. Durch die Standardisierung können systematische Erinnerungslücken und Interviewer-Effekte vermieden werden. Vom Probanden wird allerdings erwartet, dass er sein reales Verzehrverhalten den abgefragten Mahlzeiten und Lebensmitteln korrekt zuordnet und über einen längeren Zeitraum auf sein übliches (im Sinne von durchschnittlichen) Verhalten zusammenfasst. Letzteres wird umso besser gelingen, je regelmäßiger und gewöhnlicher das Verhalten des Probanden ist.

Wird auf die Beschreibung der Verzehrsmenge verzichtet, können mit Hilfe von Häufigkeitsfragebögen auch langfristige Vorlieben und Abneigungen im Ernährungsverhalten erhoben werden. Häufigkeitsangaben beschreiben dabei die

Wahrscheinlichkeit, dass der Proband an einem beliebigen Tag ein Lebensmittel zu sich nimmt. Dies ist insbesondere zur Bestimmung des Anteils der „Nie-Esser“ eines Lebensmittels notwendig. Auf Grund der einfachen Erhebungsmethodik kommen Häufigkeitsfragebögen in vielen Studien als ergänzendes Instrument zum Einsatz.

Eine zusätzliche Vereinfachung ergibt sich, wenn an Stelle des individuellen Verzehrs das Einkaufsverhalten für einen Haushalt erfragt wird. Neben der fehlenden individuellen Zuordnung wird hierbei zusätzlich vorausgesetzt, dass alle eingekauften Lebensmittel auch verzehrt werden.

Interviewmethoden basieren aber grundlegend auf der Erinnerungsfähigkeit der Probanden, die von vielen Faktoren (Bildungsstand, Umgang mit Lebensmitteln etc.) beeinflusst sein kann. Eventuell werden ungewöhnliche Verzehrsgewohnheiten auch nicht im strukturierten Interview wiedergegeben.

Tabelle 6.1 Erhebungsverfahren für Verzehrverhalten und ihre Bezugszeiträume

Erhebungsverfahren	Bezugseinheit	Üblicher Bezugszeitraum
Protokollmethoden / gegenwärtiger Verzehr:		
Duplikatstudie	Individuum	1 Mahlzeit – 1 Tag
Individuelles Wiegeprotokoll	Individuum	1 – 7 Tage
Individuelles Ernährungsprotokoll	Individuum	1 – 7 Tage
Inventarmethode	Haushalt	1 – 14 Tage
Interviewmethoden / vergangener Verzehr:		
Erinnerungsprotokoll	Individuum	1 – 2 Tage
Ernährungsanamnese / strukturierter Fragebogen mit Häufigkeit und Menge	Individuum	1 Woche – mehrere Monate
Häufigkeitsfragebogen	Individuum	1 Monat – 1 Jahr
Einkaufsliste	Haushalt	1 Woche – 1 Monat

6.1.1 Geeignete Erhebungsmethoden für Referenzwerte

Für bevölkerungsbezogene Referenzwerte sind einerseits individuelle Angaben und andererseits Quantifizierungen der Verzehrsmenge einzelner Lebensmittel notwendig, so dass als Erhebungsverfahren nur individuelle Wiege-, Ernährungsprotokolle und strukturierte Fragebögen mit Angaben zur Häufigkeit und Menge in Frage kommen. Alle diese Methoden neigen zur Unterschätzung des

Gesamtverzehr. Die Protokoll-Methoden beeinflussen und vereinfachen in der Regel das Verzehrverhalten. Zudem wird der Außer-Haus-Verzehr nur unzureichend erfasst. Bei retrospektiven Methoden geraten „Zwischenmahlzeiten“ und „unbedeutende Zutaten“ häufig in Vergessenheit.

Bei der verteilungsbasierten Betrachtung hat insbesondere die korrekte Beschreibung der Variabilität innerhalb der Bevölkerung eine besondere Bedeutung. Zu unterscheiden ist:

- die interindividuelle Variation (in der Bevölkerung)
- die intraindividuelle Variation (einer Person)
- die Unsicherheit bei der Bestimmung der quantitativen Angaben.

Für repräsentative Bevölkerungsstichproben wird die interindividuelle Variation korrekt erfasst. Je kürzer das Bezugsintervall ist, umso stärker bildet die Verteilung zusätzlich die intraindividuelle Variation der Personen mit ab. Die intraindividuelle Variation übersteigt dabei nicht selten die Variation zwischen den Mitgliedern der Population. Dies ist zu beachten, wenn man nur an einer über einen langen Zeitraum kumulierten Belastung interessiert ist, also intraindividuelle Schwankungen ohne Bedeutung sind.

Durch den Übergang zum mittleren Verzehr von 7 aufeinander folgender Tagen (Wiege- bzw. Ernährungsprotokoll) werden z. B. Wochenrhythmen ausgeglichen und aus der Verteilung herausgerechnet. Die strukturierte Abfrage des Verzehr der letzten Monate bei der Erhebung einer Ernährungsgeschichte erfasst ebenfalls keine kurzfristigen, intraindividuellen Schwankungen einer Person.

Allerdings beinhalten die Verteilungen aller oben genannten Methoden weiterhin die saisonale Variation, wenn diese nicht mit Hilfe von wiederholten Erhebungen über verschiedene Jahreszeiten pro Individuum erfasst und herausgerechnet wird.

Neben dem einfachen Übergang zum Mittelwert von Mehrfacherhebungen beschreiben Hoffmann et al. (2002) avanciertere Verfahren zur Elimination intraindividuelle Variation aus der Verteilung. Die Autoren schlagen eine modifizierte Methode von Nusser et al. (1996) angewandt auf Doppelmessungen als gute Alternative mit geringerem Aufwand vor.

Die letzte Quelle von Variabilität in den Verzehrdaten bildet die Unsicherheit (Tabelle 6.2). Dies ist zum einen der statistische Fehler, der durch die Betrachtung einer Stichprobe an Stelle der Grundgesamtheit begangen wird. Aber auch

- welches Lebensmittel
- in welcher Qualität und Kontamination
- in welcher Menge

- in welcher Zusammensetzung
- und in welcher Verarbeitung und Zubereitung

tatsächlich verzehrt wurde, ist mit Unsicherheit behaftet. Neben den Ungenauigkeiten in der Definition des Kodierungssystems und den fehlerhaften Zuordnungen beinhaltet die Zusammenfassung verschiedener Lebensmittel zu einer Gruppe immer eine gewisse Ungenauigkeit.

Die Einteilung der Lebensmittelgruppen richtet sich in der Regel nach ernährungsphysiologischen Kriterien (Fleisch, Fisch, Obst, Gemüse etc.). Dabei werden viele Aspekte vernachlässigt, die für Expositionsszenarien von Bedeutung sein können, wie z. B.

- Nahrungsqualität (Wild-, Zucht-, Bio-Produkte etc.)
- Zubereitungsverfahren (roh, gekocht, stark erhitzt etc.)
- Industrielle Verarbeitung (Convenience-Produkte, Fertiggerichte, Fast-Food etc.)
- Verpackung
- Nahrungsergänzungstoffe, Novel-Food etc.

Es ist daher wünschenswert, dass alle Lebensmittel in unterschiedlichen Systemen kategorisiert werden, um unterschiedliche Aspekte zu erfassen.

Tabelle 6.2 Quellen der Unsicherheit bei der Schätzung der Exposition über Lebensmittel (Kroes et al. 2002)

Mangelnde Repräsentativität der Stichprobe für die Population
Aktuelle Verzehrsgewohnheiten an Stelle lebenslanger Aufnahme
Unter- bzw. Überschätzung des Verzehrs spezieller Lebensmittel
Ungenaue Lebensmittelgruppierung
Fehlende Daten für spezielle Lebensmittel
Fehlende Daten für spezielle Inhaltsstoffe
Standardisierte Annahmen für verarbeitete Lebensmittel
Standardisierte Annahmen für Rezepte (Mahlzeiten)
Standardisierte Annahmen für Portionsgrößen
Standardisierte Annahmen für die Verarbeitung im Haushalt
Standardisierte Annahmen für die Zubereitung im Haushalt

Einen Vorschlag für einheitliche Verzehrserhebungen in Europa findet sich bei EFCOSUM (2001).

6.1.2 Interpretation der Referenzwerte

Ein besonderes Problem bei Expositionsabschätzungen über Lebensmittel besteht darin, ob das Szenario auf die Allgemeinbevölkerung oder nur auf den Anteil der „Verzehrer“ eines Lebensmittels zu beziehen ist. Dabei schlagen Kroes et al. (2002) vor, in prospektiven Zulassungsverfahren nur auf die potentiell neuen Verzehrer abzustellen, während zur Bewertung bestehender oder vergangener Risiken die Allgemeinbevölkerung als Vergleichsmaßstab gewählt werden sollte.

Wichtig ist, dass der Anteil der „Nie-Verzehrer“ eines Lebensmittels nicht aus Studien mit kurzen Bezugszeiträumen ermittelt werden kann bzw. überschätzt wird, wenn der Anteil der „Nicht-Verzehr“ innerhalb des Bezugszeitraums mit dem der „Nie-Verzehr“ gleichgesetzt wird. Die korrekte Erhebung des Anteils von „Nie-Verzehrern“ sollte daher immer über einen begleitenden Häufigkeitsfragebogen erfolgen.

Auf Grund der bestehenden Korrelation zwischen Verzehr und Körpergewicht wird bei Verzehrerhebungen in der Regel auch das Körpergewicht mit erhoben. Dabei geht in vielen Expositionsmodellen auch nur der auf das Körpergewicht bezogene Verzehr als Einflussgröße ein. Für die Expositionsreferenzwerte wird allerdings auf diese Betrachtungsweise verzichtet, da sie nicht allgemeingültig ist und nicht in allen Expositionsmodellen gleichmäßig angewandt werden kann. Dem Umstand, dass Kinder im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht mehr verzehren als Erwachsene, wird dadurch Rechnung getragen, dass die Altersstratifizierung für Kinder und Jugendliche besonders fein ist.

Gleichzeitig sind die Lebensabschnittsphasen im Kinder- und Jugendalter sehr kurz und wahrscheinlich mit starken Änderungen im Ernährungsverhalten verbunden. Es ist zu vermuten, dass die jeweiligen Ernährungsgewohnheiten im Jugendalter auch prägend für das Erwachsenenalter sind. Daraus folgt, dass insbesondere für Kinder und Jugendliche differenzierte und aktuelle Daten zur Ernährung vorliegen sollten.

Werden in einem Expositionsmodell mehrere Verzehrvariablen betrachtet und sind große Korrelationen zwischen diesen zu erwarten, so sollte das verteilungsbasierte Expositionsmodell als empirische Simulation auf den individuellen Daten der Erhebung berechnet werden. Hierzu ist es notwendig, dass die Erhebungsdaten auch, z. B. als Public Use File, für die Berechnungen zur Verfügung stehen.

6.2 Datensätze für Deutschland

Die Datensätze zur Ernährungssituation in Deutschland sind vielfältig und wurden für unterschiedliche Forschungsziele erhoben (vgl. Tabelle 6.3). Aktuell sind mehrere Studien in der Erhebungs- bzw. Auswertungsphase, so dass in

naher Zukunft mit einer weiteren Verbesserung der Datenlage zu rechnen ist. Im Folgenden sollen:

- Ernährungsstudien für die Gesamtbevölkerung
- Ernährungsstudien für spezielle Altersgruppen
- Ernährungsstudien für spezielle Regionen
- und Ernährungsstudien zur Aufklärung spezieller Krankheitsrisiken

unterschieden werden, auch wenn dabei die Zuordnung der einzelnen Studien nicht immer eindeutig ausfällt. Zur Ableitung von Expositionsreferenzwerten erscheint nur die erste Kategorie geeignet zu sein. Allerdings bestehen auch hier noch Datenlücken, die bei Bedarf mit Hilfe der speziellen Studien zu schließen sind.

Tabelle 6.3 Ausgewählte Ernährungsstudien in Deutschland

Name der Studie	Zeitraum der Erhebung	Regionaler Bezug	Altersgruppe	Erhebungsinstrumente (Stichprobengröße N)	Bezugszeitraum	Lebensmittel-codierung	Public Use File	Datenhalter
NVS 1985/89	Okt. 1985 – Jan. 1989	West-deutschland	4 – 74	Wiegeprotokoll (N = 23 209)	7 aufeinander-folgende Tage	BLS, GfK-Version	ja	Universität Gießen
NVS 1985/89	Okt. 1985 – Jan. 1989	West-deutschland	≥ 14	Häufigkeitsfragebogen (N = 10 985)	Nicht genannt	35 Lebensmittel-gruppen	ja	Universität Gießen
NVS 2005/06	Nov. 2005 – Dez. 2006	Deutschland	14 – 80	Ernährungsanamnese via DISHES 2005 (N = 20 000 geplant)	4 Wochen	BLS (überarb.)		Bundesanstalt für Ernährung, Karlsruhe
NVS 2005/06	Nov. 2005 – Dez. 2006	Deutschland		2 × 24-Stunden-Erinnerungsprotokolle via EPIC-SOFT	2 x 1 Tag			Bundesanstalt für Ernährung, Karlsruhe
BGS 1998	Okt. 1997 – Mrz. 1999	Deutschland	18 – 79	Häufigkeitsfragebogen (N = 6 974)	1 Jahr	29 Lebensmittel-gruppen, 6 fettreduz. Produkte, 12 Getränke	ja	Robert Koch-Institut, Berlin
ES 1998	Okt. 1997 – Mrz. 1999	Deutschland	18 – 79	Ernährungsanamnese via DISHES 1998 (N = 4 030)	4 Wochen	BLS II.3	nein	Robert Koch-Institut, Berlin
KiGGS 2003/06	Mai 2003 – Apr. 2006	Deutschland	0 – 17	Verschiedene Häufigkeitsfragebögen mit Mengenkategorien (N = 18 000 geplant)	„In den letzten Wochen“	Verschieden nach Alter, 54 Lebensmittel-gruppen		Robert Koch-Institut, Berlin
OW 1991	Sep. 1991 – Jun 1992	Ostdeutschland	18 – 79	24-Stunden-Erinnerungsprotokoll (N = 2 281)	1 Werktag		ja	Robert Koch-Institut, Berlin
SVS 1999	Apr. 1999 – Dez. 1999	Sachsen	4 – 16 17 – 80	Verzehrsprotokoll (N = 902)	3 Tage (2 Werk-, 1 Wochenendtag)	Bebildertes Ernährungstagebuch	nein	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden

(Fortsetzung)

Name der Studie	Zeitraum der Erhebung	Regionaler Bezug	Altersgruppe	Erhebungsinstrumente (Stichprobengröße N)	Bezugszeitraum	Lebensmittel-codierung	Public Use File	Datenhalter
SVS 1999	Apr. 1999 – Dez. 1999	Sachsen	4 – 80	Häufigkeitsfragebogen (N = 1 309)	4 Wochen	21 (+7) Lebensmittelgruppen	nein	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden
BVS 1995	Mai 1995 – Dez 1995	Bayern	≥ 4	Wiegeprotokoll (N = 543)	7 aufeinanderfolgende Tage	BLS II.2	nein	Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München / TU München
BVS 1995	Mai 1995 – Dez 1995	Bayern	≥ 14	Häufigkeitsfragebogen (N = 245)	7 aufeinanderfolgende Tage	51 Lebensmittelgruppen	nein	Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München / TU München
BVS 2002/03	Sep. 2002 – Jul 2003	Bayern	13 – 80	3 × 24-Stunden-Erinnerungsprotokolle via EPIC-SOFT (N = 896)	3 von 14 Tagen (2 Werk-, 1 Wochenendtag)	25 / 90 Lebensmittelgruppen	nein	Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München / TU München
DONALD	Seit 1985	Raum Dortmund	0,25 – 18	Wiegeprotokoll (N = 1 137, Stand 2003)	3 aufeinanderfolgende Tage pro Jahr (2 Jahre häufiger)	LEBTAB	nein	Forschungsinstitut für Kinderernährung, Dortmund
VELS	Jun. 2001 – Sep. 2002	Deutschland	0,5 – 5	Wiege-/Schätzprotokolle (N = 816)	2 x 3 aufeinanderfolgende Tage	BLS II.3, Grundbestandteile nach Anhang 4 der RHMV	nein	Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin / Universität Paderborn
MONICA	S1: 1984/85 S2: 1989/90 S3: 1994/95	Raum Augsburg	25 – 74 (S1: 64)	Häufigkeitsfragebogen (N = 13 818)	Nicht genannt	24 Lebensmittelgruppen	nein	MONICA/KORA-Studiengruppe
MONICA	S1: 1984/85 S3: 1994/95	Raum Augsburg	45 – 64, männlich	Wiegeprotokoll (N = 1 220)	7 aufeinanderfolgende Tage	BLS	nein	MONICA/KORA-Studiengruppe
EPIC	DIFE: Nov. 1995, DKFZ: Jun. 1996	Brandenburg, Raum Heidelberg		24-Stunden-Erinnerungsprotokolle via EPIC-SOFT		17 Haupt- und 84 Untergruppen	nein	Deutsches Institut für Ernährungsforschung, Potsdam / Deutsches Krebsforschungsinstitut, Heidelberg

6.2.1 Ernährungsstudien für die Gesamtbevölkerung

Die Grundlage der AUH-Standards (AUH 1995) bilden die Daten der **Nationalen Verzehrsstudie (NVS 1985/89)**. Im Zeitraum von Oktober 1985 bis Januar 1989 wurden von 23.209 Personen Wiegeprotokolle an in der Regel 7 aufeinander folgenden Tagen erhoben. Die Klassifikation der Lebensmittel erfolgte an Hand einer modifizierten Form des Bundes-Lebensmittelschlüssels (BLS Version I). Die regional abgeschichtete Stichprobe beschreibt die deutsche Wohnbevölkerung in Privathaushalten der Bundesrepublik Deutschland vor der Wiedervereinigung im Alter ab 4 Jahren. Die Angaben sind repräsentativ innerhalb der Regionen und im Altersbereich von 4 bis ca. 74 Jahren. Bei einer Unterstichprobe von 10 985 Zielpersonen über 14 Jahren wurde ebenfalls die Verzehrshäufigkeit von 35 Lebensmittelgruppen mittels eines Häufigkeitsfragebogens ermittelt (Anders et al. 1990, FDG 1991, Adolf et al. 1995, Adolf 2003).

Die Stichprobengröße und der Umfang zu unterscheidender Lebensmittel erlauben eine feine Stratifizierung nach Alter, Geschlecht und Lebensmittelgruppen. Angaben zu Produktnamen, Verpackungs- oder Zubereitungsformen fehlen allerdings. Alle Daten stehen der Fachöffentlichkeit als Public Use File zur Verfügung. Auf Grund des relativ kurzen Bezugsintervalls von einer Woche, bilden die Daten auch einen Großteil der intraindividuellen Variation mit ab. Dem gegenüber stehen die Vorteile einer genauen Erhebungsmethodik. Als wesentlicher Nachteil der Nationalen Verzehrsstudie (NVS 1985/89) ist das Alter der Daten und die Begrenzung auf Westdeutschland zu nennen. Im Xprob-Projekt wurden 24 und 85 Lebensmittelgruppen (vgl. Tabelle 3.2) reanalysiert und in der Datenbank in Form von parametrischen Verteilungen mit Empfehlung als Expositionsreferenzwerte dokumentiert.

Zur Aktualisierung der NVS 1985/89 ist von November 2005 bis Dezember 2006 die Erhebung der **zweiten Nationalen Verzehrsstudie (NVS 2005/06)** geplant. Bei 20 000 deutschsprachigen Personen in Privathaushalten im Alter von 14 bis 80 Jahren ist eine computerunterstützte Erfassung ihrer Ernährungsanamnese (mittels des Computerprogramms DISHES 2005 (Diet Interview Software for Health Examination Studies), vgl. Ernährungssurvey 1998) und zweier 24-Stunden-Erinnerungsprotokolle (mittels EPIC-Soft, vgl. EPIC-Studie) in den folgenden Monaten geplant. Zur Klassifikation der Lebensmittel wird der derzeitige Bundeslebensmittelschlüssel (BLS Version II.3, Klemm et al. 1999) überarbeitet. Die Grundpopulation umfasst aber weder Kinder noch Migranten (Brombach 2005).

Auch der **Bundesgesundheitsheitsurvey 1998 (BGS 1998)**, als Aktualisierung des Nationalen Untersuchungssurveys 1990/91 (NUST) und des Gesundheitssurveys Ost 1991/92 (OW 1991) (Hoffmeister und Bellach 1995), enthält Daten zum Ernährungsverhalten. Im Hauptteil wurden Verzehrshäufigkeiten von 29 allgemeinen Lebensmittelgruppen, 6 Gruppen von fett- bzw. kalorienredu-

zierten Produkten und 12 Getränken im Zeitraum von Oktober 1997 bis März 1999 abgefragt. Als Bezugseinheit werden die letzten 12 Monate in der Frage genannt. Die Stichprobe im Umfang von 6 974 Teilnehmern ist nach Gewichtung repräsentativ für die deutsche Wohnbevölkerung im Alter von 18 bis 79 Jahren. Die Daten stehen der Fachöffentlichkeit als Public Use File zur Verfügung (Thefeld et al. 1999, Stolzenberg 2000).

Für eine Unterstichprobe des Bundesgesundheits surveys wurden im **Ernährungssurvey 1998 (ES 1998)** bei 4 030 Personen im Alter von 18 bis 79 Jahren eine Ernährungsanamnese mit Hilfe des Computerprogramms DISHES 98 durchgeführt (Mensink et al. 1998, 1999, 2002). Dabei werden unter anderem Häufigkeiten und Mengen der konsumierten Lebensmittel in einem strukturierten Verfahren in der Reihenfolge der Mahlzeiten abgefragt. Die Lebensmittelgruppierung folgt dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS Version II.3, Klemm et al. 1999), die Portionsgrößen wurden vom Robert Koch-Institut (RKI) festgelegt. Als Bezugsintervall werden während der Befragung die vergangenen vier Wochen genannt. In Mensink et al. (2002) finden sich für 31 Lebensmittelgruppen Verzehrsmengen (Median, 25%-, 75%-Quantil) stratifiziert nach Geschlecht und 6 Alterskategorien (18 – 24, 25 – 34, 35 – 44, 45 – 54, 55 – 64, 65 – 79 Jahre). Die zu Grunde liegenden, individuellen Daten stehen nicht als Public Use File zur Verfügung. Eine Reanalyse und Dokumentation als Expositionsstandard wird empfohlen.

Zur Ergänzung des Bundesgesundheits surveys wird im Zeitraum von Mai 2003 bis April 2006 der **Kinder- und Jugendgesundheits survey (KiGGS 2003/06)** bei Personen in Alter bis 17 Jahren durchgeführt. Mit Hilfe verschiedener, altersangepasster Fragebögen werden Verzehrshäufigkeiten und grobe Mengenangaben zu 54 Lebensmittelgruppen abgefragt. Als Bezugsintervall wird „in den letzten Wochen“ genannt (Kurth et al. 2003, Mensink und Burger 2004). Selbst wenn die Erhebungsmethodik nur sehr grob ist, sollte angestrebt werden, auch an diese Daten Verteilungen anzupassen.

6.2.2 Ernährungsstudien für spezielle Altersgruppen

Da aktuell Übergewicht und falsches Ernährungsverhalten bei Kindern und Jugendlichen verstärkt beobachtet werden kann, bildet diese Altersgruppe einen Fokus für Untersuchungen und Präventionsprogramme. Im Folgenden sollen zwei Studien hervorgehoben werden, die besondere Aspekte der Expositionsabschätzung behandeln und in der Lage sind, Defizite der Studien für die Gesamtbevölkerung abzudecken.

Die **Verzehrsstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern für die Abschätzung eines akuten Toxizitätsrisikos durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (VELS)** wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft von der Universität Paderborn im Zeitraum von Juni 2001 bis September 2002

durchgeführt (Vohmann et al. 2004). Verteilt auf 10 Untersuchungszentren wurden 816 Säuglinge und Kleinkinder im Alter von 6 Monaten bis 5 Jahren rekrutiert. Pro Kind wurde der Verzehr an zweimal 3 Tagen mittels Wiege- bzw. Schätzprotokoll von den Eltern berichtet. Der Abstand zwischen den zwei Phasen betrug bei Säuglingen 4 – 8 Wochen und bei Kleinkindern 3 bis 6 Monate. Die Lebensmittelkodierung erfolgte nach dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS II.3) und der speziell für Kinderernährung entwickelten Datenbank LEBTAB (vgl. DONALD-Studie). In der Auswertung wurden die Lebensmittel auf ihre Grundbestandteile nach Anlage 4 der Rückstandshöchstmengenverordnung (RHmV 1999) zurückgerechnet. Die über alle 6 Erhebungstage gemittelten Verzehrsmengen beinhalten nur noch geringe Anteile mittelfristiger, intraindividuelle Variation. Die Daten werden zurzeit vom Bundesinstitut für Risikobewertung weitergehend ausgewertet und könnten die Lücke für Säuglinge und Kinder im Alter bis 5 Jahren schließen.

Die **Dortmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed Study (DONALD)** ist eine Längsschnittstudie über den gesamten Lebensabschnitt im Alter von 0,25 bis 18 Jahren. Die Kohorte umfasst derzeit 633 Kinder (Stand 2003) aus dem Raum Dortmund. Jährlich werden ca. 40 Kinder im Alter von 3 – 6 Monaten neu rekrutiert, deren Eltern deutschsprachig sind und sich freiwillig zur Teilnahme bereit erklären. Die größten Austritte aus der Kohorte werden innerhalb der Pubertät verzeichnet. Die Studie ist nicht repräsentativ. Die teilnehmenden Eltern weisen ein überdurchschnittliches Bildungsniveau und einen überdurchschnittlichen sozio-ökonomischen Status auf. Bis zum Alter von einem Jahr werden vierteljährlich, bis 2 Jahre halbjährlich und später jährlich Wiegeprotokolle von 3 aufeinander folgenden Tagen erhoben. Von 510 Kindern existieren für mindestens 10 Erhebungsphasen vollständige Datensätze. Damit bildet die Erhebung nicht nur die zeitliche Korrelation mit ab, sondern bietet auch die Möglichkeit, die intraindividuelle Variation in der Lebensphase bis 18 Jahre herauszurechnen. Die Lebensmittelkodierung erfolgt mit Hilfe der Datenbank LEBTAB, die kinderspezifische Lebensmittel mit deren Handelsnamen und Zusammensetzung, Inhaltsstoffe etc. umfasst. Der Datensatz wird von Dortmunder Forschungsinstitut für Kinderernährung erhoben und ausgewertet. In Hilbig und Kersting (2003) finden sich mittlere Verzehrsmengen (arithm. Mittel, Median, 5%-, 95%-Quantil) für 14 Lebensmittelgruppen, abgeschichtet nach Geschlecht und 10 Altersgruppen (3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 Monate bzw. < 1, 1 – 2, 2 – 3 Jahre). Eine Besonderheit stellt die Erhebung des Verzehrs von Trinkwasser aus Leitungen des Haushalts dar; siehe Tabelle 6.3 (Alexy und Kersting 1999, 2003, Hilbig und Kersting 2003, Kersting et al. 2003, 2004, Kroke et al. 2004).

Tabelle 6.4 Verzeehr von Trinkwasser aus Leitungen des eigenen Haushalts (Hilbig und Kersting 2003)

Alter	Stich- proben- größe	Arithm. Mittel	Median	95%- Quantil	Std.Abw.	Anteil Trinkwasser aus Leitungen des eigenen Haushalt	Anteil an Gesamt- wasser- aufnahme
	N	[g/d]	[g/d]	[g/d]	[g/d]	%	%
Säuglinge, gestillt							
3 Monate	111	67	0	493	167	97	10
6 Monate	124	136	68	479	150	79	18
9 Monate	47	254	207	(656)	218	87	28
12 Monate	18	144	85	(649)	170	86	19
≤ 1 Jahr	300	130	50	525	180	85	17
Säuglinge, nicht gestillt							
3 Monate	78	662	673	874	154	97	93
6 Monate	141	500	519	757	178	92	64
9 Monate	242	434	406	839	236	91	50
12 Monate	297	360	335	789	256	91	39
≤ 1 Jahr	758	441	440	828	244	92	51
Kleinkinder							
18 Monate	277	280	205	828	264	88	28
24 Monate	292	232	158	630	263	80	23
36 Monate	335	217	164	578	199	66	22
> 1 – 3 Jahre	904	241	175	676	243	78	24

6.2.3 Ernährungsstudien für spezielle Regionen

Die Ernährung der Bevölkerung ist ebenfalls geprägt von regionalen Traditionen und Unterschieden. Im Ernährungsbericht 2000 (DGE 2000) identifizieren Gedrich und Karg mittels Cluster-Analyse aus den Bundesländern fünf regionale Gruppen mit unterschiedlichem Verzehrverhalten. Eine Übertragung der Ergebnisse einzelner Bundesländer auf Gesamtdeutschland ist deshalb nicht möglich (Gedrich und Karg 2000).

Die Bundesländer Bayern und Sachsen haben für ihre Gesamtbevölkerung jeweils eigene Verzehrstudien durchgeführt.

Analog der Methodik der Nationalen Verzehrstudie von 1985/89 führte das Land Bayern die **erste Bayerische Verzehrsstudie (BVS 1995)** von Mai bis Dezember 1995 durch. Die Grundgesamtheit bildete die deutschsprachige Wohnbevölkerung in Bayern. Insgesamt 543 Personen protokollierten ihren Verzehr an 7 aufeinander folgenden Tagen mit Hilfe eines Wiege-Protokolls. Die Ergeb-

nisse wurden für 24 grobe und 90 feine Lebensmittelgruppen ausgewertet. Bei 245 Teilnehmern gibt es zusätzliche Daten aus einem Häufigkeitsfragebogen für 51 Lebensmittelgruppen (Fischer et al. 1997, Fischer 1999).

Eine **zweite Bayerische Verzehrsstudie (BVS 2002/03)** fand von September 2002 bis Juli 2003 statt. Die Grundgesamtheit umfasste die deutschsprachige Wohnbevölkerung in Bayern im Alter von 13 bis 80 Jahren. Bei 896 Teilnehmern der zufälligen Stichprobe liegen zwei oder drei 24-Stunden-Erinnerungsprotokolle vor, die innerhalb von 14 Tagen über zwei Werk- und/oder einen Wochenendtag computergestützt (EPIC-SOFT, vgl. EPIC-Studie) erhoben wurden. In Himmerich et al. (2005) finden sich mittlere Verzehrsmengen für 25 grobe und 90 feine Lebensmittelgruppen, stratifiziert nach Geschlecht und sechs Altersklassen (13 – 14, 15 – 18, 19 – 24, 25 – 50, 51 – 64, >64 Jahre). Weitere Absichtungen finden sich nach BMI, Schulabschluss, sozialer Schicht und Region (Himmerich et al. 2005).

Bei der **sächsischen Verzehrsstudie (SVS 1999)** wurden im Zeitraum von April bis Dezember 1999 Personen im Alter von 4 bis 80 Jahren befragt. Die repräsentative Stichprobe umfasst 1 309 Häufigkeitsfragebögen für 21 (+7) Lebensmittelkategorien sowie 902 Verzehrsprotokolle von jeweils zwei Werktagen und einem Wochenendtag. Die Mengenbeschreibung erfolgte mit Hilfe üblicher Ess- und Trinkportionen, die in einem bebilderten Ernährungstagebuch der ernährungspsychologischen Forschungsstelle Göttingen beschrieben wurden. Benterbusch (2001) berichtet die Häufigkeiten in vier Kategorien (am Tag, pro Woche, im Monat, nie) und die durchschnittliche Anzahl von Portionen pro Tag, getrennt nach Alter (Kinder (4 – 16 Jahre), Erwachsene (17 – 80 Jahre)), und die durchschnittlichen Verzehrsmengen, abgeschichtet nach Geschlecht und Alter (Benterbusch 2001).

6.2.4 Ernährungsstudien zur Aufklärung spezieller Krankheitsrisiken

Ernährungserhebungen sind auch häufig Teil von epidemiologischen Studien zur Aufklärung bestimmter Krankheitsrisiken. Diese speziellen Ziele führen in der Regel dazu, dass die erhobenen Daten weder für das gesamte Altersspektrum noch regional repräsentativ sind. Die nachfolgend aufgeführten Studien erlangen ihre Bedeutung in der Erprobung und Bereitstellung von geeigneten Erhebungsinstrumenten und sollen deshalb nicht unerwähnt bleiben.

Zur Erforschung der Risikofaktoren kardiovaskulärer Erkrankungen initiierte die Weltgesundheitsorganisation das **MONICA-Projekt** (*Multinational monitoring trends and determinants in cardiovascular disease*). Die Stichprobe von 13 818 Studienteilnehmern wurde in drei Stufen (S1:1984/85, S2:1989/90, S3:1994/95) im Raum Augsburg erhoben und bildet das Altersspektrum von 25 bis 74 (S1: 64) Jahren ab. Die Studie umfasst einen Häufigkeitsfragebogen für 24 Lebensmittelgruppen. Zusätzlich wurden in einer Unterstichprobe von Männern im Alter zwischen 45 und 64 Jahren (S1+S3) Verzehrsprotokolle für sieben aufeinander

folgende Tage als Validierung erhoben. Winkler und Döring (1995) kommen zum Schluss, dass kurze „Food-Frequency“-Fragebögen als eine Art „Screening-Methode“ zur Erfassung von Personen mit ungünstigem Ernährungsmuster eingesetzt werden können. „Je nach Personengruppe und Ziel sollten dabei möglichst spezielle Fragebögen konzipiert werden“ (Döring et al. 2005, Löwel et al. 2005, Winkler 1991, Winter et al. 1991).

Auf europäischer Ebene hat die **EPIC-Studie** (*European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition*) der *International Agency for Research on Cancer* (IARC) zu einer Vereinheitlichung der Erhebungsmethoden geführt. In Zusammenarbeit aller EPIC-Zentren wurde das Computerprogramm EPIC-SOFT entwickelt, das ein standardisiertes 24-Stunden-Erinnerungsprotokoll erstellt. Die verzehrten Lebensmittel werden in 17 Haupt- und 84 Untergruppen eingeteilt und an Hand von 11 vorgegebenen Mahlzeiten (von „vor dem Frühstück“ bis „in der Nacht“) abgefragt. Die Entwicklungen des EPIC-Projekts sind auch in die Harmonisierung des europäischen Ernährungssurveys eingeflossen (Boeing et al. 1999a und 1999b, Bohlscheidt-Thomas et al. 1997, EFCOSUM 2001, Voss et al. 1998).

6.2.5 Weitere Datenquellen

Regelmäßig alle vier Jahre stellt die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2000, 2004) im Auftrag des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft den Ernährungsbericht zusammen. Die darin enthaltenen Verzehrsangaben beruhen wesentlich auf der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) des Statistischen Bundesamtes. Diese Daten basieren allerdings auf dem Kauf und nicht auf dem Verzehr von Lebensmitteln.

Weitere Erhebungen werden auch von der *Centralen Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft* (CMA) gefördert (ZMP 2005a, b). Insbesondere wenn es bei der Expositionsabschätzung auf spezielle Konsumgewohnheiten ankommt (z. B. „Außer-Haus-Verzehr“), können Marketingstudien weitere Informationen über das Konsumverhalten und Zielgruppen liefern.

6.2.6 Fazit

Zur Erhebung des Ernährungsverhaltens der deutschen Gesamtbevölkerung haben sich im Wesentlichen zwei Methoden etabliert, die zur Ableitung verteilungsbasierter Referenzwerte prinzipiell geeignet sind: Wiegeprotokolle bzw. 24-Stunden Erinnerungsprotokolle für mehrere Tage oder eine Ernährungsanamnese über die vergangenen Wochen. Dabei werden die Altersbereiche in deutschen Ernährungsstudien wie folgt abgedeckt:

Tabelle 6.5 Ernährungsstudien nach Altersgruppen

Altersbereich	Ernährungsstudie	Verfügbarkeit
0 – 3 Jahre	DONALD	Laufend, erste Auswertungen veröffentlicht
	VELS	In der Auswertung
	KiGGS	In der Erhebung
4 – 13 Jahre	NVS 1985/89	Public Use File
	KiGGS 2003/06	In der Erhebung
14 – 17 Jahre	NVS 1985/89	Public Use File
	NVS 2005/06	In der Planung
	KiGGS 2003/06	In der Erhebung
18 Jahre und älter	NVS 1985/89	Public Use File
	NVS 2005/06	In der Planung
	ES 1998	Abgeschlossen, Auswertungen veröffentlicht

Da wesentliche Studien derzeit noch nicht abgeschlossen sind bzw. nicht als Public Use File für eine Zweitauswertung zur Verfügung stehen, beruhen die abgeleiteten, verteilungsbasierten Referenzwerte noch unverändert auf der Datengrundlage der Nationalen Verzehrsstudie von 1985/89. Für eine zukünftige Erweiterung der Referenzwerte wird empfohlen, alle in Tabelle 6.5 benannten Studien in Form von Verteilungen und als Public Use File zu dokumentieren. Die zweite Nationale Verzehrsstudie wird dabei im Altersbereich ab 14 Jahren ihre Vorgängerstudien ersetzen.

Dabei sollten die jeweiligen Auswertungen für verschiedene Bezugsintervalle und Lebensmittelgruppierungen erfolgen, um möglichst viele Szenarien mit spezifischen Daten versorgen zu können.

6.3 Spezielle Ernährungsfragestellungen

Im Zuge der Modellierung spezieller Szenarien werden Expositionsfaktoren benötigt, die von den allgemeinen Datenquellen nicht abgedeckt werden, z. B.:

- der Verzehr von selbst angebautem Obst und Gemüse;
- der Verzehr von Leitungswasser.

In den folgenden Abschnitten sollen hierzu geeignete Datengrundlagen vorgestellt und diskutiert werden.

6.3.1 Verzehr von selbst angebautem Obst und Gemüse

Bei der Beurteilung von regionalen Immissionswirkungen oder Bodenbelastungen kommt neben der Berücksichtigung von Aufenthaltszeiten den Verzehrsgewohnheiten selbst angebaute Vegetabilien eine besondere Bedeutung zu.

Daten zur Verzehrsgewohnheiten selbstgezogener Obst- und Gemüsearten für die Bundesrepublik Deutschland aus zwei Studien werden nachfolgend diskutiert:

- (i) Mekel, O. (1996): Anbau und Verzehr von Obst und Gemüse bundesdeutscher Kleingärtner im Hinblick auf Expositions- und Risikoabschätzungen
- (ii) Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2001): Verzehrsstudie in Kleingärten im Rhein-Ruhr-Gebiet

Beide Studien konzentrieren sich auf die Verzehrsgewohnheiten von Kleingärtnern in Nordrhein-Westfalen.

Anbau und Verzehr von Obst und Gemüse bundesdeutscher Kleingärtner

Diese Studie wurde an der Universität Wuppertal durchgeführt (Mekel 1996). Die Datenerhebung erfolgte in zwei Phasen: In der ersten Phase wurde im Zeitraum April-Juni 1993 eine bundesweite schriftliche Befragung einer Stichprobe von 3 330 Kleingärtnern durchgeführt. Zur Gewinnung der Studienteilnehmer wurden die Vorsitzenden ausgewählter Kleingartenvereine angeschrieben und gebeten, jeweils 10 Vereinsmitglieder nach einfachen Kriterien für die Teilnahme auszuwählen. Die Rücklaufquote der Fragebögen betrug 33 % (N = 1 086). Im Zentrum der Befragung stand das Anbau- und Verzehrverhalten (nach Jahreszeiten) von Obst und Gemüse aus dem eigenen Garten und die Häufigkeit des Aufenthalts in den Kleingärten in den verschiedenen Jahreszeiten. Zur Ermittlung von regionalen Unterschieden wurde die Stichprobe in vier Studienggebiete (Nord, Ost, Süd, West) eingeteilt.

Die zweite Studienphase fand in Nordrhein-Westfalen (Stadt Essen) von Juni bis Oktober 1993 statt. Dazu wurden die zur Teilnahme bereiten Haushalte gebeten, für möglichst viele Haushaltsmitglieder an sieben aufeinander folgenden Tagen den Gesamtverzehr an Obst und Gemüse und den Verzehranteil selbst angebauter Produkte zu protokollieren. Zur Ermittlung der Verzehrsmengen wurde, sofern im Haushalt nicht vorhanden, eine Küchenwaage bereitgestellt. Durch die Verzehrprotokollierungen standen für 154 Personen im Alter von 18 bis 82 Jahren Informationen zu Verzehrsmengen an Obst und Gemüse insgesamt und aus eigenem Anbau zur Verfügung. Um Vergleiche mit den Teilnehmern der ersten Studienphase zu ermöglichen, wurden die Teilnehmer gebeten, zusätzlich auch den Fragebogen auszufüllen. Da die Ergebnisse der ersten Studienphase regionale Unterschiede in Anbau- und Verzehrsgewohnheiten zeigten, ist auch die Gültigkeit der Verzehrprotokollierung auf die Erhebungsregion beschränkt. Tabelle 6.6 und 6.7 zeigen die Ergebnisse der Protokollierung für die Gesamtverzehrsmengen (Total) und die Verzehrsmengen aus eigenem Anbau an Obst und Gemüse (Garten).

Tabelle 6.6 Täglicher Verzehr von Obst (g/d) durch Kleingärtner
(N = 154, Männer und Frauen, ≥ 18 J.)

	Arith. Mittel		Median		95%-Quantil	
	Total	Garten	Total	Garten	Total	Garten
Total Obst	165,0	96,4	135,7	64,3	474,6	294,2
einheimisches Obst	143,5	96,4	124,3	64,3	367,1	294,2
<i>Obstgemüse</i>	2,7	2,1	0,0	0,0	20,7	19,0
Rhabarber	2,1	2,1	0,0	0,0	19,0	19,0
<i>Kernobst</i>	75,1	60,2	39,6	14,3	300,0	261,9
Äpfel	52,8	39,6	32,7	0,0	217,5	171,4
Birnen	22,3	20,6	0,0	0,0	101,4	101,4
<i>Steinobst</i>	34,0	12,4	0,0	0,0	155,0	71,4
Kirschen	10,8	6,2	0,0	0,0	71,4	64,3
Pflaumen	9,3	3,0	0,0	0,0	87,0	21,4
Pfirsiche	6,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0
Nektarinen	3,1	0,0	0,0	0,0	22,9	0,0
<i>Beerenobst</i>	32,3	21,7	0,0	0,0	140,7	120,8
Johannisbeeren	10,4	10,0	0,0	0,0	64,3	64,3
Erdbeeren	5,7	2,5	0,0	0,0	45,7	14,3
Weintrauben	6,0	0,3	0,0	0,0	37,1	0,0
Brombeeren	3,2	3,2	0,0	0,0	33,9	33,9
Stachelbeeren	5,0	4,2	0,0	0,0	35,7	21,4
Himbeere	1,6	1,2	0,0	0,0	18,0	3,6
Süd- u. Zitrusfrüchte	21,0	0,0	0,0	0,0	135,7	0,0
Bananen	14,4	0,0	0,0	0,0	82,1	0,0
Kiwi	1,2	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0

Die Gültigkeit der Werte in den Tabellen 6.6 und 6.7 ist nur für den Erhebungszeitraum Sommer / Herbst gegeben, also für die Monate, in denen ein im Vergleich zum Jahresdurchschnitt höherer Verzehr selbstgezogener Vegetabilien und Obst angenommen werden kann. Ein Gebrauch dieser Werte in Expositionsabschätzungen als Jahresdurchschnitt kann nur dann empfohlen werden, wenn eine obere Abschätzung angestrebt wird.

Um die seasonspezifischen Unterschiede in den Verzehrsgewohnheiten zu berücksichtigen, wurden mit Hilfe bestimmter Annahmen Jahresmittelwerte geschätzt. Dazu wurden seasonspezifische Angaben der nordrhein-westfälischen Teilnehmer der Nationalen Verzehrsstudie (NVS) herangezogen. Um den jahresdurchschnittlichen Verzehr zu berechnen, wurden die Angaben der NVS-Stichprobe bezüglich des jahresdurchschnittlichen Verzehrs und des Verzehrs im Sommer zu einander ins Verhältnis gesetzt und mit den Verzehr der Kleingärtner im Sommer multipliziert. Bedingt durch den Erhebungszeitraum fehlen für einige saisonale Vegetabilien wie Wintergemüse (z. B. Grünkohl, Feldsalat) Verzehrsangaben zur Berechnung des Jahresmittelwertes. Deshalb wurden zur Berechnung der Jahresverzehrsmengen die einzelnen Vegetabilien in Produktgruppen zusammengefasst. Tabelle 6.8 zeigt den geschätzten jahresdurchschnittlichen Verzehr von Obst und Gemüse der Kleingärtner in der aggregierten Form für die Gesamtverzehrsmengen (Total) und die Verzehrsmengen aus eigenem Anbau (Garten).

Tabelle 6.7 Täglicher Verzehr von (g/d)
 Gemüse und anderen Vegetabilien durch Kleingärtner
 (N = 154, Männer und Frauen, ≥ 18 J.)

	Arith. Mittel		Median		95%-Quantil	
	Total	Garten	Total	Garten	Total	Garten
Total Gemüse	292,0	237,4	257,4	214,3	542,8	506,6
<i>Mischgemüse</i>	3,2	1,0	0,0	0,0	28,0	0,0
gemischter Salat	2,0	1,0	0,0	0,0	14,3	0,0
<i>Blattsalate</i>	28,1	26,1	11,8	4,9	125,0	125,0
Salat	21,2	19,2	5,5	0,0	107,1	107,1
Schnittsalat	2,9	2,9	0,0	0,0	25,0	25,0
Endivien	4,0	4,0	0,0	0,0	19,4	19,4
<i>Blattgemüse</i>	13,9	12,5	0,0	0,0	61,1	61,1
Spinat	6,8	5,4	0,0	0,0	53,6	42,9
Mangold	5,6	5,6	0,0	0,0	45,3	45,3
<i>Kohl Gemüse</i>	58,9	43,0	42,6	26,2	158,6	146,4
Kohlrabi	20,6	18,5	14,3	2,6	75,0	74,1
Rotkohl	8,0	6,2	0,0	0,0	46,4	46,4
Wirsing	10,9	8,5	0,0	0,0	53,6	53,6
Weißkohl	8,6	4,8	0,0	0,0	52,4	38,4
Blumenkohl	3,6	0,6	0,0	0,0	35,7	0,0
Spitzkohl	2,5	2,5	0,0	0,0	23,8	23,8
<i>Spross- Lauchgemüse</i>	32,9	26,5	25,8	16,1	104,0	89,3
Zwiebeln	18,9	16,3	11,4	10,1	55,8	50,5
Porree	8,7	7,7	0,0	0,0	49,0	47,5
Spargel	2,9	0,2	0,0	0,0	15,7	0,0
<i>Fruchtgemüse</i>	79,0	61,9	66,9	50,0	242,9	181,4
Tomaten	30,2	22,3	14,9	0,0	99,3	97,7
Schlangengurke	18,5	13,8	5,1	0,0	69,0	63,6
Zucchini	24,6	24,4	0,0	0,0	101,2	101,2
Paprika	3,3	0,4	0,0	0,0	28,6	0,0
<i>Knollen- Wurzelgem,</i>	37,7	32,2	27,5	17,9	117,8	115,5
Möhren	28,1	23,4	19,5	14,3	102,9	85,7
Knollensellerie	3,3	2,7	0,0	0,0	25,0	22,1
Rote Bete	4,2	4,2	0,0	0,0	35,7	35,7
Radieschen	1,5	1,5	0,0	0,0	7,1	7,1
<i>Hülsenfruchtgemüse</i>	38,2	34,2	28,6	21,4	124,3	124,3
grüne Bohnen	35,9	32,4	26,8	21,1	124,3	124,3
Wachsbohnen	1,9	1,3	0,0	0,0	22,9	16,2
Küchenkräuter	1,2	1,2	0,0	0,0	10,6	10,6
Hülsenfrüchte reif	13,2	7,2	0,0	0,0	64,5	41,7
Erbsen	10,3	6,5	0,0	0,0	52,1	35,7
Pilze	4,2	1,1	0,0	0,0	47,6	0,0
Champignons	2,3	0,0	0,0	0,0	26,8	0,0
Kartoffeln	204,9	123,9	191,7	112,7	400,0	331,0

Tabelle 6.8 Jahresdurchschnittlicher Verzehr (g/d) von Vegetabilien durch Kleingärtner

Totaler Verzehr und Verzehr von selbst angebauten Produkten.

Berechnung¹ des Jahresdurchschnittsverzehrs mit Angaben² für alle Teilnehmer der Nationalen Verzehrsstudie (≥ 18 J.) aus Nordrhein-Westfalen

	Mittlerer Verzehr			
	Sommer		Jahresdurchschnitt	
	Total	Garten	Total	Garten ³
Gemüse	292,0	237,4	277,0	112,6
Mischgemüse	3,2	1,0	4,0	1,6
Blattsalate	28,1	26,1	25,6	10,4
Blattgemüse	13,9	12,5	15,8	6,4
Kohlgemüse	58,9	43,0	67,3	27,4
Spross- Lauchgemüse	32,9	26,5	32,3	13,1
Fruchtgemüse	79,0	61,9	59,4	24,1
Knollen- Wurzelgemüse	37,7	32,2	37,7	15,3
Hülsenfruchtgemüse	38,2	34,2	34,9	14,2
Küchenkräuter	1,2	1,2	1,1	0,4
Hülsenfrüchte reif	13,2	7,2	12,0	4,9
Pilze	4,2	1,1	4,6	1,9
Kartoffeln	204,9	123,9	201,4	81,9
Obst	165,0	96,4	152,9	54,0
einheim, Obst	143,5	96,4	120,0	54,0
Mischobst	2,7	2,1	3,6	1,6
Kernobst	75,1	60,2	83,8	37,7
Steinobst	34,0	12,4	13,4	6,0
Beerenobst	32,3	21,7	19,2	8,6
Süd-/Zitrusfrüchte	21,0	0,0	32,9	0,0

¹ Totaler jahresdurchschnittlicher Verzehr (g/d) = (Totaler Verzehr im Sommer durch Kleingärtner (g/d) / Verzehr im Sommer durch übliche Bevölkerung (g/d)) × jahresdurchschnittlicher Verzehr üblicher Bevölkerung (g/d)

² nach eigener Auswertung der NVS-Daten

³ Anteil Eigenerzeugung: Gemüse(Vegetabilien) und Kartoffeln 41%, einheimisches Obst 45%, Süd- und Zitrusfrüchte 0%

Um Jahresdurchschnittswerte für andere Regionen zu schätzen, muss der hier errechnete Wert hinsichtlich des unterschiedlichen regionalen Verzehrs korrigiert werden. Dies kann geschehen, wenn beispielsweise Angaben der nationalen Verzehrsstudie verfügbar sind. Der zu errechnende Korrekturfaktor müsste das Verhältnis des Verzehrs in der betrachteten Region zu dem Verzehr in der Region Nordrhein-Westfalen widerspiegeln.

Verzehrsstudie in Kleingärten im Rhein-Ruhrgebiet

Um Risiken durch Bodenbelastungen realistischer bewerten zu können, beauftragte das Landesumweltamt NRW 1998 das Institut für Umweltanalyse-IfUA-Projekt GmbH in Bielefeld mit der Durchführung einer Verzehrsstudie in Kleingärten des Rhein-Ruhrgebietes. Als Ziel wurde formuliert, umfassende Angaben zum Nutzungsverhalten von Kleingärten zu erheben. Die Datenerhebung erfolgte unter Pächtern von Kleingartenanlagen, die nach bestimmten Kriterien (z. B. Altlastenfreiheit) in für das Rhein-Ruhr-Gebiet repräsentativen Städten und Kreisen ausgewählt wurden (vgl. LUA NRW 2001). Zusätzlich wurden Gra-

belandpächter aus dem Raum Dortmund befragt. Die Befragung wurde mit Hilfe eines standardisierten Interviews in 370 Kleingarten-Parzellen und auf 11 Grabeland-Flächen durchgeführt. Dadurch standen Angaben zum Gemüse- und Obstanbau, zur jährlichen Erntemenge und zu jährlichen Verzehrsmengen selbst angebauter Obst- und Gemüsearten von insgesamt 1 052 Personen (Nutzer) zur Verfügung. Außerdem wurden Angaben zur Zeitverwendung in der Parzelle bzw. auf der Grabeland-Fläche erhoben. Die Haupterhebungsphase der Interviews war vom 1. Juli 1999 bis zum 15. September 1999. Ein Teil der Studienteilnehmer führte zusätzlich zur Befragung Verzehrsprotokollierungen (N = 264) durch. Die Protokolle wurden jeweils an sieben aufeinander folgenden Tagen in vier Erhebungsphasen (Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter) geführt. Von den 264 Probanden, die an der Verzehrsprotokollierung in der „Kleingärtner-Studie“ teilnahmen, protokollierten ca. 75 – 80% an mindestens 6 Tagen pro Erhebungsphase ihren Nahrungsverzehr.

Im Xprob-Projekt wurden die Daten der Verzehrsprotokollierung zur Sekundäranalyse ausgewählt. Die Angaben zum Verzehrverhalten, die mit Hilfe der Interviews erhoben wurden, erschienen ungenau, da die Verzehrsmengen pro Mahlzeit und Haushalt erfragt wurden und erst in einem zweiten Schritt die Verzehrsanteile der einzelnen Haushaltsmitglieder geschätzt wurden.

Zu welchen Gemüse- und Obstarten in Risikoabschätzungen Verzehrsinformationen benötigt werden, ist im hohen Maß von der speziellen Anwendung bzw. von dem betrachteten Schadstoff abhängig. Informationen zur Verzehrshäufigkeit jeder einzelnen Gemüse- und Obstart wären vor diesem Hintergrund wünschenswert. Die im Xprob-Projekt identifizierte Datengrundlage liefert jedoch keine so detaillierten Angaben. Einzelnen Kategorien wären für eine Verteilungsanpassung nicht ausreichend mit Daten zu füllen. Außerdem wäre durch den Kurzzeitcharakter der Datenerhebung der Verzehr von „weniger beliebten“ Lebensmitteln nicht genügend repräsentiert. Deshalb erscheint es sinnvoll, zur Auswertung die einzelnen Obst- und Gemüsearten in Obst, Kohlgemüse und Blattgemüse, Hülsenfrüchte, Wurzelgemüse, Fruchtgemüse und Kartoffeln zusammenzufassen. Die Gruppenbildung (s. Tabelle 6.9) stützt sich dabei auf folgende Kriterien:

- Verzehrte Pflanzenteile:
Welche Pflanzenteile werden üblicherweise verzehrt?
(vgl. Bockting und van den Berg 1992)
- Exponierte Pflanzenteile:
Welche Pflanzenteile sind in welchem Maß exponiert?
(vgl. Bockting und van den Berg 1992, Lobscheid et al. 2004).

Tabelle 6.9 Einteilung der Obst- und Gemüsearten für die Auswertung der Daten der Verzehrsstudie in Kleingärten im Rhein-Ruhrgebiet

Obst- & Gemüsegruppen	Zugeordnete Sorten
Kohlgemüse/ Blattgemüse	Eissalat, Endivien, gemischter Salat, Feldsalat, Gemüsefenchel, Basilikum, Blumenkohl, Bohnenkraut, Borretsch, Brokkoli, Chicorée, Chinakohl, Dill, Grünkohl, Kerbel, Knoblauch, Kohlrabi, Kopfsalat, Kräuter, Kresse, Liebstöckl, Lollo Bianco, Lollo Rosso, Mangold, Oregano, Petersilie, Porree, Radicchio, Rosenkohl, Rosmarin, Rotkohl, Sauerampfer, Sauerkraut, Schnittknoblauch, Schnittlauch, Schnittsalat, sonstiges Gemüse, Spinat, Spitzkohl, Stangensellerie, Stielmus, Suppengemüse, Weißkohl, Wirsing, Zwiebel
Hülsenfrüchte	Braune Bohnen, dicke Bohnen, Erbsen, Kidneybohnen, Linsen, weiße Bohnen
Wurzelgemüse	Knollensellerie, Kohlrübe, Radieschen, Möhre, Rettich, rote Bete, Schwarzwurzel, Spargel
Fruchtgemüse	Brechbohnen, Buschbohnen, Schnittbohnen, grüne Bohnen, Stangenbohnen, Aubergine, Gewürzgurke, Kürbis, Mais, Paprika, Salatgurke, Tomate, Zucchini, Wachsbohnen, Zuckererbsen
Kartoffeln	Kartoffeln
Obst	Mirabelle, Mischobstkompott, Pfirsich, Nektarine, Pflaume, Äpfel, Aprikose, Birnen, Brombeeren, Erdbeeren, Heidelbeeren, Blaubeeren, Himbeeren, Kirsche, Quitte, Rhabarber, Rote Johannisbeeren, Sauerkirsche, Schwarze Johannisbeeren, sonstiges Baumobst, sonstiges Beerenobst, Stachelbeeren, Wein, weiße Johannisbeeren, Zwetschgen

Nicht für alle Teilnehmer der Verzehrsprotokollierung stehen Daten für alle vier Erhebungsphasen zur Verfügung. Des Weiteren konnten für Personen unter 16 Jahren aufgrund der Unterrepräsentation in der Stichprobe keine Aussagen getroffen werden. Diese Personen wurden von der Analyse ausgeschlossen. Dadurch verringerte sich der Stichprobenumfang in den einzelnen Erhebungsphasen wie folgt:

Tabelle 6.10 Absolute Anzahl der Teilnehmer der Verzehrsprotokollierung

	Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst
Stichprobenumfang (absolut)	108	164	126	108

Weil Nahrungsverzehr in Expositionsmodellierungen häufig im Jahresdurchschnitt Berücksichtigung findet, musste zudem eine Auswertungsstrategie gewählt werden, welche die Daten der verschiedenen Erhebungsphasen zu einem Jahresdurchschnitt zusammenfasst. Da nur wenige Personen an allen vier Erhebungsphasen teilgenommen haben, konnte ein Jahresverzehr nicht durch das Zusammenfassen der Verzehrangaben der einzelnen Phasen ermittelt werden. Nur Personen bei der Schätzung zu berücksichtigen, die an allen vier Erhebungsphasen teilgenommen hatten, hätte den Stichprobenumfang stark reduziert. Da für die Verteilungsschätzung insbesondere die Variation im Ver-

zehrverhalten eine besondere Bedeutung hat, wurden durch die Verteilungsanpassung die Variationen im Verzehr der verschiedenen Obst- und Gemüsegruppen jeweils in den Phasen abgebildet, die (i) einen, im Vergleich zu den anderen Phasen, großen Stichprobenumfang und (ii) eine hohe Variation aufwiesen. Um auf den Jahresgesamtverzehr zu schließen, wurde ein Faktor berechnet, der das Verhältnis der Verzehrsmittelwerte über alle Phasen zu dem Verzehrsmittelwert der jeweils ausgewerteten Phase widerspiegelt. Um den Jahresmittelwert für die einzelnen Kategorien zu bilden, wurde der Verteilungsparameter „Lambda“ (vgl. Kapitel 5 im Teil 1) durch den Faktor geteilt. In der Xprob-Datenbank RefXP sind die Parameter der Jahresverteilungen dokumentiert. Da sich bei der Auswertung, vermutlich aufgrund des geringen Stichprobenumfangs, keine nennenswerten Unterschiede im Verzehrverhalten nach Geschlecht und Alter ergaben, wurde im Ergebnis für jede Obst- und Gemüsegruppe eine Verteilung für alle Erwachsenen ohne Differenzierung nach Alter und Geschlecht gebildet.

6.3.2 Fazit

Die Datenlage zum Verzehr von selbst angebautem Obst und Gemüse ist auf Kleingärtner beschränkt. Zur Zweitauswertung im Xprob-Projekt stehen nur die Daten der Studie des LUA NRW zur Verfügung. Diese erlauben ausschließlich Aussagen für Erwachsene im Raum Essen. Studien zum Verzehrverhalten von Personen, die ihre Nahrung durch Anbau von Obst und Gemüse aus andern Nutzgärten, z. B. Hausgärten, ergänzen, sind dem Projekt nicht bekannt. Für diese Personengruppe sind die dokumentierten Verzehrsmengen nur aufgrund der ansonsten mangelhaften Datenlage zu empfehlen.

Kinder und Jugendliche sind durch die oben diskutierten Studien nicht repräsentiert. Durch die Auswertung der Nationalen Verzehrsstudie (NVS) stehen aber Angaben zum Obst- und Gemüseverzehr von Kindern ≥ 4 Jahre zur Verfügung. Diese Angaben können zur Berechnung des Verzehrsanteils herangezogen werden, indem der Verzehr jünger Altersgruppen zum Verzehr von Erwachsenen ins Verhältnis gesetzt wird. Durch Multiplikation dieses Verzehrsanteils mit den Verzehrangaben zu selbst angebautem Obst und Gemüse von Erwachsenen aus der Kleingärtner-Studie können Hilfsannahmen zum Verzehr jüngerer Altersgruppen abgeleitet werden.

Formel zur Berechnung von Verzehrangaben für selbst angebaute Vegetabilien und Obst bei Kindern und Jugendlichen:

$$V_{\text{Kinder}}^{\text{KG}} = \frac{V_{\text{Kinder}}^{\text{NVS}}}{V_{\text{Erw}}^{\text{NVS}}} \cdot V_{\text{Erw}}^{\text{KG}}$$

$V_{\text{Kinder}}^{\text{KG}}$	=	Verzehr von Lebensmitteln aus Kleingärten bei Kindern
$V_{\text{Kinder}}^{\text{NVS}}$	=	Verzehr von Lebensmitteln in der NVS bei Kindern
$V_{\text{Erw}}^{\text{NVS}}$	=	Verzehr von Lebensmitteln in der NVS bei Erwachsenen
$V_{\text{Erw}}^{\text{KG}}$	=	Verzehr von Lebensmitteln aus Kleingärten bei Erwachsenen

Bei der Modellierung ist der Verzehr von selbst angebautem Gemüse und Obst aber stets vom Gesamtverzehr an Gemüse und Obst abzuziehen.

6.3.3 Verzehr von Trinkwasser aus Leitungen des eigenen Haushalts

Obwohl das Wasser aus hauseigenen Leitungen einen wichtigen Eintragspfad von Schadstoffexpositionen darstellt, wird in den meisten Verzehrsstudien nicht zwischen Leitungs-, Tafel- und Mineralwasser unterschieden.

Eine quantitative Abfrage zum Gebrauch von Trinkwasser aus Leitungen des eigenen Haushalts fand im Umweltsurvey 1998 statt. Die Daten wurden repräsentativ für die deutsche Wohnbevölkerung im Alter von 18 – 69 Jahren im Zeitraum von Oktober 1997 bis März 1999 erhoben.

Abgefragt wurde die durchschnittliche Menge an Trinkwasser aus Leitungen des eigenen Haushalts pro Tag über:

1. Kaffee oder Tee
2. „pur“ oder als zubereiteter Saft (aus Saftkonzentrat oder ähnlichem) bzw.
3. als Suppe in haushaltsüblichen Portionen (6 bzw. 4 Kategorien, Tabelle 6.11).

Quantifizierungen der Portionsgrößen des Umweltbundesamtes erlauben die Berechnung der Gesamtaufnahme. Zur Verteilungsanpassung wurden an Stelle der Punkt-Angaben des Umweltbundesamtes Intervalle definiert und den Antworten Zufallswerte des entsprechenden Intervalls mittels einer angenommenen Gleichverteilung zugewiesen, um eine Unterschätzung der Variation zu vermeiden.

Tabelle 6.11 Verzehr von Trinkwasser aus Leitungen des eigenen Haushalts für Erwachsene

Welche Mengen Trinkwasser aus Leitungen Ihres Haushalts nehmen Sie an einem Tag durchschnittlich zu sich?			
Antwortkategorie (US 1998)	Quantifizierung (Becker et al. 2001)	Intervall	Anteil Antworten
	[g/d]	[g/d]	[%]
Kaffee/Tee (gemeint sind kleine Tassen, bei Bechern bitte Angaben verdoppeln!) (N = 4 763 ¹)			
mehr als 6 Tassen	1000,0	750,0 – 1250,0	22,9
5 bis 6 Tassen	687,5	562,5 – 750,0	15,7
3 bis 4 Tassen	437,5	312,5 – 562,5	30,6
1 bis 2 Tassen	187,5	125,0 – 312,5	22,7
weniger als 1 Tasse	62,5	0,0 – 125,0	3,4
trinke fast nie Kaffee/Tee	0,0	0,0 – 0,0	4,8
arithm. Mittel	514,8		
Leitungswasser „pur“ oder zur Zubereitung von Saft aus Saftkonzentrat oder ähnlichem (N = 4 761 ¹)			
mehr als 6 Gläser (à 0,25 l)	2000,0	1500 – 2500	2,6
5 bis 6 Gläser	1375,0	1125 – 1500	1,9
3 bis 4 Gläser	875,0	625 – 1125	5,1
1 bis 2 Gläser	375,0	250 – 625	12,6
weniger als ein Glas	125,0	0 – 250	13,0
trinke fast nie Leitungswasser „pur“ oder zur Zubereitung von Saft aus Saftkonzentrat oder ähnlichem	0,0	0 – 0	64,8
arithm. Mittel	187,1		
Suppen (N = 4 746 ¹)			
mehr als 3 Tassen/Teller (à 0,25 l)	875,0	625 – 1125	2,1
1 bis 2 Tassen/Teller	375,0	250 – 625	16,3
weniger als 1 Tasse/Teller	125,0	0 – 250	36,1
esse (fast) nie Suppen	0,0	0 – 0	45,6
arithm. Mittel	124,3		

¹ = Stichprobengröße in der gewichteten Auswertung (Summe der Gewichte)

6.3.4 Fazit

Bei der Aufnahme von Leitungswasser stehen Daten nur für Säuglinge (0 – 36 Monate) aus der DONALD-Studie (vgl. Abschnitt 6.2.2, Tabelle 6.4) und für Erwachsene (älter als 18 Jahre) aus dem Umweltsurvey 1998 zur Verfügung. Für letztere konnte ebenfalls eine Verteilungsanpassung durchgeführt werden. Repräsentative Daten für Kinder und Jugendliche werden ebenfalls von der derzeitigen KiGGS-Studie erhoben.

Allerdings lassen die Antwortkategorien nur eine sehr grobe Quantifizierung der Aufnahmemengen zu, die insbesondere bei Kaffee/Tee im oberen Bereich nicht datengestützt ist.

7 Orale Boden- und Hausstaubaufnahme

Petra Okken, Odile Mekel

Die direkte, orale Aufnahme von Boden oder Hausstaub stellt bei der Betrachtung von Schadstoffbelastungen des Bodens häufig einen bedeutungsvollen Expositionspfad dar. Insbesondere Kinder stellen bedingt durch ihr Verhalten, wie häufige Hand-zu-Mund-Kontakte oder Mundkontakte mit verunreinigten Gegenständen, für die Aufnahme von Schadstoffen aus Boden- bzw. Hausstaubquellen eine besondere Risikogruppe dar. Darüber hinaus ist bei einem Teil der Kinder das Verschlucken größerer Bodenmengen zu beobachten. Dieses Phänomen wird in der englischsprachigen Literatur als „Pica“ bezeichnet. Als Kriterium für „Pica“ wird meist die Aufnahme von > 1 g Boden/Tag genutzt.

Tabelle 7.1 Studien zur Ermittlung von Boden- bzw. Staubingestionsraten

Studie	Studien-jahr	Stichprobengröße N	Alter (Jahre)	Ort
Kinder				
1 Binder-Studie	1984	65	1 – 3	East Helena, Montana, USA
2 Clausing-Studie	1985	18	2 – 4	Niederlande
3 Amherst-Studie	1989	64	1 – 4	Amherst, Massachusetts, USA
4 van Wijnen-Studie	1986	292	1 – 5	Niederlande
5 Davis-Studie	1987	104	2 – 7	Washington State, USA
6 Anaconda-Studie	1996	64	1 – 4	Anaconda, Montana, USA
7 Bothe-Studie	2002	22	0 – 12	Dresden, Deutschland
Erwachsene				
1 Amherst-Studie	1989	6	25 – 41	Amherst, Massachusetts, USA
2 Anaconda-Studie	1996	10	22 – 45	Anaconda, Montana, USA

Für die orale Aufnahme von Boden und Hausstaub konnten keine Datenquellen aus Deutschland für eine Reanalyse identifiziert werden. Daher basiert die Diskussion und Ableitung von Referenzwerten für die orale Boden- und Staubaufnahme ausschließlich auf Literaturquellen.

Dieses Kapitel ist umfangreicher als die anderen Kapitel in diesem Berichtsteil. Eine Ursache liegt in der notwendigen Beschreibung der Erhebungsmethoden und der Unsicherheiten, die bei diesen Methoden vorherrschen. Ein weiterer Grund liegt in der erheblichen Bedeutung dieses Expositionsfaktors in der Expositionsabschätzung von Bodenverunreinigungen.

Empfehlungen zu Expositionsparametern für die Boden- bzw. Hausstaubaufnahme sind in fast allen internationalen Kompendien zu Expositionsparametern (siehe Teil 1, Kapitel 4) formuliert. Grundlage für die Ableitung dieser Empfehlungen ist eine Vielzahl von Publikationen. Zum größten Teil stellen diese Arbeiten jedoch Reanalysen von Datengrundlagen einiger weniger Datenerhebungen dar.

Zur Schätzung der Ingestionsrate von Erwachsenen stehen nur zwei Studien zur Verfügung. Diese Arbeiten wurden zur Validierung der in Kinderstudien verwandten Methodik durchgeführt.

Die aktuellste Datenerhebung stammt aus Deutschland. Vier Erhebungen stellen Daten für den angloamerikanischen und zwei für den niederländischen Raum bereit. Einen Überblick über diese Studien, ihr Erhebungsjahr und -ort, sowie Informationen zur untersuchten Stichprobe gibt Tabelle 7.1.

7.1 Methodik von Studien zur Ableitung von Ingestionswerten

Frühe Studien leiten Schätzungen von Bodeningestionsraten durch Zählung von Hand-zu-Mund-Kontakten oder Mundkontakten mit Gegenständen und Annahmen über die Verunreinigung der Hände oder dieser Gegenstände mit Bodenmaterial ab. Die in Tabelle 7.1 dargestellten Arbeiten ermitteln die Ingestionsmenge an Boden und Hausstaub experimentell, indem sie Massenbilanzgleichungen zur Berechnung heranziehen. Dazu werden während der Studienperiode für alle Probanden Proben von möglicherweise ingestiertem Material (Nahrung, Nahrungsergänzungen, Boden, Staub u. a.), Urin- und Stuhlproben und Bodenproben auf bestimmte Substanzen (Tracer) hin analysiert. Die ingestierte Bodenmenge wird demnach indirekt aus der Differenz zwischen der Aufnahme von Tracern und der Ausscheidung der Tracer mit dem Stuhl bzw. dem Urin berechnet.

Um von der ingestierten Tracermenge auf die aufgenommene Bodenmenge zu schließen, muss das Ergebnis dieser Berechnung auf die Konzentration des Tracerelements im vornehmlich ingestierten Bodenmaterial bezogen werden:

Formel zur Berechnung der Bodenaufnahme:

$$I_{i,e} = (M_{e,F} - M_{e,N}) / M_{e,B}$$

$I_{i,e}$	geschätzte Bodeningestion von Kind i basierend auf Element e
$M_{e,F}$	Masse des Tracerelements e in Fäkalproben
$M_{e,N}$	Masse des Tracerelements e in Nahrungsproben
$M_{e,B}$	Konzentration des Tracerelements e in Bodenproben

Die Bodenproben werden meist aus der Wohnumgebung der Kinder oder von Flächen genommen, auf denen die meiste (Spiel-)Zeit verbracht wird. Um die Bodeningestion durch die Massenbilanzierung möglichst genau zu bestimmen,

ist es wichtig, die Tracergehalte in allen Eintragspfaden und in den Exkrementen möglichst genau zu bestimmen. In einigen Arbeiten wird die Traceraufnahme aus anderen Quellen (Nahrung, Staub) jedoch nicht bestimmt und daher auch nicht bei der Berechnung berücksichtigt. Tracer werden aber durchaus auch aus diesen Quellen aufgenommen und der Beitrag an Tracern aus dem Boden und die daraus abgeleitete Bodenaufnahme werden überschätzt. Deshalb wird bei einigen Berechnungsansätzen die Annahme zu Grunde gelegt, dass die Ingestionsrate maximal so groß ist wie die niedrigste berechnete Ingestionsrate aus den verwendeten Tracern. Pro Untersuchungstag und Proband geht also immer die niedrigste tracerspezifische Ingestionsrate in die weiteren Berechnungen zur Bodeningestion, z. B. in die Raten für die gesamte Studienpopulation, ein. Dieser Ansatz wird als „*Limiting Tracer Method*“ (LTM) bezeichnet.

Darstellung der „Limiting Tracer Method“ (LTM):

$$\text{LTM} = \text{Minimum} (E_a, E_b, E_c)$$

E_a	Tracer A
E_b	Tracer B
E_c	Tracer C

Zusätzlich zur LTM-Methode versuchen einige Autoren, die Traceraufnahme aus dem Boden durch die Einbeziehung von Bodeningestionsraten von Vergleichsgruppen aus Krankenhäusern, zu berücksichtigen. Den größten Beitrag an Tracern, die nicht aus Boden stammen, liefert meist die Nahrung. Deshalb quantifizieren andere Studien besonders den Tracereintrag aus der Nahrung und subtrahieren diese Tracermengen von den Tracermengen in den Exkrementen.

Formel zur Berechnung der Aufnahme von Tracerelementen aus dem Boden:

$$T_s = M_{e, F} - M_{e, N}$$

T_s	ingestierte Tracermenge aus dem Boden
$M_{e, F}$	Masse der Tracerelemente in Fäkalien
$M_{e, N}$	Masse der Tracerelemente in der Nahrung

Dabei ist die Zuordnung der oral aufgenommenen Tracer (z. B. mit der Nahrung) zu den ausgeschiedenen Tracern (z. B. mit dem Stuhl) problematisch. Die „Transit-Zeit“, also die Zeit, die ingestierte Materialien bis zur Ausscheidung im Körper verbleiben, variiert intra- und interindividuell sehr stark. Eine Studie (Bothe 2004) versucht diese Zeit durch Gabe von Mohn und die visuelle Begutachtung des Stuhls für jeden Probanden experimentell zu bestimmen. In anderen Studien wird von einer „Transit-Zeit“ von ca. 24 Stunden ausgegangen.

Die in Tabelle 7.1 aufgeführten Studien nutzen zur Ableitungen von Schätzwerten Tracerelemente, die natürlicherweise im Boden vorkommen: Aluminium (Al), Barium (Ba), Mangan (Mn), Silizium (Si), Titan (Ti), Vanadium (V), Yttrium (Y), Zirkonium (Zr). Einige Studien nutzen zudem säureunlösliche Rückstände (AIR = *acid insoluble residue*) als Tracer.

Am besten geeignet für eine Schätzung der Ingestion sind Elemente, die

- nicht oder nur geringfügig im Gastrointestinaltrakt resorbiert werden,
- außer durch Nahrung und Bodenmaterial nicht in den Körper gelangen (z. B. durch Verschlucken von Zahnpasta oder Nutzung von Hygieneprodukten),
- eine geringe Konzentration in der Nahrung und eine hohe Konzentration in den relevanten Böden aufweisen,
- eine geringe Variation ihrer Konzentrationen in den Böden eines Probanden und in den verschiedenen Korngrößenklassen des Bodens zeigen,
- durch ein Analyseverfahren sicher in den Kompartimenten zu bestimmen sind.

Die Anzahl der in den Studien berücksichtigten Elemente variiert von drei bis acht. Die Eignung der unterschiedlichen Tracer und die Präzision der auf ihnen beruhenden Schätzung werden in der Literatur umfangreich diskutiert, da die tracerspezifischen Schätzungen stark variieren. Deshalb versuchen jüngere Arbeiten den Tracer zu identifizieren, der für einzelne Probanden die zuverlässigste Schätzung liefert. Bei dieser „*Best Tracer Method*“ (BTM) werden für alle Studienteilnehmer Quotienten aus der jeweiligen Tracerkonzentration in der Nahrung und im Boden gebildet. Je größer das Verhältnis Boden/Nahrung ist, desto geringer ist die Anfälligkeit für zufällige Schwankungen. Auf diese Weise werden die Tracer für jeden Probanden in eine Rangfolge gebracht. Die Rangfolge entscheidet, welche Tracer zur Abschätzung der Ingestionsrate genutzt werden.

Da sich die Tracer sowohl im Boden als auch im Hausstaub befinden, ist die Unterscheidung zwischen Boden und Hausstaubaufnahme nur möglich, wenn sich die Elementmuster im Boden und im Hausstaub unterscheiden. In den meisten Arbeiten war die Schätzung einer Ingestionsrate für Hausstaub aufgrund fehlender Unterschiede nicht möglich oder die Ergebnisse sind mit großer Unsicherheit behaftet. Die Schätzung getrennter Boden- bzw. Hausstaubaufnahmeraten unterliegen der Annahme, dass nichts vom jeweiligen anderen Medium aufgenommen wird.

7.2 Literaturquellen: Studien mit Kindern

7.2.1 Binder-Studie

Zur Ableitung von Bodeningestionswerten wurden in dieser Studie im Sommer 1984 1- bis 3-jährige Kinder (N = 65) betrachtet (Binder et al. 1986). Als Teil einer größeren Studie wurden Anwohner nahe einer Metall-Schmelz-Fabrik in East Helena, Montana, untersucht. In einem Zeitraum von drei Tagen wurden Windeln sowie Bodenproben aus der direkten Wohnumgebung des Kindes gesammelt. Bodenproben standen allerdings nur für 59 Probanden zur Verfügung. Die Ingestionsrate wurde anhand der Spurenelemente Al, Si und Ti ermittelt. Für alle Probanden wurden die Ingestionswerte basierend auf allen drei Tracern mit folgender Formel berechnet:

Formel zur Berechnung der Bodeningestion in der Binder-Studie

$$I_e = \frac{M_{S,e} \cdot F}{M_{B,e}}$$

I_e	geschätzte Bodeningestion basierend auf Element e (g/d)
$M_{S,e}$	Konzentration des Elements e im Stuhl (mg/g)
F	Trockengewicht des Stuhls (g/d)
$M_{B,e}$	Konzentration des Elements e im Boden der Spielfläche (mg/g)

Das zur Massenbilanzberechnung benötigte Stuhlgewicht wurde auf 15 g/Tag Trockengewicht geschätzt. Die Berechnung der Ingestionswerte erfolgte für jeden Probanden auf täglicher Basis.

Ingestionsschätzer, die auf Grundlage der Elemente Al und Si errechnet wurden, liefern vergleichbare Ingestionswerte. Die höchsten Ergebnisse liefert die Berechnung anhand des Tracers Ti. Die Autoren vermuten, dass die höheren Titanschätzer aus dem Eintrag des Elements aus unberücksichtigten Quellen resultieren (Nahrungsquellen, Eintrag in das Probenmaterial während der Analyseprozedur im Labor).

Tabelle 7.2 Bodeningestionsraten (mg/d) nach Binder et al. (1986)

Spurenelement	Al	Si	Ti	Minimum
Mittelwert	181	184	1834	108
Standardabweichung	203	175	3091	121
Bereich	25 – 1324	31 – 799	4 – 17076	4 – 708
Median	121	136	618	88
95%-Quantil	584	578	9590	386
Geometrischer Mittelwert	128	130	401	65

Um einen möglichen Eintrag der Tracer durch andere Quellen außer dem Boden zu berücksichtigen, leiten die Autoren nach der LTM (s. Abschnitt 7.1) einen weiteren Schätzwert (Minimum) ab.

Thompson und Burmaster (1991) schlagen auf Basis der Daten der Binder-Studie eine parametrische Verteilung zur Ingestion von Boden vor. Dafür wurden die Daten aus der Originalarbeit von Binder et al. mit gemessenen Stuhlgewichten, die im Mittel 7,5 g/Tag Trockengewicht betragen, verknüpft. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Tabelle 7.3 zu finden. Zur Ableitung des arithmetischen Mittelwerts wurden für jedes Kind die auf Al und Si basierenden Schätzer herangezogen. Ti-basierte Schätzer wurden von der Analyse ausgeschlossen, da ein großer Eintrag dieses Elements aus anderen Quellen als Boden laut Binder und Kollegen nicht ausgeschlossen werden konnte.

Tabelle 7.3 Verteilungsparameter für geschätzte Bodeningestion (mg/d) nach Thompson und Burmaster (1991)

	Bodeningestion (mg/d)			
	Aluminium	Silizium	Titanium	arithm. Durchschnitt*
Mittelwert	97	85	1004	91
Minimum	11	10	1	13
10%-Quantil	21	19	3	22
20%-Quantil	33	23	22	34
30%-Quantil	39	36	47	43
40%-Quantil	43	52	172	49
50%-Quantil	45	60	293	59
60%-Quantil	55	65	475	69
70%-Quantil	73	79	724	92
80%-Quantil	104	106	1071	100
90%-Quantil	197	166	2105	143
Maximum	1201	642	14061	921
Parameter der Lognormalverteilung				
Median	45	60	-	59
Standardabweichung	169	95	-	126
Arithmetischer Mittelwert	97	85	-	91

*basierend auf Aluminium und Silizium

Außerdem sind in Tabelle 7.3 von den Autoren generierte Verteilungsparameter einer Lognormalverteilung zu finden. Die Verteilungsformen wurde von den Autoren (i) aufgrund visueller Begutachtungen der Verteilungen und (ii) durch statistische Verfahren (Kolmogorov-Smirnov-Test: Lilliefors Variation) abgeleitet. „Visuelle“ Tests ließen für die Ingestionsraten der berücksichtigten Tracer (Al, Si, arithmetischer Mittelwert) eine Lognormalverteilung annehmen. Aufgrund der statistischen Tests konnte eine Lognormalverteilung jedoch nur für die auf Si und auf Mittelwerten beruhenden Schätzungen bestätigt werden.

Bewertung der Binder-Studie

Durch nicht berücksichtigte Eintragspfade für Tracer, wie Nahrung oder Medikamente, überschätzt die verwandte Tracer-Methodik vermutlich die Bodeningestion.

Außerdem weisen spätere Studien darauf hin, dass Ti kein geeigneter Tracer für die Ableitung von Bodeningestionswerten darstellt und diese, meist durch Vorkommen von Ti in Nahrung oder anderen Eintragsquellen, die Bodeningestion überschätzt. Deshalb sollten die Ergebnisse, die sich auf Ti als Tracer stützen, keine Verwendung finden.

Da die durchschnittlichen Stuhlgewichte für Kinder stark variieren, birgt die Annahme eines durchschnittlichen Stuhltrockengewichtes von 15 g/Tag in der Originalarbeit eine große Unsicherheit.

Durch die in der Reanalyse von Thompson und Burmaster verringerten Stuhlgewichte (um die Hälfte), sind auch die von ihnen abgeleiteten Mittelwerte und Mediane im Vergleich zu den Ergebnissen der Originalstudie um Faktor 2 niedriger. Da die Stuhltrockengewichte von Thompson und Burmaster durch Messung ermittelt wurden, erscheinen diese Werte glaubwürdiger.

Für von Binder et al. in der Probennahme und -analyse unberücksichtigte Eintragspfade für Tracer (z. B. Nahrung) wurden auch von Thompson und Burmaster keine Korrekturen vorgenommen. Allerdings werden in dieser Arbeit bei der Bildung eines arithmetischen Mittelwerts die auf Ti beruhenden Schätzungen ausgeschlossen. Durch die Angabe von Quantilwerten und einer Verteilungsform sind die Ergebnisse der Reanalyse generell in Monte Carlo Simulationen brauchbar, obwohl diese Informationen, durch die wenigen Datenpunkte, auf die sie sich stützten, als unsicher erscheinen.

7.2.2 Clausing-Studie

Untersucht wurden 18 (2- bis 4-jährige) Kindergartenkinder in den Niederlanden. Zur Bestimmung des Elementgehalts im Boden wurden vom Spielplatz des Kindergartens Bodenproben gesammelt. Außerdem standen nach fünf Studientagen 27 Stuhlproben der Probanden zur Verfügung. Als Kontrollgruppe dienten 6 hospitalisierte, bettlägerische Kinder, von denen 8 Stuhlproben analysiert wurden. Als Tracer wurden Al, Ti und säureunlösliche Rückstände (AIR = *acid insoluble residue*) genutzt.

Zur Berechnung der Ingestionsraten wurde die LTM (s. Abschnitt 7.1) und ein Stuhl-Trockengewicht von durchschnittlich 10 g/Tag verwandt.

Tabelle 7.4 Bodeningestion (mg/d) von Kindern nach Clausing et al. (1987)

	Schulkinder	„Krankenhaus-Kinder“
Mittelwert	105	49
Standardabweichung	67	22
Bereich *	23 – 362	26 – 84
Geometrischer Mittelwert	90	45

* keine Berücksichtigung der auf Ti basierenden Schätzungen, da Ti bei der Probenanalyse nicht ausreichend in den Stuhlproben entdeckt werden konnte und die Schätzungen auf Basis von Ti eine hohe Variabilität und einzelne sehr hohe Aufnahmeraten zeigten

Für die Bewertung der täglichen Bodenaufnahme lag die Annahme zugrunde, dass die Tracermenge in den Proben der Kontrollgruppe eine Art „Hintergrundbelastung“ mit den Elementen, beispielsweise aus der Nahrung, darstellt. Deshalb wurden die ermittelten Ingestionswerte der Studiengruppe um die Analysewerte der Krankenhaus kinder korrigiert, so dass von der Studiengruppe im Mittel 56 mg Boden pro Tag aufgenommen wurden.

Bewertung der Clausing-Studie

Durch die Verwendung einer Kontrollgruppe wurde der Versuch unternommen, die Aufnahme von Tracern aus anderen Eintragspfaden als Boden adäquat zu schätzen. Obwohl dies die direkte Analyse von Tracergehalten in sonstigen Eintragspfaden, wie Nahrung oder Arzneimittel, nicht ersetzt. Die Nahrungszusammensetzung und der kalorische Bedarf bettlegerischer Krankenhauspatienten erscheinen von denen gesunder Kinder zu verschieden. Die Kombination der LTM und die Implementierung einer Kontrollgruppe könnte zu einer Überkorrektur der Ingestionswerte geführt haben.

Die unzureichende Probensammlung, Stuhlproben und Bodenproben wurden nicht außerhalb der in Tageseinrichtungen (z. B. im häuslichen Umfeld der Kinder) gesammelt, und die fehlende Messung der Stuhltrockengewichte führen vermutlich zu weiteren Fehlschätzungen der Ingestionsraten.

7.2.3 Amherst-Studie

1989 wurden 64 Kinder im Alter von 1 bis 4 Jahren aus Amherst, Massachusetts, untersucht (Calabrese et al. 1989). Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über acht Tage in einer Zeitspanne von zwei aufeinander folgenden Wochen.

In den methodischen Grundzügen folgt die Studie der Methodik von Binder et al. (1986), wurde aber erweitert, indem Duplikatproben der Nahrung, von eingenommenen Arzneimitteln oder Vitaminpräparaten usw. gesammelt und auf Tracer hin analysiert wurden. Diese Ergebnisse dienten als Korrekturfaktoren bei der Massenbilanzierung. Zur Verhinderung einer Überschätzung der Bodeningestionsrate durch Tracereinträge aus Hygieneartikeln (z. B. Zahncreme) wurden Produkte mit geringen Tracer-Gehalten für die Studienzeit zur Verfügung gestellt.

Als Tracer wurden die acht Elemente Al, Ba, Ma, Si, Ti, V, Y und Zr untersucht. Bodenproben wurden für jedes Kind von drei Orten entnommen, so dass die drei Plätze repräsentiert waren, an denen das Kind die meiste (Spiel-)Zeit verbrachte. Zusätzlich zum Boden wurde Hausstaub beprobt. Pro Kind wurden vier Stuhl-/Urinproben (Sammelzeitraum 24h) analysiert.

Die Bodeningestionsraten in mg/Tag berechneten die Autoren für jeden Studientag durch Subtraktion der Elementgehalte der Nahrung, Arzneien usw. und der Gehalte in den Exkrementen. Dieser Wert wurde durch die Tracergehalte im

jeweiligen Medium (Boden, Hausstaub) dividiert. Die Berechnungen für die Bodeningestion erfolgten unter der Annahme, dass ausschließlich Boden ingestiert wurde. Die Berechnungen für die Hausstaubingestion unterliegen der Annahme, dass ausschließlich Hausstaub aufgenommen wurde. Die Berechnungen der kombinierten Ingestionsraten für Boden und Hausstaub erfolgten durch Gewichtung der durchschnittlichen Tracergehalte im Hausstaub bzw. im Boden und unter Berücksichtigung der Aufenthaltszeiten in Innenräumen und im Freien.

Tabelle 7.5 Ingestionswerte für Boden und Staub (mg/d) von Kindern nach Calabrese et al. (1989)

Boden						
	Al	Si	Ti	V	Y*	Zr*
Mittelwert	153	154	218	459	85	21
Median	29	40	55	96	9	16
Standardabweichung	852	693	1150	1037	890	209
95%-Quantil	223	276	1432	1903	106	110
Maximum	6837	5549	6707	5676	6736	1391
Staub						
	Al	Si	Ti	V	Y	Zr
Mittelwert	317	964	163	-	62	-
Median	31	49	28	-	15	-
Standardabweichung	1272	6848	659	-	687	-
95%-Quantil	506	692	1266	-	169	-
Maximum	8462	54870	3354	-	5096	-
Boden und Staub						
	Al	Si	Ti	V	Y	Zr
Mittelwert	154	483	170	456	65	23
Median	30	49	30	123	11	11
Standardabweichung	629	3105	691	1013	717	138
95%-Quantil	478	653	1059	1783	159	159
Maximum	4929	24900	3597	6736	5269	838

*N = 62

Innerhalb der Studiengruppe wurde ein Kind mit einer deutlich überdurchschnittlichen Bodenaufnahme identifiziert. Die Daten dieser Probandin wurden bei den Schätzungen der Ingestionsraten berücksichtigt und könnten so zur Überschätzung der Ingestionsraten für die Studienpopulation geführt haben. Solche extrem hohen Werte beeinflussen laut Calabrese et al. (1989) die Höhe der Mittelwertsschätzungen deutlicher als die Schätzer für die Mediane. Deshalb empfehlen die Autoren den Median als geeigneten Wert für die zentrale Tendenz. Die medianen Bodeningestionswerte variieren zwischen 9 und 96 mg/Tag. Schätzungen basierend auf sieben der acht Elemente weisen ein Medianwert von unter 50 mg/Tag auf.

Zur Validierung der Massenbilanz-Methode wurden sechs Erwachsene in die Studie einbezogen. Dazu wurden Ihnen definierte Bodenmengen verabreicht. Vorrangiges Ziel war, die Tracer zu identifizieren, welche die zuverlässigsten Wiederentdeckungsraten in den Stuhlproben aufwiesen. Eine detaillierte Be-

schreibung der Vorgehensweise bei der Validierung findet sich in Abschnitt 7.4.1. Im Ergebnis ermöglichten die Elemente Al, Si und Y die zuverlässigsten Schätzwerte der Bodeningestion mit „Wiederfindungsraten“ von ca. 100 %. Auch Zr konnte zuverlässig in den Stuhlproben ermittelt werden. Allerdings wiesen die Resultate für Zr eine höhere Variabilität auf. Basierend auf Mn und Ba wurden höhere Bodeningestionen berechnet als zuvor verabreicht. Die medianen Ingestionsschätzungen für Al, Si und Y weisen einen Wertebereich von 9 bis 40 mg/Tag auf. Die Werte zur Hausstaubingestion liegen im Bereich von 15 bis 49 mg/Tag. Die Kombination der Werte für Boden und Hausstaub variieren zwischen 11 und 123 mg/Tag.

Calabrese und Stanek (1995) diskutieren mögliche Quellen und die Größenordnung von Fehlern, die Bodeningestionswerte in Massenbilanz-Studien in positiver oder negativer Weise beeinflussen können. Um die möglichen Fehlerquellen zu quantifizieren, reanalysieren Calabrese und Stanek (1995) die Daten aus Calabrese et al. (1989). Um zuverlässige Schätzungen zu ermöglichen, wurden, den Annahmen aus Stanek und Calabrese (1995a) folgend, obere und untere Grenzen aufgrund der relativen Standardabweichung (RSD) berechnet. Bodeningestionsraten die außerhalb der RSD lagen, wurden nicht zur Berechnung der Gesamtingestionsrate herangezogen.

Tabelle 7.6 Mittelwerte der Bodeningestion (mg/d) in Abhängigkeit von den betrachteten Tracerelementen nach Calabrese und Stanek (1995)

Element	Mittelwert
Aluminium	136
Silizium	133
Titan	208
Vanadium	148
Yttrium	97
Zirkonium	113

Aufgrund der Studienergebnisse bestätigen die Autoren ihre Aussage aus Calabrese et al. (1989), dass mit Hilfe der Tracer Al, Si und Y in Ingestionsstudien die zuverlässigsten Schätzungen zur Bodenaufnahme möglich sind.

In einer Reanalyse der Amherst-Studie gehen **Stanek und Calabrese (1995a)** für die Zuordnung der Elementgehalte in den Nahrungsduplikaten zu denen in Stuhlproben davon aus, dass Nahrung in ca. 28 Stunden (Transit-Zeit) den Verdauungstrakt passiert. Die Schätzung der Bodeningestionsmenge wurde in dieser Arbeit über so genannte „Boden-Äquivalente“ gebildet. Diese Äquivalente definieren sich als Quotient der Tracermengen in der Nahrung bzw. im Stuhl und der gefundenen Menge dieser Elemente in den Bodenproben. Die Subtraktion der „Nahrungs-Äquivalente“ von den „Stuhl-Äquivalenten“ ergibt die Bodenaufnahme, die so für die Probanden für jeden Tag und jeden Tracer berechnet wurden. Um die besten Werte aus den tracerspezifischen Schätzungen

auszuwählen, wurde der Median über alle Element-Schätzungen gebildet. Zulässige Ober- bzw. Untergrenzen wurden mit Hilfe der relativen Standardabweichung (RSD) ermittelt. Schätzer, die außerhalb des zulässigen Wertebereichs lagen, wurden bei der weiteren Berechnung ausgeschlossen. Die gleiche Rechenprozedur wurde auf Grundlage der Mittelwerte durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 7.7 und 7.8 zusammengefasst.

Tabelle 7.7 Empirische Verteilung der Mittelwerte der Bodeningestion (mg/d) berechnet für einzelne und über mehrere Tracerelemente nach Stanek und Calabrese (1995a)

	mittlere Bodeningestion (mg/d)								
	alle Tracer	Al	Ba	Mn	Si	Ti	V	Y	Zr
N	64	64	33	19	63	56	52	61	62
Mittelwert	179	122	655	1053	139	271	112	165	23
25%-Quantil	10	10	28	35	5	8	8	0	0
50%-Quantil	45	29	65	121	32	31	47	15	15
75%-Quantil	88	73	260	319	94	93	177	47	41
90%-Quantil	186	131	470	478	206	154	340	105	87
95%-Quantil	208	254	518	17374	224	279	398	144	117
Maximum	7703	4692	17991	17374	4975	12055	845	8976	208

Tabelle 7.8 Empirische Verteilung der Mediane der Bodeningestion (mg/d) berechnet für einzelne und über mehrere Tracerelemente nach Stanek und Calabrese (1995a)

	mediane Bodeningestion (mg/d)								
	alle Tracer	Al	Ba	Mn	Si	Ti	V	Y	Zr
N	64	64	33	19	63	56	52	61	62
Mittelwert	32	32	678	1039	31	217	101	15	19
25%-Quantil	0	0	7	35	0	0	4	0	0
50%-Quantil	13	13	52	121	12	15	24	6	11
75%-Quantil	50	37	233	313	65	57	133	44	34
90%-Quantil	126	76	473	355	99	147	372	91	90
95%-Quantil	138	137	562	17416	164	279	481	106	121
Maximum	185	411	19068	17416	387	10086	845	226	167

Die auf Mittelwerten basierenden Ingestionsschätzungen ergaben, dass 50% der Studienteilnehmer weniger als 45 mg Boden/Tag und 95 % maximal 208 mg Boden/Tag aufnehmen. Die mediane Bodenaufnahme liegt für 50 % der Kinder bei weniger als 12 mg Boden/Tag und bei weniger als 138 mg Boden/Tag für 95 % der Kinder. Die Ingestionswerte, die auf Grundlage der Mediane gebildet wurden, sind durch die Rechtsschiefe der Verteilungen generell niedriger.

Darüber hinaus wurde unter der Annahme, Bodeningestion sei lognormalverteilt, eine Verteilung für die Bodeningestion über 365 Tage generiert. Dafür wurden die täglichen medianen und mittleren Schätzer aller Studienprobanden herangezogen. In der Originalstudie wurden für einige Probanden an einzelnen Tagen negative Schätzwerte ermittelt. Zur Verteilungskonstruktion wurde in solchen Fällen eine Bodeningestion von 1 mg/Tag angenommen. Außerdem lag die Annahme zu Grunde, dass ingestierte Tracer nur aus Boden-Quellen stammen und dass bei ca. 10 – 50 % aller Kinder Pica-Verhalten vorliegt.

Tabelle 7.9 Lognormalverteilung der Bodeningestion (mg/d) berechnet über 365 Tage nach Stanek und Calabrese (1995a)

	Bereich	50%-Quantil	90%-Quantil	95%-Quantil
Tägliche mittlere Aufnahmerate	1 – 2268	75	1190	1751
Tägliche mediane Aufnahmerate	1 – 103	14	--	252

Stanek und Calabrese (1995b) betrachteten in einer weiteren Reanalyse die Daten der Amherst-Studie in Kombination mit Daten einer Studie von Davis (1990) (s. Abschnitt 7.2.5). Zur Berechnung wurde die „Best Tracer Method“ (BTM) (vgl. Abschnitt 7.1) verwandt. Die von Stanek und Calabrese (1995b) abgeleiteten Werte basieren jeweils auf den tracerspezifischen Schätzungen mit den vier niedrigsten Quotienten.

Zur Generierung einer Verteilung der Bodeningestionswerte für Kinder mit Daten aus Davis et al. (1990) und Calabrese et al. (1989) wurden, im Gegensatz zu dem Vorgehen der Verteilungsschätzung in Stanek und Calabrese (1995a), die in den Originaldaten vorhandenen negativen Ingestionsschätzungen verwendet. Deshalb werden generell niedrigere Werte erzeugt als von Stanek und Calabrese (1995a).

Tabelle 7.10 Parameter der Verteilungen für Bodeningestion (mg/d) nach Stanek und Calabrese (1995b)

	50 %	90 %	95 %	99 %	MW	SD	Max.
Calabrese et al. (1989) *	33	110	154	226	132	1006	11 415
Davis et al. (1990)	44	210	246	535	69	146	905
kombiniert	37	156	217	535	104	758	11 415

MW = Mittelwert; *basiert auf Medianwerten aus Calabrese et al. (1989)

Finley et al. (1994a) stellen in Ihrer Arbeit verteilungsbasierte Datengrundlagen für probabilistische Verfahren in der Expositionsabschätzung bereit. Die Schätzung einer kumulativen Verteilung für die Bodenaufnahme von Kindern basiert auf Zr-Daten aus Calabrese et al. (1989). Die Verteilung wurde mit negativen

Ingestionsannahmen für das 5%-Quantil (-70mg/Tag) und das 10%-Quantil (-35 mg/Tag) konstruiert. Da eine negative Bodenaufnahme nicht möglich ist, schneiden die Autoren die Verteilung im Nachhinein bei 0 mg/Tag (ca. 36%-Quantil) ab.

Tabelle 7.11 Quantilwerte der Verteilung für die Bodeningestion (mg/d) von Kindern nach Finley et al. (1994a)

Quantile						
5 %	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %
0	0	0	16	45	67	110

Bewertung der Amherst-Studie

In der Studie von Calabrese et al. (1989) war, im Vergleich zu früheren Ingestions-Studien, der Untersuchungszeitraum länger, und mehr Tracer wurden zur Ableitung von Ingestionsschätzern herangezogen. Auch wurde eine größere Studienpopulation betrachtet. Durch diese Arbeit standen Tracergehalte in Nahrung und anderen „Nicht-Boden-Quellen“ zur Verfügung, die bei der Berechnung der Ingestionsraten Berücksichtigung fanden. Ebenso wurde durch die Validierungsstudie die Unsicherheit bei der Auswahl der auf verschiedenen Tracern basierenden Ingestionsschätzungen verringert. Ein weiterer Vorteil ist die Ermittlung einer kombinierten Rate für die Boden- und Hausstaubingestion, bei der die Aufenthaltszeiten der Kinder in Innenräumen und im Freien berücksichtigt wurden.

Die Auswahl der Studiengruppe könnte allerdings insgesamt zu einer Unterschätzung der Ingestionswerte geführt haben. Das Bildungsniveau der Eltern wurde von den Autoren als überdurchschnittlich beschrieben, und fast alle Kinder lebten zum Studienzeitpunkt mit beiden Elternteilen in einem Haushalt zusammen. Dieses weist insgesamt auf einen gehobenen sozioökonomischen Status der Studienpopulation hin, der mit einer geringeren Bodeningestion assoziiert ist (Calabrese und Stanek 1993). Dagegen hat vermutlich die Einbeziehung der Ingestionswerte des „Pica“-Kindes bei der Kalkulation eher zu einer Überschätzung der Ingestionsrate geführt.

Zur adäquaten Schätzung der von **Stanek und Calabrese (1995a)** gebildeten jährlichen Ingestionswerte sind grundlegende Informationen, z. B. zu jahreszeitlichen Schwankungen der Bodeningestion notwendig, die aber nicht zur Verfügung standen. Außerdem erscheint die Extrapolation von Kurzzeitergebnissen auf 365 Tage fraglich, da wahrscheinlich die Variation der Schätzer in 365 Tagen von der Variation in der 2-wöchigen Studienperiode abweicht. Die Verteilungsgenerierung beruht demnach auf unsicheren Annahmen. Die Verwendung der Verteilung wird daher nicht empfohlen. Als am zuverlässigsten werden die empirisch abgeleiteten Werte auf Grundlage der Mittelwerte für Risikoabschätzungen eingestuft (vgl. US EPA 1997).

Die Kombination von zwei Studien ist ein Vorteil der Arbeit von **Stanek und Calabrese (1995b)**. Dadurch wird die Stichprobe zahlenmäßig und regional erweitert.

Für probabilistische Modellierungen eignet sich die von **Finley et al. (1994a)** abgeleitete Verteilung aufgrund der speziellen Verteilungskonstruktion (z. B. Trunkierung der Verteilung) nur bedingt (vgl. Cal EPA 2000). Durch die Trunkierung wird das Problem, dass mit den Ausgangsdaten z. T. negative Ingestionswerte angenommen wurden, nur unzureichend berücksichtigt. Die Nutzung von Zr als Tracer erscheint unter Berücksichtigung späterer Arbeiten (vgl. Calabrese und Stanek 1995) fraglich. Bei Vergleichen von tracerspezifischen Ingestions-schätzern sind auf Zr basierende Werte eher gering.

7.2.4 Van Wijnen-Studie

Van **Wijnen et al. (1990)** untersuchten während der zweiwöchigen Studienperiode im Sommer 1986 0- bis 5-jährige Kinder in den Niederlanden. Die 292 (1. Woche) bzw. 187 (2. Woche) Probanden wurden aus Kindergärten rekrutiert. 162 Kinder nahmen in beiden Studienwochen teil. Außerdem wurden von Campingplätzen 78 Kinder und aus Krankenhäusern 15 Kinder ausgewählt. Die Krankenhausgruppe schloss drei Kinder im Alter von < 5 Jahren ein. Stuhlproben wurden für jedes Kind gesammelt und auf Al, Ti und säureunlösliche Rückstände (AIR) hin analysiert. Bodenproben wurden, mit Ausnahme der Krankenhauskinder, für alle Kinder von deren Spielorten erfasst und auf ihre Elementgehalte hin analysiert. Unter Annahme eines durchschnittlichen Stuhl-Trockengewichtes von 15 g/Tag wurde die Ingestionsrate durch Multiplikation der Elementkonzentration in den Exkrementen und dem Stuhltrockengewicht ermittelt. Das Produkt wurde dann durch die Tracerkonzentration im Boden dividiert.

Die Bewertung der Gesamtigestion innerhalb der drei Gruppen erfolgte mit der Limiting-Tracer-Methodik (vgl. Abschnitt 7.1). Diese ergab für die Kindergartenkinder einen Mittelwert von 232 mg/Tag (1. Studienwoche) und 106 mg/Tag (2. Studienwoche). Kinder, die sich während der Probensammlung auf einem Campingplatz aufhielten, ingestierten Boden in Höhe von 213 mg/Tag. Für die hospitalisierten Kinder wurde eine Aufnahme von 93 mg/Tag errechnet. Da diese Kinder keinen direkten Bodenkontakt hatten, wurde angenommen, dass diese Tracer aus andern Quellen als Boden (z. B. Nahrung oder Medikamente) stammten.

Weil die Verteilung der generierten Daten eine Rechts-Schiefe aufwies – die log-Transformierung zeigte annähernd eine Normalverteilung –, wurden von den Autoren darüber hinaus geometrische Mittelwerte gebildet. Als geometrische Mittelwerte der Bodeningestion wurden für Kinder in der Tagesbetreuung 111 mg/Tag, für Kinder auf Campingplätzen 174 mg/Tag und für die Gruppe der Krankenhauskinder 74 mg/Tag ermittelt (s. Tabelle 7.12).

Tabelle 7.12 Bodeningestionsraten (mg/d) für Kinder nach van Wijnen et al. (1990)

Alter	Geschlecht	Kindergarten			Campingplätze		
		N	GM	GSD	N	GM	GSD
< 1	weiblich	3	81	1,09	-	-	-
	männlich	1	75	-	-	-	-
1 – <2	weiblich	20	124	1,87	3	207	1,99
	männlich	17	114	1,47	5	312	2,58
2 – <3	weiblich	34	118	1,74	4	367	2,44
	männlich	17	96	1,53	8	232	2,15
3 – <4	weiblich	26	111	1,57	6	164	1,27
	männlich	29	110	1,32	8	148	1,42
4 – <5	weiblich	1	180	-	19	164	1,48
	männlich	4	99	1,62	18	136	1,30
Alle Mädchen		86	117	1,70	36	179	1,67
Alle Jungen		72	104	1,46	42	169	1,79
Gesamt		162*	111	1,60	78**	174	1,73

* Geschlecht oder Alter für 8 Kinder unbekannt; ** Alter für 7 Kinder unbekannt; GM = geometrischer Mittelwert; GSD = geometrische Standardabweichung

Die Ingestionswerte der Krankenhauskinder wurden als „Hintergrundbelastung“ genutzt, um deren Höhe die Ingestionsschätzungen der anderen Gruppen zu verringern war. So sollte der Eintrag von Tracern, beispielsweise aus der Nahrung, berücksichtigt werden, um eine Überschätzung der Bodeningestion zu verhindern. Der korrigierte Mittelwert für Kinder in Tagesbetreuungen war demnach 69 mg/Tag und 120 mg/Tag für campende Kinder. Die geometrischen Mittelwerte lagen nach Korrektur in einem Wertebereich von 0 – 90 mg/Tag (90%-Quantil = 190 mg/Tag) für Kinder aus Tagesstätten und in einem Wertebereich von 30 – 200 mg/Tag (90%-Quantil = 300 mg/Tag) für Kinder auf Campingplätzen.

Beurteilung der van Wijnen-Studie

Die Betrachtung von Gruppen mit unterschiedlichem Zugang zu Bodenmaterial und der damit verbundene Versuch, eine „Hintergrundbelastung“ durch Nahrung zu bestimmen, ist ein Vorteil dieser Studie. Allerdings erscheint fraglich, ob der „Kontrollgruppen-Ansatz“ die fehlenden Messungen der Tracergehalte in Eintragsquellen wie Nahrung ausgleicht, und ob die Kontrollgruppe bzgl. der Nahrungsaufnahme mit gesunden Kindern vergleichbar ist. Für diese Studie spricht allerdings, dass im Vergleich zu anderen Studien eine relativ große Studienpopulation betrachtet wurde.

7.2.5 Davis-Studie

Die Datenerhebung wurde in einer siebentägigen Studienperiode im Sommer 1987 an einer per Telefonbuch zufällig ausgewählten Stichprobe in Washington State durchgeführt (Davis et al. 1990). Windeltragende Kinder wurden im Vorfeld aus dem Studienkollektiv ausgeschlossen. Insgesamt wurden von 104 Kin-

dem im Alter von 2 – 7 Jahren je vier Nahrungsduplikate (Probensammlung ab dem 2. Studientag) und vier Stuhl/Urin-Proben (Probensammlung ab dem 3. Studientag) gesammelt. Des Weiteren wurde Hausstaub- und Boden beprobt. Zur Ermittlung der Bodenaufnahme wurden die Tracer Al, Si, Ti genutzt. Die Ergebnisse wurden nach dem Tracervorkommen in während der Studienperiode eingenommenen Vitaminpräparaten, Arzneien und Mahlzeiten korrigiert.

In Tabelle 7.13 sind die Ergebnisse der Massenbilanzierung aufgeführt. Die negativen Ingestionswerte resultieren vermutlich aus nicht berücksichtigten Eintragsquellen für die Elemente. Allerdings wurde ein möglicher Tracereintrag durch das Verschlucken von Zahnpasta bei der Berechnung durch die Anwendung von Korrekturfaktoren berücksichtigt.

Tabelle 7.13 Durchschnittliche tägliche Bodeningestion (mg/d) nach Davis et al. (1990)

	Tracerelement**		
	Al	Si	Ti
Mittelwert	38,9	82,4	245,5
Median	25,3	59,4	81,3
Standardfehler	14,4	12,2	119,7
Bereich	(-)279 – 904,5*	-404 – 534,6	-5820,8 – 6182,2
95%-Quantil***	320	280	1770

* im Originalartikel steht der Wert ohne Vorzeichen. Ein Minimum von 279 erscheint unter Beachtung des Mittelwerts und des Medianes nicht stimmig

** Die Werte basieren auf 101 Probanden, da für drei Kinder die Proben unvollständig waren

*** berechnet in Ruck (1992)

Die Ti-Schätzungen zeigen vermutlich durch größere Mengen von Ti in Lebensmitteln höhere Werte. Da neben Boden auch Hausstaub die zur Ermittlung der Aufnahmeraten genutzten Tracer enthält, wird die Schätzung durch die Konzentration der Tracer im Hausstaub beeinflusst. Durch das Vorkommen von Titandioxid in Innenräumen (Nutzung als Farbpigment) könnten die hohen Ti-Werte auch durch die orale Aufnahme von Hausstaub zustande gekommen sein. Die Berechnungen der Bodeningestionsrate geschieht in den meisten Arbeiten unter der Annahme, dass nur Boden (und kein Hausstaub) von den Studienteilnehmern aufgenommen wird (vgl. Abschnitt 7.1). Wie bereits diskutiert ist aus methodischen Gründen (Vorkommen der Tracer sowohl im Boden als auch im Hausstaub) die Ermittlung einer getrennten Ingestionsrate für Boden und Hausstaub schwierig. Die Autoren leiten daher einen Schätzer für Boden- und Hausstaubingestion ab. Dafür wurde ein Nenner in der Massenbilanz-Gleichung genutzt, der den gewichteten Durchschnitt der Elementkonzentrationen im Boden und im Hausstaub darstellt. Als Gewichtungsfaktoren dienten die relativen Aufenthaltszeiten der Kinder in Innenräumen und im Freien. So wurde eine tracerspezifische Boden- und Hausstaubaufnahme von durchschnittlich 64,5 mg/Tag (Al), 160 mg/Tag (Si), 268,4 mg/Tag (Ti) und eine mediane Aufnahme von 51,8 mg/Tag (Al), 112,4 mg/Tag (Si), 116,6 mg/Tag (Ti) errechnet.

Im Vergleich zu der Bodenaufnahme ist die Boden- und Hausstaubaufnahme durch die Aufenthalte der Kinder in Innenräumen erhöht.

Bewertung der Davis-Studie

In der Studie wird eine relativ große Studiengruppe betrachtet, die jedoch eine relativ große Altersspanne (2 – 7 Jahre) umfasst. Positiv zu werten ist die Berücksichtigung von Tracermengen in der Nahrung und in Medikamenten.

7.2.6 Anaconda-Studie

Als Studienkollektiv dienten 64 Kinder im Alter von 1 – 4 Jahren (♂ 36, ♀ 28), die auf einem Altlastengebiet in Anaconda (Montana) wohnten (**Calabrese et al. 1997**). Ermittelt wurde die Stichprobe durch ein geschichtetes Zufallsverfahren, so dass für jedes Alter etwa die gleiche Kinderanzahl in die Studie eingeschlossen wurde. Die Probensammlung erfolgte an sieben aufeinander folgenden Tagen innerhalb einer zweiwöchigen Studienperiode im September 1996. Zur Analyse wurden Nahrungsduplikate und Proben von freiverkäuflichen Medikamenten und Vitaminpräparaten gesammelt. Des Weiteren wurde Boden von Außenspielflächen und Hausstaub aus den Wohnungen beprobt. Den Studienteilnehmern wurden Zahncremes und Pflegemittel (Cremes, Seifen) mit geringen Elementgehalten zur Verfügung gestellt.

Bei der Probenanalyse wurden acht Tracer (Al, Ba, Ma, Si, Ti, V, Y, Zr) berücksichtigt. Die Autoren berechneten die Ingestionsrate mit der „Best Tracer Methode“ (vgl. Abschnitt 7.1). Al, Si, Ti, Y und Zr wiesen dabei die günstigsten Verhältnisse von Boden zu Nahrung auf und wurden zur Ableitung der medianen Bodeningestion genutzt. Zur Berechnung des gemeinsamen Schätzers wurden die Mediane der vier „besten“ Tracer herangezogen. In Tabelle 7.14 sind diese Ingestionsschätzer und die Analyseergebnisse der vier besten Tracer dargestellt.

Tabelle 7.14 Bodeningestion von Kindern (mg/d)
nach Calabrese et al. (1997)

	Median der besten 4 Tracer	Bester Tracer	Zweitbes- ter Tracer	Drittbesten Tracer	Viertbesten Tracer
Minimum	-101,3	-53,4	-115,9	-170,5	-298,3
5%-Quantil	-91,0	-24,4	-62,1	-88,9	-171,0
10%-Quantil	-53,8	-14,4	-48,6	-67,0	-131,9
25%-Quantil	-38,0	2,2	-26,6	-52,0	-74,7
Median	-2,4	20,1	1,5	-18,8	-29,3
75%-Quantil	26,8	68,9	38,4	25,6	0,2
90%-Quantil	73,1	223,6	119,5	154,7	74,8
95%-Quantil	159,8	282,4	262,3	376,1	116,8
Maximum	380,2	609,9	928,5	1293,5	139,1
Mittelwert	6,8	65,5	33,2	31,2	-34,6
Standardabweichung	74,5	120,3	144,8	199,6	79,7

Für verschiedene Geschlechts- und Altersgruppen (1, 2 und 3 Jahre) ergaben sich keine Unterschiede bezüglich der Bodenaufnahmemenge. Haustierhaltung zeigte ebenfalls keinen Effekt.

Die Ermittlung der Staubingestion erfolgte wie die der Bodeningestion durch Anwendung von Nahrung/Hausstaub-Ratios. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 7.15 zu finden.

Tabelle 7.15 Staubingestion von Kindern (mg/d)
nach Calabrese et al. (1997)

	Median der besten 4 Tracer	Bester Tracer	Zweitbes- ter Tracer	Drittbesten Tracer	Viertbesten Tracer
Minimum	-261,5	-377,0	-239,8	-375,7	-542,7
5%-Quantil	-186,2	-193,8	-147,2	-247,5	-365,6
10%-Quantil	-152,7	-91,0	-137,1	-203,1	-277,7
25%-Quantil	-69,5	-20,8	-59,1	-81,7	-161,5
Median	-5,5	26,8	7,6	-14,4	-55,1
75%-Quantil	62,8	198,1	153,1	49,4	52,4
90%-Quantil	209,2	558,6	356,4	406,5	277,3
95%-Quantil	353,0	613,6	409,5	500,5	348,8
Maximum	683,9	1499,4	1685,1	913,2	6120,5
Mittelwert	16,5	127,2	82,7	25,5	81,8
Standardabweichung	160,9	299,1	283,6	235,9	840,3

Zur Validierung der Ergebnisse dieser Studie wurden 10 Erwachsene (5 je Geschlecht) aus West-Massachusetts in die Studie einbezogen. Den Studienteilnehmern wurden festgelegte Mengen an sterilisiertem Boden oral zugeführt. Eine nähere Beschreibung der Studiendurchführung ist in der Studienbeschreibung von Stanek et al. (1997) (Abschnitt 7.4) zu finden.

Bewertung der Anaconda-Studie

Positiv zu bewerten ist in dieser Studie, dass Tracermengen in der Nahrung, in Medikamenten etc. bei der Berechnung der Ingestionswerte berücksichtigt wurden.

Die Ergebnisse weisen im Vergleich zu früheren Auswertungen (z. B. Binder et al. 1986, Calabrese et al. 1989, Davis et al. 1990, Stanek und Calabrese 1995a) insgesamt geringere Bodeningestionsraten bei Kindern auf. Dieses könnte daraus resultieren, dass die Studienteilnehmer auf einer Altlast wohnten und ihr Verhalten, beispielsweise im Hinblick auf Hygiene, der Altlastenproblematik angepasst hatten. Es erscheint deshalb fraglich, ob Ingestionswerte dieser Kinder auf andere Populationen übertragen werden können.

Dass für einige Tracer negative Ingestionswerte berechnet wurden, weist insgesamt auf eine Unterschätzung der Ingestionswerte hin. Laut den Autoren beträgt die Unterschätzung des Medians höchstens 40 mg/Tag. Nach Betrachtung der Ergebnisse scheint auch der mediane Wert, der anhand von vier tracerspezifischen Ingestionsschätzern gebildet worden ist, anfällig für Unterschätzungen zu sein. Als sicherster Ingestionsschätzer aus dieser Studie erscheint der auf Grundlage des „Besten Tracers“.

7.2.7 Bothe-Studie

In Deutschland wurden 2002 im Rahmen einer Studie neben Nahrungs-, Stuhl- und Bodenproben von Spielorten von 22 Probanden in den Altersgruppen < 1 Jahr (N = 5), 1 – 2 Jahre (N = 5), 2 – 7 Jahre (N = 6) und 7 – 12 Jahre (N = 6) auch wesentliche Elemente des Tagesablaufs (Mahlzeiten, Stuhlgang, Aufenthaltszeiten im Freien und im Haus, Spielzeit im Freien und im Haus, Schlafzeiten, Hygieneverhalten) erfasst (Bothe 2004). Die Probandengewinnung erfolgte per Aushang an einer Forschungseinrichtung und in zwei Kindergärten in Dresden und einem ländlichen Gebiet östlich von Dresden. Dabei weisen die Altersgruppen eine Geschlechtsstruktur von 1:1 auf und die Wohnlagen „Stadt“, „Stadttrand“ und „ländlicher Bereich“ sollten gleichermaßen repräsentiert sein.

Um die Datensammlung für die Probanden, Eltern bzw. Betreuer der Kinder möglichst einfach zu gestalten, wurden Tages- und Ernährungsprotokolle zur Verfügung gestellt. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich insgesamt über 12 Tage.

In der Studienphase wurden den Probanden Lebensmittel mit bekannten Elementkonzentrationen zur Verfügung gestellt. Der Verzehr von anderen Nahrungsmitteln wurde dokumentiert, und Nahrungsduplikate von diesen Speisen wurden gesammelt. Um die Zufuhr von Tracerelementen aus anderen Quellen als Nahrung und Boden möglichst gering zu halten, wurden Hygieneartikel wie Zahnpasta oder Pflegeprodukte mit geringen Tracergehalten bereitgestellt. Beprobt wurden Stuhl, Hausstaub und Boden von den Spielorten der Kinder.

Für den gesamten Studienzeitraum wurden die Ingestionsraten für jeden Probanden tageweise ermittelt. Dazu wurde die Differenz aus den mit dem Stuhl ausgeschiedenen Elementmassen und den Elementmassen, die mit den relevanten Mahlzeiten aufgenommen wurden, ermittelt. Für die Zuordnung der Stuhlproben zu den relevanten Mahlzeiten wurde die Transit-Zeit experimentell bestimmt. Dazu wurde zum Beginn und zum Ende des Studienzeitraums von den Probanden Mohnkuchen verspeist. Die Zeitdifferenz zwischen dem Essen des Kuchens und dem ersten Auftreten von Mohnkörnern im Stuhlgang entsprach der angenommenen Transit-Zeit des jeweiligen Probanden. Aufgrund der starken intraindividuellen Variation der Transit-Zeiten konnte so aber nur ein geringer Teil der hieraus resultierenden Unsicherheit eliminiert werden.

Die Studie betrachtet verschiedene Korngrößenfraktionen, um die für die Ingestion relevante Fraktion zu ermitteln oder zumindest für jede Korngrößenfraktion eine spezifische Ingestionsrate anzugeben. Die spezifischen Ingestionsraten können so auf die Schadstoffkonzentrationen in den Korngrößenfraktionen bezogen werden. In allen früheren Studien wurde die Fraktion $< 2000 \mu\text{m}$ verwandt. Laut Bothe stellt diese nicht die am besten geeignete Korngrößenfraktion zur Quantifizierung der Bodeningestion dar, weil (i) gröbere Körner schlechter an Händen haften und die Aufnahme größtenteils aus an Händen haftenden Bodenmaterial resultiert und (ii) weil die Aufnahme gröberer Körner eher bemerkt wird und deshalb durch Ausspucken verhindert werden kann. Bei dem Vergleich der Elementkonzentrationen in den Fraktionen < 2000 und $< 500 \mu\text{m}$ konnten jedoch keine Unterschiede beobachtet werden. Die vom Bothe veröffentlichten Ingestionsschätzungen anhand der Fraktion $< 500 \mu\text{m}$ können also direkt mit den Schätzungen früherer Ingestionsstudien verglichen werden. Bezogen auf die Korngrößenfraktion $< 500 \mu\text{m}$ errechnet Bothe ein Mittelwert von 53 mg/Tag und einen Median von 37 mg/Tag. In der Fraktion $< 200 \mu\text{m}$ wird ein Mittelwert von 38 mg/Tag und ein Median von 33 mg/Tag ausgewiesen.

Ingestionsraten wurden nicht nur in mg/Tag, sondern auch in Bezug auf die Spielzeiten der Kinder in h/Tag berechnet. Die Autoren empfehlen die Nutzung der täglichen Ingestionsrate, wenn keine Informationen zu der täglichen Spielzeit im Freien zur Verfügung stehen. Wenn letztere bekannt ist, wird die Nutzung der in Tabelle 7.16 dargestellten Ingestionsraten pro Stunde empfohlen. Die Spielzeit im Freien kann von der Aufenthaltszeit im Freien stark abweichen, da hier nur für die Bodenaufnahme relevante Aktivitäten berücksichtigt wurden. Für Wegezeiten oder größere (Spiel-)Pausen wurde ein eher geringer Bodenkontakt mit den Händen angenommen. Diese Zeiten wurden deshalb bei der Berechnung der Spielzeit vernachlässigt.

Tabelle 7.16 Bodeningestionsraten (mg/d und mg/h) verschiedener Altersgruppen (Korngrößenfraktion < 500 µm) nach Bothe (2004)

Alter	N	Bodeningestionsrate mg/d		Bodeningestionsrate mg/h. Spielzeit	
		Mittelwert	Wertebereich	Mittelwert	Wertebereich
< 1	5	22	12 – 33	25	13 – 44
1 – 2	5	100	56 – 142	31	12 – 44
2 – 7	6	35	11 – 81	11	3,2 – 25
7 – 12	6	57	34 – 91	13	6 – 20
alle	22	53	11 – 142	19	3,2 – 44

Die Ermittlung der Hausstaubingestion erfolgte analog zur Berechnung der Bodeningestion, nur unter der Annahme, dass kein Boden aufgenommen wurde. Die Hausstaubingestion errechnet sich demnach aus der Differenz der Elementmassen im Stuhl und in der Nahrung dividiert durch die Elementkonzentration im jeweiligen Hausstaub. Für die Berechnung der Hausstaubingestion wurde nur die Korngrößenfraktion < 200 µm untersucht. Ingestionsraten bezogen auf die Spielzeit wurden nicht gebildet, da die Ingestion von Hausstaub nicht ausschließlich in der „reinen“ Spielzeit stattfindet. Für das gesamte Kollektiv errechnet der Autor eine mittlere Hausstaubaufnahme von 45 mg/Tag (Wertebereich von 13 – 248 mg/Tag).

Bewertung der Bothe-Studie

Damit die Studie möglichst sichere Ingestionsraten ergibt, wurde sie in den Sommerferien Mitte Juni/Anfang Juli 2002 durchgeführt. Durch die Witterung in der Studienzeit und die durch die Sommerferien frei verfügbare Zeit für Schulkinder war eine erhöhte Spielaktivität der Probanden im Freien und in Bodennähe und damit eine überdurchschnittliche Bodenaufnahme zu erwarten. Deshalb ist mit einer Überschätzung der Bodenaufnahme zu rechnen. Ein Vorteil dieser Studie ist die experimentelle Bestimmung der „Transit-Zeit“, obwohl so nach Einschätzung des Autors nur ein kleiner Teil der daraus resultierenden Unsicherheit eliminiert worden ist.

7.3 Literaturquellen: Studien zu Pica-Verhalten

Mit Pica-Verhalten ist die wiederholte Aufnahme größerer Mengen nichtessbarer Substanzen, z. B. Boden, gemeint. In Risikoabschätzungen ist solches Pica-Verhalten von Interesse, wenn akute Gefährdungen abgeschätzt werden sollen.

In der internationalen Literatur sind nur wenige Studien zu finden, die Aussagen zur Ingestionshöhe von Kindern mit Pica-Verhalten ermöglichen. Nachfolgende Tabelle 7.17 gibt einen Überblick über diese Arbeiten.

Calabrese et al. (1991a) diskutieren die beobachtete Bodenaufnahme eines 3,5 Jahre alten Kindes in der Amherst-Studie (s. Abschnitt 7.2.3). Das Mädchen nahm nach ihren Berechnungen in der ersten Studienwoche täglich ca. 0,07 – 2,2 g Boden und in der zweiten Studienwoche täglich 10,1 – 13,6 g Boden auf.

Tabelle 7.17 Studien zu Pica-Verhalten

	Studienjahr	N	Alter	Ort	Anmerkung
Calabrese et al. (1991a)	1989	1	3,5 Jahre	Massachusetts, Amherst, USA	Annahmen über den oberen Bereich von Bodeningestionswerten abgeleitet
Calabrese und Stanek (1993)	1988	52	0 – 14 Jahre	Jamaica	Reanalyse der Daten von Wong
Calabrese und Stanek (1994)	Reanalyse von 4 Studien: Binder et al. 1986, van Wijnen et al. 1990, Davis et al. 1990 und Calabrese et al. 1989				

Calabrese und Stanek (1993) betrachteten die Datengrundlage einer 1988 von Wong durchgeführten Studie (N = 52), die zwei Gruppen aus Jamaika auf ihre Bodenaufnahme hin untersuchte. Insgesamt zeigten 6 Probanden Pica-Verhalten. In der ersten Studiengruppe fielen 5 von 24 Kindern (ca. 21%) durch eine vermehrte Bodenaufnahme auf. Ein Kind nahm dabei 3,7 – 60,6 g Boden pro Tag auf. Die hohe Aufnahme dieses Kindes wurde in der Studie mit dessen geistiger Behinderung in Zusammenhang gebracht.

Eine Reanalyse vier weiterer Studien von **Calabrese und Stanek (1994)** zeigt, dass 1,9 % aller Kinder Pica-Verhalten aufweisen, wenn Pica als die Aufnahme von mehr als 1 g Boden/Tag definiert ist. Für ca. 0,2 % aller Kinder liegen die Ingestionswerte bei 10 – 13 g Boden/Tag.

Tabelle 7.18 Geschätzter Anteil der Kinder (in Prozent), die an einer bestimmten Anzahl an Tagen im Jahr erhöhte Bodenmengen aufnehmen; nach Stanek und Calabrese (1995a)

Bodeningestionsrate	Anzahl Tage im Jahr mit erhöhter Bodeningestion		
	1 – 2	7 – 10	35 – 40
> 200 – 500 mg	86	72	42
> 500 – 1000 mg	72	53	31
> 1 – 5 g	63	41	16
> 5 – 10 g	42	20	1,6
> 10 g	33	9	1,6

Pica-Verhalten kann bei den meisten Kindern über kurze zeitliche Perioden beobachtet werden. **Stanek und Calabrese (1995a)** leiten anhand einer in ihrer

Reanalyse der Amherst-Studie generierten Verteilung (vgl. Abschnitt 7.2.3) Annahmen zur Dauer erhöhter Bodenaufnahmeraten ab (Tabelle 7.18).

Studien von Calabrese und Stanek (1994) und Davis (1990) zeigen Aspekte auf, die aufgrund ihrer Studienergebnisse mit einer erhöhten Bodenaufnahme assoziiert sind:

- männliches Geschlecht,
- nicht-weiße Kinder,
- niedriges Einkommen,
- „Arbeiter“ als prinzipielle Berufsbezeichnung der Eltern,
- hohe Aufenthaltsdauer im Freien,
- Mouthing-Verhalten.

7.4 Literaturquellen: Studien mit Erwachsenen

7.4.1 Amherst-Studie

Zur Validierung der Massenbilanz-Methode in der Amherst-Studie (Calabrese et al. 1989) wurden erwachsene Studienteilnehmer in die Studie einbezogen. Dabei standen die Wiederentdeckungsraten verschiedener Tracer im Stuhl im Vordergrund. Adäquate Wiederentdeckungsraten sind die Grundlage für die Ableitung zuverlässiger Ingestionsschätzungen. Den Studienteilnehmern im Alter von 25 – 41 Jahren (50% weiblich) wurden zwei Mal täglich Gelatine-kapseln mit bestimmten Mengen an sterilem und kontaminationsfreiem Bodenmaterial gegeben. In der ersten Woche wurden Kapseln ohne Bodenmaterial, in der zweiten Woche Kapseln mit 50 mg Boden und in der dritten Woche mit 250 mg Boden verabreicht. Zur Analyse wurden Stuhl- und Bodenproben gesammelt. Die Zufuhr von Tracern durch Nahrung oder Arzneimittel wurde durch die Sammlung und Analyse von Nahrungsduplikaten und Proben berücksichtigt. Die Sammlung erfolgte allerdings nicht über den gesamten Studienzeitraum, sondern in jeder Woche nur von Montags bis Mittwochs. **Calabrese et al. (1990)** leiten aufgrund dieser Validierungsstudie folgende Bodenaufnahmewerte für Erwachsene ab (Tabelle 7.19):

Tabelle 7.19 Tracerabhängige Bodeningestionsraten (mg/d) für Erwachsene nach Calabrese et al. (1990)

	Al	Si	Y	Zr	Durchschnitt*
Median	57	1	65	-4	-
Mittelwert	77	5	53	22	39

* basiert auf den 4 Spurenelementen

Bewertung der Amherst-Studie

Tracerkonzentrationen in der Nahrung und in Medikamenten wurden erfasst und bei der Ableitung von Schätzwerten berücksichtigt. Nahrungsduplikate,

Medikament- und Vitaminpräparatproben wurden nur an einigen Tagen der Woche und nicht über den gesamten Studienzeitraum gesammelt. Die Studienpopulation hat einen sehr geringen Umfang (N = 6).

7.4.2 Anaconda-Studie

Zur Validierung der Ergebnisse einer Kinderstudie (Calabrese et al. 1997) wurden 10 Studienteilnehmer (5 je Geschlecht) im Alter von 22 – 45 Jahren untersucht. Über einen Zeitraum von 28 Tagen nahmen die Probanden zwei Mal täglich Gelatinekapseln mit definierten Mengen an Boden zu sich. In der ersten Woche enthielten die Kapseln kein Bodenmaterial, in der zweiten Woche 20 mg, in der dritten Woche 100 mg und in der vierten Woche 500 mg Boden. Für alle Probanden wurden Nahrungs-, Stuhl-, Boden- und Hausstaubproben gesammelt. Diese Proben wurden auf ihre Tracergehalte hin untersucht. Zur Berechnung der Ingestionswerte mittels „Best Tracer Method“ wurden von **Stanek et al. (1997)** die Elementmengen, die mit den Gelatinekapseln zugeführt wurden, von den Elementmengen in den Stuhlproben subtrahiert. Diese „korrigierten“ Elementmengen wurden um die Tracermengen aus der Nahrung verringert und durch die Tracerkonzentration in den Bodenproben dividiert: Der Mittelwert betrug 10 mg/Tag (SD 94 mg/Tag). Als Median wurde 1 mg/Tag ermittelt. Das 95%-Quantil betrug 330 mg/Tag.

Bewertung der Anaconda-Studie

Tracerkonzentrationen in der Nahrung und anderen „Nicht-Boden-Quellen“ wurden erfasst und bei der Ableitung von Schätzwerten berücksichtigt. Die Studienpopulation hat einen sehr geringen Umfang (N = 10).

7.5 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse aus Tracer-Studien

Die in den vorgestellten Studien abgeleiteten Ingestionswerte sind schwer vergleichbar. Die Studien differieren bzgl. der Studiendesigns, insbesondere in der Methodik zur Ableitung von Schätzwerten für die Bodeningestion (LTM, BTM) oder bei der Auswahl der für die Schätzungen herangezogenen Tracer. Als am besten geeignet für die Ableitung von Bodeningestionswerten erscheinen die Tracer Al, Si und Y (Calabrese et al. 1989, Calabrese und Stanek 1995).

Nicht in allen Arbeiten wird der Einfluss der Elemente aus der Nahrung bzw. anderen Quellen, wie Hygieneprodukte oder Medikamente, auf die Gesamtingestionsraten experimentell bestimmt. Einige Arbeiten betrachten dazu lediglich Kontrollgruppen.

In den Studien werden verschieden große Stichproben von Populationen unterschiedlicher Länder betrachtet. Keine der Studien kann als repräsentativ für das jeweilige Land gelten.

Die Kennwerte zur Bodeningestion von Kindern und Erwachsenen aller vorgestellten Studien sind in Tabelle 7.20 zusammenfassend dargestellt. Einige Arbeiten leiten aus den Ingestionswerten, die auf einzelnen Tracern beruhen, zudem keine zusammenfassenden Kennwerte ab. Aus diesen Studien stehen nur Wertebereiche der Ingestionsraten auf Basis verschiedener Tracer zur Verfügung.

Kinder

Die aus den verschiedenen Arbeiten abgeleiteten **Mittelwerte** zur Bodenaufnahme von **Kindern** zeigen eine große Spannbreite (21 – 246 mg/Tag). Die unterschiedlichen Schätzungen kommen durch die oben diskutierten Unterschiede im Vorgehen der einzelnen Arbeiten zustande. Nicht alle Studien eignen sich gleichermaßen für die Ableitung von Schätzwerten: Die von Calabrese et al. (1989) gebildeten Mittelwerte werden aufgrund von tracerspezifischen Extremwerten einzelner Probanden nicht zum Gebrauch empfohlen. In Tabelle 7.20 sind die Ingestionsschätzer über alle genutzten Tracer und über die Elemente Al, Si, Y, die sich in der Validierungsstudie mit Erwachsenen als am geeignetsten für die Ableitung von Schätzern zur Bodenaufnahme gezeigt haben, dargestellt. Die Ergebnisse von Calabrese und Stanek (1995) sind in gleicher Weise aufgeführt. Die Mittelwerte auf Basis der drei genutzten Tracer Al, Si, Ti in der Studie von Davis et al. (1990) zeigen eine große Spannweite. Die höchsten Ingestionswerte zeigten die auf Ti als Tracer basierenden Schätzungen. Durch erhöhte Ti-Konzentrationen in Eintragspfaden, wie Nahrung oder Hausstaub, überschätzt die auf Ti basierende Ingestionsrate die Bodenaufnahme. Die Schätzer für Al und Si liegen nach Korrektur der Elementgehalte in Zahncremes bei ca. 37 mg/Tag (SD = 13 mg/Tag).

Van Wijnen et al. (1990) korrigieren ihre Bodenaufnahmeraten von Kindergartenkindern und Kindern auf Campingplätzen um die Ingestionsraten von Krankenhauskindern, da diese lediglich der Hintergrundbelastung mit Tracern aus Nahrung und anderen Quellen ausgesetzt sind. Der so bereinigte Schätzer (69 mg/Tag) ist in Tabelle 7.20 nur für die Kindergartenkinder aufgeführt, da dieser eher mit den Ergebnissen der anderen Studien vergleichbar ist. Auch Clausen et al. (1987) nutzen aus den gleichen Gründen wie van Wijnen et al. (1990) Krankenhauskontrollen, der Mittelwert nach „Korrektur“ beträgt hier 56 mg/Tag. Bei Clausen et al. (1987) und van Wijnen et al. (1990) hat möglicherweise eine Überkorrektur durch die Kombination der LTM mit der Korrektur der Nahrungsaufnahme durch die Krankenhausgruppe stattgefunden.

Die Studienergebnisse von Calabrese et al. (1997) zeigen tracerspezifisch einige negative Ingestionswerte, was eine Unterschätzung der Bodenaufnahmewerte vermuten lässt.

Tabelle 7.20 Bodenaufnahmeraten von Kindern und Erwachsenen (mg/d) nach verschiedenen Studien und Reanalysen

Studie bzw. Reanalyse	Mittelwert	Median	Geom. Mittelwert	90%-Quantil	95%-Quantil	Minimum	Maximum	Anmerkung
Kinder								
Binder et al. (1986)	108	88	65		386	4	708	Werte nach der LTM abgeleitet
Thompson und Burmaster (1991)	91			143		13	921	Reanalyse der Daten aus Binder et al. (1990), arith. Durchschnitt (Al, Si)
Clausing et al. (1987)	105 56		90			23	362	- Tracereintrag durch Nahrung durch Krankenhauskontrollen berücksichtigt
Calabrese et al. (1989)	21 – 154 85 – 154	9 – 96 9 – 40			106 – 1903 106 – 276		1391 – 6837 5549 – 6837	Werte basieren auf acht Tracern Werte basieren auf Al, Si, Y als zuverlässigste Tracer
Calabrese und Stanek (1995)	97 – 208 97 – 133				106 – 1903		1391 – 6837	Reanalyse der Daten von Calabrese et al. (1989), Basis: acht Tracer Al, Si, Y als zuverlässigste Tracer
Stanek und Calabrese (1995a)	179 32	45 13		189 126	208 138		7703 185	Reanalyse von Calabrese et al. (1989), Berechnungsgrundlage: Mittelwerte Reanalyse von Calabrese et al. (1989), Berechnungsgrundlage: Mediane
Stanek und Calabrese (1995b)	132 104	33 37		110 156	154 217		11415 11415	Reanalyse von Calabrese et al. (1989) unter Verwendung der BTM Kombination der Daten aus Calabrese et al. (1989) und Davis et al. (1990) unter Verwendung der BTM
Finley et al. (1994a)		16		67	110			Reanalyse von Calabrese et al. (1989)
van Wijnen et al. (1990)	69		111					-
Davis et al. (1990)	39 – 246 37 – 245	25 – 81			280 – 1770			Al, Si, Ti als Tracer genutzt mit Zahnpastakorrektur
Stanek und Calabrese (1995b)	69	44		210	246		905	Reanalyse von Davis et al. (1990) unter Verwendung der BTM
Calabrese et al. (1997)	66	20		224	283	- 531	610	Werte basieren auf den „besten“ Tracer (BTM)
Bothe (2004)	53	37		110	131	11	142	-
Erwachsene								
Calabrese et al. (1990)	39	-4 – 65						Al, Si, Y, Zr als Tracer
Stanek et al. (1997)	10	1			330			BTM

Aufgrund dieser Überlegungen ergeben sich zusammenfassend 13 Ingestionsschätzer, deren Qualität nicht offenkundig eingeschränkt ist. Diese zeigen eine **Spannweite der Mittelwerte** für die Bodenaufnahme von **32 – 108 mg/Tag**.

Der von Calabrese et al. (1997) berechnete negative Medianwert weist auf Fehler in der Studiendurchführung und Probenanalyse hin. Dieses geschieht vermutlich durch Fehler bei der Zuordnung von Nahrungs- zu Stuhlproben (Transit-Zeit-Fehler). Da eine negative Ingestion nicht möglich ist, sollten diese Medianwerte nicht zum Vergleich mit anderen Studienergebnissen herangezogen werden. Somit ergibt sich aus den anderen Studien ein **Bereich der medianen Bodenaufnahme** von **9 – 96 mg/Tag**. Wie bereits bei der Interpretation der Mittelwerte dargestellt, handelt sich es bei den angegebenen hohen Werten in der Davis-Studie um auf Ti als Tracer basierende Schätzungen. Die auf Al basierende mediane Ingestionsrate ergibt 25,3 mg/Tag und die auf Si basierende Schätzung einen Median von 59,4 mg/Tag. Lässt man bei der Betrachtung der Mediane die Ergebnisse von Calabrese et al. (1989) und die auf Ti basierenden Schätzungen von Davis et al. (1990) außen vor, so ergibt sich ein Bereich der medianen Bodenaufnahme von **25 – 88 mg/Tag**.

Für das **95%-Quantil der Bodenaufnahme** von Kindern leiten Davis et al. (1990) auf Basis von Ti einen Ingestionswert von 1770 mg/Tag ab. Für Si geben die Autoren eine Bodenaufnahmerate von 280 mg/Tag und für Al von 320 mg/Tag an. Unter Vernachlässigung der auf Ti basierenden Schätzung von Davis et al. und den hohen Werten aus den Arbeiten von Calabrese et al. (1989) und Calabrese und Stanek (1995) ergibt sich eine Spannweite des 95%-Quantils von **106 – 386 mg/Tag**. Wobei der Ingestionswert (386 mg/Tag) für das 95%-Quantil aus der Arbeit von Binder et al. (1986) stammt. Durch unberücksichtigte Eintragspfade für Tracer, wie Nahrung oder Medikamente, werden in dieser Arbeit die Bodeningestionsraten insgesamt vermutlich eher überschätzt. Werden weiter die Schätzwerte zur Bodeningestion von Kindern aus Stanek und Calabrese (1995b), die auf Grundlage der von Davis generierten Daten abgeleitet wurden, ausgeschlossen, so ergibt sich eine **Spannweite des 95%-Quantils** von **110 – 320 mg/Tag**.

Erwachsene

Für die Ableitung von Bodeningestionswerten für **Erwachsene** stehen lediglich Informationen aus zwei Studien (Calabrese et al. 1990, Stanek et al. 1997), die zur Validierung von Kinderingestionsstudien durchgeführt wurden, zur Verfügung. Die Mittelwerte dieser zwei Studien sind **10 mg/Tag** und **39 mg/Tag**. Die ältere Studie zeigt einen negativen Median für Zr als Tracer. Die Mediane basierend auf Al, Si und Y in der Studie von Calabrese et al. (1990) und der von Stanek et al. (1997) ermittelte Median zeigen eine Spannweite von **1 – 65**

mg/Tag. Ein oberer Schätzer in Form eines 95%-Quantils wurde mit **330 mg/Tag** von Stanek et al. (1997) abgeleitet.

7.6 Vergleich der Empfehlungen zur Bodeningestion aus internationaler Kompendien

Tabelle 7.21 Übersicht der Empfehlungen zur Bodeningestionsrate (mg/d) aus internationalen Kompendien

	Jahr	Alter	mittlerer Schätzer	oberes Quantil	Anmerkung
Kinder					
Ausschuss für Umwelthygiene (AUH)	1995	< 1	20 – 100	100 – 500	
		1 – 3	20 – 100	100 – 500	
		4 – 6	20 – 100	100 – 500	
		7 – 9	5 – 25	25 – 125	
		10 – 14	5 – 25	25 – 125	
		15 – 19	2 – 10	10 – 50	
US Environmental Protection Agency (US EPA)	1997	Kinder	100	400	
Oregon Department of Environmental Quality (DEQ)	1998	1 – 6	60	205	Generierung einer Verteilung
		7+	57	91	
California Environmental Protection Agency (Cal-EPA)	2000	1 – 6	200	-	
US Environmental Protection Agency (US EPA)	2002	1 – 6	200	400	Übernahme aus US EPA (1997)
		> 6	100	-	
European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC)	2001	Kinder	40	200	
enHealth	2003	0 – 1	0	-	
		1 – 5	100	-	
		5 – 15	50	-	
Canadian Human Exposure Factors*	1997	-	-	-	
American Industrial Health Council** (AIHC)	1994	-	-	-	Generierung einer Verteilung
Pica					
US Environmental Protection Agency (US EPA)	1997	Kinder	10000	-	
US Environmental Protection Agency (US EPA)	2002	Kinder	10000	-	Übernahme aus US EPA (1997)
Erwachsene					
Ausschuss für Umwelthygiene (AUH)	1995	20 – 75	2 – 10	10 – 50	
US Environmental Protection Agency (US EPA)	1997	Erw.	50	-	
Oregon Department of Environmental Quality (DEQ)	1998	7+	57	91	
European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC)	2001	Erw.	1	300	
enHealth	2003	Erw.	25	-	

* keine Ableitung von Empfehlungen zur Bodeningestion

** Werte der generierten Verteilung können nicht empfohlen werden

Erw. = Erwachsene

Überwiegend stützen sich die bisher in Handbüchern zu Expositionsstandards abgeleiteten Empfehlungen zur Bodeningestion auf eine Datenbasis aus sechs Studien. Die aktuellste Studie aus 2004, die Kinder aus Deutschland untersucht, konnte in frühere Überlegungen noch nicht einbezogen werden. Tabelle 7.21 gibt einen Überblick über die in den Handbüchern abgeleiteten Empfehlungen zu mittleren und oberen Schätzwerten für die Bodenaufnahme.

Die verschiedenen Kompendien geben Empfehlungen für unterschiedliche Altersgruppen an. Der AUH (1995) unterscheidet 6 Altersgruppen bei Kindern, während andere Handbücher Empfehlungen für Kinder insgesamt ableiten. Zwei Handbücher generieren auf Basis vorhandener Daten mit Hilfe von Monte Carlo-Simulationen neue Verteilungen (DEQ, AIHC). Die AIHC (1994) nutzt zur Ableitung einer Verteilung für Bodeningestionswerte Daten aus Calabrese et al. (1990), die auf Zirkonium als Tracerelement basieren. Spätere Arbeiten lassen aber vermuten, dass Zirkonium kein adäquater Tracer zur Schätzung der Bodeningestion darstellt. Demnach sind die vorgeschlagenen Ingestionswerte des AIHC als nicht zweckmäßig anzusehen.

7.7 Ingestion von Hausstaub

Einige Arbeiten betrachten über die reine Bodenaufnahme hinaus Ingestionswerte für Hausstaub und kombinierte Werte für Boden und Hausstaub.

Tabelle 7.22 Tägliche Boden- und Hausstaubaufnahme (kombiniert) sowie tägliche Hausstaubaufnahme (mg/d)

	Mittelwert	Median	95 %	Maximum	Anmerkung
<i>Boden und Hausstaub kombiniert</i>					
Calabrese et al. (1989)	23 – 483	11 – 123	159 – 1783	839 – 24900	Al, Si, Ti, V, Y, Zr als Tracer
	65 – 483	11 – 49	717 – 3105	4929 – 24900	Al, Si, Y als Tracer
Davis et al. (1990)	65 – 268	52 – 117			Al, Si, Ti als Tracer
<i>Hausstaubaufnahme</i>					
Calabrese et al. (1989)	62 – 964	15 – 49	169 – 1266	3354 – 54870	Al, Si, Ti, V, Y, Zr als Tracer
	62 – 964	15 – 49	169 – 692	5096 – 54870	Al, Si, Y als Tracer
Calabrese et al. (1997)	17	-6	353	684	
Bothe (2004)	42	81	139	248	Korngrößenfraktion < 200 µm

Zur Berechnung der kombinierten Ingestionsraten von Boden und Hausstaub liegen Informationen aus zwei Kinder-Studien zur Verfügung (Calabrese et al. 1989, Davis et al. 1990).

Die Ableitung von Hausstaubingestionswerten (Calabrese et al. 1989, Calabrese et al. 1997, Bothe 2004) unterliegt der Annahme, dass von den Kindern kein Bodenmaterial aufgenommen wurde (vgl. Abschnitt 7.1).

Eine Differenzierung zwischen Hausstaub- und Bodeningestion kann nur auf Grund charakteristischer Elementmuster in den beiden Kompartimenten vorgenommen werden. Die von Davis et al. (1990) entnommenen Staubproben unterscheiden sich signifikant von den Bodenproben. Die Tracerkonzentrationen in den Staubproben der anderen Arbeiten streuen stärker als die entsprechenden Bodenproben. Bothe (2004) weist darauf hin, dass die von ihm berechnete Hausstaubingestionsrate nur als Schätzwert für eine Obergrenze der oralen Hausstaubaufnahme dienen kann. Eine Differenzierung zwischen Boden- und Hausstaubingestion ist aufgrund dieser Arbeit nicht möglich.

7.8 Unsicherheiten bei der Ableitung von Bodeningestionswerten

Als Einflussgrößen für die Höhe der Boden- oder Hausstaubaufnahme sind vor allem das Alter der Kinder, das Hygieneverhalten (z. B. Händewaschen), die Spielintensität und das Zeitbudget in Innenräumen und im Freien zu nennen.

Darüber hinaus hängt die Aufnahme von der Verfügbarkeit des Bodens bzw. Staubes in der (Spiel-)Umgebung des Kindes ab. Kinder aus ländlicher Wohnumgebung nehmen aufgrund der geringeren Bodenversiegelung vermutlich mehr Boden auf als Kinder in Städten. Die Aufenthaltszeit der Kinder in Innen- bzw. Außenräumen ist ein ausschlaggebender Faktor dafür, ob vornehmlich Bodenmaterial oder Hausstaub aufgenommen wird.

Ein weiterer ausschlaggebender Faktor für die Bodeningestionsmenge ist die Beschaffenheit des Bodenmaterials (z. B. Sand, Garten, Mulch).

In allen Studien wurden die Probanden nur über eine relativ kurze Zeitperiode beobachtet. Die Nutzung der abgeleiteten Werte zur Betrachtung einer Langzeitexposition erscheint demnach schwierig. Beispielsweise sind Kinder in ihrem Verhalten über die Zeit nicht konstant. Die Ergebnisse von Stanek und Calabrese (1995a) lassen vermuten, dass für Kinder nur an einer gewissen Anzahl an Tagen im Jahr mit einer erhöhten Bodenaufnahme zu rechnen ist. Die kurzen Beobachtungszeiten der durchgeführten Studien lassen fraglich erscheinen, ob dieses Verhalten in den Arbeiten genügend Berücksichtigung fand.

Fast alle Studien wurden in den Sommermonaten oder im frühen Herbst (September/Oktober) durchgeführt. In Wintermonaten ist die Aufnahmerate durch die Verminderung der Bodenverfügbarkeit durch gefrorenen Boden und jahreszeitlich bedingte Verringerung der Aufenthaltszeit im Freien deutlich geringer. Deshalb ist mit einer Überschätzung der Bodenaufnahme zu rechnen, wenn die Ergebnisse der dargestellten Studien für die Abschätzung von Langzeitexpositionen genutzt werden. Die in den Studien abgeleiteten Hausstaubaufnahmen werden dagegen in Wintermonaten durch längere Aufenthaltszeiten in Innenräumen höher sein.

Wie bereits ausführlich bei der Darstellung der Methodik und bei den Literaturgrundlagen diskutiert, ergeben sich darüber hinaus Unsicherheiten aus den Probennahmen oder aus den Vorgehen zur Berechnung der Ingestionsraten. Des Weiteren überschätzt die Methodik von Tracerstudien die Bodenaufnahmerate durch die Ingestion von Tracern aus Hausstaub. Durch das Eintragen von Bodenpartikeln in Innenräume sind im Bodenmaterial enthaltene Tracerelemente auch im Hausstaub nachweisbar. Calabrese und Stanek (1992a) kommen zu dem Schluss, dass ca. 30% des Hausstaubs von Außen in den Wohnraum eingetragen wird. Aufgrund dieser Erkenntnis empfehlen die Autoren Ingestionsschätzungen für Boden aus Tracerstudien um ca. 31 – 35 % nach unten zu korrigieren. Der größte Anteil der aufgenommenen Tracer stammt aber aus Bodenquellen (vgl. Calabrese und Stanek 1992b).

7.9 Fazit der Empfehlungen für orale Boden- und Staubaufnahme

Hygiene, wie z. B. Häufigkeit des Händewaschens kann die Ingestionsrate beeinflussen. Es ist anzunehmen, dass Hygieneverhalten zwischen verschiedenen Kulturen und Regionen stark variiert. Auch die Art, wie die Betreuung von Kindern in verschiedenen Ländern organisiert ist und die damit verbundenen unterschiedlichen Aufenthaltszeiten und potentiellen Kontaktmöglichkeiten mit Bodenmaterial, wird die Ingestionshöhe von Bodenmaterial oder Hausstaub bestimmen. Es erscheint die Annahme sinnvoll, dass sich die Aufnahmemengen von Kindern, die üblicherweise ganztags in Einrichtungen (z. B. Ganztagschulen oder Horten) betreut werden, von denen, die üblicherweise nur halbtags (oder gar nicht) in Einrichtungen betreut werden, unterscheiden. Solche Unterschiede in der Kinderbetreuung finden sich zwischen den Ländern, in denen die meisten Studien zur Bodenaufnahme stattfanden, und der Bundesrepublik Deutschland in erheblichem Maße.

Bisher steht nur eine Studie aus Deutschland zur Verfügung. Bei den Bodenaufnahmeraten von Kindern liegt diese Studie bei allen diskutierten Kennwerten (Mittelwert, Median und 95%-Quantil) im Vergleich zu den Ergebnissen anderer Studien im unteren Bereich. Dieses kann aus der Einbeziehung älterer Kinder in die Studie resultieren. Obwohl diese Studie aufgrund der Studienplanung und -durchführung positiv zu bewerten ist, werden die Ergebnisse aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht uneingeschränkt zum Gebrauch empfohlen.

Aufgrund der Stichprobengröße und aus regionalen Gesichtspunkten erscheinen die Ergebnisse von van Wijnen (1990) für Kinder in Deutschland empfehlenswert. Der Mittelwert dieser Studie liegt im Bereich der Mittelwert aller Studien (vgl. Abschnitt 7.5). Der in dieser Studie abgeleitete geometrische Mittelwert ist am ehesten mit den abgeleiteten Medianwerten der anderen Studien vergleichbar, er liegt mit 111 mg/Tag knapp über den Wertebereich der Mediane der anderen Studien.

Für erhöhte Bodeningestion durch Pica-Verhalten wird aufgrund der Studienergebnisse von Calabrese und Stanek (1994) 10 g Boden/Tag (laut Studie bei ca. 0,2% der Kinder zu beobachten) als Punktschätzwert für den ungünstigsten Fall empfohlen.

Für die Hausstaubingestion kann aufgrund der vorliegenden Studien keine Empfehlung für Referenzwerte abgegeben werden.

Für die Bodenaufnahme von Erwachsenen können aufgrund der Stichprobengrößen der zur Verfügung stehenden Studien (N = 6 bzw. 10) derzeit als vorläufige Empfehlungen die Ergebnisse von Stanek et al. (1997) gegeben werden (Mittelwert: 10 mg/Tag, Median: 1 mg/Tag, 95%-Quantil: 330 mg/Tag).

Für einige Erwachsene ist darüber hinaus mit erhöhten Aufnahmeraten an Boden durch berufliche Tätigkeiten zu rechnen. Nähere Informationen über berufsbedingte Belastungen wurden im Rahmen des Xprob-Projekts allerdings nicht recherchiert.

Seit dem Erscheinen des AUH-Berichts 1995 sind zwei neue empirische Studien zur Bodeningestion durchgeführt worden. Die Studie von Calabrese et al. (1997) zeigt jedoch negative Werte, die auf erhebliche Probleme bei der Durchführung und Auswertung deuten. Sie eignen sich daher nicht für die Ableitung von Empfehlungen. Bei einer Studie aus Deutschland (Bothe (2004)) sind die Fallzahlen in den einzelnen Altersgruppen so gering, dass die Studie sich ebenfalls nicht zur Empfehlung von Expositionsstandards eignet. Durch eine gemeinsame Betrachtung aller verwertbaren Studien und Reanalysen können für die Bodeningestion von Kindern Bereiche für Mittelwerte, Mediane und obere Quantile angegeben werden. Eine detaillierte Abschichtung nach Altersgruppen bei Kindern ist aufgrund der geringen Fallzahlen in den Studien nicht empfehlenswert.

Alle Studien zeigen methodische Probleme in der Durchführung, die dazu führen, dass die Studienergebnisse mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind. Nach eingehender Diskussion innerhalb der Xprob-Projektgruppe sind daher für die Ableitung von Empfehlungen die Berücksichtigung der vermuteten räumlichen Variabilität (Regionalität) sowie die Stichprobengröße entscheidende Gütekriterien. Aufgrund dieser Kriterien erscheint die Studie von van Wijnen und Kollegen für die Verwendung in probabilistischen Modellierungen als am geeignetsten. Auf die Einschränkungen bezüglich der verwendeten Methodik inkl. der Problematik der Unterschätzung der Bodeningestionsraten in dieser Studie wird hingewiesen.

Für die Ableitung von belastbaren Schätzern für die Boden- und Hausstaubaufnahme sind weitere Studien in Deutschland mit größeren Fallzahlen dringend erforderlich.

8 Inhalation

Claudia Peters

8.1 Einleitung

Die Exposition des Menschen gegenüber Schadstoffen der Luft erfolgt über die Atmung, wodurch die Schadstoffe über die Atemwege in den Körper gelangen und resorbiert werden und daraus gesundheitliche Folgen resultieren können. Einfluss haben dabei die Dauer der Exposition, d. h. akute oder chronische Exposition und die Art und Konzentration des einwirkenden Stoffes. Außerdem wird die Inhalation von individuellen Faktoren beeinflusst, wie dem Alter, dem Geschlecht und der körperlichen Aktivität.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten die Atemrate zu ermitteln. Bei der direkten Methode kann sie mithilfe der Spirometrie erhoben werden. Durch dieses medizinische Verfahren werden verschiedene Lungenvolumina gemessen und Ventilationsgrößen bestimmt. Als eine indirekte Methode wird die Abschätzung über den metabolischen Bedarf an Sauerstoff, den ein Lebewesen zur Energiegewinn benötigt, genutzt.

Mit dem Expositionsfaktor Inhalation sind komplexe Mechanismen verbunden. Eine große Bedeutung für die Risikoabschätzung besteht z. B. in den Bereichen Arbeitsschutz, Innenraumhygiene und Verbraucherschutz. Dennoch konnten für diesen Parameter im Rahmen des Xprob-Projekts keine neuen Datenquellen gefunden werden, so dass nachfolgend nur Literaturquellen aufgeführt und über deren Verwendung zur Expositionsabschätzung diskutiert wird. Zunächst werden in den existierenden Handbüchern zur Expositionsabschätzung die Kapitel zur Inhalation näher betrachtet und anschließend sonstige publizierte Studien dieses Bereichs aufgeführt.

8.2 Literaturquellen - Kompendien

8.2.1 AUH-Bericht

Im AUH-Bericht (1995) wird der Inhalation als einem wichtigen Expositionspfad für Luftverunreinigungen große Aufmerksamkeit geschenkt. Die über den Pfad Inhalation aufgenommene Schadstoffmenge ist abhängig von der Atemrate (dem pro Zeiteinheit aufgenommenen Luftvolumen), der Expositionsdauer und der Konzentration des Schadstoffes in der Luft. Die Atemrate wird wiederum beeinflusst von den Bedürfnissen des Metabolismus, der von Alter, Körpergewicht, Geschlecht, körperlicher Konstitution und Aktivitätsstatus abhängig ist.

Für die Abschätzung der Atemrate wird insbesondere bei akuten Expositionen die Verwendung aktivitätsbezogener Atemraten empfohlen. Für chronische Expositionen erscheint eine Verknüpfung mit dem Sauerstoffbedarf (metabolischer Ansatz) als angemessen.

Die Empfehlungen des AUH werden für akute und chronische Expositionen jeweils für den wahrscheinlichen und ungünstigen Fall aufgeführt. Die Atemraten für eine zeitlich begrenzte Exposition werden für verschiedene Aktivitätslevel (Ruhe, leichte, mittlere und mäßige Aktivität) angegeben. Die hierfür zur Verfügung gestellten Daten sind auf der Basis von Literaturstudien nach Lin (1994) und Ihme (1994) berechnet worden. Für den Fall einer chronischen Exposition basieren die Empfehlungen auf Daten von Finley et al. (1994a), bei denen der metabolische Ansatz von Layton (1993) Verwendung fand. Die für Expositionsabschätzungen zur Verfügung gestellten Daten werden im AUH-Bericht für die dort größtenteils verwendeten sieben Altersgruppen dargestellt. Eine Stratifizierung nach Geschlecht erfolgte jedoch nicht. Für probabilistische Expositionsabschätzungen fehlen die Angaben zu Verteilungsformen und -parametern und Verteilungen für den Aktivitätsgrad.

8.2.2 Exposure Factors Handbook

Auch im Exposure Factors Handbook (EFH) der US EPA (1997) wird auf die Bedeutung der Inhalation als Expositionsfaktor und dessen Komplexität hingewiesen. Für den inhalativen Bereich sind fünf ‚key studies‘ ausgewählt worden, die die vorgegebenen Qualitäts- und Repräsentativitätskriterien gut erfüllen. Sechs weitere Studien werden als relevant eingestuft, da sie die Anforderungen nur in geringerem Maße erreichen, sie können aber als zusätzliche Informationsquelle dienen. Aus den ‚key studies‘ wurden im EFH die Empfehlungen für Referenzwerte abgeleitet. Sie beruhen auf der Interpretation der vorhandenen Daten durch die US EPA.

Für die akute und chronische inhalative Exposition werden Mittelwerte der Inhalationsraten zur Verfügung gestellt. Die Daten zur Inhalation für die Ermittlung einer akuten Exposition werden für Erwachsene, Kinder und Außenarbeiter angegeben, unterteilt nach verschiedenen Aktivitätsniveaus. Inhalationsraten zur Ermittlung einer chronischen Exposition stehen - bezogen auf das Alter - etwas differenzierter und ab einem Alter von neun Jahren auch geschlechtsspezifisch zur Verfügung.

Die Übernahme dieser Daten als Expositionsreferenzwerte für Deutschland erscheint aufgrund der Datenerhebung im US-amerikanischen Raum als weniger geeignet. Außerdem wäre eine generelle Stratifizierung nach Geschlecht wünschenswert wie auch eine feinere Untergliederung des Alters. Gleichwohl ist die Systematik der EPA zur Aufbereitung von Inhalationsdaten geeignet, auf dieser Basis konkrete Modelle der Schadstoffaufnahme über den Inhalationspfad zu spezifizieren.

8.2.3 Child specific Exposure Factors Handbook

Um den Unterschieden zwischen Kindern und Erwachsenen in Physiologie, Verhalten und Suszeptibilität gerecht zu werden, sind von der US EPA in einem gesonderten Child specific Exposure Factors Handbook (US EPA 2002) expositionsrelevante Informationen über Kinder zusammengestellt worden. Die darin enthaltenen Empfehlungen für Expositionsfaktoren wurden anhand der gleichen Kriterien wie im allgemeinen EFH ausgewählt.

Kinder sind von der inhalativen Exposition durch Umwelttoxene stärker betroffen als Erwachsene. Säuglinge und kleine Kinder haben in Ruhe eine höhere metabolische Rate und damit eine höhere Rate des Sauerstoffverbrauchs pro Einheit Körpergewicht als Erwachsene, weil sie eine größere kühlende Oberfläche pro Einheit Körpergewicht besitzen. Für das Körperwachstum wird zusätzliche Energie umgesetzt. Der Sauerstoffverbrauch eines ruhigen Säuglings im Alter zwischen einer Woche und einem Jahr beträgt ca. 7 ml/kg KG/min. Bei einem Erwachsenen liegt dieser Wert unter vergleichbaren Bedingungen im Bereich von etwa 3 – 5 ml/kg KG/min (WHO 1986). Das bedeutet, dass die Schadstoffaufnahme aus der Atmosphäre bei einem Säugling pro Zeiteinheit ca. doppelt so hoch wie bei einem Erwachsenen ist.

Die Referenzwertempfehlungen für die Atemrate basieren im Child specific EFH auf den Studien aus dem allgemeinen EFH und wurden ergänzt mit aktuellen Daten, z. B. der Studie von Rusconi et al. (1994) (siehe auch Abschnitt 8.3).

8.2.4 Air Toxics „Hot Spots“ Program

Die kalifornische EPA (Cal EPA) widmet sich im Air Toxics „Hot Spots“ Program (Cal EPA 2000) ausführlich dem Bereich der Inhalation. Zunächst wird beschrieben, wie die Herangehensweise für eine Punktschätzung und eine stochastische Schätzung zu inhalativer Schadstoffdosis und Krebsrisiko erfolgen kann. Anschließend werden die Methoden der Schätzung der täglichen Inhalationsraten über die einerseits zeitgewichteten durchschnittlichen Atemraten (in Abhängigkeit von dem Aktivitätsgrad) und andererseits über den Energieverbrauch des Körpers mit ihren Vor- und Nachteilen erläutert. Die verfügbaren Daten von der US EPA, dem ICRP und AIHC sowie aus den Studien von Adams (1993) und Linn et al. (1993) werden aufgeführt. Bei der kalifornischen Studie von Adams sind Atemraten der normalen täglich verrichteten Aktivitäten und das Atemvolumen an 160 gesunden Probanden beider Geschlechter im Alter von 6 – 77 Jahren gemessen worden. Die Daten aus dieser Studie werden in der Verbindung mit Aktivitätsstudien von der Cal EPA benutzt, um die Variabilität von Inhalationsraten bei verschiedenen Aktivitäten für ausgewählte Altersgruppen beider Geschlechter zu beurteilen. Für die Atemrate werden die Momente der Verteilungen (Mittelwert, Standardabweichung, Schiefe, Kurtosis) und Quantile (1 / 5 / 10 / 25 / 50 / 75 / 95 / 99 %) bereitgestellt. Die Atemraten sind bezogen auf das Körpergewicht und differenziert nach ruhender, leichter,

moderater, moderat schwerer und schwerer Aktivität für die empirischen Daten und für eine angepasste Gammaverteilung dargestellt. Außerdem wurde eine Simulation für die Ableitung einer Gesamtverteilung der Atemraten im Altersbereich 0 – 70 Jahre durchgeführt. Als Empfehlung werden Punktschätzungen (Mittelwert und 95%-Quantil) für die täglichen Atemraten für Kinder bis 12 Jahre und für die Altersgruppe über 12 Jahre (inkl. der Erwachsenen) sowie jeweils für ein Alter von 9, 30 und 70 Jahren angegeben. Für eine verteilungsbasierte Modellierung wird von der Cal EPA die Verwendung einer Gammaverteilung mit den in Tabelle 8.1 aufgeführten Parametern empfohlen.

Tabelle 8.1 Parameter der Gammaverteilung für die Atemrate (l/kg · d) bei Kindern und Erwachsenen nach Cal EPA (2000)

	Kinder (≤ 12 Jahre)	Kinder + Erwachsene (> 12 Jahre)
Location	301,67	163,95
Scale	29,59	45,39
Shape	5,06	1,51

8.2.5 International Commission on Radiological Protection (ICRP)

Die internationale Strahlenschutzkommission ICRP hat mit der so genannten Publication 89 (ICRP 2003) anatomische und physiologische Referenzdaten für die allgemeine Bevölkerung zusammengestellt, die für Expositionsabschätzungen insbesondere für den Bereich des Strahlenschutzes Verwendung finden können.

Die Auswahl der Daten, die als Referenzwerte zum Bereich der Inhalation zur Verfügung gestellt werden, sind in der Publication 66 (ICRP 1994) näher erläutert. Die Daten sind nur Studien entnommen, die bestimmte identische Kriterien erfüllen. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Erhebung mit standardisierten Methoden (Spirometrie etc.) an gesunden Probanden bei ausreichender Stichprobengröße erfolgte, um zuverlässige Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter zu erhalten. Die Referenzwerte wurden aus amerikanischen und europäischen Querschnittsstudien zusammengestellt, da sich gezeigt hat, dass sie vergleichbar sind. Für die Atemrate und andere inhalationsrelevante Parameter wird auch hier die Wichtigkeit der Einbeziehung unterschiedlicher Aktivitätsniveaus betont, und dass dieses wiederum in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht zu sehen ist. Die Referenzwerte werden für sechs Altersgruppen und vier unterschiedliche Aktivitäten zur Verfügung gestellt. Die Geschlechtsdifferenzierung erfolgt ab einem Alter von 10 Jahren (Tabelle 8.2).

Tabelle 8.2 Referenzwerte für die Atemrate (m³/h) nach ICRP (2003)

Alter	Aktivität			
	Ruhen (Schlaf)	Sitzen (wach)	leichte Aktivität	schwere Aktivität
3 Monate	0,09	N/A	0,19	N/A
1 Jahr	0,15	0,22	0,35	N/A
5 Jahre	0,24	0,32	0,57	N/A
10 Jahre				
Männer	0,31	0,38	1,1	2,2
Frauen	0,31	0,38	1,1	1,8
15 Jahre				
Männer	0,42	0,48	1,4	2,9
Frauen	0,35	0,40	1,3	2,6
Erwachsene				
Männer	0,45	0,54	1,5	3,0
Frauen	0,32	0,39	1,3	2,7

N/A nicht anwendbar/ relevant

Originalformulierung: Resting (sleeping); Sitting awake; Light exercise; Heavy exercise

8.2.6 American Industrial Health Council (AIHC)

Im AIHC (1994) wird unter dem Bereich Kontaktraten die Inhalation für Erwachsene und Kinder getrennt behandelt und es werden Referenzwerte für Punktschätzungen angegeben. Grundlage für die Werte bildet das Exposure Factors Handbook (EFH) der US EPA aus 1989. Die zur Nutzung für Risikoabschätzungen empfohlene tägliche Inhalationsrate für Erwachsene wird mit 18 m³/d aufgeführt. Kalkuliert wurde dieser Wert aus Daten des EFH für Männer und Frauen und dem Aktivitätsmuster, das 12 Stunden für Ruhe (inkl. Schlafen, Fernsehen und Lesen), 10 Stunden leichter Aktivitäten (u. a. Hausarbeit, leichte Arbeit), 1 Stunde moderater Aktivität (Treppensteigen und anstrengende Arbeit) und 1 Stunde schwerer Aktivität (schwere physische Arbeit) beinhaltet.

Im AIHC wird eine simulierte Dreiecksverteilung für die Inhalationsraten bei Erwachsenen zur Verfügung gestellt. Bei Kindern von 1 bis 4 Jahren wird eine Atemrate von 12 m³/d empfohlen, die auf Werten von 6-Jährigen im EFH mit einem Aktivitätsmuster von 12 Stunden Ruhe, 10 Stunden leichter und 2 Stunden moderater Aktivität ausgeht. Für Kinder von 1 – 4 Jahren wird ein Korrekturfaktor von 0,75 eingesetzt. Die empfohlenen Inhalationsraten für Erwachsene werden nicht nach Geschlechtern getrennt und für Kinder fehlt die Stratifizierung nach Alter.

8.2.7 Exposure Factors Sourcebook for European Population (ECETOC)

Im ECETOC (2001) wird eine Unterscheidung von kurz- und langfristigen Inhalationsraten getroffen. Die präsentierten Daten stammen überwiegend aus den USA und würden nach Auffassung der Autoren auch die Europäer adäquat repräsentieren. Grundlage für die Diskussion zum Thema Inhalation sind die Empfehlungen des EFH der US EPA von 1997. Sie werden u. a. im Zusammenhang mit den Empfehlungen der ICRP von 1975 („Reference Man“; ICRP 1975) diskutiert. Für chronische Expositionen wird insbesondere auf die metabolischen Schätzungen der Atemraten durch die Methoden von Layton (1993) eingegangen, die auch die europäische Bevölkerung gut repräsentieren. Das wird anhand von britischen Ernährungsdaten diskutiert. Für Kinder mit einem Alter bis zu 3 Jahren wird auch hier die Studie von Rusconi et al. (1994) beschrieben.

8.2.8 Australian Exposure Assessment Handbook

Das Australian Exposure Assessment Handbook (enHealth 2003) basiert hauptsächlich auf den Kompendien des ATSDR (1992) und der US EPA (EFH 1989 und 1997). Inhalationsraten werden in Anlehnung an eine Veröffentlichung von Paustenbach (1989) für Frauen und Männer sowie für 10-Jährige, Säuglinge und Neugeborene differenziert nach Arbeits- bzw. leichter Aktivität, anderen Nicht-Arbeitsaktivitäten und Ruhe angegeben. Als Standardinhalationswerte sind Daten des ICRP von 1975 für die gleichen Alters- und Geschlechtsdifferenzierungen aufgeführt. Außerdem werden die von der US EPA (1989) geschätzten Atemminutenvolumina für den durchschnittlichen männlichen Erwachsenen verschiedener Aktivitätslevel zur Verfügung gestellt. Weiterhin werden von Adams (1993) Respirationsraten für spezifische Aktivitäten und Populationen angeführt (vgl. dazu Abschnitt 8.2.4).

8.2.9 Compendium of Canadian Human Exposure Factors for Risk Assessment

Als üblicherweise genutzte Annahme zur Beschreibung von Atemraten für nicht-berufliche Expositionen in Kanada wird das über 24 Stunden inhalierte Luftvolumen verwandt (Richardson 1997). Die Inhalationsrate wird als Atemminutenvolumen gemessen und variiert unter den Individuen und mit dem Grad der Aktivität. Die Daten von Finley et al. (1994a), die Inhalationsraten für die US-amerikanische Bevölkerung zur Verfügung stellen, entsprechen nicht den typischerweise in Kanada verwendeten Altersgruppen für die Risikoabschätzung. Daher wurde Allan (1995) vom Environmental Health Directorate of Health Canada beauftragt, eine Monte Carlo-Analyse durchzuführen, um eine Wahrscheinlichkeits-Dichte-Funktion von 24-Stunden-Atemraten in Kombination mit Informationen zum Zeitbudget für die verschiedenen Aktivitätsniveaus zu erhalten. Die Grundlage hierzu bilden Daten aus Literaturquellen, die nicht nä-

her beschrieben werden. Es wurde für jede Subpopulation und zu jedem Aktivitätslevel eine Simulation durchgeführt. Die Daten werden für Männer, Frauen sowie ohne Geschlechtertrennung für sechs Altersgruppen angeboten. Die Lognormalverteilungen werden mit dem arithmetischen Mittelwert und der Standardabweichung, dem Mittelwert und der Standardabweichung der log-transformierten Werte sowie dem geometrischen Mittelwert und seiner Standardabweichung beschrieben.

8.3 Weitere Literaturquellen

Als alternative Methode zur Messung der Inhalationsrate bietet sich die Schätzung der Inhalationsrate aufgrund ihres Zusammenhangs mit dem metabolischen Sauerstoffbedarf zur Energiegewinnung an. In der Studie von **Layton (1993)** werden Atemraten auf der Basis des Bedarfs an Sauerstoff in Verbindung mit der Energieaufnahme für kurze (Stunden) und lange (Wochen und Monate) Zeitperioden durch folgende Gleichung kalkuliert:

$$V_E = E \cdot H \cdot VQ$$

V_E	=	Atemminutenvolumen (m^3/h oder L/min),
E	=	Energieaufnahme (KJ/min oder MJ/h),
H	=	Sauerstoffvolumen (benötigt für 1 KJ Energiegewinnung L/KJ oder m^3/MJ)
VQ	=	ventilatorisches Äquivalent (Verhältnis von Atemminutenvolumen (L/min) zu Sauerstoffaufnahme (L/min)).

Von Layton werden drei Methoden zur Berechnung der Atemraten vorgestellt. Die Schätzungen erfolgen durch:

- 1) die durchschnittliche tägliche Nahrungsenergieaufnahme bei Ernährungssurveys mit einer Adjustierung für das so genannte underreporting⁸,
- 2) die basale metabolische Rate (BMR) und
- 3) den geschätzten täglichen Energiebedarf in verschiedenen Aktivitätsstufen.

Mit diesen unterschiedlichen Ansätzen werden jedoch ähnliche Ergebnisse erreicht. Die Methoden wurden für große Stichproben (Studien der US-amerikanischen Bevölkerung) angewendet und liefern Schätzungen der Inhalationsraten differenziert nach Geschlecht und für verschiedene Altersgruppen. Als Schwäche merkt die US EPA (1997) dazu an, dass die Aktivitätslevel, die in dieser

⁸ Underreporting = Unterschätzung des realen Verzehrs durch Vergessen der Angaben oder bewusste Auslassung

Studie geschätzt wurden, subjektiv gewählt wurden. Trotzdem wird die Studie von Layton als eine grundlegende Studie für die Inhalation bei Expositionsabschätzungen im EFH betrachtet, da sie über eine indirekte Schätzung die Variabilität zwischen den Individuen aufzeigt.

Rusconi et al. (1994) haben in einer Beobachtungsstudie bei nicht an Atemwegsinfektionen erkrankten Kindern ab einem Alter von 15 Tagen bis zu 3 Jahren Informationen zu Atemraten gesammelt. Anlass für diese Untersuchung war das Fehlen von brauchbaren Referenzwerten zur Abgrenzung einer Tachypnoe⁹ bei der Diagnosestellung von Atemwegsinfektionen. Zugleich sollten damit auch Referenzwerte für den klinischen Alltag z. B. von Kinderärzten geschaffen werden. Die Stichprobe umfasst 618 Kinder, bei denen mithilfe eines Stethoskops und durch Beobachtung (Hand auf Brustkorb legen) die Respirationsrate bei wachen und schlafenden Kindern gemessen wurde. Es werden die Atemfrequenzen (Atemzüge pro Minute) für wache und schlafende Kinder als Verteilungen mit Mittelwert, Median und Standardabweichung in sieben Altersgruppen (Tabelle 8.3) angegeben.

Tabelle 8.3 Atemfrequenz (Atemzüge/min) für Kinder bis 3 Jahre nach Rusconi et al. 1994

Alter (Monate)	Anzahl	wach			schlafend		
		arith. Mittel	SD	Median	arith. Mittel	SD	Median
< 2	104	48,0	9,1	47	39,8	8,7	39
2 – < 6	106	44,1	9,9	42	33,4	7,0	32
6 – < 12	126	39,1	8,5	38	29,6	7,0	28
12 – < 18	77	34,5	5,8	34	27,2	5,6	26
18 – < 24	65	32,0	4,8	32	25,3	4,6	24
24 – < 30	79	30,0	6,2	30	23,1	4,6	23
30 – 36	61	27,1	4,1	28	21,5	3,7	21

Kritisch anzumerken ist jedoch, dass bei der verwendeten Veröffentlichung zur Stichprobe keine regionalen und zeitlichen Angaben vorhanden sind. Die Vermutung, dass es sich um italienische Daten handelt, besteht nur aufgrund der Herkunft der Autoren. Ebenfalls muss von der Atemfrequenz auf das Atemvolumen durch Einbeziehen des Atemzugvolumens (Tidalvolumen) geschlossen werden.

Bei einer kalifornischen Studie von **Beals et al. (1996)** mit 160 Probanden, Frauen, Männern und Kindern zwischen 6 und 12 Jahren, wurde das Atemminutenvolumen während der Durchführung einer Vielzahl verschiedener Akti-

⁹ Tachypnoe = gesteigerte Atemfrequenz bei erhöhtem Sauerstoffbedarf z. B. bei Erkrankung (Fieber)

vitäten im Labor und außerhalb gemessen. Gleichzeitig wurden die Herz- und Atemfrequenz, der Sauerstoffverbrauch sowie das Körpergewicht und die -höhe erhoben. Drei unterschiedliche Inhalationsniveaus wurden identifiziert und die verschiedenen Aktivitäten zugeordnet. Die Variabilität der Inhalationsrate ist für alle Gruppen durch eine Lognormalverteilung charakterisiert. Die Autoren zeigen, dass eine deutliche Korrelation der Inhalationsrate mit dem Körpergewicht und dem Alter besteht, wobei mit zunehmendem Körpergewicht auch die Korrelation zunimmt. Die Daten sind als Inhalationsraten für Männer, Frauen und Kinder und für die drei Inhalationsniveaus mit Mittelwert und Standardabweichung angegeben. Eine genauere Altersunterteilung erfolgte jedoch nicht.

In dem Artikel von **Hattis et al. (2001)** werden Daten aus quantitativen Beobachtungen der interindividuellen Variabilität von pharmakokinetischen und pharmakodynamischen Parametern auf die Reaktion der Probanden gegenüber Feinstäuben bereitgestellt. Dazu gehört neben der Staubdeposition in der Lunge auch die Inhalationsrate in Verbindung mit Aktivitätsmustern. Die Variabilität der Atemrate wurde anhand von Aktivitätsstudien geschätzt. In einem Diagramm wird eine Lognormalverteilung von aktivitätsbasierten täglichen Inhalationsraten nach den Daten der kalifornischen EPA von 1996 für Erwachsene und Kinder gezeigt. Hierbei wird deutlich, dass die Atemraten der Kinder über denen der Erwachsenen und Jugendlichen liegen, sie aber weniger Variabilität zeigen. Dies ist verständlich durch die Tatsache, dass Kinder einen relativ uniformen hohen Grad an Aktivität aufweisen im Gegensatz zu den Erwachsenen, deren Aktivitätsgrad und demzufolge auch deren Atemraten beträchtlich variieren.

Die **dänische EPA** hat 2001 eine Evaluation für Kinder und Ungeborene zu Exposition und Suszeptibilität gegenüber chemischen Substanzen herausgegeben (**Nielsen et al. 2001**). Es wird darauf hingewiesen, dass Kinder in Ruhe ein relativ höheres Atemvolumen im Vergleich zu Erwachsenen haben und ein erhöhtes Inhalationsvolumen durch ein höheres Aktivitätslevel während des Spielens. Sie verbringen mehr Zeit mit Außenaktivitäten und sind somit bestimmten Umweltschadstoffen, wie z. B. Feinstäube und Ozon, in größerem Maße ausgesetzt.

Für regulatorische Zwecke werden tägliche Inhalationsraten angegeben, die auf dem Sauerstoffbedarf basieren, der durch die tägliche Energieaufnahme bedingt ist. Die Daten stammen aus der Studie von Layton, die aus dem EFH der US EPA 1997 zitiert werden.

Harper et al. (2002) stellen Eingangsüberlegungen zu einem Expositionsszenario für eine spezifische Gruppe amerikanischer Ureinwohner vor, die in einem Reservat ihren traditionellen Lebensstil pflegt. In diesem Reservat befindet sich eine inaktive offene Uranmine, die eine Kontamination verschiedener Medien mit Radionukliden und Schwermetallen verursacht. Für die Inhalation gehen die Autoren von einer Rate von 30 m³ pro Tag aus, da diese Gruppe einen sehr aktiven „Outdoor“-Lebensstil (Fischen, Jagen etc.) führt. Die von der

US EPA empfohlene mittlere Inhalationsrate von 20 m³/d wird nach Einschätzung der Autoren dieser Subpopulation nicht gerecht. Stiftelman (2003) entgegnet dieser Annahme jedoch, sie sei biologisch unplausibel, da die Verwendung der täglichen kalorischen Erfordernisse für eine Langzeit-Betrachtung geeigneter erscheine. Wenn die Berechnung nach Layton (1993) für den kalorischen Bedarf verwendet wird, dann würde für eine tägliche Inhalation von 30 m³ Atemluft eine Energieaufnahme von 5 250 kcal pro Tag benötigt. Demgegenüber wird für dieses Szenario ein Kalorienbedarf zwischen 2 000 und 2 500 kcal/d angenommen, was umgekehrt zu einer Inhalationsrate von nur 14,3 – 17,1 m³/d führen würde. Harper et al. (2003) unterstreichen nochmals den Reasonable Maximum Exposure-Ansatz ihres Szenarios und den aktiven Lebensstil der spezifischen Population, welcher mit diesem Wert nach Vorstellungen der Autoren am besten repräsentiert wird.

Marty et al. (2002) haben im Rahmen des California's Air Toxics „Hot Spots“ Program Verteilungen der Atemraten für Kinder, Erwachsene sowie für eine Lebenszeit von 70 Jahren mithilfe einer Monte Carlo-Simulation für die Nutzung in Langzeit-Risikoabschätzungen generiert. Dies erfolgte unter der Verwendung von mehreren kalifornischen Studien über gemessene Atemraten und Aktivitätsmuster sowie mit Hilfe von Literaturdaten zum Energiebedarf. Die Parameter der an die Daten angepassten Gammaverteilung (u. a. Mittelwert, Standardabweichung, Schiefe, Kurtosis und Quantile) werden im Vergleich zu den empirischen Daten aufgeführt. Durch den Mangel an geeigneten Longitudinalstudien kommt es nach Auffassung der Autoren zu Unsicherheiten in Bezug auf eine Über- oder Unterschätzung der Atemraten durch die intraindividuelle Variabilität. Eine bessere Handhabung wäre jedoch durch das Hinzunehmen von Daten zur Energieaufnahme möglich.

Für eine probabilistische Modellierung benutzten **Pelekis et al. (2003)** Inhalationsdaten von Allan und Richardson (1998). Leider wurde diese Studie von Pelekis et al. falsch zitiert und konnte nicht von uns analysiert werden. Die Daten scheinen jedoch mit denen der Studie, die im Rahmen des kanadischen Expositionshandbuchs (vgl. Abschnitt 8.2.9) im Auftrag gegeben wurde, überein zu stimmen. Die Daten werden gleichwohl anders dargestellt: Inhalationsraten werden als eine Funktion von Alter, Geschlecht, Gewicht und Art der Aktivität angesehen, und variieren somit in der Population. Sechs Altersgruppen werden aufgeführt: 0 – 6 Monate, 7 Monate – 4 Jahre, 5 – 11, 12 – 19, 20 – 59, 60 Jahre und älter. Die Daten werden für jede Altersgruppe geschlechtsspezifisch und zudem in fünf Aktivitätsniveaus unterteilt. Angegeben werden jeweils die zugrunde liegende Verteilung (Normal- oder Lognormal-), der Mittelwert und die Standardabweichung. Eine Diskussion bzw. nachvollziehbare Herleitung der Angaben fehlt in der Publikation von Pelekis et al.

8.4 Fazit und Empfehlungen zur Inhalation

Es konnten keine neuen, für Deutschland repräsentativen Datenquellen identifiziert werden, die als Referenzwerte für Inhalationsraten genutzt werden könnten. Hier besteht somit auch weiterhin eine Datenlücke. Für die inhalative Expositionsabschätzung muss daher weiterhin auf Daten aus der Literatur zurückgegriffen werden.

Die in diesem Bericht dargestellten Literaturdaten können nicht uneingeschränkt empfohlen werden, da oft zu wenige Informationen über die Datenerhebungen wie z. B. die Gewichtung, die Konsistenz/Plausibilität und/oder den Algorithmus bei aggregierten Daten gegeben werden. Aus diesem Grund ist eine Verteilungsanpassung nach dem Xprob-Schema nicht möglich.

Wie mehrfach erwähnt, hängt die Inhalationsrate stark vom Alter, Körpergewicht, metabolischen Grundumsatz, von der Energiezufuhr sowie der körperlichen Aktivität ab. Da einige dieser Faktoren kulturelle und geographische Unterschiede aufzeigen, scheint eine uneingeschränkte Übertragung US-amerikanischer Angaben auf Deutschland nicht angemessen. Europäische Angaben wären daher besser geeignet.

Für die Inhalationsrate kann nur eine vorläufige Empfehlung gegeben werden, da die Datenlage derzeit als unzureichend anzusehen ist.

Von der kalifornischen EPA sind verteilungsbasierte Modellierungen der körpertgewichtsbezogenen Atemraten für Kinder und Erwachsene durchgeführt worden, wodurch ein Teil der für die Inhalation wichtigen Korrelationen Berücksichtigung findet. Für die **verteilungsbasierte Expositionsabschätzung** können diese Angaben für die Anwendung einer Gammaverteilung mit Einschränkungen empfohlen werden. Die Einschränkungen sind insbesondere durch die außereuropäische Herkunft der Daten begründet. Weiterhin ist anzumerken, dass es sich hierbei um die Beschreibung eines Querschnittes handelt, d. h. es wird eine durchschnittliche Zeit angenommen, die ein „durchschnittlicher“ Mensch mit unterschiedlichen Aktivitäten verbringt und somit der intraindividuellen Variabilität sowie der Variabilität über die Zeit keine Beachtung geschenkt.

Für die Anwendung als **Punktschätzung** in einem gestuften Verfahren können die Daten des AUH und ICRP Verwendung finden. Dabei muss beachtet werden, dass hierbei eine Überschätzung in der zentralen Tendenz möglich ist. Die Daten des ICRP haben dabei den Vorteil, dass sie für die europäische Bevölkerung geeignet sind. Außerdem erfolgt die Unterteilung in verschiedene Altersgruppen und die geschlechtsspezifische Differenzierung ab einem Alter von 10 Jahren. In beiden Quellen werden zudem die Atemraten für verschiedene Aktivitäten angegeben.

Für eine langfristige Exposition müssen die Inhalationsraten mit Aktivitätsmustern verknüpft werden. Die derzeit zur Verfügung stehenden und in die Daten-

bank RefXP integrierten Daten des Bundes-Gesundheitssurveys 1998 zum Zeitbudget (für Schlafen/Ruhen, Sitzen, leichte, mittlere und anstrengende Tätigkeiten; siehe Kapitel 5) können zu diesem Zweck genutzt werden. Es ist aber nicht möglich, in dieser Datenquelle eine Unterscheidung zwischen den Aktivitäten im Innenraum und in der Außenluft zu treffen. Für Kinder gibt es derzeit keine neue Datenquelle für Aktivitätsmuster. Hier muss auf die Angaben des AUH oder ICRP zurückgegriffen werden.

Um die tägliche inhalative Aufnahmemenge berechnen zu können, werden außerdem Angaben über die Aufteilung der Aktivitäten in einem 24-Stunden-Intervall benötigt. Hierfür stellen die Berichte des AUH und ICRP Daten zur Verfügung (siehe ebenfalls Abschnitt 5.3). Im AUH-Bericht ist dabei jedoch zu beachten, dass keine geschlechtsspezifischen Unterteilungen möglich sind.

Als eine Alternative ist die Berechnung der Inhalationsraten mittels Abschätzung der metabolischen Rate und der anschließenden Verknüpfung mit den Aktivitätsmustern möglich. Dieses erfordert jedoch einen erheblichen Bearbeitungsaufwand.

Tabelle 8.4 Inhalt der Datenbank RefXP zum Themenbereich Inhalation

Variable	Geschlecht	Alter	Literaturquelle	Kommentar ¹⁰
Körpergewichtsbezogene Atemraten (Verteilung)	keine Differenzierung	Kinder ≤ 12 Jahre; Erwachsene > 12 Jahre	Cal EPA 2000	Eingeschränkte allg. Qualitätsbeurteilung / Zugänglichkeit / Gültigkeit für die deutsche Bevölkerung / Repräsentativität / Variation
Aktivitätsabhängige Atemrate	keine Differenzierung	< 1, 1 – 3, 4 – 6, 7 – 9, 10 – 14, 15 – 19, 20 – 75 Jahre	AUH 1995	Eingeschränkte allg. Qualitätsbeurteilung / Zugänglichkeit / Aktualität / Gültigkeit für die deutsche Bevölkerung / Repräsentativität / Variation
Aktivitätsabhängige Atemrate	Frauen Männer	3 Monate, 1 Jahr, 5, 10, 15 Jahre; Erwachsene	ICRP 2003	Eingeschränkte allg. Qualitätsbeurteilung / Zugänglichkeit / Aktualität / Gültigkeit für die deutsche Bevölkerung / Repräsentativität / Variation

¹⁰ Hinweise zu den Einschränkungen sind in Tabelle 1.1 zu finden. Weitere Erläuterungen siehe Xprob-Bericht Teil 1 Kapitel 4

Zu einer eingehenden Diskussion der Problematik der inhalativen Expositionsabschätzung sei auf die Ausführungen im Kapitel 2, Teil 3 dieses Berichts, dem Innenraumszenario (PER), verwiesen.

Das Fazit zum Bereich der Inhalation als Expositionsfaktor wird nach Sichtung der aktuellen Studien- und Literaturlage deutlich: es besteht eine große Datenlücke und weiterer Forschungsbedarf. Aktuelle Erhebungen zur Atemrate im deutschen Raum sind nötig, um diese Lücke schließen zu können. Empfehlenswert aus probabilistischer Sicht wäre eine empirische Studie mit großer Stichprobe. Eine solche Studie würde geschlechts- und altersspezifische Auswertungen und Verteilungsanpassungen erlauben. Ebenfalls sollten hierbei die unterschiedlichen Aktivitätsstufen und Korrelationen der Einflussgrößen Berücksichtigung finden.

9 Dermale Aufnahme

Petra Okken

Durch Hautkontakt mit verschiedensten belasteten Matrices, wie Boden und Hausstaub, Trinkwasser und Oberflächenwasser, Luft, Textilien und Verbrauchsgütern, können Schadstoffe dermal resorbiert werden. Neben stoffspezifischen Einflussgrößen, wie der Schadstoffkonzentration in den Kontaktmedien und den Resorptionsraten des Schadstoffes, sind die folgenden personenbezogenen Daten zur Abschätzung dermalen Expositionen notwendig:

- Körperoberfläche (ggf. die Oberfläche exponierter Körperteile),
- Kontaktmengen (der belasteten Matrices),
- Kontaktdauer und -häufigkeit.

Informationen zur Körperoberfläche sind in Abschnitt 3 (Anthropometrie) zu finden. Als Information zur Kontaktdauer können teilweise die Empfehlungen aus Kapitel 4 (Zeitbudget) genutzt werden. Teilweise müssen sie aber auch fallspezifisch in den einzelnen Anwendungsszenarien beschrieben und geschätzt werden.

9.1 Kontaktmengen

Daten zu Kontaktmengen konnten in der internationalen Literatur nur für das Medium Boden identifiziert werden. Einen Überblick über diese großteils US-amerikanischen Studien geben folgende Autoren: US EPA 1992, Finley et al. 1994b, AUH 1995, US EPA 1997, US EPA 2001. Außerdem sind in diesen Arbeiten detaillierte Beschreibungen der durchgeführten Studien zu finden.

Die von Finley et al. (1994b) probabilistisch generierte Verteilung anhand der Datenbasis von vier bis 1994 durchgeführten Untersuchungen zeigt Boden-Kontaktmengen für alle Altersgruppen: Mittelwert $0,52 \text{ mg/cm}^2$; Standardabweichung $0,9 \text{ mg/cm}^2$; 50%-Quantil $0,25 \text{ mg/cm}^2$; 95%-Quantil $1,70 \text{ mg/cm}^2$.

9.2 Diskussion

Die Anzahl der Studien zu Boden-Kontaktmengen ist sehr limitiert und die aus ihnen resultierenden Werte aufgrund von methodischen Schwierigkeiten bei der Messung von Bodenanhäufungen mit großen Unsicherheiten behaftet. Finley et al. (1994b) überschätzen in ihrer Arbeit vermutlich die Kontaktmengen, denn die von ihnen genutzten Datengrundlagen betrachten lediglich Bodenmengen an den Händen. Eine Überschätzung könnte aus Hautspezifika der Hände (z. B. Furchen an Handinnenflächen, wenig Haarwuchs und mehr Kontakt mit Oberflächen von Händen als von anderen Körperteilen) resultierten (vgl. Finley et al.

1994b). Eine aktuellere Studie (Kissel et al. 1996) leitet generell niedrigere Werte zu Boden-Kontaktmenge ab. In dieser Studie wurde versucht, die auftretenden Bodenanhäufungen durch verschiedene Aktivitäten (z. B. Gartenarbeiten, sportliche Aktivitäten und Kinderspiel) experimentell zu bestimmen. Die Kontaktmengen wurden durch Vergleich des auf der Haut befindlichen Bodenmaterials vor und nach der Aktivität abgeleitet.

In der letzten Zeit werden im Rahmen des Arbeitsschutzes und auf EU-Ebene vermehrt Anstrengungen zur Ableitung von Informationen zu relevanten Einflussgrößen für die dermale Exposition unternommen. Zu nennen sind die Projekte DREAM (van Wendel de Joode et al. 2005) und RISKOFDERM (Kromhout et al. 2004). Die Ergebnisse dieser Bemühungen sollten zukünftig in Überlegungen zur Risikoabschätzung in Betracht gezogen werden. Bei der Auswahl der geeigneten Kontaktmengen-Werte für eine Risikoabschätzung sind dann Einflussgrößen, wie die Bodenart (Sand, Lehm etc.) und die Partikelgröße, zu beachten.

9.3 Fazit

Einige Faktoren, die eine Rolle bei der Schätzung der dermalen Exposition spielen, sind bereits in anderen Abschnitten dieses Berichts dokumentiert (Kapitel 4: Anthropometrie; Kapitel 5: Zeitbudget). Neue Empfehlungen für den Expositionsfaktor „Kontaktmenge“ wurden im Rahmen des Xprob-Projekts nicht abgeleitet. Für Deutschland konnten keine Datensätze identifiziert werden, die für eine Verteilungsanpassung herangezogen werden können. Zur Kontaktmenge mit Bodenmaterial wurde aus Kapazitätsgründen keine umfassende Literaturrecherche durchgeführt. Diesbezüglich wird auf die zitierten weiterführenden Übersichtsarbeiten inkl. dem AUH-Bericht verwiesen.

10 Gebrauch von Trinkwasser

Petra Okken

Kontaminationen des Trinkwassers, z. B. durch Bakterien, Viren, Parasiten oder chemische Schadstoffe, können nicht nur durch Trinken zu einem relevanten Expositionspfad in Risikoabschätzungen werden (vgl. Exner et al. 2004). Relevante Expositionswege im Falle von Trinkwasserkontaminationen können auch die Inhalation von Wasser und die dermale Aufnahme sein. Inhalation von im Wasser gebundenen Schadstoffen kommt z. B. bei der Körperhygiene (Duschen, Waschen oder Baden) vor. Dermale Kontakte mit Wasser ergeben sich darüber hinaus bei vielfältigen anderen Aktivitäten wie Reinigen, Wäschewaschen oder Gemüseputzen. Durch Verschlucken von Wasser beim Zähneputzen wäre des Weiteren eine orale Aufnahme von Wasser denkbar, die in Datengrundlagen zum Trinkwasserverzehr nicht berücksichtigt ist. Vor diesem Hintergrund wäre es wünschenswert, für die Bundesrepublik Deutschland wissenschaftlich abgesicherte Datengrundlagen für den Trinkwassergebrauch pro Person und Aktivität zur Verfügung zu haben. Außerdem erscheint es plausibel, dass sich dieser Wassergebrauch mit dem Alter verändert. Beispielsweise wird beim Baden von Säuglingen vermutlich weniger Wasser verbraucht als bei der Körperpflege von Erwachsenen. Auch das Verschlucken von Zahnpulverwasser ist bei kleinen Kindern wahrscheinlicher als bei älteren Kindern oder Erwachsenen. Einige Aktivitäten jedoch, wie Wäschewaschen oder Reinigen, werden von Kindern eher weniger ausgeübt. Deshalb wären Informationen zur Trinkwasserbenutzung unterschiedlicher Altersgruppen wünschenswert.

10.1 Literaturquellen zum Wassergebrauch

Zum Wassergebrauch wurde vom Xprob-Projekt eine umfangreiche Daten- und Literaturrecherche durchgeführt. Für eine Sekundärauswertung geeignete Daten zur Bereitstellung von verteilungsbasierten Angaben konnten vom Xprob-Projekt für die Bundesrepublik Deutschland nicht identifiziert werden. Nur einige wenige Literaturgrundlagen wurden durch die Recherche oder durch persönliche Kontaktaufnahme, z. B. mit Institutionen oder Experten für Trinkwasser, gefunden. Die meisten Quellen sind jedoch nicht wissenschaftlich abgesichert. Daten und Literatur zum Wassergebrauch aus anderen Ländern existieren zwar, sind aber nicht zweckmäßig für die Bundesrepublik Deutschland, da sich der Wasserverbrauch stark nach Nationen unterscheidet. Gründe für diese Unterschiede sind u. a. das Klima, die Wasserverfügbarkeit oder die Kosten für Trinkwasser.

10.1.1 Statistisches Bundesamt

Im Rahmen der Erhebung zur öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung werden alle drei Jahre u. a. Daten über die Abgabe von Wasser, die Zahl der versorgten Einwohner, die Menge an abgegebenem Trinkwasser und dessen Verbleib erhoben. Zur Auskunft verpflichtet sind bei der auf der Rechtsgrundlage des Umweltstatistikgesetzes vom 21. September 1994 (BGBl. Teil 1, Nr. 50) beruhenden Datenerfassung Körperschaften, Unternehmen und andere Einrichtungen, die Anlagen der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung betreiben, und die für die öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung zuständigen Gremien. In Tabelle 10.1 sind Angaben der Erhebung zur Wasserabgabe pro Einwohner (Letztverbraucher¹¹) und Tag nach Bundesländern für das Jahr 2001 aufgeführt.

Tabelle 10.1 Wasserabgabe an den Letztverbraucher der öffentlichen Wasserversorgung in Deutschland im Jahr 2001 nach Bundesländern (Statistisches Bundesamt 2003a)

Bundesland	Abgabe in Liter je Einwohner und Tag
Baden-Württemberg	124
Bayern	134
Berlin	124
Brandenburg	102
Bremen	138
Hamburg	150
Hessen	128
Mecklenburg-Vorpommern	102
Niedersachsen	131
Nordrhein-Westfalen	141
Rheinland-Pfalz	124
Saarland	121
Sachsen	90
Sachsen-Anhalt	95
Schleswig-Holstein	152
Thüringen	87
Insgesamt	127

Für personenbezogene Angaben zum Wassergebrauch ist in Risikoabschätzungen vor allem der Wasserverbrauch privater Haushalte ausschlaggebend, da die relevanten Expositionen vor allem im häuslichen Umfeld stattfinden (s. o.). In die Berechnung zur Wasserabgabe pro Einwohner und Tag sind in den zur Verfügung stehenden Daten des Statistischen Bundesamtes darüber

¹¹ Letztverbraucher sind private Haushalte (einschließlich Handwerk und Kleingewerbe), gewerbliche Unternehmen (Produzierendes Gewerbe, Handel, Verkehr, Dienstleistungen) und sonstige Abnehmer (z. B. Krankenhäuser, Schulen, Behörden, kommunale Einrichtungen, Bundeswehr, landwirtschaftliche Betriebe und für öffentliche Zwecke), mit denen die öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen die Wassermengen unmittelbar ab- oder verrechnen.

hinaus die Wasserabgaben an gewerbliche Unternehmen oder öffentliche Institutionen eingeflossen. Die in privaten Haushalten genutzte Wassermenge wird durch diese Daten also überschätzt. In Tabelle 10.1 zeigen sich des Weiteren Unterschiede in der Wasserabgabe pro Person und Tag nach Bundesländern. Diese regionalen Variationen können z. B. aus dem Industrialisierungsgrad oder aus klimatischen Unterschieden erklärt werden. In trockeneren Gebieten kann sich die Nutzung von Trinkwasser z. B. zur Sprengung von Rasenflächen oder Gärten erhöhen.

Der Wassergebrauch ist seit Jahren in Deutschland rückläufig (s. Tabelle 9.2). Gründe hierfür sind beispielsweise die in den letzten Jahren enorm gestiegenen Wassergebühren oder die zunehmende Verwendung wassersparender Armaturen.

Tabelle 10.2 Wasserabgabe an den Letztverbraucher der öffentlicher Wasserversorgung nach Jahr (Statistisches Bundesamt 2003a)

Jahr	Abgabe in Liter je Einwohner und Tag
2001	127
1998	129
1995	132
1991	144
1987*	146
1983*	147
1979*	135

* altes Bundesgebiet

Die veränderten Wasserabgaben in den Jahren sollten in Risikoabschätzungen, die lebenslange oder zurückliegende Expositionen betrachten, mit in die Überlegungen zur Modellbildung einbezogen werden.

10.1.2 Statistisches Jahrbuch der Bundesrepublik Deutschland

Vom Statistischen Bundesamt wird ebenfalls das Statistische Jahrbuch herausgegeben. Dieses Nachschlagewerk enthält neben Angaben aus ökonomischen oder sozialen Bereichen auch Informationen zur Versorgung der Bevölkerung mit Verbrauchsgütern und aus dem Umweltbereich. Daten zum Trinkwasserverbrauch pro Person nach verschiedenen Aktivitäten (%) sind hier zu finden (s. Tabelle 10.3).

Durch die anteiligen Trinkwasserverbrauchsdaten in Verbindung mit den täglichen Abgabemengen pro Person (vgl. Abschnitt 10.1.1) können Informationen über die Wasserverbrauchsmengen pro Aktivität abgeleitet werden. Bei Verbindung dieser Informationen sollte allerdings ein zeitlicher Bezug zwischen den Datenquellen bestehen, da die Rückläufigkeit des Wasserverbrauchs über die Jahre einen veränderten Umgang mit Trinkwasser annehmen lässt (vgl. Abschnitt 10.1.1).

Tabelle 10.3 Nach Aktivitäten differenzierter Trinkwasserverbrauch pro Person in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2003b)

Verwendungsarten	% Anteil am Gesamt-wasserverbrauch
Baden/Duschen/Körperpflege	36
Toilettenspülung	27
Wäschewaschen	12
Geschirrspülen	6
Raumreinigung, Autopflege, Garten	6
Essen und Trinken	4
Kleingewerbeanteil	9
Insgesamt	100

10.1.3 Weitere Informationsquellen

Für Risikoabschätzungen sind Angaben zum Wasserverbrauch pro Aktivität in Litern wünschenswert. Abgesicherte Datengrundlagen konnten hierfür aber nicht identifiziert werden. Die in Tabelle 10.4 dargestellten Informationen sind dem Internetauftritt des Wasserverbandes Peine entnommen (Wasserverband Peine 2003). Der Verband versorgt seit 1952 die Einwohner der Region mit Trink- und Brauchwasser. Auf welcher Grundlage die Daten (Schätzung oder Erhebung) beruhen, wurde nicht ausgewiesen. Die Daten können also nicht als abgesicherte Informationen angesehen werden. Dennoch liefern diese Informationen einen Überblick über die pro Aktivität verwendete Wassermenge und werden an dieser Stelle in Ermangelung anderer Datengrundlagen dargestellt.

Tabelle 10.4 Wasserverbrauch in privaten Haushalten pro Aktivität (Wasserverband Peine 2003)

Essen und Trinken	
Kaffeekochen (8 Tassen)	1 Liter
Kochen (z. B. Kartoffeln für 4 Personen)	1 Liter
Trinken (2 Gläser)	0,5 Liter
Reinigen von Lebensmitteln: Gemüsewaschen	3 – 5 Liter
Obstwaschen	2 – 4 Liter
Baden - Duschen - Körperpflege	
Vollbad	140 – 180 Liter
Duschbad	60 – 90 Liter
Zahnpflege	0,5 Liter
Händewaschen (1x)	2 – 3 Liter
Morgenwäsche	3 – 5 Liter
Geschirrspülen	
Handwäsche	ca. 40 Liter

10.2 Empfehlungen zum Trinkwassergebrauch

Daten zum Gebrauch von Trinkwasser sind nur sehr limitiert zu finden. Eine Differenzierung des Wassergebrauchs nach Altersgruppen kann aufgrund der verfügbaren Datenlage nicht vorgenommen werden. Die dargestellten Informationen können nur Hinweise zur Schätzung der verbrauchten Wassermenge pro Person und Tag oder pro Aktivität liefern. Aus den hier dargestellten Gründen können anhand der vorliegenden Literatur keine Empfehlungen für Referenzwerte zum Wassergebrauch formuliert werden.

Für Schätzungen der Schadstoffaufnahme bei Gebrauch von Trinkwasser durch Inhalation sind die Wärme des Wassers und der damit verbundene Verdampfungsgrad entscheidend. Hierfür konnten im Rahmen dieses Projekts allerdings ebenfalls keine Daten- oder Literaturgrundlagen identifiziert werden.

11 Wohncharakteristika

Claudia Peters

11.1 Einleitung

Für einige Expositionsabschätzungen sind neben den vorab beschriebenen Faktoren auch die Angaben zur Wohnsituation wichtig, weshalb das Projekt in Ergänzung und Erweiterung des AUH-Berichts den Bereich der Wohncharakteristika neu aufgenommen hat. Für Belastungen im Innenraum können Angaben beispielsweise für die Wohnungsgröße, das Raumvolumen, die Luftwechselrate und die Wohndauer sowie die Wohnumgebung eine wichtige Rolle spielen. Die Wohndauer ließe sich auch im Bereich des Zeitbudgets integrieren. Dort gibt es jedoch Angaben, die einen kürzeren Zeitraum (meist Stunden) umfassen. Die Wohndauer wird aber in Jahren angegeben. Für ein Innenraumszenario (siehe Anwendungsszenario PER in Teil 3) sind Daten von der Wohnung, in der sich die Individuen kürzer oder länger aufhalten, und von der Umgebung des Wohnhauses, ob es sich dabei um ein ländliches Gebiet, Industriegebiet oder sonstiges handelt, von Interesse. Viele Informationen zu diesem Bereich sind aber nur schwer zu erhalten.

Die zur Verfügung stehenden Datenquellen wurden bei Vorhandensein entsprechender Variablen zu Wohncharakteristika ausgewertet. Aus Kapazitätsgründen konnte jedoch keine zusätzliche umfassende Daten- und Literaturrecherche durchgeführt werden.

11.2 Datenquellen

Die vorhandenen Daten zielen insbesondere auf die Zeit des Wohnens in einer Wohnung ab, es werden aber auch Angaben zur Wohnumgebung gegeben.

Zur **Wohndauer** wurden in mehreren Datenquellen (siehe Abschnitt 3) Angaben gefunden, aus denen diese Variable berechnet und ausgewertete Ergebnisse in der Datenbank zur weiteren Verwendung bereitgestellt werden konnten.

Im Nationalen Untersuchungssurvey 1990/91 und im Gesundheitssurvey Ost-West 1990/92 wurde die Frage nach der Dauer des Wohnens am jetzigen Wohnort gestellt. Da sich dieses nicht explizit auf den Zeitraum des Aufenthaltes in einer Wohnung bezieht, wurde von der Auswertung dieser Datenquellen zum Themenbereich Wohncharakteristika und speziell der Wohndauer Abstand genommen. Demgegenüber ist im Umwelt-Survey 1990/92 direkt die Angabe vorhanden, seit welchem Jahr die Probanden in ihrer Wohnung wohnen. Eine Auswertung konnte aber trotzdem nicht erfolgen, da kein Erhebungsdatum in

dem Xprob zur Verfügung stehenden Datensatz vorlag. Eine Berechnung wäre aufgrund des Erhebungszeitraumes, der sich über drei Jahre erstreckte, zu ungenau, so dass eine Verwertung dieser Informationen in diesem Zusammenhang unterblieben ist.

11.2.1 Bundes-Gesundheitssurvey 1998

Auch im BGS 1998 zielt eine Frage auf die Wohndauer durch Angabe des Einzugsjahres:

„Seit wann bewohnen Sie Ihre Wohnung bzw. Ihr Haus?“

Mit dieser Angabe zum Bezug der jetzigen Wohnung ist die Variable Wohndauer (in Jahren) gebildet worden, indem in einem ersten Schritt das Einzugsjahr vom Erhebungsjahr abgezogen wurde. Das Ergebnis sind dann 0, 1, 2,... Jahre des Aufenthaltes der Personen dieses Haushaltes in der Wohnung. Diese Angabe ist jedoch nicht ausreichend, um genauere Zeitangaben zur Wohndauer zu erhalten. Daher wurde eine korrigierte Schätzung mithilfe des Untersuchungsmonats als Hilfsvariable vorgenommen.

Zunächst sind die Haushalte, die weniger als ein Jahr in der Wohnung leben, von denen mit einer Wohndauer von mindestens einem Jahr zu unterscheiden. Bei ersteren wird die halbe Anzahl der zum Zeitpunkt der Erhebung im Kalenderjahr abgelaufenen Monate als Wohndauer angenommen, so dass bei Probanden, die im März interviewt wurden, eine Wohndauer von $(3 \text{ Monate} \times 0,5 / 12) 0,125$ Jahren angenommen werden kann.

Wenn die Wohndauer jedoch mindestens ein Jahr beträgt, dann wurde die gesamte Anzahl der Monate bis zum Interview (Untersuchungsmonat) addiert und um Überschätzungen zu minimieren, gleichzeitig ein halbes Jahr abgezogen. Das Ergebnis ist die Wohndauer in Jahren.

Ein weiteres Problem, das sich aus dieser Berechnungsmethodik ergibt, ist die teilweise fehlende Übereinstimmung mit dem Lebensalter der Probanden. Es kommt aufgrund der Fragestellung im BGS 1998 vor, dass Personen scheinbar länger in der Wohnung leben, als ihr tatsächliches Alter ist. Dieses wurde zunächst verbessert, indem das Alter unter Hinzuziehen des Geburtsmonates genauer berechnet wurde, so dass diese Differenz noch max. 0,5 Jahre betragen kann. Durch die zweite Datenkorrektur, dass die Wohndauer höchstens dem des Alters entsprechen kann, wurde auch diese mögliche Unplausibilität ausgeräumt.

11.2.2 Sozio-ökonomisches Panel (SOEP)

Im Haushaltsfragebogen des SOEP wird den Probanden die folgende Frage gestellt:

„Seit wann wohnen Sie in dieser Wohnung?“

Die Berechnung erfolgte analog zu der Beschreibung beim BGS 1998.

Eine präzisere Schätzung der Wohndauer als oben beschrieben konnte aufgrund der vorhandenen Daten nicht durchgeführt werden, obwohl auch die Angabe des Einzugsmonats in die Wohnung als Variable im Datensatz aufgenommen worden ist. Diese Angaben sind jedoch mit so vielen fehlenden Werten versehen und nicht in die vom DIW aufbereitete Datei aufgenommen worden, so dass sich eine Schätzung der genauen Wohndauer nicht vermeiden lässt.

Der Stichprobenumfang beträgt für die Jahre 2001 bis 2003 ca. 22 000 Männer und Frauen. Die vorliegende Variable ist zur Begründung eines Referenzwertes geeignet, weil die Daten aus aktuellen, repräsentativen Erhebungen einer großen Stichprobe hervorgegangen sind. Für künftige Untersuchungen wäre allerdings empfehlenswert, dass auch zur Wohndauer genauere Datumsangaben erhoben, aufbereitet und zur Verfügung gestellt werden.

Mit dem Haushaltsfragebogen wurde auch die Größe der Wohnung in Quadratmeter erhoben. Diese Angaben sind verteilungsbasiert ausgewertet und in die Datenbank RefXP übernommen worden.

Im SOEP werden den Probanden weitere Fragen zur Wohnsituation gestellt:

„Und wie viele Räume hat Ihre Wohnung? Gemeint sind Räume ab 6qm, ohne Küche und ohne Bad.“

„Wann wurde das Haus, in dem Ihre Wohnung liegt, etwa erbaut?“

„Was ist das für ein Haustyp, in dem Sie hier wohnen?“

„Wie würden Sie die Wohngegend hier beschreiben?“

Da diese Angaben in kategorialer Form vorliegen, bedürfen sie eines gesonderten Auswertungsschemas. Dies zu entwickeln und die Auswertungen vorzunehmen, war im Rahmen des Xprob-Projekts aus Kapazitätsgründen jedoch nicht mehr möglich.

11.3 Empfehlungen zu den Wohncharakteristika

Zu den Wohncharakteristika allgemein ist die Datenlage als eher mangelhaft anzusehen. Zu Wohnungsraumvolumen und Luftwechselraten konnten keine Daten für Deutschland identifiziert werden. Lediglich zur Wohnungsgröße, die im SOEP abgefragt wird, konnten Verteilungen nach dem Xprob-Auswertungsschema angepasst werden. Das SOEP enthält einige weitere Angaben zur Wohncharakteristik, die in Zukunft noch auszuwerten sind.

Die Datenlage zur Wohndauer sieht demgegenüber besser aus. Es sind Angaben hierzu im BGS 1998 und SOEP vorhanden und verteilungsbasiert ausgewertet worden. Beide Surveys können als Referenzwerte für die Wohndauer empfohlen werden, da es sich um aktuelle, repräsentative Erhebungen handelt und aufgrund des Stichprobenumfangs alters- und geschlechtsspezifische Auswertungen durchgeführt werden konnten. Im BGS 1998 wurden die Berech-

nungen der Wohndauer etwas präziser durchgeführt, aber die Stichprobe ist mit $N = 6\,935$ wesentlich kleiner als im SOEP, mit dem eine Datenbasis für mehr als 20 000 Personen zur Verfügung steht. Diese Überlegungen sollten bei der Wahl der Referenzdaten mitbedacht werden. Die Wohnungsgröße, die im SOEP zusätzlich abgefragt und von Xprob ausgewertet wurde, kann aufgrund der Aktualität, Repräsentativität und des Stichprobenumfangs ebenso als Referenz empfohlen werden. In Tabelle 11.1 sind die in der Datenbank RefXP vorhandenen Datensätze aufgeführt.

Tabelle 11.1 Übersicht über die in der Datenbank RefXP verfügbaren Daten zum Themenbereich Wohncharakteristika

Variable	Geschlecht	Alter	Datenquelle	Kommentar ¹²
Wohndauer	Frauen Männer	17 – 79 Jahre	BGS 1998	Empfehlung
Wohndauer, Wohnungsgröße	Frauen Männer	17 – 99 Jahre	SOEP 2001 – 2003	Empfehlung

¹² Hinweise zu den Einschränkungen sind in Tabelle 1.1 zu finden. Weitere Erläuterungen siehe Xprob-Bericht Teil 1 Kapitel 4

12 Literatur und Datenquellen

- [Adams 1993] Adams WC 1993, Measurement of breathing rate and volume in routinely performed daily activities, California Air Resources Board Research Division, Sacramento, California. Zitiert nach Cal EPA (2000)
- [Adolf 2003] Adolf T (2003): Public Use File Nationale Verzehrsstudie (NVS) und Verbundstudie Ernährungserhebung und Risikofaktoranalytik (VERA) - Dokumentation und Datenfiles. Justus-Liebig-Universität, Institut für Ernährungswissenschaften, Gießen.
- [Adolf et al. 1994] Adolf T, Eberhardt W, Heseker H, Hartmann S, Herwig A, Matiaske B, Moch KJ, Schneider R, Kübler W (1994): Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland (Oktober 1985 bis Januar 1989). Ergänzungsband zum Ernährungsbericht 1992 auf Basis der Nationalen Verzehrsstudie. VERA Schriftenreihe Band XII. Wiss. Fachverlag, Niederkleen.
- [Adolf et al. 1995] Adolf T, Schneider R, Eberhardt W, Hartmann S, Herwig A, Heseker H, Hünchen K, Kübler W, Matiaske B, Moch KJ, Rosenbauer J (1995): Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie (1985-1988) über die Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland. VERA Schriftenreihe Band XI. Wiss. Fachverlag, Niederkleen.
- [AIHC 1994] American Industrial Health Council (AIHC) (1994): Exposure factors sourcebook. American Industrial Health Council, Washington DC.
- [Alexy, Kersting 1999] Alexy U, Kersting M (1999): Was Kinder essen – und was sie essen sollten. Die DONALD-Studie und die Ernährungskonzepte des FKE. H. Marseille Verlag, München.
- [Alexy, Kersting 2003] Alexy U, Kersting M (2003): Time trends in the consumption of dairy foods in German children and adolescents. European Journal of Clinical Nutrition 57, 1331-1337.
- [Allan 1995] Allan M (1995): Probabilistic Assessment of 24 hour breathing rates. Cornerstone Engineering and Consulting Inc. Calgary Alberta. Zitiert nach Richardson (1997)
- [Allan, Richardson 1998] Allan M, Richardson GM (1998): Probability density functions describing 24-hour inhalation rates for use in human health risk assessments. Human and Ecological Risk Assessment 4 (2): 379-408. Korrigiert zitiert nach Pelekis et al. (2003)
- [Anders et al. 1990] Anders HJ, Matiaske B, Stübner S, Kemeter D (1990): Repräsentative Verzehrsstudie in der Bundesrepublik Deutschland inklu-

sive West-Berlin – Messung ernährungsphysiologischer Verhaltensweisen, Schlussbericht. GfK-Marktforschung, Nürnberg.

- [**ATSDR 1992**] Agency for Toxic Substances and Disease Registry (1992): Public health assessment guidance manual. Lewis Publishers, Boca Raton.
- [**AUH 1995**] Ausschuss für Umwelthygiene (AUH) (1995): Standards zur Expositionsabschätzung. Bericht des Ausschusses für Umwelthygiene. Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales Hamburg (Hrsg.), Hamburg.
- [**Beals et al. 1996**] Beals JAJ, Funk LM, Fountain R, Sedman R (1996): Quantifying the distribution of inhalation exposure in human populations: Distribution of minute volumes in adults and children. *Environ Health Perspect* 104: 974-79.
- [**Becker et al. 2001**] Becker K, Kaus S, Helm D, Krause C, Meyer E, Schulz C, Seiwert M. (2001): Trinkwasser – Elementgehalte in Stagnationsproben des häuslichen Trinkwassers der Bevölkerung in Deutschland. *Umwelt-Survey 1998, Band IV. WaBoLu-Hefte 02/2001*, Umweltbundesamt, Berlin.
- [**Becker et al. 2002**] Becker K, Kaus S, Krause C, Lepom P, Schulz C, Seiwert M, Seifert B (2002): *Umwelt-Survey 1998, Band III: Human-Biomonitoring. Stoffgehalte in Blut und Urin der Bevölkerung in Deutschland. WaBoLu-Hefte Nr. 01/2002*, Umweltbundesamt, Berlin.
- [**Benterbusch 2001**] Benterbusch R (2001): 1. Sächsische Verzehrsstudie: Ergebnisse – Daten – Auswertung. Sächsisches Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden.
- [**Bergmann, Mensink 1999**] Bergmann KE, Mensink GBM (1999): Körpermaße und Übergewicht. *Gesundheitswesen* 61 Sonderheft 2: 115-20.
- [**Binder et al. 1986**] Binder S, Sokal D, Maughan D (1986): Estimating soil ingestion: the use of tracer elements in estimating the amount of soil ingested by young children. *Archives of Environmental Health* 41 (6): 341-345.
- [**Bockting, van den Berg 1992**] Bockting G, van den Berg R (1992): De accumulatie van sporenmetalen in groenten geteeld op verontreinigde bodems. Een literatuurstudie. RIVM Report 725201009. RIVM, Bilthoven, Niederlande.
- [**Boeing et al. 1999a**] Boeing H, Korfmann A, Bermann MM (1999): Recruitment procedures of EPIC-Germany. *Annals of Nutrition and Metabolism* 43 (4): 205-215.
- [**Boeing et al. 1999b**] Boeing H, Wahrendorf J, Becker N (1999): EPIC-Germany – A source for studies into diet and risk of chronic diseases. *Annals of Nutrition and Metabolism* 43 (4): 195-204.

- [**Bohlscheid-Thomas et al. 1997**] Bohlscheid-Thomas S, Hoting I, Boeing H, Wahrendorf J (1997): Reproducibility and relative validity of food group intake in a food frequency questionnaire developed for the German part of the EPIC project. *International Journal of Epidemiology* 26 Supplement 1: S59-S70.
- [**Bothe 2004**] Bothe M (2004): Quantifizierung der Ingestion von Boden durch Kinder. Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU-2004-647, BMU, Bonn.
- [**Boyd 1935**] Boyd E (1935): The growth of the surface area of the human body. Minneapolis: University of Minnesota Press, Minneapolis. MN, USA. Zitiert nach ICRP 2003
- [**Brandstetter et al. 1999**] Brandstetter BR, Korfmann A, Kroke A, Becker N, Schulze MB, Boeing H (1999): Dietary habits in the German EPIC cohorts: Food group intake estimated with the food frequency questionnaire. *Annals of Nutrition and Metabolism* 43 (4): 246-257.
- [**Brombach 2005**] Brombach C (2005): Eckpunkte zur Nationale Verzehrsstudie II – Bundesweite Erhebung zur Ernährungssituation von Jugendlichen und Erwachsenen. Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel. Internet: www.was-esse-ich.de, Oktober 2005.
- [**Brožek et al. 1988**] Brožek J, Burmeister W, Méndez J, et al. (1988): Bestimmung von Körperoberfläche, -volumen und -zusammensetzung. In: Knußmann R (Hrsg.): *Anthropologie, Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart - New York.
- [**Bruns-Philipps 2003**] Bruns-Philipps E (2003): Prävalenzentwicklung, Einflussfaktoren und Beispiele für Präventionsansätze bei der Adipositas von Schulanfängern – Eine Analyse anhand der Schuleingangsuntersuchungen des Regierungsbezirkes Weser-Ems 1993-2001 (Magisterarbeit der MHH).
- [**Cal EPA 2000**] Cal EPA (California Environmental Protection Agency) (2000): Air Toxics Hot Spots Program. Risk assessment guidelines. Part IV. Oakland, California.
- [**Cal EPA 2000**] California Environmental Protection Agency (2000): Air Toxics „Hot Spots“ Program Risk Assessment Guidelines Part IV. Technical support document for exposure assessment and stochastic analysis. Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency. http://www.oehha.ca.gov/air/hot_spots/finalStoc.html
- [**Calabrese et al. 1989**] Calabrese EJ, Barnes R, Stanek E J et al. (1989): How much soil do young children ingest: An epidemiologic study. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 10: 123-137.

- [**Calabrese et al. 1990**] Calabrese EJ, Stanek EJ, Gilbert CE, Barnes RM (1990): Preliminary adult soil ingestion estimates: Results of a pilot study. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 12: 88-95.
- [**Calabrese et al. 1991**] Calabrese EJ, Stanek EJ, Gilbert CE (1991): Evidence of soil-pica behaviour and quantification of soil ingested. *Hum Exp Toxicol* 10: 245-249.
- [**Calabrese et al. 1997**] Calabrese EJ, Stanek EJ, Pekow P, Barnes RM (1997): Soil ingestion estimates for children residing on a Superfund site. *Ecotoxicol Environ Saf.* 36 (3): 258-268.
- [**Calabrese, Stanek 1991a**] Calabrese EJ, Stanek EJ (1991a): A guide to interpreting soil ingestion studies I: Development of a model to estimate soil ingestion detection level of soil ingestion studies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 13: 263-277.
- [**Calabrese, Stanek 1991b**] Calabrese EJ, Stanek EJ (1991b): A guide to interpreting soil ingestion studies II: Qualitative and quantitative evidence of soil ingestion. *Regul Toxicol Pharmacol* 13 : 278-293.
- [**Calabrese, Stanek 1992a**] Calabrese EJ, Stanek EJ (1992a): What proportion household dust is derived from outdoor Soil? *Journal of Soil contamination* 1 (3): 253-263.
- [**Calabrese, Stanek 1992b**] Calabrese EJ, Stanek EJ (1992b): Distinguishing outdoor soil ingestion from indoor dust ingestion in a soil pica child. *Regul Toxicol Pharmacol* 15: 83-85.
- [**Calabrese, Stanek 1992c**] Calabrese EJ, Stanek EJ (1992c): An improved method for estimating soil ingestion in children and adults. *J Environ Sci Health A* 28: 363-371.
- [**Calabrese, Stanek 1993**] Calabrese EJ, Stanek EJ (1993): Soil pica: not a rare event. *J Environ Sci Health. A28* (2): 372-384.
- [**Calabrese, Stanek 1994**] Calabrese EJ, Stanek EJ (1994): Soil ingestion issues and recommendations. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 29 (3): 517-530.
- [**Calabrese, Stanek 1995**] Calabrese EJ, Stanek EJ (1995): Resolving intertracer inconsistencies in soil ingestion estimation. *Environmental Health Perspective* 103: 454-457.
- [**Clausing et al. 1987**] Clausing P, Brunekreef B, van Wijnen JH (1987): A method for estimating soil ingestion by children. *Int. Arch. Occup. Health* 59: 73-82.
- [**Davis et al. 1990**] Davis S, Waller P, Buschbom R, Ballou J, White P (1990): Quantitative estimates of soil ingestion in normal children between the ages of 2 and 7 years: population-based estimates using aluminum, sili-

con, and titanium as soil tracer elements. Archives of Environmental Health 45: 112-122.

- [**DEQ 1998**] DEQ (Oregon Department of Environmental Quality) (1998): Guidance for use of probabilistic analysis in human health risk assessment. Interim Final. Oregon Department of Environmental Quality Waste Management & Cleanup Division, Portland, Oregon.
- [**Deurenberg et al. 1991**] Deurenberg P, Weststrate JA, Seidell JC (1991): Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. Br J Nutr 65:105-114. <http://www.halls.md/bmi/fat.html>
- [**Deurenberg et al. 1998**] Deurenberg P, Yap M, van Staveren WA (1998): Body mass index and percent body fat. A meta analysis among different ethnic groups. Int J Obes Relat Metab Disord 22: 1164-1171.
- [**DGE 2000**] Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2000): Ernährungsbericht 2000. DGE, Frankfurt/M.
- [**DGE 2004**] Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2004): Ernährungsbericht 2004. DGE, Bonn.
- [**Döring et al. 2005**] Döring A, Meisinger C, Thorand B, Löwel H (2005): Ernährungsverhalten und Übergewicht: Untersuchungen in den MONICA/KORA-Studien. Gesundheitswesen 67 (2005) Sonderheft 1, S51-S56.
- [**DuBois, DuBois 1916**] DuBois D, DuBois EF (1916): A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. Arch Intern Med 17: 863-871. Zitiert nach ICRP 2003
- [**ECETOC 2001**] European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC) (2001): Exposure factors sourcebook for European populations (with focus on UK Data). Technical Report No. 79. ECETOC, Brussels.
- [**EFCOSUM 2001**] European Food Consumption Survey Method (EFCOSUM) - Group (2001): European Food Consumption Survey Method (EFCOSUM) - Final Report. TNO Report V3766. TNO, Zeist.
- [**enHealth 2003**] enHealth (2003): Australian Exposure Assessment Handbook, Consultation Draft, Dec. 2003. Australian Government Department of Health and Ageing, and enHealth Council, Canberra.
- [**Exner et al. 2004**] Exner M, Feldhoff KH, Lacombe M et al. (Hrsg.) (2004): Empfehlende Leitlinien bei Grenzwertüberschreitungen im Trinkwasser und bei Auftreten trinkwasserbedingter Erkrankungen. Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst Nordrhein-Westfalen (Iögd NRW), Bielefeld.
- [**FDG 1991**] Projektträgerschaft Forschung im Dienste der Gesundheit (FDG) in der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) (Hrsg.):

Die Nationale Verzehrsstudie – Ergebnisse der Basisauswertung. Wirtschaftsverlag NW, Bonn.

- [**Finley et al. 1994a**] Finley BL, Proctor D, Scott P et al. (1994): Recommended distributions for exposure factors frequently used in health risk assessment. *Risk Analysis* 14 (4): 533-553.
- [**Finley et al. 1994b**] Finley B L, Scott PK, Mayhall A (1994): Development of a standard soil-to-skin adherence probability density function for use in Monte Carlo analyses of dermal exposure. *Risk Analysis* 14 (4): 555-569.
- [**Fischer 1999**] Fischer K (1999): Analyse der Ernährungssituation in Bayern auf der Grundlage der Nationalen Verzehrsstudie (1985-1989) und der Bayerischen Verzehrsstudie (1995). Peter Lang Verlag, Frankfurt/M.
- [**Fischer et al. 1997**] Fischer K, Karg G, Gedrich K (1997): Ernährungssituation in Bayern – Stand und Entwicklung. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt Bayrische Verzehrsstudie (1995). TU München, München.
- [**Funk et al. 1998**] Funk LM, Sedman R, Beals JAJ et al. (1998): Quantifying the distribution of inhalation exposure in human populations: 2. distributions of time spent by adults, adolescents, and children at home, at work, and at school. *Risk Anal* 18: 47-56.
- [**Gallagher et al. 1996**] Gallagher D, Visser M, Sepulveda D, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB. (1996): How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups? *Am J Epidemiol* 143(3): 228-239. <http://www.halls.md/bmi/race.htm>
- [**Gedrich, Karg 2000**] Gedrich K, Karg G (2000): Nationale Verzehrsstudien als Datengrundlage einer zukunftsfähigen Ernährungsberichterstattung. In: Köhler BM, Oltersdorf U, Papastefanou G (Hrsg.): Ernährungsberichterstattung in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin- Bohn, edition sigma: 84-98.
- [**Gehan, George 1970**] Gehan EA, George SL. (1970): Estimation of human body surface area from height and weight. *Cancer Chemother Rep.* 54(4):225-35. Zitiert nach ICRP 2003
- [**Glaesmer, Brähler 2002**] Glaesmer H, Brähler E (2002): Schätzung der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas auf der Grundlage subjektiver Daten zum Body-Mass-Index (BMI). *Gesundheitswesen* 64: 133-38.
- [**Greil 2005**] Greil H (2005): Persönliche Mitteilung. Anthropometrische Datenbank. Universität Potsdam, Institut für Biochemie und Biologie, Fachgebiet Humanbiologie, Potsdam.
- [**Haisken-DeNew, Frick 2003**] Haisken-DeNew JP, Frick JR (Eds.) (2003): DTC – Desktop Companion to the German Socio-Economic Panel Study (SOEP), Version 7.0 September 2003, Updated to Wave 19 (S), DIW, Berlin. (<http://www.diw.de/deutsch/sop/service/dtc/dtc.pdf>)

- [**Harper et al. 2002**] Harper BL, Flett B, Harris S et al. (2002): The Spokane Tribe's multipathway subsistence exposure scenario and screening level RME. *Risk Analysis* 22: 513-26.
- [**Harper et al. 2003**] Harper BL, Flett B, Harris S et al. (2003): Response to Letter to the Editor. *Risk Analysis* 23: 861-64.
- [**Hattis et al. 2001**] Hattis D, Russ A, Goble R et al. (2001): Human inter-individual variability in susceptibility to airborne particles. *Risk Analysis* 21: 585-99.
- [**Haycock et al. 1978**] Haycock GB, Schwartz GJ, Wisotsky DH (1978): Geometric method for measuring body surface area: a height-weight formula validated in infants, children, and adults. *J Pediatr.* 93(1):62-66. Zitiert nach ICRP 2003
- [**Heseker et al. 2003**] Heseker H, Oepping A, Vohmann C (2003): Verzehrsstudie zur ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern für die Abschätzung eines akuten Toxizitätsrisikos durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (VELS) – Forschungsbericht. Universität Paderborn, Fachgruppe Ernährung und Verbraucherbildung.
- [**Hilbig, Kersting 2003**] Hilbig A, Kersting M (2003): Statistischer Analyse extremer Verzehrsgewohnheiten von Säuglingen und Kleinkindern – Auswertung der DONALD-Studie. Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz BMU-2003-630. BMU, Bonn.
- [**Himmerich et al. 2005**] Himmerich S, Gedrich K, Karg G (2005): Bayerische Verzehrsstudie (BVS) II – Abschlussbericht. (<http://www.vis-ernaehrung.bayern.de>, Zugriff 03.10.2005).
- [**HmbSG 1997**] HmbSG (1997): Hamburgisches Schulgesetz (HmbSG) vom 16. April 1997, Hamburg.
- [**Hoffmann et al. 2002**] Hoffmann K, Boeing H, Dufour A, Volatier JL, Telman J, Virtanen M, Becker W, DeHenauw S (2002): Estimating the distribution of usual dietary intake by short-term measurements. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56 Suppl 2, S53-S62.
- [**Hoffmeister, Bellach 1995**] Hoffmeister H, Bellach BM (1995): Die Gesundheit der Deutschen. Ein Ost-West-Vergleich von Gesundheitsdaten. RKI-Heft 7. RKI, Berlin.
- [**ICRP 1975**] International Commission on Radiological Protection (1975): ICRP Publication 23: Reference Man: Anatomical, Physiological and Metabolic Characteristics, Elsevier.
- [**ICRP 1994**] International Commission on Radiological Protection (1994): ICRP Publication 66 (1994): Human respiratory tract model for radiological protection. International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, Oxford, UK.

- [ICRP 2003] International Commission on Radiological Protection (2003): ICRP Publication 89 (2003): Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: Reference values. International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, Oxford, UK.
- [Ihme 1994] Ihme W (1994): Allgemeines Modell zur Quantifizierung der Exposition des Menschen durch kontaminierte Böden. Dissertation. Verlag Shaker, Aachen.
- [Jackson et al. 1980] Jackson AS, Pollock ML, Ward A (1980): Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exercise* 1980; 12:175-182.
- [Jackson et al. 2002] Jackson AS, Stanforth PR, Gagnon J, Rankinen T, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Bouchard C, Wilmore JH (2002): The effect of sex, age and race on estimating percentage body fat from body mass index: The Heritage Family Study. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 26(6):789-796
- [Jürgens 1999] Jürgens HW (1999): Handbuch der Ergonomie – B 1. Hrsg. Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, Koblenz.
- [Kersting et al. 2003] Kersting M, Alexy U, Rothmann N (2003): Fakten zur Kinderernährung. Forschungsinstitut für Kinderernährung. H. Marseille Verlag, Dortmund- München.
- [Kersting et al. 2004] Kersting M, Alexy U, Kroke A, Lentze MJ (2004): Kinderernährung in Deutschland – Ergebnisse der DONALD-Studie. *Bundesgesundheitsblatt* 47, 213-218.
- [Kissel et al. 1996] Kissel J, Richter K, Fenske R (1996): Field measurements of dermal soil loading attributable to various activities: Implications for exposure assessment. *Risk Analysis* 16 (1): 116– 25.
- [Klemm et al. 1999] Klemm Ch, Mathis G, Christ M, Gebhardt G, Hamami E, Pathasart B, Wagner U, Dehne LI (1999): Der Bundeslebensmittelschlüssel (BLS II.3) – Konzeption, Aufbau und Dokumentation der Datenbank blsd. BgVV-Hefte 08/1999. Bundesinstitut für den gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, Berlin.
- [Knussmann 1988] Knussmann R (1988): Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Band I, 1. Fischer Verlag Stuttgart.
- [Krause et al. 1989] Krause C, Chutsch M, Henke M et al. (1989): Umwelt-Survey, Band I, Studienbeschreibung und Humanbiologisches Monitoring. WaBoLu-Hefte 5/1989. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, Berlin.
- [Krause et al. 1995] Krause C, Becker K, Bernigau W, et al. (1995): Umwelt-Survey in den fünf neuen Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991/92 (unter Berücksichtigung der Erhebungen in den alten Ländern

1990/91 und 1985/86). Forschungsbericht 116 06 088/02 des Umweltbundesamtes, Berlin.

- [**Krause et al. 1996**] Krause C, Babisch W, Becker K et al. (1996): Umwelt-Survey 1990/92, Band Ia: Studienbeschreibung und Human-Biomonitoring: Deskription der Spurenelementgehalte in Blut und Urin der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland. WaBoLu-Hefte 1/96. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, Berlin.
- [**Krause et al. 1998**] Krause C, Seifert B und Schulz C (1998): Umwelt-Survey 1997/98. Gesundheitswesen 60, Sonderheft 2: 577-82.
- [**Kroes et al. 2002**] Kroes R, Müller D, Lambe J, Löwik MRH, van Klaveren J, Kleiner J, Massey R, Mayer S, Urieta S, Verger P, Visconti A (2002): Assessment of intake from the diet. Food and Chemical Toxicology 40, 327-385.
- [**Kroh 2005**] Kroh M (2005): Intervieweffekte bei der Erhebung des Körpergewichts in Bevölkerungsumfragen. Gesundheitswesen 67: 646-55.
- [**Krohmeier-Hauschild et al. 2001**] Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D et al. (2001): Perzentile für den Body-Mass-Index für das Kinder- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. Monatsschr Kinderheilkd 149: 807-18.
- [**Kroke et al. 1999**] Kroke A, Bergmann MM, Lotze G, Jeckel A, Klipstein-Grobusch K, Boeing H (1999): Measures of quality control in the German component of the EPIC-study. Annals of Nutrition and Metabolism 43 (4): 216-224.
- [**Kroke et al. 2004**] Kroke A, Manz F, Kersting M, Remer T, Sichert-Heller W, Alexy U, Lentze MJ (2004): The DONALD Study – History, current status and future perspectives. European Journal of Nutrition 43: 45-54.
- [**Kromhout et al. 2004**] Kromhout H, Fransman W, Vermeulen R, Roff M, van Hemmen JJ (2004): Variability of task-based dermal exposure measurements from a variety of workplaces. Ann Occup Hyg. 48 (3): 285-297.
- [**Kurth et al. 2002**] Kurth BM, Bergmann KE, Hölling H, Kahl H, Kamtsiuris P, Thefeld W (2002): Der bundesweite Kinder- und Jugendsurvey – Das Gesamtkonzept. Gesundheitswesen 64 Sonderheft 1, S99-S106.
- [**Layton 1993**] Layton DW (1993): Metabolically consistent breathing rates for use in dose assessments. Health Phys. 64 (1): 23-36. Erratum in: Health Phys 64 (5): 561.
- [**Lentner 1984**] Lentner, C. (Ed.) (1984) Geigy Scientific Tables. Vol. 3. Physical Chemistry, Composition of Blood, Hematology, Somatometric Data, 8th edn. Ciba-Geigy, Basel. Zitiert nach ICRP 2003

- [**Lin 1994**] Lin Y (1994): Simulationsmodell zur Cadmium-Exposition durch Altlasten vor und nach der Sanierung. Fortsch.-Ber. VDI Reihe 15 Nr. 130. VDI-Verlag Düsseldorf.
- [**Linn et al. 1993**] Linn WS, Spier CE, Hackney JD (1993): Activity patterns in ozone-exposed workers. J Occup Med Toxicol 2: 1-14. Zitiert nach Cal EPA (2000)
- [**Lobscheid et al. 2004**] Lobscheid AB, Maddalena RL, McKone TE (2004): Contribution of locally grown foods in cumulative exposure assessments. J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol. 14 (1): 60-70.
- [**Löwel et al. 2005**] Löwel H, Döring A, Schneider A, Heier M, Thorand B, Meisinger C (2005): The MONICA Augsburg surveys – Basis for prospective cohort studies. Gesundheitswesen 67 (2005) Sonderheft 1, S13-S18.
- [**LUA NRW 2001**] Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW) (Hrsg.) (2001): Verzehrsstudie in Kleingärten im Rhein-Ruhr-Gebiet. Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz. LUA NRW, Essen.
- [**Marty et al. 2002**] Marty AM, Blaisdell RJ, Broadwin R et al. (2002): Distribution of daily breathing rates for use in California's Air Toxics Hot Spots Program Risk Assessment. Hum Ecol Risk Assess 7: 1723-37.
- [**Mekel 1996**] Mekel O (1996): Anbau und Verzehr von Obst und Gemüse bundesdeutscher Kleingärtner im Hinblick auf Expositions- und Risikoabschätzungen. Cuvillier Verlag, Göttingen
- [**Mensink et al. 1998**] Mensink GBM, Hermann-Kunz E, Thamm M (1998): Der Ernährungssurvey. Gesundheitswesen 60, 83-86.
- [**Mensink et al. 1999**] Mensink GBM, Thamm M, Haas K (1999): Die Ernährung in Deutschland 1998. Gesundheitswesen 61 Sonderheft 2, S201-S206.
- [**Mensink et al. 2002**] Mensink GBM, Burger M, Beitz R, Henschel Y Hintzpeter B (2002): Was essen wir heute? Ernährungsverhalten in Deutschland. Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung in Deutschland. RKI, Berlin.
- [**Mensink, Burger 2004**] Mensink GBM, Burger M (2004): Was isst du? Ein Verzehrhäufigkeitsfragebogen für Kinder und Jugendliche. Bundesgesundheitsblatt 47: 219-226.
- [**Murray und Burmaster 1992**] Murray DM, Burmaster DE (1992): Estimated distributions for total body surface area of men and women in the United States. J Expo Anal Environ Epidemiol. 2(4): 451-461.
- [**Nielsen et al. 2001**] Nielsen E, Thorup A, Schnipper A et al. (2001): Children and the unborn child. Exposure and susceptibility to chemical substances – an evaluation. Environmental Project No. 589. Danish Environmental Protection Agency, Kopenhagen.

- [Nusser et al. 1996] Nusser SM, Carriquiri AL, Dodd KW, Fuller WA (1996): A semiparametric transformation approach to estimating usual daily intake distributions. *Journal of the American Statistical Association* 91: 1440-1449.
- [Oltersdorf 1995] Oltersdorf US (1995): Ernährungsepidemiologie – Mensch, Ernährung, Umwelt. Stuttgart: Ulmer.
- [Paustenbach 1989] Paustenbach DJ (1989): A survey of health risk assessment. In: Paustenbach DJ (ed). *The risk assessment of environmental and human health hazards: a textbook of case studies*. John Wiley & Son, New York.
- [Pelekis et al. 2003] Pelekis M, Nicolich MJ, Gauthier JS (2003): Probabilistic framework for the estimation of the adult and child toxicokinetic intraspecies uncertainty factors. *Risk Anal* 6: 1239-54.
- [Radoschewski et al. 1997] Radoschewski M, Kirschner R, Kunert M (1997): Umwelt-Survey – ein Vergleich 1985/86 mit 1990/91, Band IIa: Fragebogenerhebung zur Exposition der Bevölkerung im häuslichen Bereich und zu ausgewählten Problemen des Umweltschutzes in den alten Bundesländern. WaBoLu-Hefte 3/97. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, Berlin.
- [RHmV, Anlage 4, 1999] Verordnung über Höchstmengen an Rückständen von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln, Düngemitteln und sonstigen Mitteln in oder auf Lebensmitteln RHmV - Rückstands-Höchstmengenverordnung vom 21. Oktober 1999, Anlage 4 zu §1 Abs. 2 bis 4 RHmV: Lebensmittel tierischer und pflanzlicher Herkunft. BGBl I 1999, 2131-2137.
- [Richardson 1997] Richardson G M (1997): Compendium of Canadian human exposure factors for risk assessment. O'Connor Associates Environmental Inc., Ottawa.
- [Ruck 1992] Ruck A (1992): Die Beurteilung von Bodenkontaminationen über den Boden-Kind-Pfad – Kenntnisstand, Bewertung und Empfehlungen zur Berücksichtigung der Bodenaufnahme bei Kindern. In: DECHEMA (Hrsg.): *Gefährdungspotentiale im Bodenschutz – Entscheidungshilfen zur Beurteilung von Belastungen durch Arsen, Blei und Cadmium in Boden von Ballungsräumen*. Vorträge und Resümee zum zweiten Expertengespräch am 9. bis 11. Okt. 1991 in Braunschweig, Frankfurt.
- [Rusconi et al. 1994] Rusconi F, Castagneto M, Gagliardi L et al. (1994): Reference values for respiratory rate in the first 3 years of life. *Pediatrics* 94 (3): 350-355.
- [Schäfer 1979] Schäfer F (1979): Muster-Stichproben-Pläne für Bevölkerungstichproben in der Bundesrepublik Deutschland und West-Berlin. Hrsg.:

Arbeitskreis Deutscher Marktforschungsinstitute (ADM). Verlag Moderne Industrie, München.

- [**Schneider et al.1992**] Schneider R, Eberhardt W, Hesecker H, Moch KJ (1992): Die VERA-Stichprobe im Vergleich mit Volkszählung, Mikrozensus und anderen nationalen Untersuchungen. VERA Schriftenreihe Band II. Wiss. Fachverlag, Niederkleen.
- [**Schulz et al. 1999**] Schulz C, Becker K, Helm D et al. (1999): Umwelt-Survey 1998 - Erste Ergebnisse. Gesundheitswesen 61, Sonderheft 2: 213-15.
- [**Stanek et al. 1997**] Stanek EJ, Calabrese EJ, Barnes R et al. (1997): Soil ingestion in adults - Results of a second pilot study. Ecotoxicology and Environmental Safety 36: 249-257.
- [**Stanek et al. 1999**] Stanek EJ, Calabrese EJ, Zorn M (1999): Biasing factors for simple soil ingestion estimates in mass balance studies of soil ingestion. Human Ecological Risk Assessment 7 (2): 329-355.
- [**Stanek, Calabrese 1995a**] Stanek EJ, Calabrese EJ (1995a): Daily estimates of soil ingestion in children. Environmental Health Perspectives 103: 276-285.
- [**Stanek, Calabrese 1995b**] Stanek EJ, Calabrese EJ (1995b): Soil ingestion estimates for use in site evaluations based on the Best Tracer Method. Human and Ecological Risk Assessment 1: 133-156.
- [**Statistisches Bundesamt 2003a**] Statistisches Bundesamt (2003a): Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2001. Ausgewählte vorläufige Ergebnisse. Statistisches Bundesamt, Bonn.
- [**Statistisches Bundesamt 2003b**] Statistisches Bundesamt (2003b): Statistisches Jahrbuch 2003 für die Bundesrepublik Deutschland. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- [**Statistisches Bundesamt 2004**] Statistisches Bundesamt (2004): Alltag in Deutschland – Analysen zur Zeitverwendung. Forum der Bundesstatistik, Band 43. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
http://www.destatis.de/allg/d/veroe/publikationen_d.htm, Zugriff 21.07.05.
- [**Statistisches Bundesamt 2005**] Statistisches Bundesamt (2005): Qualitätsbericht Zeitbudgeterhebung 2001/2002. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden. <http://www.destatis.de/download/qualitaetsberichte/qualitaetsberichtzbe.pdf>, Zugriff 12.08.05
- [**Stiftelman 2003**] Stiftelman M (2003): Letter to the Editor. Risk Analysis 23: 859-60.
- [**Stolzenberg 1995**] Stolzenberg H (1995): Gesundheitssurvey Ost-West. Befragungs- und Untersuchungssurvey in den neuen und alten Bundesländern. Dokumentation des Datensatzes. Robert Koch-Institut, Berlin.

- [**Stolzenberg 2000**] Stolzenberg, H. (2000): Bundes-Gesundheitssurvey 1998 – Public Use File BGS98 – Dokumentation des Datensatzes. Robert Koch-Institut, Berlin.
- [**Stolzenberg, Winkler 1995**] Stolzenberg H, Winkler J (1995): Nationaler Gesundheitssurvey der Deutschen Herz-Kreislauf-Präventionsstudie (DHP), 3. Erhebungsrunde. Dokumentation des Datensatzes. Robert Koch-Institut, Berlin und Wissenschaftliches Institut der Ärzte Deutschlands, Bonn.
- [**Thefeld et al. 1999**] Thefeld W, Stolzenberg H, Bellach BM (1999): Bundes-Gesundheitssurvey: Response, Zusammensetzung der Teilnehmer und Non-Responder-Analyse. Gesundheitswesen 61 Sonderheft 2, S57-S61.
- [**Thefeld et al. 2002**] Thefeld W, Bergmann KE, Burger M, Hölling H, Mensink GBM, Thamm M (2002): Der Kinder- und Jugendgesundheitssurvey: Ermittlung des Gesundheitsverhaltens von Eltern und Kindern. Gesundheitswesen 64 Sonderheft 1, S99-S106.
- [**Thompson, Burmaster 1991**] Thompson KM, Burmaster DE (1991): Parametric distributions for soil ingestion by children. Risk Analysis 11 (2): 339-342.
- [**US EPA 1992**] US Environmental Protection Agency (US EPA) (1992): Dermal exposure assessment: principles and applications. Office of Research and Development, Office of Health and Environmental Assessment/OHEA. EPA/600/8-9-91, Washington, DC.
- [**US EPA 1997**] US Environmental Protection Agency (US EPA) (1997): Exposure Factors Handbook. EPA/600/P-95/002Fa, August 1997, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington DC.
- [**US EPA 2000**] US Environmental Protection Agency (US EPA) (2000): Options for development of parametric probability distributions for exposure factors. National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency. EPA/600/R-00/058. Washington DC.
- [**US EPA 2002**] US Environmental Protection Agency (US EPA) (2002): Child specific Exposure Factors Handbook. Interim Report. EPA-600-P-00-002B. National Center for Environmental Assessment Washington Office, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC.
- [**van Wendel de Joode et al. 2005**] van Wendel de Joode B, Vermeulen R, van Hemmen JJ, Fransman W, Kromhout H (2005): Accuracy of a semiquantitative method for Dermal Exposure Assessment (DREAM). Occup Environ Med. 62 (9): 623-632.

- [van Wijnen et al. 1990] Van Wijnen JH, Clausen P, Brunekreef B (1990): Estimated soil ingestion by children. *Environmental Research* 51: 147-162.
- [Vohmann et al. 2004] Vohmann C, Oepping A, Heseker H (2004): Verzehrsstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern für die Abschätzung eines akuten Toxizitätsrisikos durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (VELS). In: Mekel O, Okken P (Hrsg.): 1. Workshop zur bevölkerungsbezogenen Expositionsabschätzung - Datengrundlagen und probabilistische Methoden. 29. und 30. Januar 2004, Berlin. *Materialien Umwelt und Gesundheit* 44. Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst NRW, Bielefeld: 121.
- [Voss et al. 1998] Voss S, Charrondier UR, Slimani N, Kroke A, Riboli E, Wahrendorf J, Boeing H (1998): EPIC-SOFT – Ein europäisches Computerprogramm für 24-Stunden-Erinnerungsprotokolle. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaften* 37: 227-233.
- [Wasserverband Peine 2003] Wasserverband Peine (2003): Internetpräsenz des Wasserverbandes Peine. <http://www.wasserverband.de/> Zugriff 05.05.2003
- [WHO 1986] World Health Organization (WHO) (1986): Principles for evaluating health risks from chemicals during infancy and early childhood: the need for a special approach. *Environmental Health Criteria* 59, WHO, International Programme on Chemical Safety. Geneva, Switzerland.
- [Wichmann et al. 1993] Wichmann HE, Ihme W, Mekel OCL (1993): Quantitative Expositions- und Risikoabschätzung für drei kanzerogene Stoffe in Altlasten. GSF-Bericht 9/1993. GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg.
- [Winkler 1991] Winkler G (1991): MONICA Project Region Augsburg – Data-book dietary survey 1984/85. gsf-Bericht 3/91. GSF, Neuherberg.
- [Winkler, Döring 1995] Winkler G, Döring A (1995): Kurzmethode zur Charakterisierung des Ernährungsmusters: Einsatz und Auswertung eines Food-Frequency-Fragebogens. *Ernährungs-Umschau* 42: 289-291.
- [Winter et al. 1991] Winter A, Winkler G, Döring A (1991): MONICA Projekt Region Augsburg – Methodik Ernährungserhebung 1984/85. gsf-Bericht 17/91. GSF, Neuherberg.
- [Wong 1988] Wong MS (1988): The role of environmental and host behavioural factors in determining exposure to infection with *ascaris lumbricoides* and *trichuris trichiura*. Ph.D. Thesis, Faculty of Natural Sciences, University of the West Indies. Zitiert nach Calabrese und Stanek (1993)
- [ZMP 2005a] Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle (ZMP) (2005): Das Verzehrsverhalten der Deutschen zu Hause und außer Haus – Marktstudie. ZMP/CMA 06/2005. ZMP, Bonn.

- [**ZMP 2005b**] Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle (ZMP) (2005): Das Verzehrverhalten der Deutschen nach Regionen – Marktstudie. ZMP/CMA 07/2005, ZMP, Bonn.
- [**Zunft et al. 1996**] Zunft HJ, Möhr M, Ulbricht G (1996): Zur Ernährungssituation in der DDR zwischen 1980 und 1990 – Eine Materialsammlung. Ernährungsforschung 41: Heft 2-3.