

Aus dem
Deutschen Krebsforschungszentrum
Abteilung Epidemiologie

**Überprüfung der Reliabilität und Validität
eines Fragebogens zu Ernährungsgewohnheiten
für dessen Einsatz im deutschen Teil des EPIC-Projekts**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades Doktorin
der Haushalts- und Ernährungswissenschaft
(Dr. oec. troph)
im Fachbereich 09
Agrarwissenschaften und Umweltsicherung,
Haushalts- und Ernährungswissenschaften
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von:
Stefanie Bohlscheid-Thomas

Gießen, im September 1999

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	III
TABELLENVERZEICHNIS	III
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	VI
1. EINLEITUNG.....	1
2. PROBLEMSTELLUNG.....	3
3. EINFÜHRUNG IN DIE THEMATIK.....	5
3.1 DER BEGRIFF DES MEßFEHLERS.....	5
3.1.1 Fehlerarten.....	5
3.2 QUALITÄTSKRITERIEN EINER MESSUNG.....	8
3.2.1 Der Begriff der Reliabilität.....	8
3.2.2 Der Begriff der Validität	9
3.2.2.1 Relative Validität	10
3.2.2.2 Biologische Validität	10
4. STUDIEN ZUR RELIABILITÄT UND VALIDITÄT VON ERNÄHRUNGSFRAGEBÖGEN.....	12
4.1 RELIABILITÄTSSTUDIEN	12
4.2 STUDIEN ZUR RELATIVEN VALIDITÄT	16
4.3 VALIDIERUNG MITTELS BIOMARKER.....	22
5. MATERIAL UND METHODEN.....	31
5.1 STUDIENDESIGN.....	31
5.1.1 Geplantes Studiendesign	31
5.1.2 Praktische Durchführung der Studie	31
5.2 ERHEBUNGSINSTRUMENTE.....	32
5.2.1 Fragebogen zu Ernährungsgewohnheiten	32
5.2.2 Fragebogen zu Verzehrshäufigkeiten.....	35
5.2.3 24h-Recall.....	35
5.3 BIOMARKER.....	36
5.3.1 Blutparameter.....	36
5.3.2 24h-Urinparameter	37
6. DATENAUFBEREITUNG.....	39
6.1 DATENQUALITÄT	39
6.2 UMGANG MIT AUSFÜLLFEHLERN	40

6.3	KORREKTUR DER VERZEHRSHÄUFIGKEITEN	40
6.4	IDENTIFIZIERUNG VON AUSREIßERN	41
7.	STATISTISCHE METHODEN	42
7.1	EINLEITUNG	42
7.2	ÜBERPRÜFUNG DER VERTEILUNG	42
7.3	BESTIMMUNG DER RELIABILITÄT	43
7.3.1	<i>Lebensmittelebene</i>	43
7.3.2	<i>Nährstoffebene</i>	44
7.4	BESTIMMUNG DER RELATIVEN VALIDITÄT	44
7.4.1	<i>Lebensmittelebene</i>	44
7.4.2	<i>Nährstoffebene</i>	45
7.5	BESTIMMUNG DER BIOLOGISCHEN VALIDITÄT	46
7.6	BESTIMMUNG DER FEHLERURSACHEN	46
8.	ERGEBNISSE.....	48
8.1	REKRUTIERUNG DER TEILNEHMER.....	48
8.2	ERGEBNISSE AUF LEBENSMITTELEBENE.....	49
8.2.1	<i>Reliabilität der Fragebogenerhebung</i>	49
8.2.1.1	Absolute Nahrungszufuhr der Gesamtpopulation	49
8.2.1.2	Reliabilität der individuellen Lebensmittelzufuhr	50
8.2.1.3	Reliabilität in der relativen Rangfolge der Teilnehmer	51
8.2.1.4	Konstanz der Ernährungsgewohnheiten.....	52
8.2.2	<i>Validität der Lebensmittelzufuhr</i>	52
8.2.2.1	Absolute Lebensmittelzufuhr der Gesamtpopulation	52
8.2.2.2	Absolute Nahrungszufuhr auf Personenebene.....	52
8.2.2.3	Validität in der relativen Rangordnung der Teilnehmer.....	53
8.2.2.5	Art der Verzerrung	56
8.3	ERGEBNISSE AUF NÄHRSTOFFEBENE.....	57
8.3.1	<i>Reliabilität der Fragebogenerhebung</i>	57
8.3.1.1	Absolute Nährstoffzufuhr der Gesamtpopulation	57
8.3.1.2	Absolute Nährstoffzufuhr der Einzelpersonen.....	58
8.3.1.3	Reliabilität in der relativen Rangfolge der Teilnehmer	59
8.3.2	<i>Validität der Nährstoffzufuhr</i>	60
8.3.2.1	Absolute Nährstoffzufuhr der Gesamtpopulation	60
8.3.2.2	Absolute Nährstoffzufuhr auf Personenebene	61
8.3.2.3	Validität in der relativen Rangordnung der Teilnehmer.....	61
8.3.2.4	Art der Verzerrung	65
8.4	ERGEBNISSE UNTER VERWENDUNG DER BIOMARKER.....	66

8.5	GESCHLECHTS- UND ALTERSSPEZIFISCHE EINFLÜSSE.....	69
8.5.1	<i>Auswertungen stratifiziert nach Geschlecht</i>	69
8.5.1.1	Reliabilität.....	69
8.5.1.2	Relative Validität.....	69
8.5.1.3	Biologische Validität des Instrumentes.....	71
8.5.2	<i>Auswertungen stratifiziert nach Altersgruppen</i>	71
8.5.2.1	Reliabilität.....	71
8.5.2.2	Relative Validität.....	71
8.5.2.3	Biologische Validität des Instrumentes.....	73
8.6	FEHLERQUELLEN IM ERNÄHRUNGSFRAGEBOGEN.....	73
9.	DISKUSSION	77
9.1	METHODENKRITIK.....	77
9.1.1	<i>Studienteilnehmer</i>	77
9.1.2	<i>Das mehrtägige 24h-Recall als Referenzmessung</i>	78
9.1.3	<i>Statistische Methoden</i>	79
9.2	ERGEBNISSE VERGLEICHBARER STUDIEN.....	81
9.2.1	<i>Lebensmittelebene</i>	81
9.2.1.1	Reliabilität der Fragebogenerhebung.....	81
9.2.1.2	Validität der Fragebogenerhebung.....	83
9.2.2	<i>Nährstoffebene</i>	84
9.2.2.1	Reliabilität der Fragebogenerhebung.....	84
9.2.2.2	Relative Validität der Fragebogenerhebung.....	85
9.2.2.3	Biologische Validität der Fragebogenerhebung.....	86
9.3	DER EFFEKT DER HÄUFIGKEITSKORREKTUR.....	89
9.4	FEHLERQUELLEN IM ERNÄHRUNGSFRAGEBOGEN.....	90
10.	SCHLUßBETRACHTUNG	95
	ZUSAMMENFASSUNG	99
	LITERATURVERZEICHNIS	101
	ANHANG	107

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Fehlertypen, die in ernährungsepidemiologischen Studien auftreten können.....	6
Abbildung 2: Fragebogen zu Ernährungsgewohnheiten.....	34
Abbildung 3: Fragebogen zu Verzehrshäufigkeiten.....	107
Abbildung 4: Umgang mit Ausfüllfehlern.....	108

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Reliabilitätsstudien zu Ernährungsfragebögen	13
Tabelle 2: Validierungsstudien zu Ernährungsfragebögen	18
Tabelle 3: Validierungsstudien von Ernährungsfragebögen unter Verwendung von Biomarkern.....	25
Tabelle 4: Design der Heidelberger Validierungsstudie	32
Tabelle 5: Lebensmittelgruppen des Ernährungsfragebogens	33
Tabelle 6: Welche Ausfüllfehler können in den Ernährungsfragebögen vorkommen?	39
Tabelle 7: Charakteristika der Teilnehmer der Heidelberger Validierungsstudie	48
Tabelle 8: Über- oder Unterschätzung des medianen Lebensmittelverzehr der Fragebogendaten EF2, in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls	49
Tabelle 9: Median der individuellen Differenzen (MED_{Diff}) und die mittlere absolute Abweichung vom Median der Differenzen (MAD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente	50
Tabelle 10: Spearman Rangkorrelationen der Lebensmittelaufnahme aus allen Ernährungserhebungs- instrumenten (ohne und mit Korrektur der Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls).....	51
Tabelle 11: Durchschnittlicher Lebensmittelverzehr (g/Tag) der 24h-Recalls, berechnet als Median pro Quintil, unter Verwendung unterschiedlicher Grenzwerte.....	54
Tabelle 12: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen verglichen mit den 24h- Recalls fehlklassifiziert werden	56
Tabelle 13: Regression der Fragebogendaten auf die 24h-Recalldaten.....	57
Tabelle 14: Über- oder Unterschätzung der mittleren Nährstoffaufnahme der Fragebogendaten EF2, in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls	58
Tabelle 15: Mittelwert der individuellen Differenzen (MW_{Diff}) und Standardabweichung vom Mittelwert der Differenzen (SD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente.....	59
Tabelle 16: Pearson Korrelationskoeffizienten der Nährstoffzufuhr zwischen den Ernährungsfragebögen	60
Tabelle 17: Pearson Korrelationskoeffizienten der Nährstoffaufnahme aus allen Ernährungserhebungs- instrumenten (ohne und mit Korrektur der Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls).....	62
Tabelle 18: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme (g/Tag) der 24h-Recalls, berechnet als Mittelwert (MW) pro Quintil, unter Verwendung unterschiedlicher Grenzwerte.....	63
Tabelle 19: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen verglichen mit den 24h-Recalls fehlklassifiziert werden	64
Tabelle 20: Regression der Nährstoffaufnahme aus den Fragebogendaten auf die 24h-Recalldaten.....	66
Tabelle 21: Durchschnittliche Proteinzufuhr (g/Tag) für alle Erhebungsinstrumente und auf Basis der 24h-Urin-N.....	67
Tabelle 22: Pearson Korrelationskoeffizienten zwischen den Biomarkern und den Ernährungserhebungs- instrumenten.....	67
Tabelle 23: Regressionsanalyse der Proteinzufuhr aus den 24h-Urinsammlungen auf die 24h-Recalls und auf die Ernährungsfragebögen, für die Gesamtpopulation.....	68
Tabelle 24: Differenzen des medianen Lebensmittelverzehr (g/Tag) zwischen dem Ernährungsfrage- bogen EF2 und den 24h-Recalls - Austausch der Portionsgrößen oder der Verzehrshäufigkeiten -	74
Tabelle 25: Effekt der Häufigkeits- und Portionsgrößendifferenzen auf die durchschnittliche Lebensmittelaufnahme (g/Tag) aus den 24h-Recalls und dem Ernährungsfragebogen EF2.....	75
Tabelle 26: Effekt der Häufigkeits- und Portionsgrößendifferenzen auf die Spearman Rangkorrelationen zwischen der Lebensmittelaufnahme aus den 24h-Recalls und dem Ernährungsfragebogen EF2.....	76
Tabelle 27: Kriterien zur Bewertung der Validität des Ernährungsfragebogens	80
Tabelle 28: Durchschnittliche Lebensmittelaufnahme (g/Tag) für alle Ernährungserhebungsinstrumente.....	109
Tabelle 29: Durchschnittliche Lebensmittelaufnahme (g/Tag) für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Geschlecht.....	110
Tabelle 30: Über- oder Unterschätzung des medianen Lebensmittelverzehr der Fragebogendaten EF2, in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls, stratifiziert nach Geschlecht	112
Tabelle 31: Median der individuellen Differenzen (MED_{Diff}) und mittlere absolute Abweichung vom Median der Differenzen (MAD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Geschlecht.....	113
Tabelle 32: Spearman Rangkorrelationen der Lebensmittelaufnahme aus allen Ernährungserhebungs- instrumenten (ohne und mit Korrektur der Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls), stratifiziert nach Geschlecht.....	114

Tabelle 33: Anzahl Personen, bei denen ein Trend in den Ernährungsgewohnheiten während der zwölf 24h-Recalls aufgetreten ist.....	115
Tabelle 34: Durchschnittlicher Lebensmittelverzehr (g/Tag) der 24h-Recalls, berechnet als Median pro Quintil, unter Verwendung unterschiedlicher Grenzwerte, stratifiziert nach Geschlecht.....	116
Tabelle 35: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen verglichen mit den 24h-Recalls fehlklassifiziert werden, stratifiziert nach Geschlecht.....	118
Tabelle 36: Regression der Lebensmittelaufnahme aus dem Ernährungsfragebogen auf die 24h-Recalls, stratifiziert nach Geschlecht.....	119
Tabelle 37: Durchschnittliche Lebensmittelaufnahme (g/Tag) für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Altersgruppen.....	120
Tabelle 38: Über- oder Unterschätzung des medianen Lebensmittelverzehrs der Fragebogendaten EF2, in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls, stratifiziert nach Altersgruppen.....	123
Tabelle 39: Median der individuellen Differenzen (MED_{Diff}) und mittlere absolute Abweichung vom Median der Differenzen (MAD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Altersgruppen.....	124
Tabelle 40: Spearman Rangkorrelationen der Lebensmittelaufnahme aus allen Ernährungserhebungsinstrumenten (ohne und mit Korrektur der Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls), stratifiziert nach Altersgruppen.....	126
Tabelle 41: Durchschnittlicher Lebensmittelverzehr (g/Tag) der 24h-Recalls, berechnet als Median pro Quintil, unter Verwendung unterschiedlicher Grenzwerte, stratifiziert nach Altersgruppen.....	128
Tabelle 42: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen verglichen mit den 24h-Recalls fehlklassifiziert werden, stratifiziert nach Altersgruppen.....	131
Tabelle 43: Regression der Lebensmittelaufnahme aus dem Ernährungsfragebogen auf die 24h-Recalls, stratifiziert nach Altersgruppen.....	133
Tabelle 44: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme pro Tag für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Altersgruppen.....	135
Tabelle 45: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme pro Tag für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Altersgruppen.....	136
Tabelle 46: Über- oder Unterschätzung der mittleren Nährstoffaufnahme der Fragebogendaten EF2, in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls, stratifiziert nach Geschlecht.....	138
Tabelle 47: Mittelwert der individuellen Differenzen (MW_{Diff}) und Standardabweichung vom Mittelwert der Differenzen (SD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Geschlecht.....	139
Tabelle 48: Pearson Korrelationskoeffizienten der Nährstoffaufnahme zwischen Ernährungsfragebogen EF1 und EF2, stratifiziert nach Geschlecht.....	140
Tabelle 49: Pearson Korrelationskoeffizienten der Nährstoffaufnahme aus allen Ernährungserhebungsinstrumenten (ohne und mit Korrektur der Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls), stratifiziert nach Geschlecht.....	141
Tabelle 50: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme (g/Tag) der 24h-Recalls, berechnet als Mittelwert pro Quintil, unter Verwendung verschiedener Grenzwerte, stratifiziert nach Geschlecht.....	142
Tabelle 51: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen verglichen mit den 24h-Recalls fehlklassifiziert werden, stratifiziert nach Geschlecht.....	144
Tabelle 52: Regression der Nährstoffaufnahme aus den Fragebogendaten auf die 24h-Recalldaten, stratifiziert nach Geschlecht.....	145
Tabelle 53: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme pro Tag für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Altersgruppen.....	146
Tabelle 54: Über- oder Unterschätzung der mittleren Nährstoffaufnahme der Fragebogendaten EF2, in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls, stratifiziert nach Altersgruppen.....	149
Tabelle 55: Mittelwert der individuellen Differenzen (MW_{Diff}) und Standardabweichung vom Mittelwert der Differenzen (SD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Altersgruppen.....	151
Tabelle 56: Pearson Korrelationskoeffizienten der Nährstoffaufnahme zwischen Ernährungsfragebogen EF1 und EF2, stratifiziert nach Altersgruppen.....	153
Tabelle 57: Pearson Korrelationskoeffizienten der Nährstoffaufnahme aus allen Ernährungserhebungsinstrumenten, stratifiziert nach Altersgruppen.....	154
Tabelle 58: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme (g/d) der zwölf 24h-Recalls, berechnet als Mittelwert pro Quintil, unter Verwendung unterschiedlicher Grenzwerte, stratifiziert nach Altersgruppen.....	156

Tabelle 59: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen verglichen mit den 24h-Recalls fehlklassifiziert wurden, stratifiziert nach Altersgruppen.....	159
Tabelle 60: Regression der Nährstoffaufnahme aus den Fragebogendaten auf die 24h-Recalldaten, stratifiziert nach Altersgruppen.....	161
Tabelle 61: Differenzen des medianen Lebensmittelverzehrs zwischen dem Ernährungsfragebogen EF2 und den 24h-Recalls, stratifiziert nach Geschlecht - Austausch der Portionsgrößen oder Verzehrshäufigkeiten-.....	163
Tabelle 62: Differenzen des medianen Lebensmittelverzehrs zwischen den 24h-Recalls und dem Ernährungsfragebogen EF2, stratifiziert nach Altersgruppen. - Austausch der Portionsgrößen oder der Verzehrshäufigkeiten -.....	164
Tabelle 63: Durchschnittliche Biomarkerspiegel, für die Gesamtpopulation und stratifiziert nach Geschlecht.....	166
Tabelle 64: Durchschnittliche Biomarkerspiegel, stratifiziert nach Altersgruppen.....	167
Tabelle 65: Pearson Korrelationskoeffizienten zwischen den Blutparametern und den Ernährungserhebungsinstrumenten, stratifiziert nach Geschlecht.....	168
Tabelle 66: Regressionsanalyse der Biomarker auf die 24h-Recalls bzw. auf die Ernährungsfragebögen, stratifiziert nach Geschlecht und nach Altersgruppen.....	169
Tabelle 67: Anzahl an Erhebungstagen, die notwendig sind, damit pro Person 95% aller Werte maximal 20% von der wahren Nährstoffzufuhr abweichen.....	170

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BMI	<u>B</u> ody <u>M</u> ass <u>I</u> ndex
bzw.	beziehungsweise
DKFZ	<u>D</u> eutsches <u>K</u> rebs <u>f</u> orschungszentrum
EF1	Erster Ernährungsfragebogen
EF2	Zweiter Ernährungsfragebogen
EF2korr	Korrigierter zweiter Ernährungsfragebogen
EPIC	<u>E</u> uropean <u>p</u> rospective <u>i</u> nvestigation into <u>c</u> ancer and <u>n</u> utrition
24h-Recall	24-Stunden-Recall
24h-Urin-N	24-Stunden-Urinstickstoff
MAD _{Diff}	Mittlere Abweichung vom Median der Differenzen (<u>m</u> ean <u>a</u> bsolute <u>d</u> eviation)
MED _{Diff}	Median der Differenzen
MUFA	Einfach ungesättigte Fettsäuren
MW _{Diff}	Mittelwert der Differenzen
PUFA	Mehrfach ungesättigte Fettsäuren
SD _{Diff}	Standardabweichung der Differenzen
SFA	Gesättigte Fettsäuren
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel

1. EINLEITUNG

Es ist heute unumstritten, daß Ernährungsgewohnheiten eine bedeutende Rolle bei der Entstehung von Krebserkrankungen spielen. So sind nach Schätzungen von DOLL und PETO¹ in den USA etwa ein Drittel aller Krebserkrankungen auf Ernährungsfaktoren zurückzuführen. Das Wissen darüber, welche Lebensmittel und Nahrungsinhaltsstoffe für die Krebsentstehung verantwortlich sind, ist jedoch bis heute noch sehr begrenzt, obwohl seit vielen Jahren zu dieser Fragestellung geforscht wird.²

Die Probleme in ernährungsepidemiologischen Studien sind vielseitig. Sie reichen von einer langen Latenzzeit der Erkrankung, die Unklarheit schafft, welche Zeitperiode die eigentlich relevante bei der Krebsentstehung ist, bis hin zu Schwierigkeiten bei der Erhebung der individuellen Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr. Hinzu kommt, daß neben der Ernährung noch andere Risikofaktoren wie z.B. Bewegungsmangel, Zigarettenkonsum oder genetische Faktoren an der Krankheitsentstehung beteiligt sind und dadurch eine Risikoabschätzung für den Faktor Ernährung erschwert wird.

Die Erhebung des Ernährungsverhaltens von Personen stellt die Grundlage für ernährungsepidemiologische Forschungen dar. Da epidemiologische Studien meistens Hunderte (z.B. in Fall-Kontroll-Studien) und manchmal Tausende Personen (z.B. in Kohortenstudien) einbeziehen, werden häufig Ernährungsfragebögen (Food-Frequency-Fragebögen) eingesetzt, die die Datensammlung und -verarbeitung erleichtern.^{3,4,5,6,7,8} Food-Frequency-Fragebögen (Verzehrshäufigkeitenfragebögen) ermitteln die durchschnittlichen Verzehrshäufigkeiten (gelegentlich auch die durchschnittlichen Portionsgrößen) von ausgewählten Lebensmitteln und dienen der Erfassung der üblichen, langfristigen Ernährungsweise.⁹ Der Einsatz von Food-Frequency-Fragebögen ist jedoch nicht unumstritten, da diese, im Vergleich zu aufwendigeren quantitativen Erhebungsmethoden, zu Einbußen in der Datenqualität führen. Anfänglich war die Anwendung der Ernährungsfragebögen nur selten mit der Frage nach ihrer Leistungsfähigkeit verbunden, obgleich erste Arbeiten in den 50er Jahren auf Probleme im Bereich der Reliabilität und Validität hingewiesen haben.^{10,11,12,13} Nach intensiver Methodendiskussion Mitte der 70er und Anfang der 80er Jahre wird nun verlangt, daß die Leistungsfähigkeit der Food-Frequency-Fragebögen im Vergleich zu quantitativen Ernährungserhebungsmethoden, wie z.B. dem Ernährungsprotokoll, überprüft wird.

Zu den Zielgrößen der Leistungsfähigkeit eines Ernährungsfragebogens gehört in der Regel, daß der Fragebogen die Variabilität der Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr der untersuchten Studienpopulation mit hinreichender Präzision abbildet. Dieses Ziel ist um so einfacher zu erreichen, je stärker die Ernährungsgewohnheiten der Teilnehmer differieren, das heißt, je größer die Expositions differenzen sind. Für den Erfolg epidemiologischer Studien ist deshalb, neben der Datenqualität, eine Studienpopulation mit stark differierenden Ernährungsgewohnheiten von entscheidender Bedeutung.

Da die Ernährungsgewohnheiten innerhalb eines Landes oftmals sehr ähnlich sind, werden manchmal, zur Erhöhung der Expositions differenzen, multizentrische Studien mit Studienzentren in verschiedenen Ländern durchgeführt. Eine dieser Untersuchungen ist die zur Zeit laufende EPIC-Studie (the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition). Die EPIC-Studie ist eine prospektive Kohortenstudie mit dem Ziel, ernährungsabhängige Krebsrisikofaktoren zu identifizieren. An diesem Projekt sind neun europäische Länder (Dänemark, Deutschland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Italien, die Niederlande, Spanien und Schweden) beteiligt.¹⁴

Eine prospektive Kohortenstudie, wie die EPIC-Studie, zeichnet sich dadurch aus, daß zu Beginn der Studie die Exposition (die üblichen Ernährungsgewohnheiten) einer Personengruppe erfaßt, und im weiteren Verlauf der Untersuchung alle aufgetretenen Krankheits- und Todesfälle registriert werden. Ein solches Studiendesign erlaubt eine Aussage darüber, welcher Zusammenhang zwischen der individuellen Nahrungsaufnahme und dem Erkrankungsrisiko besteht (qualitative und quantitative Risikoabschätzung).

Alle beteiligten Länder vereinbarten die Überprüfung der Leistungsfähigkeit, der eigens für dieses Projekt neu entwickelten Ernährungserhebungsinstrumente. Gegenstand der vorliegenden Dissertation ist die Bestimmung der Leistungsfähigkeit, des für die deutsche Teilstudie des EPIC-Projektes entwickelten Ernährungsfragebogens. Welche Fragen sich aus der Aufgabenstellung ergeben, wird im nachfolgenden Kapitel Problemstellung näher beschrieben.

-
- ¹ Doll R, Peto R. The causes of cancer: quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. *J Natl Cancer Inst* 1981; 66: 1191-1308.
 - ² Trautwein EA, Henninger K, Ebersdobler HF. Ist die mediterrane Ernährung eine empfehlenswerte Ernährungsweise? *Ernährungs-Umschau* 1998; 45: 359-364.
 - ³ Hankin JH, Wilkens LR, Kolonel LN, Yoshizawa CN. Validation of a quantitative diet history method in Hawaii. *Am J Epidemiol* 1991; 133: 616-628.
 - ⁴ Jain M, Howe GR, Johnson KC, Miller AB. Evaluation of a diet history questionnaire for epidemiologic studies. *Am J Epidemiol* 1980; 111: 212-219.
 - ⁵ Pietinen P, Hartman AM, Haapa E, et al. Reproducibility and validity of dietary assessment instruments: I. A self-administered food use questionnaire with a portion size picture booklet. *Am J Epidemiol* 1988; 128: 655-666.
 - ⁶ Willett WC, Stampfer MJ, Colditz GA, Rosner BA, Hennekens CH, and Speizer FE. Dietary fat and risk of breast cancer. *N Engl J Med* 1987; 316: 22-28.
 - ⁷ Howe GR, Friedenreich CM, Jain M, Miller AB. A cohort study of fat intake and risk of breast cancer. *J Natl Cancer Inst* 1991; 83: 336-340.
 - ⁸ Van den Brandt PA, Goldbohm RA, van't Veer P, Volovics A, Hermus RJJ, Sturmans F. A large-scale prospective cohort study on diet and cancer in the Netherlands. *J Clin Epidemiol* 1990; 43: 285-295.
 - ⁹ Schneider R. Vom Umgang mit Zahlen und Daten: eine praxisnahe Einführung in die Statistik und Ernährungsepidemiologie. Frankfurt a.M.: Umschau-Zeitschr.-Verlag Breidenstein 1997.
 - ¹⁰ Young CM, Hagan GC, Tucker RE, Foster WD. A comparison of dietary study methods. II. Dietary history vs. 24-hr recall. *J Am Diet Assoc* 1952; 28: 218-221.
 - ¹¹ Trulsson MF and McCann MB. Comparison of dietary survey methods. *J Am Diet Assoc* 1959; 35: 672-676.
 - ¹² Dawber TR, Pearson G, Anderson P, Mann GV, Kannel WB, Shurtleff D, McNamara P. Dietary assessment in the epidemiologic study of coronary heart disease: The Framingham study. II. Reliability of measurements. *Am J Clin Nutr* 1962; 11: 226-234.
 - ¹³ Marr JW. Individual dietary surveys: Purposes and methods. *World Rev Nutr Diet* 1971; 13: 105-164.
 - ¹⁴ Riboli E. Nutrition and cancer: background and rationale of the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *Ann Oncol* 1992; 3: 783-791.

2. PROBLEMSTELLUNG

Wie zuvor schon erwähnt, ist die Voraussetzung für eine Teilnahme an der EPIC-Studie die Überprüfung der Leistungsfähigkeit der neu entwickelten Ernährungserhebungsinstrumente nach einem einheitlichen Studienprotokoll. Aus dieser Aufgabenstellung heraus ergibt sich eine Vielzahl von Fragen, die es zu beantworten gilt. Zu diesen Fragen gehören unter anderem:

- Welche Qualitätskriterien (Zielgrößen der Leistungsfähigkeit) sollen überprüft werden?*
- Welche Methoden eignen sich für die Bestimmung der Reliabilität und Validität des Ernährungsfragebogens?*
- Welcher Grad an Reliabilität und Validität wird für die EPIC-Studie benötigt?*
- Welche Lebensmittel und Nährstoffe werden, über welchen Expositionszeitraum, durch den Ernährungsfragebogen zuverlässig und valide erfaßt? Welche nicht?*
- Für welche Studienpopulation zeigt der Fragebogen zuverlässige und valide Ergebnisse?*

Die zu untersuchenden Qualitätskriterien sowie die zu verwendenden Bestimmungsmethoden waren in dem internationalen Studienprotokoll definiert. Verlangt wurde die Überprüfung der *Reliabilität* der Instrumente nach einem einjährigen Zeitintervall, die Bestimmung der *relativen Validität* im Vergleich zu einem zwölf-tägigen 24h-Recall sowie die Untersuchung der *biologischen Validität* anhand ausgewählter Blut- und Urinparameter.¹

Der deutsche Ernährungsfragebogen ist ein valides Instrument, wenn er im Rahmen der EPIC-Studie die tatsächlich vorhandenen Expositionsunterschiede in der Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr mit hinreichender Präzision wiedergeben kann. Ein Erhebungsinstrument, das tatsächlich vorhandene Expositionsunterschiede nicht mißt, verhindert eine sichere Risikoabschätzung, während ein Instrument, das Expositionsunterschiede mißt, obwohl in Wahrheit keine vorhanden sind, zu falschen Schlußfolgerungen führt.

Die Frage nach dem Grad an Reliabilität und Validität der für die EPIC-Studie benötigt wird, hängt entscheidend von den Studienzielen ab, das heißt von der Art der benötigten Informationen. In Ernährungsstudien werden vier Typen von Informationen, mit steigendem Anspruch an die Reliabilität und Validität, unterschieden:²

- Typ 1: Die durchschnittliche Nahrungsaufnahme einer Personengruppe;
- Typ 2: Die durchschnittliche Nahrungsaufnahme sowie deren Verteilung innerhalb der Personengruppe;
- Typ 3: Die durchschnittliche Nahrungsaufnahme einer Person in Relation zu anderen Personen (Ranginformationen);
- Typ 4: Die absolute Nahrungsaufnahme einer Person.

Ziel der EPIC-Studie ist die Spezifizierung von Zusammenhängen zwischen der Nahrungsbeziehungweise Nährstoffaufnahme und dem Auftreten chronischer Erkrankungen, vor allem Krebserkrankungen. Für eine sichere Abschätzung des Erkrankungsrisikos ist daher eine korrekte Rangfolge der Studienteilnehmer erforderlich (Typ 3 Information). Verzerrungen, die alle deutschen Teilnehmer gleichermaßen betreffen, spielen bei dieser Art von Auswertung keine Rolle. Da neben der internen Auswertung der deutschen Kohorte auch die gemeinsame Auswertung (gepoolte Analyse) aller EPIC-Kohorten eine große Bedeutung hat, ist die

richtige und präzise Erfassung der durchschnittlichen Nahrungsaufnahme der deutschen Kohorte (Typ 1 Information) ebenfalls erforderlich. Möchte man außerdem aus der EPIC-Studie Verzehrsempfehlungen z.B. zur Krebsprophylaxe ableiten, dann muß der Ernährungsfragebogen die absolute Nahrungsaufnahme der Studienteilnehmer (Typ 4 Information) richtig und präzise erfassen.

Da ein Mangel an Reliabilität sowie eine unzureichende Validität durch Meßfehler hervorgerufen wird, sind im Rahmen dieser Dissertation die durch den Einsatz des Ernährungsfragebogens verursachten *Fehler, nach Art und Ausmaß zu bestimmen*, und die *Fehlerursachen zu untersuchen*. Die Kenntnis über die Struktur und das Ausmaß der Fehler ermöglicht unter Umständen eine Korrektur der Expositionsmessung sowie eine bessere Interpretation der gesammelten Daten. Neben der qualitativen und quantitativen Bestimmung der Fehler, ist auch die Bestimmung der Fehlerquellen von entscheidender Bedeutung, denn diese erlauben eine gezielte Verbesserung des Erhebungsinstrumentes.

Zusätzlich zu der Originalversion des deutschen Ernährungsfragebogens wurde in der vorliegenden Arbeit eine weitere Version des Instrumentes auf seine Validität hin überprüft. Die zweite Version des Fragebogens enthält eine Korrektur der Verzehrshäufigkeiten, die mittlerweile bei der Auswertung von Ernährungsfragebögen zum Standard geworden ist. Grund für eine solche Korrektur ist die häufig beobachtbare Überschätzung der Nahrungsaufnahme in umfangreichen Food-Frequency-Fragebögen. Die Überschätzungen, so wird vermutet, werden dadurch hervorgerufen, daß ein Teilnehmer, der beispielsweise zu sehr vielen Obstsorten Verzehrangaben macht, den Überblick über den Gesamtoftverzehr verliert, und diesen überschätzt.³ Um dieses Problem zu lösen, enthalten neuere Ernährungsfragebögen sogenannte "summary questions", die zusätzlich zu den Einzellebensmitteln den Verzehr der zugehörigen Lebensmittelgruppe erfassen. Die Daten aus den "summary questions" können dann zu einer Korrektur möglicher Überschätzungen verwendet werden.³

Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten unterliegt der Annahme, daß die globalen Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen eine größere Validität besitzen als die spezifischen Verzehrshäufigkeiten der zugehörigen Einzellebensmittel. Da überlegt wurde, solche „summary questions“ nachträglich in den deutschen Ernährungsfragebogen zu integrieren, wird in der vorliegenden Arbeit der Frage nachgegangen, ob die Validität des Fragebogens durch die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten verbessert wird.

¹ Riboli E. Prospective studies on diet and cancer. Report of the pilot study, phase I., November 1988-October 1989. IARC, Lyon, October 1989.

² Bingham SA. Methods for data collection at an individual level. In: Cameron ME, Staveren WA v (eds) Manual on methodology for food consumption studies. Oxford University Press, Oxford 1988: 53-106.

³ Haraldsdóttir J. Minimizing error in the field: quality control in dietary surveys. Eur J Clin Nutr 1993; 47 (Suppl. S2): S19-S24.

3. EINFÜHRUNG IN DIE THEMATIK

3.1 DER BEGRIFF DES MEßFEHLERS

Das Ziel eines Meßvorgangs besteht in der Erhebung möglichst exakter und fehlerfreier Meßwerte. Dieses Ziel wird jedoch bei kaum einem Meßvorgang vollständig erreicht. Die beobachtbaren Meßwerte geben meist nicht nur die tatsächliche Ausprägung eines Merkmals wieder, sondern enthalten auch Meßfehler. So enthält z.B. eine Messung mit einer mechanischen Stoppuhr Meßfehler, die aus der Reaktion des Zeitnehmers und eventuellen Laufungenauigkeiten der Stoppuhr resultieren. Der Zusammenhang zwischen wahren Wert und gemessenem Wert kann durch die folgende Formel beschrieben werden:¹

$$M = X + e_m$$

M = gemessener Wert

X = wahrer Wert

e_m = Meßfehler

Meßfehler sind demnach Differenzen zwischen wahren Werten und beobachteten Werten.²

3.1.1 Fehlerarten

Es treten verschiedene Arten von Meßfehlern auf. Im allgemeinen wird nach *zufälligen Fehlern* (random errors) und *systematischen Fehlern* (systematic errors, bias) differenziert.^{3,4} Daraus ergibt sich eine Erweiterung der oben genannten Formel für den Zusammenhang zwischen wahren Werten und beobachteten Werten:⁵

$$M = X + b + e$$

M = gemessener Wert

X = wahrer Wert

b = Bias (systematischer Fehler)

e = zufälliger Fehler

Das Messen kann durch Faktoren beeinflusst werden, die der Untersucher nicht kontrollieren kann beziehungsweise an die er nicht gedacht hat. Es wird dann vom Einfluß des Zufalls gesprochen. Zufallsfehler können auf eine Vielzahl kleiner unkontrollierbarer Störfaktoren zurückgeführt werden. Ein zufälliger Fehler liegt z.B. dann vor, wenn sowohl höhere als auch niedrigere Meßwerte, als in Wirklichkeit, beobachtet werden. Es wird häufig angenommen, daß die zufälligen Fehler der Normalverteilung mit einem Mittelwert von $m=0$ folgen. Unter dieser Annahme tendiert der Mittelwert der Meßwerte bei wiederholten Messungen gegen den wahren Wert. Die Größe des Zufallsfehlers entspricht der Streuung der Einzelmessungen um den Mittelwert. Als Maßzahl für die Größe der Zufallsfehler gilt unter anderem die Standardabweichung wiederholter Messungen. Durch die höhere Variation in den Meßwerten führt ein zufälliger Fehler zu einer verringerten Präzision der Messung.

Im Gegensatz dazu hängen systematische Fehler in systematischer Weise vom Meßinstrument ab. Ein systematischer Fehler liegt z.B. dann vor, wenn in Messungen stets höhere oder aber

stets niedrigere Werte als in Wirklichkeit ermittelt werden. Der systematische Fehler ist unabhängig von der Anzahl der Messungen, er wird mit jeder Messung wiederholt. Systematische Fehler verzerren die Erhebung. Das Instrument weicht von dem ab, was gemessen werden soll. Daher führt ein systematischer Fehler zu einer verringerten Validität der Erhebung. Zur Erfassung systematischer Fehler werden Validierungsstudien benötigt, in denen Referenzwerte zur Schätzung der wahren Werte erhoben werden. Die Differenz zwischen dem beobachteten Wert des Testinstrumentes und dem Referenzwert beschreibt das Ausmaß der Verzerrung.

Zufallsfehler und systematische Fehler können auf verschiedenen Ebenen vorkommen: der *Individualebene* (innerhalb einer Person) und der *Populationsebene* (zwischen einzelnen Personen).⁶ Daher unterscheidet man insgesamt vier Fehlerarten (siehe Abbildung 1).

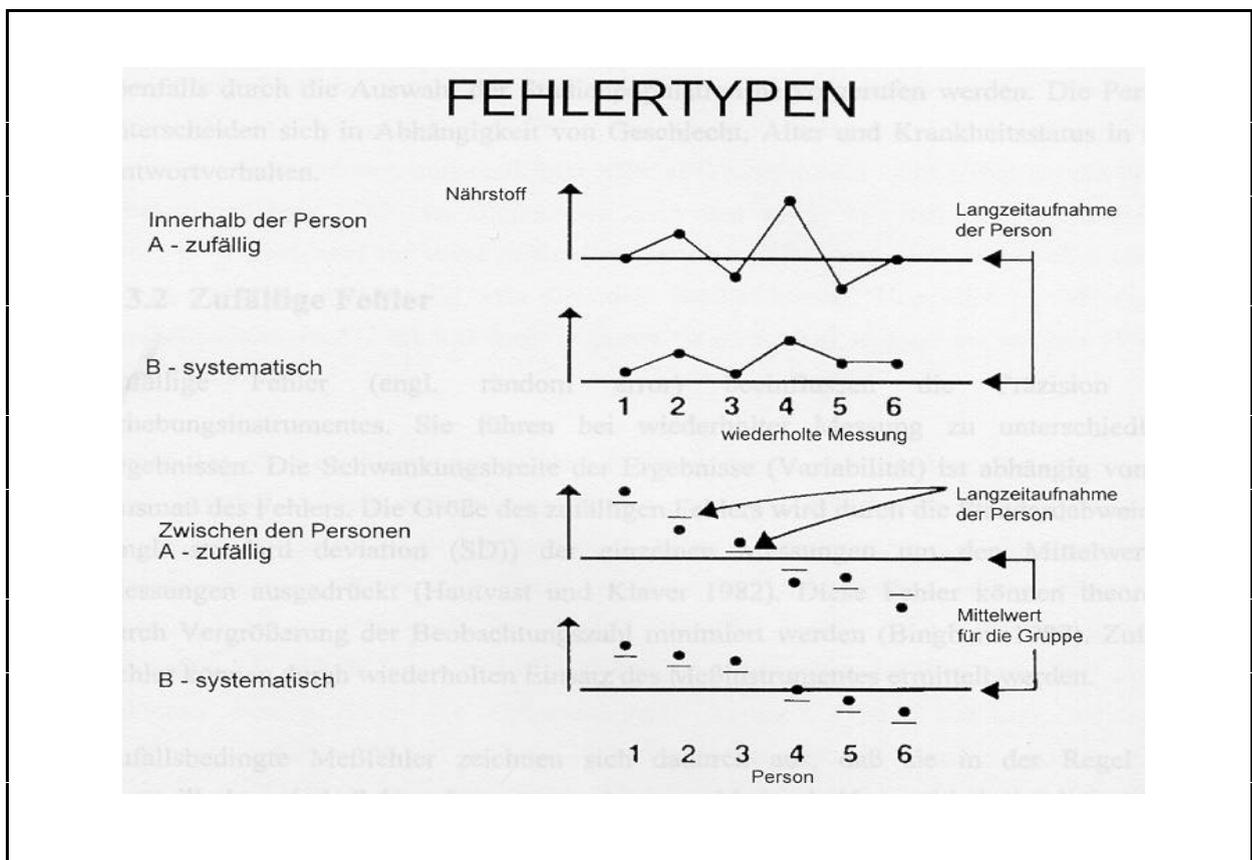


Abbildung 1: Fehlertypen, die in ernährungsepidemiologischen Studien auftreten können⁶

In der oberen Hälfte der Abbildung 1 wird die Variation der Nährstoffzufuhr *einer Person an verschiedenen Tagen*, also bei Meßwiederholung dargestellt (intraindividuelle Variation). In der unteren Hälfte hingegen ist die Variation der Nährstoffzufuhr *verschiedener Personen an einem Tag*, also ohne Meßwiederholung dargestellt (interindividuelle Variation).

Ein *intraindividueller Zufallsfehler* (random within-person error) zeichnet sich dadurch aus, daß die gemessenen Werte in zufälliger Weise um die wahre Nahrungsaufnahme *einer Person* schwanken, das heißt die ermittelte Nährstoffzufuhr zum Teil über und zum Teil unter dem „wahren“ Wert der Person liegt. Intraindividuelle Zufallsfehler gleichen sich bei wiederholten Anwendungen des Instrumentes im Mittel aus, so daß die geschätzte Nährstoffaufnahme für

das Individuum unverzerrt bleibt. Bei nur einmaliger Durchführung der Erhebung, erhält man einen Schätzwert für die wahre individuelle Nährstoffaufnahme, der in Abhängigkeit vom Ausmaß des zufälligen Fehlers jedoch sehr unpräzise sein kann. Je häufiger das Instrument von der gleichen Person ausgefüllt wird, desto präziser (zuverlässiger) wird die Schätzung für diesen Teilnehmer.

Der zufällige Fehler kann viele Ursachen haben und entsteht z.B. durch die üblichen Schwankungen in der Nährstoffzufuhr von Tag zu Tag sowie durch Ausfüll-, Tipp- und Kodierfehler bei der Datenerhebung. So werden z.B. in 24h-Recalls hin und wieder Lebensmittel nicht angegeben oder fälschlicherweise als verzehrt genannt. In Ernährungsfragebögen werden z.B. Portionsgrößen oder Verzehrshäufigkeiten vergessen oder falsch eingetragen. Schwankungen in der täglichen Nährstoffzufuhr sind im eigentlichen Sinne zwar nicht als Meßfehler zu bezeichnen, aber sie wirken sich in gleicher Weise auf statistische und epidemiologische Auswertungsverfahren aus wie zufällige Meßfehler, so daß sie diesen zugerechnet werden.

Ein *intraindividuellem systematischem Fehler* (systematic within-person error) liegt dann vor, wenn die ermittelte Nährstoffzufuhr stets über oder stets unter dem „wahren“ Wert der Person liegt. Solch ein Fehler entsteht, wenn z.B. bei einem 24h-Recall immer bestimmte Lebensmittel (wie z.B. Süßigkeiten) vergessen werden. Bei Ernährungsfragebögen tritt solch ein Fehler unter anderem dann auf, wenn ein Teilnehmer die abgebildete Portionsgröße eines Lebensmittelitems (z.B. Butter) falsch einschätzt. Tritt dieser Fehler unabhängig von der Anzahl der Fragebogenerhebung bei diesem Teilnehmer immer wieder auf, dann führt die Fehleinschätzung der abgebildeten Portionsgröße zu einer Über- oder Unterschätzung der wahren Nahrungsaufnahme (Butterverzehr) dieser Person. Unabhängig von der Anzahl der Messungen beschreibt der Mittelwert nie die wahre Nahrungsaufnahme der Person, die Messung ist verzerrt.

Neben der intraindividuellen Variation beobachtet man auch Unterschiede in den Meßwerten zwischen verschiedenen Personen (interindividuelle Variation). In Abbildung 1 im unteren Teil ist der Einfluß des zufälligen und des systematischen Meßfehlers auf die interindividuelle Variation beschrieben. Dargestellt wird die Nährstoffzufuhr verschiedener Personen (1-6) an einem Tag. *Interindividuelle Zufallsfehler* (random between-person error) haben zwei Ursachen: erstens das Vorhandensein von individuellen Zufallsfehlern und zweitens das Vorhandensein von individuellen systematischen Fehlern, die von Person zu Person in ihrer Richtung und in ihrem Ausmaß variieren (random bias). Einige Personen überschätzen ihren Verzehr, andere unterschätzen ihn. Zufallsfehler auf Populationsebene bedeuten, daß die Überschätzung der Nahrungszufuhr einzelner Personen durch die Unterschätzung der Nahrungszufuhr anderer Personen ausgeglichen wird. Die mittlere Lebensmittelzufuhr der Personengruppe wird richtig (unverzerrt), aber unpräzise geschätzt. Die Standardabweichung für die Population wird durch Zufallsfehler vergrößert.

Systematische Fehler auf Populationsebene (systematic between-person error) entstehen, wenn die systematischen Fehler auf Personenebene eine einheitliche Tendenz haben, das heißt die einzelnen Meßwerte entweder niedriger oder, wie in Abbildung 1 dargestellt, höher als der „wahre“ Wert jeder einzelnen Person sind. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einer *konstanten Verzerrung oder von einem konstanten Bias* (constant bias). Solch eine konstante Verzerrung kommt z.B. vor, wenn die Lebensmittelliste eines Ernährungsfragebogens unvollständig ist, das heißt, wenn Lebensmittel fehlen, die in der untersuchten Population regelmäßig verzehrt werden. Eine unvollständige Lebensmittelliste führt zu einer Unterschätzung der Nahrungsaufnahme für die gesamte Population. Die Schätzung ist verzerrt, sie entspricht nicht den wahren Verzehrsgewohnheiten der Studienpopulation.

Variiert der konstante Bias im Hinblick auf personenspezifische Charakteristika, dann spricht man von dem *differenzierenden Bias* (differential bias). Differenzierender Bias tritt auf, wenn z.B. übergewichtige Personen ihren Verzehr unterschätzen und untergewichtige Personen ihren Verzehr überschätzen. Erfolgt eine Auswertung nach dem Gewicht der Teilnehmer, so ist diese Auswertung verzerrt. Ähnlich wie der differenzierende Bias, äußert sich auch der sogenannte *zufuhrabhängige Bias* (level-dependent bias). Dieser Bias ist dadurch charakterisiert, daß sich Personen je nach Verzehrsmenge in ihrem Antwortverhalten unterscheiden. So wird sehr häufig in epidemiologischen Studien beobachtet, daß Personen mit einer hohen Nahrungszufuhr ihre Verzehrsmenge eher unterschätzen, während Personen mit einer niedrigen Nahrungsaufnahme ihren Verzehr eher überschätzen.

3.2 QUALITÄTSKRITERIEN EINER MESSUNG

Verwendet man bei Messungen ein bestimmtes Erhebungsinstrument, so möchte man wissen, ob das Instrument richtig und präzise mißt. Die Qualität (Leistungsfähigkeit) eines Erhebungsinstrumentes wird durch seine *Reliabilität* (Zuverlässigkeit) und durch seine *Validität* (Gültigkeit) bestimmt.

3.2.1 Der Begriff der Reliabilität

*Die Reliabilität einer Messung ist das Ausmaß, in dem ein Meßinstrument bei wiederholter Anwendung, bei gleichbleibenden Eigenschaften der Objekte, die gleichen Meßergebnisse liefert.*⁷

Die Reliabilität kann durch den zufälligen Meßfehler beschrieben werden. *Eine hohe Reliabilität bedeutet, daß der zufällige Meßfehler sehr klein ist.* Begriffe wie „Wiederholbarkeit“ (repeatability), „Reproduzierbarkeit“ (reproducibility) oder „Präzision“ (precision) werden synonym verwendet.

Für die Bestimmung der Zuverlässigkeit eines Instrumentes existieren verschiedene Verfahren. So wird die Zuverlässigkeit einer Meßmethode z.B. in klinisch-chemischen Labors durch *wiederholte Messungen an gleichen Proben* ermittelt.⁸ In den Sozialwissenschaften werden überwiegend die nachfolgenden drei Methoden zur Bestimmung der Zuverlässigkeit eines Erhebungsinstrumentes angewandt:⁹

1. Die *Test-Retest-Methode*,
2. die *Paralleltestmethode* und
3. die *'Split-Half'-Methode*.

Bei der Test-Retest-Methode wird *dasselbe Meßinstrument* zweimal, jeweils *zu verschiedenen Zeitpunkten*, auf dieselbe Gruppe von Personen angewandt. Die Korrelation zwischen beiden Messungen ergibt die Schätzung der Reliabilität. Zeigt sich bei der ersten Messung einer Person ein anderer Wert als bei der zweiten Messung derselben Person, dann ist die Messung unzuverlässig.

Die Test-Retest-Methode unterliegt zwei Beschränkungen, die zu einer Überschätzung oder zu einer Unterschätzung der Reliabilität eines Meßinstrumentes führen können. Zum einen können sich Befragte bei der zweiten Messung an die Antworten der ersten Erhebung erinnern und gleich antworten, um konsistent zu bleiben. Dies kann zu einer Überschätzung der

Reliabilität führen. Zum anderen können sich die wahren Werte nach der, oder durch die erste Messung verändern, was zu einer Unterschätzung der Reliabilität führen kann.

Bei Ernährungserhebungen sind konstante Meßbedingungen, wie sie laut Definition verlangt werden, aufgrund von natürlichen Schwankungen in der Nahrungszufuhr nicht zu realisieren. Je nach Zeitrahmen des eingesetzten Erhebungsinstrumentes fallen solche Schwankungen mehr oder weniger ins Gewicht. Test-Retest-Studien im ernährungswissenschaftlichen Bereich messen daher die Variabilität, die sowohl durch das Erhebungsinstrument als auch durch natürliche Schwankungen in der Nahrungsaufnahme verursacht wird. Wenn wiederholte Messungen der individuellen Nahrungsaufnahme zu stark abweichenden Ergebnissen führen, kann dies also durch das Meßinstrument selbst und/oder durch Veränderungen im Ernährungsverhalten verursacht worden sein.

Um die Beschränkungen der Test-Retest-Methode zu umgehen, wurden Paralleltestmethoden entwickelt. Bei diesem Verfahren werden vergleichende *Messungen zum gleichen Zeitpunkt* durchgeführt, jedoch *mit verschiedenen Instrumenten*. Hierbei wird vorausgesetzt, daß die beiden Erhebungsinstrumente dieselbe Dimension messen und sich möglichst ähnlich sind. In diesem Fall wird die Korrelation zwischen beiden Instrumenten für eine Schätzung der Reliabilität verwendet.⁹ Die Paralleltestmethode wird in der Praxis jedoch kaum angewandt, da nur selten zwei wirklich gleichartige Instrumente zu finden sind.

Auch die 'Split-Half'-Methode ist ein Versuch, die Effekte die sich aus der Wiederholung ergeben, zu vermeiden. Das Erhebungsinstrument wird bei diesem Verfahren unter möglichst gleichen Bedingungen an *zwei gleichen Stichproben* geprüft.⁸ Die Ergebnisse von zuverlässigen Methoden unterscheiden sich dabei nicht.

Alle hier vorgestellten Verfahren zur Reliabilitätsmessung können als solche, aber auch in verschiedenen Kombinationen, in ernährungsepidemiologischen Studien angewendet werden.⁸ Das Forschungsziel und die Forschungssituation bestimmen, welches Verfahren der Reliabilitätsmessung zum Einsatz kommt. Zur Überprüfung der Reliabilität von Ernährungserhebungsinstrumenten wird in der Regel die Test-Retest-Methode angewandt.¹⁰

Die Reliabilitätsmessung ist von verschiedenen Faktoren, wie z.B. von der untersuchten Studienpopulation, den Zeitintervallen zwischen den Messungen, sowie von dem Zeitrahmen des zu überprüfenden Erhebungsinstrumentes abhängig. Auf diese Einflußfaktoren wird später bei der Beschreibung des Studiendesigns noch genauer eingegangen.

3.2.2 Der Begriff der Validität

Die Validität beschreibt die Gültigkeit beziehungsweise Richtigkeit eines Meßverfahrens. Sie ist definiert, als *die Fähigkeit eines Instrumentes, das zu messen, was gemessen werden soll*.¹¹

Die Validität gibt an, *ob der Kern der Sache getroffen wird, oder ob die Messung daneben zielt*.¹²

Die Abgrenzung der Validität gegenüber der Reliabilität verdeutlicht das nachfolgende Beispiel: Angenommen, Gegenstand der Befragung sei die individuelle Aufnahme an alkoholischen Getränken. Eine hohe Alkoholzufuhr gilt als sozial unerwünscht und wird daher ungern preisgegeben, insbesondere dann, wenn diese Information mittels eines persönlichen Interviews eingeholt wird. Ein Teil der Befragten kann aus diesem Grund dazu neigen, in einer Befragung stets die Alkoholzufuhr auf ein bestimmtes Maß zu beschränken, egal wie oft die

Befragung durchgeführt wird. Dadurch kann das Instrument zwar eine hohe Reliabilität besitzen (weil stets die gleiche Alkoholzufuhr gemessen wird), aber es besitzt keine Validität, denn die gemessene Alkoholzufuhr weicht unter Umständen erheblich von der wahren Alkoholaufnahme ab. Es ist folglich möglich, daß Meßwiederholungen stets dasselbe Ergebnis erbringen, aber die Messungen etwas anderes messen, als beabsichtigt ist, und daher keine Validität besitzen. Umgekehrt ist es nicht möglich, daß ein Instrument valide Daten liefert ohne gleichzeitig zuverlässig zu sein. *Ein Instrument ist um so valider, je weniger systematische Fehler vorkommen.*²

3.2.2.1 *Relative Validität*

Theoretisch kann die Validität eines Instrumentes als die Korrelation zwischen den beobachteten Werten und den "wahren" (latenten) Werten aufgefaßt werden.² Da die "wahren" Werte jedoch nicht beobachtet werden können (denn kein Instrument mißt fehlerfrei), wird die Validität eines Instrumentes durch einen Vergleich mit den beobachteten Werten anderer Instrumente (Referenzwerte) bestimmt.² Diese Art des Methodenvergleichs wird als *relative* oder auch als *abhängige* Validierung bezeichnet. Dabei wird der Referenzmessung unterstellt, daß sie eine akzeptable Validität besitzt. Der Methodenvergleich erlaubt eine Abschätzung, wie weit die gemessenen Werte des Testinstrumentes von den gemessenen Werten des Referenzinstrumentes abweichen.

Die Validität eines Instrumentes kann nur in Bezug auf die erhobenen Referenzwerte beurteilt werden. Daher ist die Auswahl des Referenzinstrumentes von entscheidender Bedeutung für die Validität des Testinstrumentes. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, daß die Fehler beider Erhebungsinstrumente weitgehend voneinander unabhängig sein sollten. Treten in beiden Erhebungen gleichartige Fehler auf, führt dies zu einer Korrelation der Meßfehler und dadurch zu einer Überschätzung der Validität. Im Gegensatz dazu, führt der Vergleich zweier Instrumente, deren Fehler unabhängig von einander sind, eher zu einer Unterschätzung der Validität.¹⁰

3.2.2.2 *Biologische Validität*

Werden Biomarker (biologische Indikatoren) zur Validierung eingesetzt, das heißt als Referenzmessung verwendet, spricht man von der *biologischen* Validierung. Biomarker sind nicht per se fehlerfrei, aber sie haben den entscheidenden Vorteil, nicht von dem Antwortverhalten der Teilnehmer abhängig zu sein. Da die Fehler, die bei der Messung von Biomarkern auftreten können, grundsätzlich unabhängig von den Fehlern des eingesetzten Ernährungserhebungsinstrumentes sind, spricht man in diesem Zusammenhang auch von der *unabhängigen* Validierung.

¹ Marshall JR. The reliability and validity of dietary data as uses in epidemiology. *Cancer Surveys* 1987; 6: 673-683.

² Schnell R, Hill PB, Esser E. *Methoden der empirischen Sozialforschung*. 3. Auflage. München; Wien; Oldenbourg 1992: S.156-163.

-
- ³ Willett W. An overview of issues related to the correction of non-differential exposure measurement error in epidemiologic studies. *Stat Med* (1989) 8: 1031-1040.
 - ⁴ Beaton GH. Approaches to analysis of dietary data: relationship between planned analyses and choice of methodology. *Am J Clin Nutr* 1994; 59 (suppl): 253S-261S.
 - ⁵ Hartung J, Elpelt B, Klösener KH. *Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*. 9. Auflage. München; Wien; Oldenbourg 1993: S. 322.
 - ⁶ Willett WC. *Nutritional Epidemiology*. Monographs in Epidemiology and Biostatistics. Vol. 15. Oxford University Press, New York 1990: 272-275.
 - ⁷ Dreier V. *Datenanalyse für Sozialwissenschaftler*. München; Wien; Oldenburg 1994: S. 88.
 - ⁸ Oltersdorf US. *Ernährungsepidemiologie*. Stuttgart: Ulmer 1995: 140-152.
 - ⁹ Dreier V. *Datenanalyse für Sozialwissenschaftler*. München; Wien; Oldenburg 1994: S. 89.
 - ¹⁰ Willett WC. *Nutritional Epidemiology*. Monographs in Epidemiology and Biostatistics. Vol. 15. Oxford University Press, New York 1990: 92-126.
 - ¹¹ Last JM. *A dictionary of epidemiology*. Oxford University Press 1988; S.80.
 - ¹² Oltersdorf U. *Ernährungsepidemiologie. Theorie und Methoden der Erforschung der Beziehungen zwischen Mensch-Ernährung-Umwelt*. Habilitationsschrift, Universität Gießen (1993).

4. STUDIEN ZUR RELIABILITÄT UND VALIDITÄT VON ERNÄHRUNGSFRAGEBÖGEN

4.1 RELIABILITÄTSSTUDIEN

Die Überprüfung der Reliabilität von Ernährungsfragebögen erfolgt in der Regel durch wiederholte Anwendungen des Testinstrumentes. Hierbei ist sowohl die Anzahl der Wiederholungen als auch das Zeitintervall zwischen den Messungen festzulegen. Je mehr Wiederholungen durchgeführt werden, desto exakter kann die Reliabilität (Präzision) des Instrumentes bestimmt werden. In der Regel werden aus Kostengründen lediglich 1-2 Wiederholungen durchgeführt (siehe Tabelle 1). Die Wahl des Zeitintervalls zwischen den Wiederholungen, ist nicht ganz einfach festzulegen. Einerseits sollte der Abstand zwischen den Messungen groß genug sein, damit sich die Teilnehmer an die vorherigen Antworten nicht mehr erinnern. Andererseits darf der Abstand zwischen den Erhebungen nicht zu groß gewählt werden, damit Veränderungen im Ernährungsverhalten die Reliabilitätsmessung nicht beeinträchtigen. Je größer das Zeitintervall zwischen den Erhebungen gewählt wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß Veränderungen im Ernährungsverhalten auftreten. Erfasst ein Fragebogen z.B. die Nahrungsaufnahme des vergangenen Jahres, so beschreibt eine erneute Erhebung einige Monate später größten Teils die Variabilität, die durch den Fragebogen verursacht wird. Wird hingegen ein sehr viel längeres Zeitintervall, von z.B. mehreren Jahren gewählt, dann ist davon auszugehen, daß die Variabilität überwiegend durch veränderte Ernährungsgewohnheiten verursacht wird.¹ Die gewählten Zeitintervalle in Reliabilitätsstudien variieren von 3 Monaten bis hin zu 17-25 Jahren (vergleiche Tabelle 1). In der Regel werden jedoch halbjährliche oder jährliche Zeitabstände verwendet.

Neben der Anzahl der Wiederholungen und dem Zeitintervall zwischen den Messungen gibt es noch weitere Faktoren, die Einfluß auf die Reliabilität eines Ernährungsfragebogens haben. Dazu gehören unter anderem die Personencharakteristika der Studienpopulation. Identische Fragebögen zeigen in unterschiedlichen Populationen verschiedene Reliabilitäten.² Studienpopulationen mit sehr einseitigen Ernährungsgewohnheiten zeigen bessere Reliabilitäten als Populationen mit einer sehr heterogenen Nahrungsaufnahme.²

Einen großen Einfluß auf die Reliabilität hat desweiteren das Fragebogendesign, insbesondere der Abfragemodus für Verzehrshäufigkeiten und Portionsgrößen. Fragebögen, die mehrere Portionsgrößen pro Lebensmittel zur Auswahl anbieten, besitzen eine größere Variabilität und zeigen dadurch in der Regel eine geringere Reliabilität, als Fragebögen mit nur einer Standardportion pro Item.² Das gleiche trifft für die Häufigkeitsabfrage zu. Fragebögen mit definierten Häufigkeitskategorien zeigen eine geringere Variabilität als solche, die eine offene Häufigkeitsabfrage pro Tag, Woche, Monat oder Jahr erlauben.² Dazu ein Beispiel: PIETINEN et al.^{12,13} untersuchte die Reliabilität und Validität zweier Fragebogenversionen. Die erste sehr umfangreiche Version enthielt 276 Lebensmittelitens, verwendete zur Mengenermittlung durchschnittlich drei Portionsbilder pro Item und erfaßte die absolute Verzehrshäufigkeit pro Tag, Woche und Monat. Das heißt, diese Fragebogenversion erlaubte dem Teilnehmer eine sehr große Flexibilität in den Antworten. Die zweite Fragebogenversion enthielt hingegen sehr viel weniger Lebensmittelitens (44), keine Portionsgrößenbeschreibung und sieben definierte Verzehrshäufigkeitskategorien.

Tabelle 1: Reliabilitätsstudien zu Ernährungsfragebögen

QUELLE	POPULATION	FRAGEBOGENDESIGN	ZEITINTERVALL	SPEARMAN-KORRELATIONEN LEBENSMITTEL	PEARSON-KORRELATIONEN NÄHRSTOFFE
Nomura et al. (1976) ³	109 Männer	33 Items, H ?	6 Monate - 2 Jahre	-0,05 Trockenfisch - 0,71 Kaffee	-
Jain et al. (1980) ⁴	26 Männer und Frauen	Items?, H pro Tag, Woche, Monat, Portionsmodelle, Interviews, erfaßt LM* und NS* der letzten 2 Monate	6 Monate	-	0,04 pflanzliches Protein - 0,80 Energie, Gesamtprotein
Hankin et al. (1983) ⁵	117 Frauen	34 Items, H?, Portionsbilder, Interviews, erfaßt Fett, Cholesterin, Protein	3 Monate	-	0,12 Protein - 0,41 Fett
Byers et al. (1983) ⁶	175 Männer und Frauen (50-74 Jahre)	12 Items, 12 HK, Interviews, erfaßt Vitamin A	17-25 Jahre	-0,14 Brot- 0,52 Kaffee	0,29 Vitamin A
Rohan et al. (1984) ⁷	70 Männer und Frauen (35-78 Jahre)	141 Items, Standardportionen, 1. FB* per Interview, 2. FB selbstauszufüllen	3 Jahre	-	0,25 Protein- 0,87 Alkohol ⁷
Willett et al. (1985) ⁸	194 Krankenschwestern (34-59 Jahre)	61 Items, 9 HK, Standardportionen, selbstauszufüllen, erfaßt LM und NS des vergangenen Jahres	9-12 Monate	-	0,52 Vitamin A ohne Supplemente - 0,71 Saccharose
Byers et al. (1987) ⁹	323 Männer und Frauen	129 Items, H?, Standardportionen, Interviews, (Reinterviews nur für 47 Items)	6-10 Jahre	0,18 Roastbeef- 0,71 Kaffee	0,50 Fett - 0,61 Vitamin A und Ballaststoffe
Colditz et al. (1987) ¹⁰	1497 Krankenschwestern	61 Items, 9HK Standardportionen, selbstauszufüllen, erfaßt LM und NS des vergangenen Jahres	9 Monate	0,34 Obstkuchen- 0,76 Tee	0,40 Transfettsäuren - 0,71 Vitamin E ¹

* HK = Häufigkeitskategorien, H = Häufigkeit, FB = Fragebogen, LM = Lebensmittel, NS = Nährstoffe, PUFA = mehrfach ungesättigte Fettsäuren

¹ Adjustiert für Energieaufnahme

² Adjustiert für Energieaufnahme und Geschlecht

³ Adjustiert für Geschlecht

⁴ Pearson Korrelationen

⁵ Kappa Korrelationen

⁶ Intraclass Korrelationen

⁷ Spearman Korrelationen

Tabelle 1: Fortsetzung

QUELLE	POPULATION	FRAGEBOGEN- DESIGN	ZEITINTER- VALL	SPEARMAN- KORRELATIONEN LEBENSMITTEL	PEARSON- KORRELATIONEN NÄHRSTOFFE
Thompson et al. (1987) ¹¹	1184 Männer und Frauen (45-64 Jahre)	83 Items, H?	15 Jahre	0,05 Flüssig- nahrung- 0,74 Bier ⁵	-
Pietinen et al. (1988a) ¹²	121 Männer (55-69 Jahre)	44 Items, H?	6 Monate	-	0,52 Vitamin A - 0,85 PUFA* ⁶
Pietinen et al. (1988b) ¹³	121 Männer (55-69 Jahre)	276 Items, H pro Tag, Woche, Monat, Portionsbilder, selbstauszufüllen	6 Monate	0,65 Beeren - 0,74 alkohol. Getränke ⁶	0,56 Vitamin A - 0,88 Alkohol ⁶
Salvini et al. (1989) ¹⁴	173 Frauen (34-59 Jahre)	61 Items, 9 HK, selbstauszufüllen	1 Jahr	0,24 Fruchtpunch 0,93 Bier ⁴	-
Engle et al. (1990) ¹⁵	50 Männer und Frauen (26-69 Jahre)	120 Items, H pro Tag, Woche, Monat, selbstausfüllbares Computerprogramm	1 Monat	-	0,53 Calcium - 0,87 Gesamtfett ⁷
Munger et al. (1992) ¹⁶	44 Frauen (55-69 Jahre)	126 Items, 9 HK, selbstauszufüllen	5 Monate 2 Jahre	- -	0,53 Saccharose- 0,99 Alkohol 0,33 Folsäure – 0,99 Alkohol
Rimm et al. (1992) ¹⁷	127 Männer (40-70 Jahre)	131 Items, 9 HK, selbstauszufüllen	1 Jahr	-	0,47 Vitamin E- 0,80 Vitamin C ⁶
Järvinen et al. (1993) ¹⁸	1844 Personen (Kurzzeitrelia- bilität) 93 Personen (Langzeitrelia- bilität)	100 Items, H pro Tag, Woche, Monat, Jahr, Interviews	4-8 Monate 4-7 Jahre	0,25 Innereien - 0,85 Kaffee 0,10 Beeren, Margarine - 0,54 Milchprodukte	0,16 Retinol- Äquivalente- 0,80 PUFA ⁶ 0,26 PUFA- 0,60 Kalium ⁶
Ajani et al. (1994) ¹⁹	325 Männer und Frauen	60 Items, 9 HK, selbstauszufüllen	12-18 Monate	0,40 Fleisch- gerichte - 0,79 Likör ⁷	-
Männistö et al. (1996) ²⁰	152 Frauen (25-75 Jahre)	110 Items, 9 HK, selbstauszufüllen	3 Monate	0,52 Geflügel - 0,84 alkohol. Getränke ⁶	0,49 Thiamin- 0,81 Laktose ⁶
Friis et al. (1997) ²¹	122 Frauen (20-29 Jahre)	92 Items, H?, 40 Portionsbilder, selbstauszufüllen	1 Jahr	-	0,53 Vitamin E- 0,76 Vitamin B12

* HK = Häufigkeitskategorien, H = Häufigkeit, FB = Fragebogen, LM = Lebensmittel, NS = Nährstoffe,
PUFA = mehrfachungesättigte Fettsäuren

¹ Adjustiert für Energieaufnahme

² Adjustiert für Energieaufnahme und Geschlecht

³ Adjustiert für Geschlecht

⁴ Pearson Korrelationen

⁵ Kappa Korrelationen

⁶ Intraclass Korrelationen

⁷ Spearman Korrelationen

Tabelle 1: Fortsetzung

QUELLE	POPULATION	FRAGEBOGEN- DESIGN	ZEITINTER- VALL	SPEARMAN- KORRELATIONEN LEBENSMITTEL	PEARSON- KORRELATIONEN NÄHRSTOFFE
Ocké et al. (1997) ^{22,23}	121 Männer und Frauen (20-70 Jahre)	178 Items, H pro Tag, Woche, Monat, Jahr, Portionsbilder, selbstauszufüllen, erfaßt LM und NS des vergangenen Jahres	6 Monate	0,49 Fisch – 0,91 alkohol. Getränke ³	0,61 β -Carotin - 0,94 Alkohol ²
			12 Monate	0,45 Fisch - 0,92 alkohol. Getränke ³	0,59 β -Carotin - 0,94 Alkohol ²
EPIC Group of Spain (1997) ^{24,25}	91 Männer und Frauen (35-60 Jahre)	Item ?, H pro Woche, Portionsbilder, Interviews, erfaßt LM und NS des vergangenen Jahres	1 Jahr	0,11 Eier - 0,88 Getreide- produkte ^{3,4}	0,14 Cholesterin - 0,86 Alkohol ^{3,4}
Katsouyanni et al. (1997) ²⁶	80 Männer und Frauen (25-67 Jahre)	190 Item, 4 HK, Portionsbilder, selbstauszufüllen, erfaßt LM und NS des vergangenen Jahres	1 Jahr	-	0,24 β -Carotin - 0,79 Alkohol ^{2,6}
Van Liere et al. (1997) ²⁷	119 Frauen (36-65 Jahre)	238 Items, 11 HK bzw. 4 HK, Portions- bilder, selbstauszu- füllen, erfaßt LM und NS des ver- gangenen Jahres	1 Jahr	0,40 Gewürze und Soßen - 0,74 Fette	0,54 Vitamin E - 0,75 Calcium
Pisani et al. (1997) ²⁸	197 Männer und Frauen (Durchschnitts- alter 50 Jahre)	47 Items, 7HK, Portionsbilder, selbstauszufüllen, erfaßt die typische LM- und NS-Zufuhr	1 Jahr	0,31 Brot - 0,87 alkohol. Getränke ³	0,37 Protein - 0,83 Alkohol ³

* HK = Häufigkeitskategorien, H = Häufigkeit, FB = Fragebogen, LM = Lebensmittel, NS = Nährstoffe, PUFA = mehrfach ungesättigte Fettsäuren

¹ Adjustiert für Energieaufnahme

² Adjustiert für Energieaufnahme und Geschlecht

³ Adjustiert für Geschlecht

⁴ Pearson Korrelationen

⁵ Kappa Korrelationen

⁶ Intraclass Korrelationen

⁷ Spearman Korrelationen

Der mediane Intraclass-Korrelationskoeffizient der Nährstoffzufuhr, berechnet für drei Wiederholungen mit jeweils sechsmonatlichem Zeitintervall, lag für die ausführliche Fragebogen-version bei 0,67 und für die reduzierte Fassung bei 0,76. Die reduzierte Fragebogenfassung, die eine geringe Variabilität in den Antworten erlaubte, zeigte gemessen an den Korrelationen die bessere Reliabilität.

Die Fehleranfälligkeit des Fragebogendesigns kann ebenfalls die Reliabilitätsmessung beeinträchtigen. So führen beispielsweise unübersichtliche Fragebögen häufig zu Antworten an falschen Positionen. Daraus resultieren dann z.B. Doppelnennungen oder fehlende Werte. Solche Ausfüllfehler reduzieren die Reliabilität eines Instrumentes, da diese Fehler zufällig geschehen und bei einer Meßwiederholung in der Regel ein anderes Lebensmittelitem betreffen.

Es wurden schon zahlreiche Reliabilitätsstudien von Ernährungsfragebögen durchgeführt. Einige Studien sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die meisten Studien zeigen auf der Nährstoffebene Reliabilitätskoeffizienten von 0,5 bis 0,7, während die Korrelationen auf der Lebensmittelebene stärker schwanken, und im allgemeinen etwas niedriger als für die Nährstoffe ausfallen.

4.2 STUDIEN ZUR RELATIVEN VALIDITÄT

Für die relative Validierung eines Ernährungsfragebogens wird ein Referenzinstrument benötigt, das den gleichen Sachverhalt und dieselbe Zeitspanne wie das Testinstrument mißt. Die Referenzmethode sollte diesen Sachverhalt so präzise wie möglich messen. Da kein Erhebungsinstrument fehlerfrei arbeitet, ist darauf zu achten, daß das Testinstrument und das Referenzinstrument möglichst verschiedenartige Meßfehler aufweisen, denn gleichartige Meßfehler führen zu Fehlerkorrelationen und somit zu einer Überschätzung der Validität.¹

Als Referenzmethode stehen Ernährungsprotokolle (Wiegeprotokolle, Schätzprotokolle), 24h-Recalls (24h-Erinnerungsprotokolle) und Diet Histories (Ernährungsgeschichten) zur Auswahl. In Validierungsstudien werden sehr häufig mehrtägige Ernährungsprotokolle als Referenzmethode verwendet, da diese die geringsten Fehlerkorrelationen mit Ernährungsfragebögen aufweisen.¹ Ernährungsprotokolle verlangen von dem Teilnehmer, daß jedes Lebensmittel oder Gericht vor dem Verzehr ausgewogen oder deren Verzehrsmenge abgeschätzt und protokolliert wird. Im Gegensatz zu einem Ernährungsfragebogen basiert das Ernährungsprotokoll nicht auf Erinnerungen über den gewöhnlichen Verzehr von Lebensmitteln, sondern auf aktuellen Mitschriften. Erinnerungsfehler, wie z.B. die Fehleinschätzung von Portionsgrößen oder von Verzehrhäufigkeiten bestimmter Lebensmittel, können daher bei Ernährungsprotokollen ausgeschlossen werden. Ein großer Nachteil der Ernährungsprotokolle (insbesondere der Wiegeprotokolle) ist jedoch der große Aufwand, den ein Teilnehmer betreiben muß, um ein gutes Protokoll abzugeben. Viele Personen scheuen diese Mühe und verweigern ihre Studienteilnahme, was zu einer Selektion hochmotivierter Teilnehmer führen kann. Manche Personen ändern durch ihre Teilnahme ihr Ernährungsverhalten, um das Protokollieren zu vereinfachen. So werden beispielsweise nur einfache Gerichte zubereitet, die den Schreibaufwand reduzieren oder untypische, sehr aufwendige Gerichte verzehrt, um den Untersucher zu beeindrucken.

Um die Selektion hochmotivierter Teilnehmer zu verhindern, werden manchmal anstelle der sehr aufwendigen Ernährungsprotokolle mehrtägige 24h-Recalls eingesetzt. Hierbei werden die am Vortag gegessenen Lebensmittel aus der Erinnerung heraus von dem Teilnehmer erfragt und die verzehrten Mengen durch Hilfsmittel (Portionsabbildungen, Modelle, Haushaltsmaße,...) geschätzt. Beim Einsatz dieser Methode für die Referenzmessung, findet man jedoch relativ viele Gemeinsamkeiten mit einem Food-Frequency-Fragebogen. Beide Befragungsmethoden sind von dem Erinnerungsvermögen des Teilnehmers abhängig. Tatsächlich verzehrte Lebensmittel können vergessen werden oder Portionsgrößen können falsch eingeschätzt werden. Die Mengenermittlung erfolgt bei beiden Instrumenten häufig mittels Haus-

haltsmaßen, Standardeinheiten und Portionsbildern, so daß gleichartige Erhebungsfehler, insbesondere bei der Erfassung der Verzehrsmengen, auftreten können. Ernährungsprotokolle und 24h-Recalls erfragen nur sehr kurze Zeitabstände von 1 bis mehreren Tagen. Um auf diese Weise die langfristigen Ernährungsgewohnheiten eines Teilnehmers zu erfassen, ist daher eine ausreichende Anzahl von Erhebungstagen, verteilt über einen größeren Zeitraum erforderlich.

Auch Diet Histories werden zur Referenzmessung verwendet. Diet Histories erfassen die typischen Ernährungsgewohnheiten der Teilnehmer über eine längere Zeitperiode (häufig 1 Monat) hinweg. Gegen die Verwendung von Diet Histories sprechen jedoch die vielen Gemeinsamkeiten mit den Ernährungsfragebögen (Langzeiterinnerung, Portionsgrößenermittlung, Abschätzen der Verzehrshäufigkeiten). Daher werden Diet Histories immer seltener für die Referenzmessung verwendet.

Für die Bestimmung der Validität ist neben der Wahl der Referenzmethode auch die zeitliche Abfolge der Erhebungsinstrumente von Bedeutung, denn die Anwendung des einen Instrumentes kann Auswirkungen auf das nachfolgende Instrument haben. Die Durchführung von z.B. Wiegeprotokollen lenkt die Aufmerksamkeit des Teilnehmers auf seine Ernährungsgewohnheiten und führt möglicherweise zu einer verbesserten Einschätzung der Nahrungsaufnahme und/oder zu Veränderungen im Ernährungsverhalten. Möchte man den Ernährungsfragebogen unter identischen Bedingungen wie in der Hauptstudie testen, das heißt ohne Beeinflussung durch andere Instrumente, so ist es ratsam, diesen zu Beginn der Validierungsstudie (vor allen anderen Instrumenten) einzusetzen. Da Ernährungsfragebögen häufig zurückliegende Verzehrsgewohnheiten, wie z.B. die des vergangenen Jahres erfassen, zur Verfügung stehende Referenzmethoden im allgemeinen aber die gegenwärtigen Ernährungsgewohnheiten wiedergeben, führt dies zu abweichenden Erhebungszeiträumen. Zur Lösung dieses Problems, bietet sich der Einsatz des Ernährungsfragebogens nach der Anwendung der Referenzmethode an.

Um beide Aspekte (Beeinflussung durch andere Instrumente und deckungsgleiche Abfragezeiträume) zu berücksichtigen, werden Ernährungsfragebögen sehr häufig vor und nach der Anwendung der Referenzmethode eingesetzt.

Zahlreiche weitere Faktoren beeinträchtigen die Validitätsmessung. Hierzu gehören unter anderem die Personencharakteristika der Teilnehmer, das Fragebogendesign, die Qualität der Referenzmethode und die Qualitätssicherung der Daten.² Zu den Personencharakteristika gehört unter anderem der Bildungsstand der Studienteilnehmer. Dieser kann die Qualität insbesondere von selbstausfüllbaren Ernährungserhebungsinstrumenten beeinträchtigen. Im Extremfall verhindert der Bildungsstand der Teilnehmer den Einsatz selbstausfüllbarer Erhebungsinstrumente. Dies ist beispielsweise bei der spanischen Teilstudie von EPIC der Fall. Viele der spanischen Studienteilnehmer können weder lesen noch schreiben, so daß der Einsatz eines selbstausfüllbaren Fragebogens in dieser Population unmöglich ist.

Wie zuvor erwähnt, ist auch das Fragebogendesign für die Validitätsmessung sehr wichtig. So kann z.B. die Lebensmittelliste eines Fragebogens unvollständig sein und Lebensmittel nicht enthalten, die einen wichtigen Beitrag zur Nährstoffversorgung der Studienpopulation liefern. Andererseits kann die Itemliste auch zu ausführlich sein, und dadurch zu Überschätzungen der Nahrungsaufnahme führen. Eine weitere wichtige Rolle spielt die Detailliertheit mit der die Ernährungsgewohnheiten erfaßt werden. Wenn lediglich wenige Häufigkeitskategorien zur Erfassung der Verzehrshäufigkeiten vorhanden sind, dann ist dieser Fragebogen relativ ungenau, im Vergleich zu einer detaillierten Referenzmessung, wie z.B. einem 7-Tage-Wiegeprotokoll. Das gleiche gilt für die Portionsabfrage. Fragebögen mit einer variablen Portionsabfrage (Auswahl zwischen mehreren Portionsgrößen pro Item) zeigen eine bessere

Validität als Fragebögen, die keine Portionen abfragen oder lediglich eine Standardportion pro Item beinhalten.^{2,29,30}

Unabhängig von dem Testinstrument gilt, daß die Validität um so geringer ausfällt, je schlechter die Qualität der Referenzmessung ist.² Um die langfristige individuelle Nährstoffaufnahme zu beschreiben, sind beispielsweise für Makronährstoffe mindestens 3-5 Ernährungsprotokolltage und für Mikronährstoffe mindestens 7-10 Protokolltage erforderlich. Die Anzahl der benötigten Protokolltage hängt von den intraindividuellen Schwankungen der untersuchten Lebensmittel und Nährstoffe ab. Die Korrelationen zwischen den Fragebögen und den Referenzmessungen verbessern sich mit zunehmender Anzahl an Protokolltagen, das heißt mit zunehmender Präzision der Referenzmessung.

Die Qualitätssicherung ist ebenfalls wichtig in Validierungsstudien. Werden z.B. die Lebensmitteldaten durch die Auswahl falscher Codenummern oder durch Tippfehler falsch vercodet, dann führen solche Fehler zwangsläufig zu Unstimmigkeiten zwischen dem Test- und dem Referenzinstrument.

Tabelle 2 beschreibt das Studiendesign und die Ergebnisse zahlreicher Studien zur relativen Validität von Ernährungsfragebögen. In der Regel zeigen die Validierungsstudien Korrelationen zwischen den Instrumenten von 0,4 bis 0,6.

Tabelle 2: Validierungsstudien zu Ernährungsfragebögen

QUELLE	POPULATION	REFERENZMETHODE	SPEARMAN-KORRELATIONEN LEBENSMITTEL	PEARSON-KORRELATIONEN NÄHRSTOFFE
Browe et al. (1966) ³¹	89 Männer und Frauen	Diet history	-	0,66 pflanzliches Protein - 0,79 Cholesterin
Balogh et al. (1968) ³²	48 Männer	Diet history Interview	-	0,78 PUFA* - 0,95 tierisches Protein
	14 Männer	7-Tage-Ernährungsprotokoll	-	0,69 PUFA - 0,94 Gesamtfett
Epstein et al. (1970) ³³	161 Männer und Frauen	Diet history Interview	-	0,14 Linolsäure - 0,76 Gesamtprotein
Hankin et al. (1975) ³⁴	50 Männer	7-Tage-Ernährungsprotokoll	0,47 Rindfleisch - 0,88 Shrimps, Fisch, Kaffee	-
Hunt et al. (1979) ³⁵	46 Männer und Frauen	24h-Recall	-	0,04 Vitamin A - 0,61 Kohlenhydrate

¹ Adjustiert für Energieaufnahme

² Adjustiert für Energieaufnahme und Geschlecht

³ Adjustiert für Energieaufnahme, Geschlecht und korrigiert um die intraindividuelle Variabilität

⁴ Adjustiert für Energieaufnahme und korrigiert um die intraindividuelle Variabilität

⁵ Stratifiziert nach Geschlecht

⁶ Intraclass Korrelationen

⁷ Spearman Korrelationen

⁸ Pearson Korrelationen

Tabelle 2: Fortsetzung

QUELLE	POPULATION	REFERENZMETHODE	SPEARMAN-KORRELATIONEN LEBENSMITTEL	PEARSON-KORRELATIONEN NÄHRSTOFFE
Jain et al. (1982) ³⁶	50 Frauen	Diet history Interview	-	0,47 Cholesterin - 0,72 pflanzliches Protein
Stuff et al. (1983) ³⁷	40 stillende Frauen	7-Tage-Ernährungsprotokoll	-	0,00 Eisen, Phosphat - 0,24 Calcium ⁶
Gray et al. (1984) ³⁸	50 Männer und Frauen	Diet history Interview	-	0,16 Vitamin A - 0,36 Vitamin C ⁷
Willett et al. (1985) ⁸	194 Krankenschwestern (34-59 Jahre)	4 x 7-Tage-Ernährungsprotokolle	-	0,36 Vitamin A - 0,75 Vitamin C ¹
Willett et al. (1987) ³⁹	150 Krankenschwestern (39-63 Jahre)	4 x 7-Tage-Ernährungsprotokolle	-	0,21 Linolsäure - 0,48 Vitamin A ¹
Pietinen et al. (1988a) ¹²	190 Männer (55-69 Jahre)	12 x 2-Tage-Ernährungsprotokolle (vs. 44-Item-Fragebogen)	-	0,36 Vitamin A - 0,77 PUFA* ¹
Pietinen et al. (1988b) ¹³	190 Männer (55-69 Jahre)	12 x 2-Tage-Ernährungsprotokolle (vs. 276-Item-Fragebogen)	0,35 Beeren, Innereien- 0,79 Kaffee ⁸	0,43 MUFA - 0,73 SFA ¹
Willett et al. (1988) ⁴⁰	150 Krankenschwestern	4 x 7-Tage-Ernährungsprotokolle	-	0,28 Eisen - 0,61 Kohlenhydrate ¹ (Fragebogenoriginal) 0,39 Kohlenhydrate - 0,67 Vitamin C ¹ (Fragebogenkurzfassung)
Salvini et al. (1989) ¹⁴	173 Frauen (34-59 Jahre)	4 x 7-Tage-Ernährungsprotokolle	0,08 Spinat - 0,90 Tee ⁸	-
Larkin et al. (1989) ⁴¹	228 Männer und Frauen (24-51 Jahre)	4 x 24h-Recalls und 4 x 3-Tage-Schätzprotokolle	-	0,09 Eisen - 0,62 Calcium

¹ Adjustiert für Energieaufnahme² Adjustiert für Energieaufnahme und Geschlecht³ Adjustiert für Energieaufnahme, Geschlecht und korrigiert um die intraindividuelle Variabilität⁴ Adjustiert für Energieaufnahme und korrigiert um die intraindividuelle Variabilität⁵ Stratifiziert nach Geschlecht⁶ Intraclass Korrelationen⁷ Spearman Korrelationen⁸ Pearson Korrelationen

Tabelle 2: Fortsetzung

QUELLE	POPULATION	REFERENZMETHODE	SPEARMAN-KORRELATIONEN LEBENSMITTEL	PEARSON-KORRELATIONEN NÄHRSTOFFE
Flegal et al. (1990) ⁴²	228 Männer und Frauen (24-51 Jahre)	4 x 24h-Recalls und 4 x 3-Tage-Ernährungsprotokolle	-	0,12 Fettkalorien – 0,74 Kohlenhydratkalorien ⁷
Block et al. (1990) ⁴³	102 Frauen mit Normalkost und 158 Frauen mit fettreduzierter Kost (45-70 Jahre)	3 x 4-Tage-Ernährungsprotokolle	-	0,37 Vitamin A - 0,74 Vitamin C
Engle et al. (1990) ¹⁵	50 Männer und Frauen (26-69 Jahre)	7-Tage-Ernährungsprotokoll	-	0,08 Calcium – 0,62 Fettkalorien ⁷
Potosky et al. (1990) ⁴⁴	97 Frauen (45-70 Jahre)	3 x 4-Tage-Ernährungsprotokolle	-	0,35 Eisen - 0,65 Riboflavin
Tjønneland et al. (1991) ⁴⁵	144 Männer und Frauen (40-64 Jahre)	2 x 7-Tage-Wiegeprotokolle	-	0,04 Cholesterin – 0,71 Calcium ²
Block et al. (1992) ⁴⁶	85 Männer und Frauen (25-50 Jahre)	4 x 24h-Recall und 4 x 3-Tage-Ernährungsprotokolle (gegen 2 Fragebogenversionen)	-	UM-Fragebogen*: 0,31 Kalium- 0,60 Ölsäure HHHQ-Fragebogen*: 0,42 Natrium – 0,68 Kohlenhydrate
Munger et al. (1992) ¹⁶	44 Frauen (55-69 Jahre)	5 x 24h-Recalls	-	-0,01 Eisen – 0,95 Thiamin ¹
Rimm et al. (1992) ¹⁷	127 Männer	2 x 7-Tage-Wiegeprotokolle	-	0,32 Eisen – 0,92 Vitamin E ⁴
Goldbohm et al. (1994) ⁴⁷	109 Männer und Frauen (55-69 Jahre)	3 x 3-Tage-Ernährungsprotokolle	0,38 Gemüse – 0,89 alkohol. Getränke	0,52 Gesamtfett – 0,86 Alkohol ²

* UM-Fragebogen = University of Michigan Questionnaire, HHHQ-Fragebogen = Health Habits and History Questionnaire

¹ Adjustiert für Energieaufnahme

² Adjustiert für Energieaufnahme und Geschlecht

³ Adjustiert für Energieaufnahme, Geschlecht und korrigiert um die intraindividuelle Variabilität

⁴ Adjustiert für Energieaufnahme und korrigiert um die intraindividuelle Variabilität

⁵ Stratifiziert nach Geschlecht

⁶ Intraclass Korrelationen

⁷ Spearman Korrelationen

⁸ Pearson Korrelationen

Tabelle 2: Fortsetzung

QUELLE	POPULATION	REFERENZMETHODE	SPEARMAN-KORRELATIONEN LEBENSMITTEL	PEARSON-KORRELATIONEN NÄHRSTOFFE
Grootenhuis et al. (1995) ⁴⁸	74 Männer und Frauen (50-75 Jahre)	Diet history Interview	-	0,36 Vitamin A – 0,78 Alkoholkalorien, Kohlenhydratkalorien
Osler and Heitman (1996) ⁴⁹	329 Männer und Frauen (35-65 Jahre)	Diet history Interview	0,10 Weißbrot – 0,75 Milch, Joghurt	-
Männistö et al. (1996) ²⁰	152 Frauen (25-75 Jahre)	2 x 7-Tage-Ernährungsprotokolle	0,28 Innereien – 0,90 Kaffee ⁸	0,24 Thiamin – 0,87 Cholesterin ⁴
Friis et al. (1997)	122 Frauen (20-29 Jahre)	3 x 4-Tage-Ernährungsprotokolle	-	0,29 Vitamin D – 0,72 Magnesium ¹
Ocké et al. (1997) ^{22,23}	121 Männer und Frauen (20-70 Jahre)	12 x 24h-Recalls	0,21 gekochtes Gemüse – 0,87 alkohol. Getränke ⁵	0,29 Retinol – 0,87 Alkohol ³
EPIC Group of Spain (1997) ^{24,25}	91 Männer und Frauen (35-60 Jahre)	12 x 24h-Recalls	0,23 Eier – 0,90 Milchprodukte ^{5,8}	0,28 Retinol – 0,89 Energie, SFA*, MUFA* ⁵
Katsouyanni et al. (1997) ²⁶	80 Männer und Frauen (25-67 Jahre)	12 x 24h-Recalls	-	0,05 β -Carotin – 0,78 Retinol ³
Van Liere et al. (1997) ²⁷	115 Frauen (36-65 Jahre)	12 x 24h-Recalls	0,10 Gerichte – 0,71 alkohol. Getränke	0,29 Retinol – 0,81 β -Carotin ⁴
Pisani et al. (1997) ²⁸	197 Männer und Frauen	12 x 24h-Recalls	0,15 Erfrischungsgetränke – 0,83 alkohol. Getränke	0,31 Fett – 0,80 Alkohol ³
Bingham et al. (1997) ⁵⁰	156 Frauen (50-65 Jahre)	Wiegeprotokolle	-	0,39 Kalium – 0,90 Alkohol ⁷
Riboli et al. (1997) ⁵¹	56 Männer und Frauen (50-69 Jahre)	6 x 3-Tage-Wiegeprotokolle	-	0,25 Zink – 0,86 Alkohol ²

* SFA = gesättigte Fettsäuren, MUFA = einfachungesättigte Fettsäuren

¹ Adjustiert für Energieaufnahme

² Adjustiert für Energieaufnahme und Geschlecht

³ Adjustiert für Energieaufnahme, Geschlecht und korrigiert um die intraindividuelle Variabilität

⁴ Adjustiert für Energieaufnahme und korrigiert um die intraindividuelle Variabilität

⁵ Stratifiziert nach Geschlecht

⁶ Intraclass Korrelationen

⁷ Spearman Korrelationen

⁸ Pearson Korrelationen

4.3 VALIDIERUNG MITTELS BIOMARKER

Die Überprüfung der Validität von Ernährungserhebungsmethoden ist sehr schwierig, da alle Ernährungserhebungen auf den subjektiven Angaben der teilnehmenden Personen basieren, die absichtlich oder unabsichtlich falsch sein können. Aus diesem Grund begann die Suche nach biologischen Parametern (Biomarkern), die die Nahrungsaufnahme der teilnehmenden Personen wiedergeben und dadurch (ohne von den subjektiven Angaben der Teilnehmer abhängig zu sein) die Validierung der Ernährungserhebungsinstrumente ermöglichen.⁵²

Biomarker, im Sinne der Validierung dienen der Expositionsmessung. Sie müssen daher zufuhrabhängig sein, das heißt die individuelle Lebensmittel- beziehungsweise Nährstoffaufnahme widerspiegeln. Solche Dosis-Wirkungsbeziehungen wurden z.B. für die Plasmaspiegel von β -Carotin und α -Tocopherol, wie auch für 24h-Urin-Stickstoff nachgewiesen.^{57,59}

Obwohl Biomarker sehr attraktive Standards für Validierungsstudien darstellen, besitzen sie dennoch einige Nachteile.⁵⁴ So sind Biomarker nicht ausschließlich von der Nahrungsaufnahme abhängig, sondern sie werden auch durch individuelle Unterschiede in der Resorption und im Metabolismus der Nährstoffe beeinflusst.⁵³ Das führt unter Umständen dazu, daß Personen mit einer identischen Nährstoffzufuhr unterschiedliche Plasmaspiegel aufweisen oder Teilnehmer mit einem identischen Plasmaspiegel eine unterschiedliche Nährstoffzufuhr besitzen. Daneben existieren weitere Faktoren, wie z.B. Alter, Geschlecht, Rauch- und Trinkgewohnheiten, Supplementen- und Medikamenteneinnahme, die Einfluß auf die Biomarkerspiegel haben. Desweiteren können technische Fehler bei der Bestimmung der Biomarkerspiegel zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Aus den zuvor genannten Gründen resultiert, daß der Zusammenhang zwischen dem zu testenden Ernährungserhebungsinstrument und dem biologischen Indikator (meist als Korrelation gemessen) häufig mäßige Werte zeigt.^{53,54} Eine Schwächung dieser Korrelation wird ebenfalls durch die unterschiedliche Bioverfügbarkeit der Nährstoffe aus den verschiedenartigen Lebensmitteln hervorgerufen, da zur Berechnung der Nährstoffzufuhr Datenbanken verwendet werden, die die unterschiedliche Bioverfügbarkeit nicht berücksichtigen.⁵⁴

Obwohl Biomarker nicht fehlerfrei erhoben werden können, haben sie jedoch den Vorteil, daß ihre Fehler andersartig sind, als die der zu testenden Erhebungsinstrumente.⁵⁴ Daher können Fehlerkorrelationen zwischen Biomarkern und Erhebungsinstrumenten ausgeschlossen werden. Das bedeutet, daß je nach Ausmaß der Meßfehler auf Seiten des Biomarkers, die Validität des Testinstrumentes unterschätzt wird. Mit anderen Worten, die „wahre“ Validität eines Erhebungsinstrumentes liegt zwischen der Validität, die mittels Biomarker gemessen wird (Untergrenze) und der relativen Validität zu anderen Ernährungserhebungsinstrumenten (Obergrenze).

Bisher gibt es nur wenige Substanzen, die zufuhrabhängig sind, und die einfach am Menschen bestimmt werden können, so daß für viele Lebensmittel oder Nährstoffe adäquate Biomarker fehlen.⁵³ Im Folgenden werden nur diejenigen Biomarkerstudien vorgestellt, die für die vorliegende Validierung relevant sind. Das heißt, der Literaturüberblick beschreibt lediglich Studien, die 24h-Urin-Stickstoff oder Blutspiegel von β -Carotin, α -Tocopherol und Vitamin C zur Validierung eines Ernährungsfragebogens eingesetzt haben.

Zur Validierung der Proteinzufuhr wird häufig die renale Stickstoffausscheidung in 24 Stunden verwendet (24h-Urin-N). Verschiedene Untersuchungen belegen, daß bei einer konstanten Eiweißzufuhr über einen längeren Zeitraum ein enger Zusammenhang zwischen der täglichen Eiweißaufnahme und der täglichen N-Ausscheidung in 24h-Urin besteht.⁵⁵ Der größte Anteil des ausgeschiedenen Stickstoffs stammt von Aminosäuren ab, die durch den Katabolismus der Nahrungsproteine entstehen. Wird die Eiweißzufuhr gedrosselt, werden die Ami-

nosäuren effizienter genutzt und weniger Stickstoff mit dem Urin ausgeschieden.⁵⁶ Wird mehr Eiweiß zugeführt als der Körper benötigt, dann steigt die ausgeschiedene Stickstoffmenge an. In einer Studie mit 8 gesunden Probanden, untersuchten BINGHAM und CUMMINGS⁵⁷ die tägliche Eiweißzufuhr und die tägliche N-Ausscheidung an 28 aufeinanderfolgenden Tagen. Die intraindividuelle Variabilität (gemessen als Variationskoeffizient in Prozent) betrug für die Eiweißaufnahme 21% und für die N-Ausscheidung 13%. Die intraindividuelle Variabilität in der Eiweißzufuhr wird durch eine geringere, aber dennoch beträchtliche Variabilität in der renalen N-Ausscheidung abgebildet. Die große intraindividuelle Variabilität in der Eiweißzufuhr sowie in der N-Ausscheidung hat zur Konsequenz, daß die langfristige Eiweißzufuhr eines Individuums nur durch mehrere Urinsammlungen erfaßt werden kann.

Die Verwendung des 24h-Urin-N als Biomarker für die Eiweißzufuhr setzt voraus, daß die Teilnehmer eine ausgeglichene N-Bilanz besitzen, das heißt, daß diese gesund sind und keine Abmagerungs- oder Fastenkuren durchführen. Außerdem hängt die N-Ausscheidung von der Muskelmasse und der körperlichen Aktivität ab, so daß die Verwendung des 24h-Urin-N als Biomarker der Eiweißzufuhr mit Vorsicht zu interpretieren ist.

PORRINI et al.⁵⁸ untersuchten an 44 Männer und Frauen den Zusammenhang zwischen der Nahrungsproteinzufuhr eines Food-Frequency-Fragebogens und der N-Ausscheidung aus drei 24h-Urinsammlungen. Sie fanden keine Abweichungen in der durchschnittlichen Proteinzufuhr zwischen dem Food-Frequency-Fragebogen und der berechneten Proteinaufnahme aus der N-Ausscheidung im 24h-Urin. Desweiteren wurde ein signifikanter Zusammenhang ($r=0,45$) zwischen dem Fragebogen und dem Biomarker ermittelt. Die Ergebnisse der EPIC-Pilotstudien sind in Tabelle 3 dargestellt. Sie zeigen mäßige (0,19) bis gute Korrelationen (0,69) zwischen der Eiweißzufuhr aus den Food-Frequency-Fragebögen und der berechneten Eiweißaufnahme aus durchschnittlich vier 24h-Urinsammlungen. In der britischen EPIC-Pilotstudie⁵⁰ wurde zusätzlich zum Ernährungsfragebogen ein 16-tägiges Wiegeprotokoll, ein 7-Tage-Schätzprotokoll und ein eintägiges 24h-Recall gegen 24h-Urin-N (Mittel aus acht Urinsammlungen) getestet. Dabei wurde festgestellt, daß viel stärkere Zusammenhänge zwischen dem 16-Tage-Wiegeprotokoll beziehungsweise dem 7-Tage-Schätzprotokoll und der N-Ausscheidung bestanden ($r=0,69$ und $r=0,67$), als es für den Food-Frequency-Fragebogen ($r=0,49$) zu beobachten war. Desweiteren wurde ein differenzierender Bias festgestellt, bei dem Personen mit zunehmendem Gewicht und BMI, die Zufuhr an Energie und energieliefernden Nährstoffen besonders stark unterschätzen.

Neben 24h-Urin-N werden in Validierungsstudien häufig Biomarker der Vitaminzufuhr eingesetzt. Gängige Biomarker der Vitaminzufuhr sind die Gesamtcarotinoidspiegel, die α -Carotin- und β -Carotinkonzentrationen, sowie die Vitamin C- oder α -Tocopherolgehalte.

Carotinoid-Plasmaspiegel sind charakteristisch für die Carotinoidaufnahme der letzten Tage und Wochen und gehören daher zu den Kurzzeitparametern.⁵⁹ Die Blutspiegel sind außerdem von der intestinalen Absorptionsrate, von der enzymatischen Umwandlung in Retinol und von der Nieren clearance abhängig. Bei Personen, die sehr wenig Gesamtcarotin zu sich nehmen, beeinflußt desweiteren der Fettgehalt der Nahrung die intestinale Resorptionsrate. Der Mensch besitzt nur begrenzte Möglichkeiten Carotinoide zu speichern, so daß überschüssige Mengen über die Niere ausgeschieden werden. Die Carotinoide werden nicht homöostatisch reguliert und eignen sich daher für den Einsatz in Validierungsstudien.

Vitamin E ist eine heterogene Substanzklasse, bestehend aus Tocopherolen und Tocotrienolen, die Vitamin E-Aktivität besitzen. Vitamin E wird im Blut mittels Lipoproteinen transportiert und als Oxidationsschutz in lipidhaltige Zellmembranen eingebaut. Die Plasmaspiegel von α -Tocopherol sind neben dem Gehalt an Vitamin E in der aufgenommenen Nahrung auch von der Konzentration an Lipoproteinen und anderen Blutfetten abhängig. Daher wird das Verhältnis von α -Tocopherol zu den Blutlipiden zur Beschreibung des Ernährungsstatus emp-

fohlen.⁶⁰ Desweiteren beeinflussen andere Nahrungsbestandteile mit oxidativer Wirkung die Vitamin E-Blutspiegel. Die Vitamin E-Plasmaspiegel gelten als relativ guter Indikator zu Bestimmung der längerfristigen Vitamin E-Zufuhr⁶¹ und werden daher gerne in Validierungsstudien verwendet.

Vitamin C wird hauptsächlich über Obst und Gemüse aufgenommen und gilt daher als Indikator für den Verzehr an diesen Lebensmitteln. Der Vitamin C-Gehalt in Lebensmitteln ist jedoch sehr instabil und reduziert sich erheblich durch eine lange, beziehungsweise unsachgemäße Lagerung, aber auch durch Verarbeitungsprozesse, wie das Erhitzen von Gemüse. Die Instabilität von Vitamin C in Lebensmitteln erschwert eine Abschätzung der Vitamin C-Zufuhr ganz erheblich. Speichermöglichkeiten für Vitamin C gibt es im menschlichen Körper nicht, so daß die Vitamin C-Plasmaspiegel lediglich die aktuelle Vitamin C-Aufnahme wiedergeben.⁶¹ Zur Charakterisierung der langfristigen Vitamin C-Zufuhr sind daher mehrere Blutentnahmen erforderlich. Die Plasmaspiegel sind zusätzlich von Alter und Geschlecht abhängig, sowie von anderen Lebensstilfaktoren, wie z.B. von den Rauch- und Trinkgewohnheiten der Teilnehmer.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über Studien, in denen Vitaminblutspiegel zur Validierung von Ernährungsfragebögen eingesetzt wurden. WILLETT et al.⁶² untersuchten an 59 Männern und Frauen den Zusammenhang zwischen der Carotinaufnahme (Carotinoide mit Provitamin A-Aktivität) und dem Plasmaspiegeln an Gesamtcarotin sowie der Vitamin E-Zufuhr und dem α -Tocopherolspiegel. Die Nährstoffzufuhr wurde mittels eines selbstausfüllbaren, semi-quantitativen Food-Frequency-Fragebogens (99 Items) erhoben. Nach der Adjustierung für die Energiezufuhr und für die Plasmalipide wurden für Carotin und für Vitamin E mäßige Korrelationen von 0,35 und 0,34 beobachtet. STRYKER et al.⁶⁴ untersuchten ebenfalls den Zusammenhang zwischen der Carotin- und Vitamin E-Zufuhr, gemessen anhand eines selbstausfüllbaren, semi-quantitativen Food-Frequency-Fragebogens (116 Items) und den Plasmaspiegeln an β -Carotin und α -Tocopherol. Desweiteren wurden der Einfluß des Geschlechts der Teilnehmer und deren Rauchgewohnheiten, auf diesen Zusammenhang überprüft. Die Korrelationen zwischen der Carotinzufuhr und dem β -Carotin-Plasmaspiegel (adjustiert für die Energiezufuhr und die Lipidplasmaspiegel) betragen für Frauen 0,42 und für Männer 0,36. Nichtraucher zeigten deutlich höhere Korrelationen (0,45 für Frauen und 0,44 für Männer) als Raucher (0,19 für Frauen und 0,02 für Männer). Die Korrelationen für Vitamin E (unter Berücksichtigung von Vitaminsupplementen) und α -Tocopherol zeigten Werte von 0,51 für Frauen und 0,53 für Männer. Wurden eingenommene Vitaminsupplemente nicht berücksichtigt, fielen die Korrelationen erheblich niedriger aus. In einer Interventionsstudie von RUSSELL-BRIEFEL et al.⁶³ wurde der Zusammenhang zwischen der Carotinzufuhr und den Plasmacarotinoiden untersucht. Im Rahmen dieser Studie füllten 187 Männer im Alter von 43 bis 64 Jahren einen Food-Frequency-Fragebogen mit 40 Lebensmittelitems aus. Die Korrelation zwischen den Fragebogendaten und den Plasmaspiegeln lag bei 0,25 (ohne Energie- oder Lipidadjustierung). ROIDT et al.⁶⁵ überprüften die biologische Validität eines Food-Frequency-Fragebogens (71 Items) ebenfalls unter Verwendung von Vitaminblutspiegeln. Hierbei zeigte sich ein schwacher, aber signifikanter Zusammenhang von 0,20 zwischen der Gesamtcarotinzufuhr und den β -Carotin-Blutspiegeln. Dieser Zusammenhang war stark von den Rauchgewohnheiten der Teilnehmer abhängig (0,14 für Raucher, 0,30 für ehemalige Raucher).

Ähnliche Ergebnisse erbrachte die Untersuchung von LIU et al.⁶⁶ Auch diese Arbeitsgruppe beobachtete einen schwachen Zusammenhang (0,22) zwischen der mit einem Food-Frequency-Fragebogen ermittelten β -Carotin-Zufuhr und den β -Carotin-Plasmaspiegeln.

Tabelle 3: Validierungsstudien von Ernährungsfragebögen unter Verwendung von Biomarkern

QUELLE	POPULATION	NÄHRSTOFF	BIOMARKKER	PEARSON-KORRELATIONEN
Willett et al. (1983) ⁶²	59 Männer und Frauen	Gesamtcarotin Vitamin E	Plasmacarotin Plasma- α -Tocopherol	0,35 ⁸ 0,34 ⁸
Russell-Briefel et al. (1985) ⁶³	187 Männer	Gesamtcarotin	Plasmacarotin	0,25
Stryker et al. (1988) ⁶⁴	330 Männer und Frauen	Gesamtcarotin Vitamin E (incl. Suppl.)	Plasma- β -Carotin Plasma- α -Tocopherol	0,31 ¹ (0,41) ⁵ 0,53 ² (0,51) ⁵
Roidt et al. (1988) ⁶⁵	302 Männer und Frauen	Gesamtcarotin	Serum- β -Carotin	0,21
Liu et al. (1992) ⁶⁶	265 Frauen	Vitamin A β -Carotin	Plasma- β -Carotin Plasma- β -Carotin	0,15 ³ 0,19 ³
Ascherio et al. (1992) ⁶⁷	307 Männer und Frauen	Gesamtcarotin Vitamin E (incl. Suppl.)	Plasma- β -Carotin Plasma- α -Tocopherol	0,34 ⁶ (0,30) ⁵ 0,51 ⁶ (0,41) ⁵
Jacques et al. (1993) ⁶⁸	139 Männer und Frauen	Gesamtcarotin Vitamin E Vitamin C (incl. Suppl.)	Plasma-Carotinoide Plasma- α -Tocopherol Plasma-Vitamin C	0,37 ¹ 0,52 ² 0,44 ¹
Hebert et al. (1994) ⁶⁹	167 Männer und Frauen	β -Carotin α -Tocopherol (incl. Suppl.)	Plasma- β -Carotin Plasma- α -Tocopherol	0,32 0,49
Kardinaal et al. (1995) ⁷⁰	85 Männer und Frauen	β -Carotin Vitamin E	Plasma- β -Carotin Plasma- α -Tocopherol	-0,07 (0,33) ⁵ 0,18 (-0,06) ⁵
Peng et al. (1995) ⁷¹	96 Männer und Frauen	β -Carotin α -Tocopherol (incl. Suppl.)	Plasma- β -Carotin Plasma- α -Tocopherol	0,53 ⁷ 0,50 ⁷
Porrini et al. (1995) ⁵⁸	44 Männer und Frauen	β -Carotin α -Tocopherol Vitamin C Protein	Plasma- β -Carotin Plasma- α -Tocopherol Plasma-Vitamin C 24h-Urin-Stickstoff	-0,07 ⁹ -0,22 ⁹ 0,07 ⁹ 0,45 ⁹
Ocké et al. (1997) ²³	121 Männer und Frauen	β -Carotin Vitamin E Protein (incl. Suppl.)	Plasma- β -Carotin Plasma- α -Tocopherol 24h-Urin-Stickstoff	-0,15 ² (0,18) ⁵ 0,30 ² (0,14) ⁵ 0,56 ⁵ (0,69) ⁵

¹ Adjustiert für Energieaufnahme² Adjustiert für Energieaufnahme und Plasmalipide³ Adjustiert für Energieaufnahme, Plasmalipide und korrigiert um die intraindividuelle Variabilität⁴ Adjustiert für Plasmalipide, Alter, BMI, Alkoholzufuhr⁵ Männer (Frauen)⁶ Adjustiert für Plasmalipide, Alter, Geschlecht, BMI⁷ Nichtraucher⁸ Adjustiert für Plasmalipide, Alter, Geschlecht, Energieaufnahme⁹ Spearman Korrelationen

Tabelle 3: Fortsetzung

QUELLE	POPULATION	NÄHRSTOFF	BIOMARKKER	KORRELATIONEN
EPIC Group of Spain (1997) ⁷²	91 Männer und Frauen	β -Carotin	Plasma- β -Carotin	0,21 ¹ (0,42) ⁵
		α -Tocopherol	Plasma- α -Tocopherol	0,42 ² (0,31) ⁵
		Vitamin C	Plasma-Vitamin C	0,41 ¹ (0,60) ⁵
		Protein (incl. Suppl.)	24h-Urin-Stickstoff	0,47 ¹ (0,49) ⁵
Katsouyanni et al. (1997) ²⁶	80 Männer und Frauen	β -Carotin	Plasma- β -Carotin	-0,11 ⁶
		Vitamin C	Plasma-Vitamin C	0,14 ⁶
		Protein	24h-Urin-Stickstoff	0,30 ⁶
Bingham et al. (1997) ^{2,50}	156 Frauen	β -Carotin	Plasma- β -Carotin	0,12
		Vitamin C	Plasma-Vitamin C	0,46
		Protein	24h-Urin-Stickstoff	0,49
Kaaks et al. (1997) ⁷³	197 Männer und Frauen (ital. Pilotstudie EPIC)	β -Carotin	Plasma- β -Carotin	0,34 ² (0,27) ⁵
		α -Tocopherol	Plasma- α -Tocopherol	0,13 ² (0,18) ⁵
		Vitamin C	Plasma-Vitamin C	(0,29) ^{1,5}
		Protein	24h-Urin-Stickstoff	0,19 ¹ (0,31) ⁵
Kaaks et al. (1997) ⁷³	119 Frauen (franz. Pilotstudie EPIC)	β -Carotin	Plasma- β -Carotin	(0,27) ^{2,5}
		α -Tocopherol	Plasma- α -Tocopherol	(0,28) ^{2,5}
		Vitamin C	Plasma-Vitamin C	(0,45) ^{1,5}
		Protein	24h-Urin-Stickstoff	(0,37) ^{1,5}

¹ Adjustiert für Energieaufnahme

² Adjustiert für Energieaufnahme und Plasmalipide

³ Adjustiert für Energieaufnahme, Plasmalipide und korrigiert um die intraindividuelle Variabilität

⁴ Adjustiert für Plasmalipide, Alter, BMI, Alkoholzufuhr

⁵ Männer (Frauen)

⁶ Adjustiert für Plasmalipide, Alter, Geschlecht, BMI

⁷ Nichtraucher

⁹ Spearman Korrelationen

ASCHERIO und Mitarbeiter⁶⁷ verwendeten den von Walter Willett entwickelten Ernährungsfragebogen. Auch in dieser Studie erfolgte die Überprüfung der Validität der Carotin- und Vitamin E-Zufuhr anhand von β -Carotin- und α -Tocopherol-Blutspiegeln. Für Carotin wurde, wie in den zuvor genannten Studien, ein schwacher Zusammenhang sichtbar, während zwischen Vitamin E und α -Tocopherol (wie bei Stryker et al.⁶⁴) bei Berücksichtigung der Vitaminsupplemente ein stärkerer Zusammenhang (0,51 Männer, 0,41 Frauen) beobachtet werden konnte. Zu der gleichen Erkenntnis gelangte auch JACQUES et al.⁶⁸ Neben schwachen Korrelationen zwischen der Carotinaufnahme und den Plasmacarotinoidspiegeln, zeigte sich eine mittlere Korrelation zwischen Vitamin E und α -Tocopherol, wenn Supplemente berücksichtigt wurden. Außerdem wurden geschlechtsspezifische Unterschiede für den Zusammenhang zwischen der Carotinzufuhr und den Plasmacarotinoidspiegeln (0,19 Männer, 0,49 Frauen) beobachtet. Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Studien fanden KARDINAAL et al.⁷⁰ keinen Zusammenhang zwischen der Nährstoffaufnahme, gemessen anhand eines Food-Frequency-Fragebogens und den Plasmakonzentrationen an β -Carotin und α -Tocopherol. Lediglich für Frauen wurde ein schwacher Zusammenhang zwischen der β -Carotin-Aufnahme und den β -Carotin-Plasmaspiegeln beobachtet.

Auch die Validierungsstudien im Rahmen des EPIC-Projektes zeigen überwiegend schwache bis mittlere Korrelationen zwischen der Vitaminszufuhr (Carotin, Vitamin E und C) aus den

Food-Frequency-Fragebögen und den Plasmaspiegeln von β -Carotin, α -Tocopherol und Vitamin C. Im einzelnen werden folgende Ergebnisse beobachtet: In der niederländischen Teilstudie²³ besteht weder bei Männern noch bei Frauen ein Zusammenhang zwischen der β -Carotinzufuhr und den β -Carotinblutspiegeln. Auch unter Ausschluß der Raucher wurde der Korrelationskoeffizient nicht besser. Desweiteren konnte für die Vitamin E-Zufuhr bei Frauen kein Zusammenhang zur Plasma- α -Tocopherolkonzentration festgestellt werden. Lediglich für Männer bestand in diesem Fall ein mäßiger Zusammenhang von 0,3. Auch unter Berücksichtigung der eingenommenen Vitaminsupplemente, änderte sich das Ergebnis für die Vitamin E-Zufuhr nicht. Die Autoren begründeten den fehlenden Effekt damit, daß die Zusammensetzung der Vitaminsupplemente leider nicht hinreichend bekannt war, und dadurch die Vitamin E-Zufuhr mittels Supplementen nicht valide erfaßt werden konnte. Das spanische Diet History Interview zeigte Korrelationen in der üblichen Größenordnung⁷² (vergleiche Tabelle 3). Frauen besaßen in der spanischen Teilstudie höhere Korrelationen als Männer. Neben den geschlechtsspezifischen Unterschieden wurden für Raucher niedrigere Korrelationen beobachtet, als für Nichtraucher. Besonders stark war dieser Unterschied bei Carotin. In der griechischen Validierungsstudie²⁶ existierten ebenfalls erhebliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Für Frauen wurde kein Zusammenhang ($r=0,04$) zwischen der Vitamin C-Aufnahme und den Vitamin C-Blutkonzentrationen beobachtet, während für Männer der Korrelationskoeffizient einen Wert von 0,50 besaß.⁷³ Im Falle von β -Carotin zeigten Frauen einen negativen Zusammenhang ($r=-0,25$) und Männer eine positive Beziehung ($r=0,37$). Der italienische sowie der französische Fragebogen bestätigen die allgemein sehr niedrigen Korrelationen zwischen der Vitaminzufuhr und den Vitaminplasmaspiegeln.⁷³

-
- ¹ Willett WC. Nutritional Epidemiology, Monographs in Epidemiology and Biostatistics. Vol 15. Oxford University Press, New York 1990; S. 92-126.
 - ² Block G and Hartman AM. Issues in reproducibility and validity of dietary studies. Am J Clin Nutr 1989; 50: 1133-1138.
 - ³ Nomura A and Hankin JH. The reproducibility of dietary intake data in a prospective study of gastrointestinal cancer. Am J Clin Nutr 1976; 29: 1432-1436.
 - ⁴ Jain M, Howe GR, Johnson KC, Miller AB. Evaluation of a diet history questionnaire for epidemiologic studies. Am J Epidemiol 1980; 111: 212-219.
 - ⁵ Hankin JH, Nomura AMY, Lee J, Hirohata T, Kolonel L. Reproducibility of a dietary history questionnaire in a case-control study of breast cancer. Am J Clin Nutr 1983; 37: 981-985.
 - ⁶ Byers TE, Rosenthal RI, Marshall JR, Rzepka TF, Cummings KM, Graham S. Dietary history from the distant past: A methodological study. Nutr Cancer 1983; 5: 69-77.
 - ⁷ Rohan TE and Potter JD. Retrospective assessment of dietary intake. Am J Epidemiol 1984; 120: 876-887.
 - ⁸ Willett WC, Sampson L, Stampfer MJ, et al. Reproducibility and validity of a semiquantitative food frequency questionnaire. Am J Epidemiol 1985; 122: 51-65.
 - ⁹ Byers T, Marshall J, Anthony E, Fiedler R, and Zielezny M. The reliability of dietary history from the distant past. Am J Epidemiol 1987; 125: 999-1011.
 - ¹⁰ Colditz GA, Willett WC, Stampfer MJ, Sampson L, Rosner B, Hennekens CH and Speizer FE. The influence of age, relative weight, smoking and alcohol intake on the reproducibility of a dietary questionnaire. Int J Epidemiol 1987; 16: 392-398.
 - ¹¹ Thompson FE, Lamphiear DE, Metzner HL, Hawthorne VM, and Oh MS. Reproducibility of reports of frequency of food use in the Tecumseh diet methodology study. Am J Epidemiol 1987; 125: 658-671.
 - ¹² Pietinen P, Hartman AM, Haapa E et al. Reproducibility and validity of dietary assessment instruments: II. A qualitative food frequency questionnaire. Am J Epidemiol 1988; 128: 667-676.
 - ¹³ Pietinen P, Hartman M, Haapa E, et al. Reproducibility and validity of dietary assessment instruments: I. A self-administered food use questionnaire with a portion size picture booklet. Am J Epidemiol 1988; 128: 655-666.

-
- 14 Salvini S, Hunter DJ, Sampson L, Stampfer MJ, Colditz GA, Rosner B, and Willett WC. Food-based validation of a dietary questionnaire: The effects of week-to-week variation in food consumption. *Int J Epidemiol* 1989; 18: 858-867.
 - 15 Engle A, Lynn LL, Koury K, and Boyar AP. Reproducibility and comparability of a computerized, self-administered food frequency questionnaire. *Nutr Cancer* 1990; 13: 281-292.
 - 16 Munger RG, Folsom AR, Kushi LH, Kaye SA, Sellers TA. Dietary assessment of older Iowa women with a food frequency questionnaire: nutrient intake, reproducibility, and comparison with 24-hour dietary recall interviews. *Am J Epidemiol* 1992; 136: 192-200.
 - 17 Rimm EB, Giovannucci EL, Stampfer MJ, Colditz GA, Litin LB, Willett WC. Reproducibility and validity of an expanded self-administered semiquantitative food frequency questionnaire among male health professionals. *Am J Epidemiol* 1992; 135: 114-126.
 - 18 Järvinen R, Seppänen R, and Knekt P. Short-term and long-term reproducibility of dietary interview data. *Int J Epidemiol* 1993; 22: 520-527.
 - 19 Ajani UA, Willett WC, and Seddon JM. Reproducibility of a food frequency questionnaire for use in ocular research. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994; 35: 2725-2733.
 - 20 Männistö S, Virtanen M, Mikkonen T, and Pietinen P. Reproducibility and validity of a food frequency questionnaire in a case-control study on breast cancer. *J Clin Epidemiol* 1996; 49: 401-409.
 - 21 Friis S, Krüger Kjær S, Stripp C, and Overvad K. Reproducibility and relative validity of a self-administered semiquantitative food frequency questionnaire applied to younger women. *J Clin Epidemiol* 1997; 50: 303-311.
 - 22 Ocké MC, Bueno-De-Mesquita HB, Goddijn HE, Jansen A, Pols MA, Van Staveren WA, Kromhout D. The Dutch EPIC food frequency questionnaire. I. Description of the questionnaire, and relative validity and reproducibility for food groups. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S37-S48.
 - 23 Ocké MC, Bueno-De-Mesquita HB, Pols MA, Smit HA, Van Staveren WA, Kromhout D. The Dutch EPIC food frequency questionnaire. II. Relative validity and reproducibility of nutrients. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S49-S58.
 - 24 EPIC Group of Spain. Relative validity and reproducibility of a diet history questionnaire in Spain. I. Foods. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S91-S99.
 - 25 EPIC Group of Spain. Relative validity and reproducibility of a diet history questionnaire in Spain. II. Nutrients. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S100-S109.
 - 26 Katsouyanni K, Rimm EB, Gnardellis C, Trichopoulos D, Polychronopoulos E, Trichopoulou A. Reproducibility and relative validity of an extensive semi-quantitative food frequency questionnaire using dietary records and biochemical markers among Greek schoolteachers. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S118-S127.
 - 27 Van Liere MJ, Lucas F, Clavel F, Slimani N, Villemainot S. Relative validity and reproducibility of a French dietary history questionnaire. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S128-S136.
 - 28 Pisani P, Faggiano F, Krogh V, Palli D, Vineis P, Berrino F. Relative validity and reproducibility of a food frequency dietary questionnaire for use in the Italian EPIC centres. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S152-S160.
 - 29 Samet JM, Humble CG, Skipper BE. Alternatives in the collection and analysis of food-frequency interview data. *Am J Epidemiol* 1984; 120: 572-581.
 - 30 Block G, Woods M, Sheppard L, Potosky A, Clifford C. Comparison of a self-administered dietary history questionnaire with multiple dietary records. *J Clin Epidemiol* 1990; 43: 1327-1335.
 - 31 Browe JH, Gofstein RM, Morlley DM, and McCarthy MC. Diet and heart disease study in the Cardiovascular Health Center. *J Am Diet Assoc* 1966; 48: 95-100.
 - 32 Balogh M, Medalie JH, Smith H, and Groen JJ. The development of a dietary questionnaire for an ischemic heart disease survey. *Isr J Med Sci* 1968; 4: 195-203.
 - 33 Epstein LM, Reshef A, Abramson JH, and Bialik O. Validity of a short dietary questionnaire. *Isr J Med Sci* 1970; 6: 589-597.
 - 34 Hankin JH, Rhoads GG, Gloger GA. A dietary method for an epidemiologic study of gastrointestinal cancer. *Am J Clin Nutr* 1975; 28: 1055-1061.
 - 35 Hunt IF, Luke LS, Murphy MJ, Clark VA, and Coulson AH. Nutrient estimates from computerized questionnaires vs. 24-hr Recall interviews. *J Am Diet Assoc* 1979; 74: 656-659.
 - 36 Jain M, Harrison L, Howe GR, and Miller AB. Evaluation of a self-administered dietary questionnaire for use in a cohort study. *Am J Clin Nutr* 1982; 36: 931-935.
 - 37 Stuff JE, Garza C, Smith EO, Nichols BL, and Montandon CM. A comparison of dietary methods in nutritional studies. *Am J Clin Nutr* 1983; 37: 300-306.

-
- ³⁸ Gray GE, Paganini-Hill A, Ross RK, and Henderson BE. Assessment of three brief methods of estimation of vitamin A and C intakes for a prospective study of cancer. Comparison with dietary history. *Am J Epidemiol* 1984; 119: 581-590.
- ³⁹ Willett WC, Reynolds RD, Cottrill-Hoehner S, Sampson L, Brown ML. Validation of a semiquantitative food frequency questionnaire: comparison with a one-year record. *J Am Diet Assoc* 1987; 87: 43-47.
- ⁴⁰ Willett WC, Sampson L, Browne ML, Stampfer MJ, Rosner B, Hennekens CH, and Speizer FE. The use of a self-administered questionnaire to assess diet four years in the past. *Am J Epidemiol* 1988; 127: 188-199.
- ⁴¹ Larkin FA, Metzner HL, Thompson FE, Flegal KM, and Guire KE. Comparison of estimated nutrient intakes by food frequency and dietary records in adults. *J Am Diet Assoc* 1989; 89: 215-223.
- ⁴² Flegal KM, and Larkin FA. Partitioning macronutrient intake estimates from a food frequency questionnaire. *Am J Epidemiol* 1990; 131: 1046-1058.
- ⁴³ Block G, Woods M, Potosky A, Clifford C. Validation of a self-administered diet history questionnaire using multiple diet records. *J Clin Epidemiol* 1990; 43: 1327-1335.
- ⁴⁴ Potosky AL, Block G, Hartman AM. The apparent validity of diet questionnaires is influenced by number of diet-records days used for comparison. *J Am Diet Assoc* 1990; 90: 810-813.
- ⁴⁵ Tjønneland A, Overvad K, Haraldsdóttir J, Bang S, Ewertz, Jensen OM. Validation of a semiquantitative food frequency questionnaire developed in Denmark. *Int J Epidemiol* 1991; 20: 906-912.
- ⁴⁶ Block G, Thompson FE, Hartman AM, Larkin FA, Guire KE. Comparison of two dietary questionnaires validated against multiple dietary records collected during a 1-year period. *Am J Diet Assoc* 1992; 92: 686-693.
- ⁴⁷ Goldbohm RA, van den Brandt PA, Brants HAM et al. Validation of a dietary questionnaire used in a large-scale prospective cohort study on diet and cancer. *Eur J Clin Nutr* 1994; 48: 253-265.
- ⁴⁸ Grootenhuys PA, Westenbrink S, Sie CMTL, Neeling NDD, Kok FJ, and Bouter LM. A semiquantitative food frequency questionnaire for use in epidemiologic research among the elderly: validation by comparison with dietary history. *J Clin Epidemiol* 1995; 48: 859-868.
- ⁴⁹ Osler M, and Heitman BL. The validity of a short food frequency questionnaire and its ability to measure changes in food intake: a longitudinal study. *Int J Epidemiol* 1996; 25: 1023-1029.
- ⁵⁰ Bingham SA, Gill C, Welch A, Cassidy A, Runswick SA, Oakes S, Lubin R, Thurnham DI, Key TJA, Roe L, Khaw KT, and Day NE. Validation of dietary assessment methods in the UK arm of EPIC using weighed records, and 24-hour urinary nitrogen and potassium and serum vitamin C and carotenoids as biomarkers. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S137-S151.
- ⁵¹ Riboli E, Elmstahl S, Saracci R, Gullberg B, and Lindgärde F. The Malmö food study: Validity of two dietary assessment methods for measuring nutrient intake. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S161-S173.
- ⁵² Bingham SA. The dietary assessment of individuals: methods, accuracy, new techniques and recommendations. *Nutr Abs & Rev* 1987; 57: 705-742.
- ⁵³ Van't Veer P, Kardinal AFM, Bausch-Goldbohm RA and Kok Fj. Biomarkers for validation. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47 (Suppl. 2): S58-S63.
- ⁵⁴ Willett WC. *Nutritional Epidemiology*. Monographs in Epidemiology and Biostatistics. Vol. 15. Oxford University Press, New York 1990. S. 110-114.
- ⁵⁵ Isaksson B. Urinary nitrogen output as a validity test in dietary surveys. *Am J Clin Nutr* 1980; 33: 4-6.
- ⁵⁶ Young VR and Pellett PL. Protein intake and requirements with reference to diet and health. *Am J Clin Nutr* 1987; 45: 1323-1343.
- ⁵⁷ Bingham SA, Cummings JH. Urine nitrogen as an independent validity measure of dietary intake. *Am J Clin Nutr* 1985; 42: 1276-1289.
- ⁵⁸ Porrini M, Gentile MG, and Fidanza F. Biochemical validation of a semi-quantitative food-frequency questionnaire. *Br J Nutr* 1995; 74: 323-333.
- ⁵⁹ Albanes D, Virtamo J, Rautalahti M, et al. Serum beta-carotene before and after beta-carotene supplementation. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46: 15-24.
- ⁶⁰ Thurnham DI, Davies JA, Crump BJ, et al. The use of different lipids to express serum tocopherol: lipid ratios for the measurement of vitamin E status. *Ann Clin Biochem* 1986; 23: 514-520.
- ⁶¹ Hunter D. Biochemical indicators of dietary intake. In: Willett WC. *Nutritional Epidemiology*. New York: Oxford University Press, 1990: 143-216.
- ⁶² Willett WC, Stampfer MJ, Underwood BA, Speizer FE, Rosner B, and Hennekens CH. Validation of a dietary questionnaire with plasma carotenoid and α -tocopherol levels. *Am J Clin Nutr* 1983; 38: 631-639.
- ⁶³ Russell-Briefel R, Caggiula AW, and Kuller LH. A comparison of three dietary methods for estimating vitamin A intake. *Am J Epidemiol* 1985; 122: 628-636.

-
- ⁶⁴ Stryker WS, Kaplan L, Stein EA, Stampfer MJ, Sober A, and Willett WC. The relation of diet, cigarette smoking and alcohol consumption to plasma beta-carotene and alpha-tocopherol levels. *Am J Epidemiol* 1988; 127: 283-296.
- ⁶⁵ Roidt L, White E, Goodman GE, Wahl PW, Omenn GS, Rollins B, and Karkeck JM. Association of food frequency questionnaire estimates of vitamin A intake with serum vitamin A levels. *Am J Epidemiol* 1988; 128: 645-654.
- ⁶⁶ Liu T, Wilson NP, Craig CB, Tamura T, Soong S, Sauberlich HE, Cole P, and Butterworth CE. Evaluation of three nutritional assessment methods in a group of woman. *Epidemiology* 1992; 3: 496-502.
- ⁶⁷ Ascherio A, Stampfer MJ, Colditz GA, Rimm EB, Litin L, and Willett WC. Correlations of vitamin A and E intakes with the plasma concentrations of carotenoids and tocopherols among american men and women. *J Nutr* 1992; 122: 1792-1801.
- ⁶⁸ Jacques PF, Sulsky SI, Sadowski JA, Phillips JCC, Rush D, and Willett WC. Comparison of micronutrient intake measured by a dietary questionnaire and biochemical indicators of micronutrient status. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 182-189.
- ⁶⁹ Hebert JR, Hurley TG, Hsieh J, Rogers E, Stoddard AM, Sorensen G, and Nicolosi R. Determinants of plasma vitamins and lipids: The Working Well Study. *Am J Epidemiol* 1994; 140: 132-147.
- ⁷⁰ Kardinaal AFM, van't Veer P, Brants AM, van den Berg H, van Schoonhoven J, and Hermus RJJ. Relations between antioxidant vitamins in adipose tissue, plasma, and diet. *Am J Epidemiol* 1995; 141: 440-450.
- ⁷¹ Peng YM, Peng YS, Lin Y, Moon T, Roe DJ, and Ritenbaugh C. Concentrations and plasma-tissue-diet relationships of carotenoids, retinoids, and tocopherols in humans. *Nutr Cancer* 1995; 23: 233-246.
- ⁷² EPIC Group of Spain. Relative validity and reproducibility of a diet history questionnaire in Spain. III. Biochemical markers. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S110-117.
- ⁷³ Kaaks R, Slimani N and Riboli E. Pilot phase studies on the accuracy of dietary intake measurements in the EPIC project: overall evaluation of results.

5. MATERIAL UND METHODEN

5.1 STUDIENDESIGN

5.1.1 Geplantes Studiendesign

Das Studiendesign der Validierungsstudie war durch die internationalen Vereinbarungen der EPIC-Gruppe vorgegeben.¹ Für die Referenzmessung zur Bestimmung der relativen Validität des Ernährungsfragebogens war ein mehrtägiges 24h-Recall vorgesehen. Die Recallinterviews sollten gleichmäßig über ein Jahr verteilt durchgeführt werden, um saisonale Schwankungen zu erfassen. Desweiteren wurde vereinbart, die Referenzmessungen gleichmäßig über alle Wochentage zu verteilen, da die Nahrungsaufnahme zwischen Werktagen und Wochenenden stark differiert und häufig einem Zyklus folgt, bei dem zu Wochenbeginn mit einer niedrigeren Nahrungszufuhr zu rechnen ist, und zum Wochenende hin die Verzehrsmenge ansteigt. Zur Bestimmung der absoluten Validität und zur Überprüfung der Vollständigkeit, der mittels der Referenzmethode geschätzten Eiweißaufnahme, sollten vier 24h-Urinsammlungen durchgeführt werden. Der 24h-Urin war für die Bestimmung der renalen N-Ausscheidung vorgesehen, aus der die Eiweißzufuhr abgeleitet werden kann. Zusätzlich waren zwei halbjährliche Blutentnahmen für die Bestimmung von Vitamin-C, α -Tocopherol sowie β -Carotin geplant, die ebenfalls der biologischen Validierung dienen sollten. Zur Überprüfung der Reliabilität des Testinstrumentes wurde eine Meßwiederholung eingeplant. Das Testinstrument sollte sowohl zu Beginn der Studie eingesetzt werden, um die Situation in der Hauptstudie darzustellen als auch am Studienende, um einen deckungsgleichen Abfragezeitraum mit der Referenzmessung zu erhalten.

Für jedes Studienzentrum war eine Rekrutierung von mindestens 100 und maximal 150 Männer und Frauen vorgesehen. In dem Heidelberger Studienzentrum wurde eine Rekrutierung von 120 Personen angestrebt. Gewünscht waren Männer und Frauen im Alter von 35 bis 64 Jahren. Da für die Hauptstudie die Rekrutierung von AOK-Mitgliedern vorgesehen war, sollten in der Pilotphase erste Erfahrungen mit der Rekrutierung von AOK-Mitgliedern gesammelt werden.

5.1.2 Praktische Durchführung der Studie

Die Rekrutierung der Teilnehmer der Heidelberger Ernährungsstudie begann mit Unterstützung der AOK-Heidelberg im September 1991. Potentielle Teilnehmer waren alle AOK-Mitglieder, die der deutschen Sprache mächtig waren, und deren Wohnsitz oder Arbeitsplatz in der Nähe des DKFZ gelegen war. Um das Interesse der AOK-Mitglieder an der Heidelberger Ernährungsstudie zu wecken, erschien ein Artikel in der AOK-Mitgliederzeitschrift sowie in der Rhein-Neckar-Zeitung vom 15.9.91. Insgesamt erhielten 523 AOK-Mitglieder ein Einladungsschreiben zu der Studie. Personen, die keine Antwort gaben, bekamen zur Erinnerung ein zweites Anschreiben. Erfolgte auf das Erinnerungsschreiben ebenfalls keine Reaktion, wurde bei den Teilnehmern telefonisch nachgefragt.

Die Datensammlung begann im Oktober 1991 mit einem leicht von der Planung abweichenden Studiendesign. Der Ernährungsfragebogen konnte leider nicht wie vorgesehen zu Beginn der Studie eingesetzt werden, da dieser zu diesem Zeitpunkt noch nicht fertiggestellt war. Um nicht in zeitlichen Verzug zu geraten wurde daher planmäßig mit der Durchführung der monatlichen 24h-Recalls begonnen. Die 24h-Recalls wurden jedoch nicht an allen Tagen durchgeführt, sondern sie fanden aus logistischen Gründen lediglich montags bis freitags statt. Der Ernährungsfragebogen konnte den Teilnehmern erst im Februar 1992 ausgehändigt werden. Die Wiederholungsmessung des Testinstrumentes, die 24h-Urinsammlungen sowie die Blutentnahmen wurden nach Plan durchgeführt. Nähere Informationen über den sozioökonomischen Status, den beruflichen Werdegang, die Rauchgewohnheiten und die körperliche Aktivität der Studienteilnehmer wurden mittels eines selbstausfüllbaren Lebensstilfragebogens im August 1992 eingeholt. Nach Beendigung der Datensammlung wurde den Teilnehmern im Januar 1993 ein Kurzfragebogen über die Verzehrshäufigkeiten ausgewählter Lebensmittelgruppen postalisch nachgereicht. Der zeitliche Ablauf der Heidelberger Validierungsstudie ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Design der Heidelberger Validierungsstudie

MONAT	ERHEBUNGSINSTRUMENT	BIOMARKER
Oktober '91	24h-Recall	
November '91	24h-Recall	
Dezember '91	24h-Recall	24h-Urin
Januar '92	24h-Recall	Blut
Februar '92	24h-Recall, Ernährungsfragebogen	
März '92	24h-Recall	24h-Urin
April '92	24h-Recall	
Mai '92	24h-Recall	
Juni '92	24h-Recall	24h-Urin
Juli '92	24h-Recall	Blut
August '92	24h-Recall, Lebensstilfragebogen	
September '92	24h-Recall, Ernährungsfragebogen	24h-Urin
Januar '93	Fragebogen zu Verzehrshäufigkeiten	

5.2 ERHEBUNGSINSTRUMENTE

5.2.1 Fragebogen zu Ernährungsgewohnheiten

Der Ernährungsfragebogen wurde unter der Leitung von Prof. Dr. Jürgen Wahrendorf und Dr. habil. Heiner Boeing von Frau Hildegard Pfeiffer-Zäh im Rahmen ihrer Diplomarbeit in der Abteilung Epidemiologie des DKFZ entwickelt.² Gewünscht wurde ein Erhebungsinstrument, mit dem Personen hinsichtlich des Verzehrs wichtiger Lebensmittel und solcher Inhaltsstoffe, die in der Krebsursachenforschung von Bedeutung sind, ausreichend charakterisiert werden können. Hierbei stand nicht die aktuelle Ernährung einer Person, sondern die für die Person typische (langfristige) Ernährungsweise in Vordergrund. Der Einsatz in epidemiologischen Studien, insbesondere in der EPIC-Studie verlangte ein Instrument, das für Teilnehmer mit einem unterschiedlichen Bildungsniveau einfach zu handhaben ist, das die Datensammlung und -verarbeitung vereinfacht und die Kosten im Rahmen hält. Daher wurde ein Fragebogen

zu Ernährungsgewohnheiten entwickelt, der selbsterklärend ist und postalisch zugesandt werden kann, sowie eine maschinelle Datenerfassung mit Hilfe eines Beleglesegerätes ermöglicht.

Der Fragebogen erfaßt die Nahrungsaufnahme mit Hilfe einer Lebensmittelliste. Für die ausgewählten Lebensmittel wird die durchschnittlich verzehrte Portion sowie die durchschnittliche Verzehrhäufigkeit während des vergangenen Jahres abgefragt (vergleiche Abbildung 2). Der Bezugszeitraum von einem Jahr ist für prospektive Studien typisch, da hierdurch saisonale und andere kurzfristige Schwankungen ausgeglichen werden.

In den Fragebogen aufgenommen wurden diejenigen Lebensmittel, die für den bundesdeutschen Verzehr (ohne die neuen Bundesländer) typisch waren. Desweiteren wurde darauf geachtet, daß mit den ausgewählten Lebensmitteln die individuelle Energieaufnahme und die Zufuhr der Makro- und einiger ausgewählter Mikronährstoffe (Vitamin A und C) bestimmt werden kann. Zusätzlich werden Lebensmittel (z.B. Olivenöl) abgefragt, die in Diskussion stehen, an der Entstehung von Krebserkrankungen beteiligt zu sein.³ Die Auswahl der Lebensmittel erfolgte datenbasiert aus den Ernährungsprotokollen der Nationalen Verzehrsstudie (NVS).⁴ Eine detaillierte Beschreibung der Fragebogenentwicklung ist in der Diplomarbeit von Frau Hildegard Pfeifer-Zäh zu finden.² Der Fragebogen enthält 158 Lebensmittelitems, die 25 Lebensmittelgruppen repräsentieren (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Lebensmittelgruppen des Ernährungsfragebogens

Nr.	LEBENSMITTELGRUPPE	Nr.	LEBENSMITTELGRUPPE
1	Brot und Backwaren	14	Milch und Milchprodukte
2	Nährmittel (Frühstückscerealien, Reis, Teigwaren u.ä.)	15	Käse
3	salzige Knabbereien, salziges Gebäck (Pizza, Quiche u.ä.)	16	Supplemente (Vitamin-, Mineralstofftabletten)
4	Kuchen und süßes Gebäck	17	Kaffee und Tee
5	Süßigkeiten und Süßungsmittel	18	alkoholische Getränke
6	süßer Brotaufstrich	19	Fette
7	Eier und Eierspeisen	20	Soßen
8	Obst	21	Desserts, Süßspeisen
9	Gemüse und Pilze	22	Fisch
10	Hülsenfrüchte	23	Fleisch
11	Kartoffeln und Kartoffelgerichte	24	Wurst und Fleischwaren
12	Nüsse, Ölsamen und Ölfrüchte	25	Suppen
13	Erfrischungsgetränke		

Um die Wiedergabe der Ernährungsgewohnheiten zu erleichtern, wurden die Lebensmittelitems mahlzeitenorientiert gruppiert, das heißt alle für eine Mahlzeit typischen Lebensmittel, z.B. die des Frühstücks, wurden gemeinsam angeordnet.

Für Lebensmittel, die in haushaltsüblichen Maßen, wie Löffel oder Glas verzehrt werden sowie für Lebensmittel, die in natürlichen Einheiten wie Scheibe oder Stück vorkommen, wurden diese Maße/Einheiten zur Portionsgrößenermittlung in den Fragebogen übernommen. Für die Umrechnung, der in Haushaltsmaßen und in Einheiten beschriebenen Portionsgrößen in Grammangaben, wurde die Monica-Mengenliste⁵ verwendet. Für alle anderen Items, deren Portionsgröße nicht mit Haushaltsmaßen oder Einheiten erfaßt werden konnten, wurden farbige (fotografisch dargestellte) Portionsabbildungen eingesetzt.

Die Häufigkeitsabfrage war sehr flexibel gestaltet. Der Befragte konnte seine Angaben auf Tag, Woche, Monat oder Jahr beziehen und zwischen 1- bis 6-mal als Häufigkeit wählen. Daraus ergaben sich 24 mögliche Häufigkeitskategorien. Desweiteren mußte für jedes Lebensmittel in einem gesonderten Feld angestrichen werden, ob das entsprechende Lebensmittel verzehrt wurde oder nicht. Neben den 158 Lebensmittelitems enthielt der Fragebogen außerdem Zusatzfragen, mit denen bestimmte Lebensmittel genauer spezifiziert wurden. So wurde beispielsweise bei den Milchprodukten nach dem Fettgehalt gefragt oder bei den Kaffee- und Teegetränken nach Zusätzen wie Milch oder Zucker. Für Obst und Gemüse, die in ihrem Verzehr starken saisonalen Schwankungen unterliegen, wurde der Verzehr während der Saison erfragt.

Für die Nährstoffberechnung wird eine Datenbank benötigt, die jedem Fragebogenitem Nährstoffgehalte zuweist. Zur Zusammenstellung einer solchen Datenbank wurde eine Konkordanzliste angefertigt. In dieser Konkordanzliste wurden jedem Fragebogenitem die entsprechenden Lebensmittel aus dem Bundeslebensmittelschlüssel (Version II.1) zugeordnet. Der Nährstoffgehalt eines Fragebogenitems wurde anschließend aus allen beitragenden Lebensmitteln des Bundeslebensmittelschlüssels als gewichteter Mittelwert errechnet. Die Gewichtung erfolgte dabei nach der Verzehrshäufigkeit der Items in den 24h-Recalls der Heidelberger Validierungsstudie.

Die Studienteilnehmer füllten den Ernährungsfragebogen zu Hause aus und brachten diesen zu dem nächsten Interviewtermin mit. Im Anschluß an das 24h-Recall überprüfte der Interviewer, ob der Fragebogen richtig und komplett ausgefüllt wurde. War dies nicht der Fall, wurde der Fragebogen gemeinsam mit dem Teilnehmer vervollständigt. Die Daten der Ernährungsfragebögen wurden mittels eines Beleglesegerätes in den Computer eingelesen.

5.2.2 Fragebogen zu Verzehrshäufigkeiten

Wenn eine Lebensmittelgruppe wie z.B. Obst aus vielen Einzelitems (Äpfel, Bananen, Kirschen,...) zusammengesetzt ist, besteht die Gefahr, daß der Teilnehmer den Überblick verliert und den Gesamtverzehr überschätzt.⁶ Eine Möglichkeit, dieses Problem in den Griff zu bekommen ist die Verwendung von sogenannten "summary questions", das heißt neben der Abfrage der Lebensmittelitems erfolgt eine getrennte Häufigkeitserfassung für die jeweiligen Lebensmittelgruppen. Diese Vorgehensweise ermöglicht die Ermittlung eines Korrekturfaktors, der in die Berechnung der Verzehrsmenge der Fragebogenitems mit einfließen kann.⁷

Zu diesem Zweck wurde allen Teilnehmern der Heidelberger Ernährungsstudie ein Kurzfragebogen zugesandt (Abbildung 3 im Anhang). Für 14 ausgewählte Lebensmittelgruppen wurde in dem Kurzfragebogen die durchschnittliche Verzehrshäufigkeit pro Woche erfragt. Zu diesen Lebensmittelgruppen gehörten: Brot, Nahrungsmittel, Obst, Gemüse, Hülsenfrüchte, Kartoffeln und deren Produkte, Käse, Erfrischungsgetränke, Fette, Soßen, Fleisch, Wurstwaren, Desserts und Suppen.

5.2.3 24h-Recall

Als Referenzmessung für die relative Validierung wurden in monatlichen Abständen zwölf 24h-Recalls durchgeführt. Die Befragungen wurden von zwei Interviewerinnen in der Abtei-

lung Epidemiologie des DKFZ getätigt und dauerten in der Regel 20 Minuten. Während der 24h-Recalls wurden in chronologischer Reihenfolge alle am Vortag verzehrten Lebensmittel und Getränke mahlzeitenorientiert abgefragt. Die Interviewerin ließ den Probanden zunächst erzählen und notierte alles, was berichtet wurde. Erst im Anschluß daran, wurden die noch fehlenden Details, wie z.B. Fettgehalte der Milchprodukte oder Zubereitung der Speisen, nachgefragt. Die Mengenermittlung erfolgte anhand der üblichen Haushaltsmaße, der Standardeinheiten oder der Portionsbilder, die auch in dem Fragebogen zu Ernährungsgewohnheiten verwendet worden waren. Die Interviewerinnen besaßen eine Checkliste, in der beschrieben war, wie detailliert welche Lebensmittel erfaßt werden sollten. Desweiteren enthielt die Checkliste übliche Mahlzeitenkombinationen, um an häufig vergessene Lebensmittel zu erinnern. So wurde z.B. bei dem Verzehr von Pommes frites an Zutaten wie Ketchup und Mayonnaise erinnert. Snacks und Zwischenmahlzeiten wurden am Ende des 24h-Recalls explizit abgefragt. Neben den verzehrten Nahrungsmitteln wurde auch nach eingenommenen Supplementen und Medikamenten gefragt. Zuletzt wurde dem Teilnehmer die Mitschrift noch einmal langsam vorgelesen, um die Vollständigkeit seiner Angaben zu überprüfen.

Die 24h-Recalls wurden per Hand kodiert, das heißt für jedes Lebensmittel wurde die entsprechende Kodierung aus dem Bundeslebensmittelschlüssel (Version II.1) herausgesucht und mit der verzehrten Menge in den Computer eingegeben. Für ein verzehrtes Lebensmittel, das im Bundeslebensmittelschlüssel nicht enthalten war, wurde ein anderes Lebensmittel herausgesucht, das dem verzehrten sowohl von der Gruppenzugehörigkeit als auch von der Nährstoffzusammensetzung am ähnlichsten war. Die Umrechnung der Haushaltsmaße sowie der Standardeinheiten in Verzehrsmengen erfolgte ebenfalls anhand der Monika-Mengenliste.⁵ Die Dateneingabe wurde mit dem Ernährungswissenschaftlichem Programm (EWP)⁸ durchgeführt. Die Kodierarbeiten wurden von mehreren Personen ausgeführt. Um die Dateneingabe zu vereinheitlichen und um Kodier- und Tippfehler auszuschließen, wurde eine weitere Person damit beauftragt, die Kodierung und die Eingabe der Daten zu kontrollieren und gegebenenfalls zu korrigieren.

5.3 BIOMARKER

5.3.1 Blutparameter

Die halbjährlichen Blutentnahmen dienten zur Bestimmung der Blutfettwerte (Triglyceride und Gesamtcholesterin) sowie einiger Vitaminspiegel (Vitamin C, Tocopherole, Carotinoide und Retinol). Die Bestimmung der Blutfette wurde hauptsächlich zur Motivation der Studienteilnehmer durchgeführt, während die Vitaminblutspiegel in erster Linie für die biologische Validierung des Ernährungsfragebogens erhoben wurden. Allen Probanden wurden ihre Blutfettwerte und ihre Vitaminblutspiegel mitgeteilt.

Da die Blutentnahmen ganztägig im DKFZ durchgeführt wurden, war es nicht für alle Teilnehmer zumutbar, nüchtern zu kommen. Daher wurde nur von denjenigen Teilnehmern nüchtern Blut entnommen, die einen Vormittagstermin hatten. Alle übrigen Probanden wurden gebeten, zwei Stunden unmittelbar vor der Blutentnahme nichts mehr zu sich zu nehmen. Entnommen wurden zwei 10ml Proben aus der gestauten Vene.

Für die Vitamin C-Bestimmung wurden jeweils 10ml Blut in ein Reagenzglas (Beckton Dickinson) gefüllt, das EDTA (Ethylen~~d~~iamintetraacetat) als Antikoagulanzen enthielt. Für die Bestimmung von Vitamin A, Vitamin E und den Carotinoiden wurde ein Reagenzglas ohne

Antikoagulanzen verwendet. Diese Probe wurde mit einer Aluminiumfolie umwickelt, um sie vor Lichteinwirkungen zu schützen. Unmittelbar nach der Entnahme erfolgte die Aufbereitung beider Blutproben. Zuerst wurden beide Proben zur Gewinnung von Plasma und Serum bei 3000 Umdrehungen 10 Minuten lang zentrifugiert. Das gewonnene Plasma wurde abpipettiert und mit 10%iger Meta-Phosphorsäure (1ml auf 0,5ml Plasma) zur Stabilisierung des Vitamin C versetzt. Das Serum wurde ohne weitere Zusätze aliquotiert. Es wurde darauf geachtet, daß die Aufbereitung der Proben innerhalb von 20 Minuten beendet war, um die Vitaminverluste so gering wie möglich zu halten. Alle aufbereiteten Proben wurden bis zur Analyse bei -80°C aufbewahrt.

Die Vitaminanalysen wurden von Hoffmann La-Roche in Basel (Schweiz) unter Verwendung der gängigen Vitamin-Bestimmungsmethoden durchgeführt.^{9,10} Triglyceride und Cholesterin wurden in der Krehl-Klinik in Heidelberg bestimmt.

5.3.2 24h-Urinparameter

Einen Monat vor der Urinsammlung bekamen die Teilnehmer während ihres Gesprächstermins im DKFZ eine mündliche Einführung in die Methodik der 24h-Urinsammlung. In diesem Gespräch erhielten sie desweiteren einen Urinauffang- und einen Urinsammelbehälter, sowie eine schriftliche Sammelanleitung. Um das Bakterienwachstum zu unterbinden, enthielt der Sammelbehälter 5g Borsäure in kristalliner Form.

Die Teilnehmer wurden gebeten, den Morgenurin des ersten Sammeltages zu verwerfen und alle nachfolgenden Urinproben bis zum Ende der 24 Stunden zu sammeln. Der 24h-Urin wurde nach Beendigung der Sammlung, von den Probanden in das Studienzentrum gebracht, wo mittels eines 24h-Recalls die Nahrungsaufnahme des Sammeltages erfaßt wurde. Die Interviewer kontrollierten nach Erhalt der Behälter die Sammelzeiten und fragten nach aufgetretenen Problemen während der Urinsammlung. Dadurch wurde deutlich, daß einzelnen Teilnehmern Fehler bei der Sammlung unterlaufen waren. So wurden manchmal beide Morgenurine gesammelt oder einzelne Urinproben nicht aufgefangen. Teilweise gab es bei Frauen Probleme, den Urin vor einer Stuhlentleerung aufzufangen. Personen mit falsch gesammeltem 24h-Urin wurden um eine erneute Sammlung gebeten. Diese wurde von allen betroffenen Probanden nach erneuter Schulung durchgeführt.

Noch am gleichen Tag wurde die Urinmenge abgelesen, sowie 12 Aliquote à 5ml abpipettiert und bei -20°C eingefroren. Die Stickstoffanalyse wurde in Cambridge (England) im Dunn Clinical Nutrition Centre nach der Kjeldal-Technik durchgeführt. Für die Umrechnung der Stickstoffausscheidung (N_{exk} in g) in die Proteinzufuhr (g) wurde die Formel $6,25 \cdot (N_{\text{exk}} / 0,81)$ verwendet.¹¹

¹ Riboli E. Prospective studies on diet and cancer. Report of the pilot study, phase I, November 1988-October 1989. IARC, Lyon, October 1989: 42-43.

² Pfeifer-Zäh H. Diplomarbeit an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Ernährungswissenschaft. Entwicklung eines selbstausfüllbaren und maschinenlesbaren Kurzfragebogens zur Erhebung von Ernährungsgewohnheiten in epidemiologischen Studien. Gießen, Januar 1990.

³ Trichopoulou A, Katsouyanni K, Stuver S, Tzala L, Gnardellis C, Rimm E, Trichopoulos D. Consumption of olive oil and specific food groups in relation to breast cancer risk in Greece. J Natl Cancer Inst 1995; 87: 110-116.

-
- ⁴ Die Nationale Verzehrsstudie. Ergebnisse der Basisauswertung. Materialien zur Gesundheitsforschung; Schriftenreihe zum Programm der Bundesregierung Forschung und Entwicklung im Dienste der Gesundheit. Band 18, 3. Auflage, Bonn 1991.
 - ⁵ Monica Mengenliste, Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID) e. V. (ed) 1991.
 - ⁶ Haraldsdóttir J. Minimizing error in the field: quality control in dietary surveys. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47 (Suppl. S2): S19-S24.
 - ⁷ Tjønneland A, Overvad K, Haraldsdóttir J, Bang S, Ewerts M, Møller Jensen O. Validation of a semiquantitative food frequency questionnaire developed in Denmark. *Int J Epidemiol* 1991; 4: 906-912.
 - ⁸ EWP Ernährungswissenschaftliches Programm. Version 2.5, MS/DOS BLS II.
 - ⁹ Brubacher G, Vuilleumier JP. Vitamin C. In: Curtius HC, Roth M, eds. *Clinical biochemistry principles and methods*. Vol. II, Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1974: 989-997.
 - ¹⁰ Vuilleumier JP, Keller HE, Gysel D, Hunziker F. Clinical chemical methods for the routine assessment of the vitamin status in human populations. Part I: The fat-soluble vitamin A and E, and β -carotenes. *Internat J Vit Nutr Res* 1983; 53: 265-272.
 - ¹¹ Bingham SA, Cummings JH. Urine nitrogen as an independent validity measure of dietary intake: a study of nitrogen balance in individuals consuming their normal diet. *Am J Clin Nutr* 1985; 42: 1276-1289.

6. DATENAUFBEREITUNG

6.1 DATENQUALITÄT

Alle Ernährungsfragebögen wurden mit den Teilnehmern durchgesehen, um Ausfüllfehler und Unklarheiten zu beseitigen. Nach dieser Durchsicht, besaßen die Mehrzahl der Fragebögen (78 der ersten und 86 der zweiten Fragebögen) noch bis zu zehn Ausfüllfehlern. Die übrigen Fragebögen (bis auf drei) schwankten zwischen 11 und 20 Ausfüllfehlern. Drei Ernährungsfragebögen konnten nicht mit den Teilnehmern durchgesehen und korrigiert werden. Diese Fragebögen enthielten wesentlich mehr Fehler (maximal 40). Tabelle 6 beschreibt die Fehlerarten, die in den Ernährungsfragebögen auftreten können.

Tabelle 6: Welche Ausfüllfehler können in den Ernährungsfragebögen vorkommen?

ART DES AUSFÜLLFEHLERS	Fehlerbezeichnung
Gesamtes Lebensmittelitem nicht ausgefüllt	Fehler 1
Keine weiteren Informationen trotz der Angabe "Esse ich"	Fehler 2
Portionsgröße nicht angegeben	Fehler 3
Häufigkeitsangabe (1-6) nicht ausgefüllt	Fehler 4
Bezugszeitraum (Tag, Woche, Monat, Jahr) nicht angegeben	Fehler 5
Zwei fehlende Informationen trotz der Angabe "Esse ich"	Fehler 6
Informationen trotz der Angabe "Esse ich nicht"	Fehler 7
Keine Angabe bei "Esse ich" bzw. "Esse ich nicht", aber Angaben in den übrigen Feldern	Fehler 8
Doppelnennungen (2 Angaben in einer Spalte)	Fehler 9
Zusatzfrage zu einem Item nicht ausgefüllt	Fehler 10

Die Häufigkeitsauszählung (Daten nicht präsentiert) ergab, daß besonders oft Doppelnennungen auftraten oder Portionsgrößen, beziehungsweise Häufigkeitsangaben fehlten. Desweiteren wurden häufig die Zusatzfragen übersehen oder eine Zeile komplett überschlagen und keinerlei Informationen zu dem abgefragten Item eingetragen.

Zusätzlich zu der Frage, welche Fehlerarten überwiegend vorkommen, interessierte die Frage, ob sich Ausfüllfehler bei bestimmten Lebensmitteln häufen. Doppelnennungen kamen besonders häufig bei den Fetten vor. Die Ursache war, daß bei der Zubereitung von bestimmten Lebensmitteln, wie z.B. gegartem Gemüse, nach dem **hauptsächlich** verwendetem Fett gefragt wurde. Hier war folglich nur eine Angabe erlaubt. Trotzdem wurden sehr oft mehrere Fettarten, wie z.B. Margarine und Öl, markiert. Das gleiche gilt für die Milchprodukte, wo als Zusatz zu Kaffeegetränken oftmals sowohl die Frischmilch wie auch die Kondensmilch angestrichen wurden, obwohl nur eine Angabe erlaubt war. Fehler 10 (Zusatzfrage nicht ausgefüllt) kam ebenfalls besonders oft bei den Fetten vor. Das hing damit zusammen, daß die Verzehrshäufigkeit von Streichfetten zu Brot und anderen Backwaren als Zusatzfrage zwischen zwei Abfrageblöcken gestellt wurde. Da auf dieser Fragebogenseite zwischen den beiden Abfrageblöcken äußerst wenig Platz vorhanden war, wurde diese Zusatzfrage sehr häufig übersehen. Obwohl die Interviewer dies wußten, übersahen auch sie bei der Durchsicht diese Zeile oftmals. Fehler 3 (Portionsgröße nicht angegeben) trat gehäuft bei den

Milchprodukten auf und Fehler 4 (fehlende Häufigkeitsangabe) wurde vermehrt bei Salat gefunden. Die Anhäufungen dieser beiden Fehler sind ebenfalls durch das Übersehen von Zusatzfragen verursacht worden.

6.2 UMGANG MIT AUSFÜLLFEHLERN

Für die Auswertung auf Lebensmittelebene wurde es als sinnvoll erachtet, die aufgetretenen Ausfüllfehler durch geeignete Annahmen zu ersetzen. Dies erleichtert einerseits die Vergleichbarkeit der Lebensmittel untereinander (n=104 für jedes Lebensmittel) und verringert andererseits die Unterschätzung der Lebensmittelaufnahme, verursacht durch die fehlenden Werte. Zur Klärung welche Annahmen geeignet sind, die fehlenden Werte zu ersetzen, wurden verschiedene Versionen des Ernährungsfragebogens (siehe Abbildung 4 im Anhang) gegen die 24h-Recalls getestet (Ergebnisstabellen werden keine präsentiert). Für die Auswertung der Validierungsstudie wurden letztendlich folgende Annahmen verwendet:

- Wurde bei einem Lebensmittel keine Markierung in den Feldern „Esse ich“ oder „Esse ich nicht“ gesetzt, so wurde davon ausgegangen, daß das Lebensmittel *nicht verzehrt* worden ist, unabhängig davon, ob weitere Informationen (z.B. zur Portionsgröße und Verzehrshäufigkeit) gegeben wurden oder nicht.
- Wurde das Feld „Esse ich nicht“ markiert, obwohl weitere Markierungen gesetzt wurden, so wurden diese Angaben ignoriert und das Lebensmittel als *nicht verzehrt* behandelt.
- Wurde das Feld „Esse ich“ angestrichen, aber nicht alle, bzw. gar keine weiteren Informationen angegeben, so wurden die persönlichen Angaben des Teilnehmers ignoriert und das arithmetische Mittel der Verzehrsmenge der übrigen Teilnehmer eingesetzt, die das Lebensmittel verzehrten und deren Angaben keine Fehler enthielten.
- Wurde eine Zusatzfrage, die das verzehrte Lebensmittel genauer spezifiziert (z.B. Fettgehalt des verzehrten Käses), nicht oder falsch ausgefüllt, so wurden die üblichen Verzehrsgewohnheiten (z.B. Käse mit normalem Fettgehalt im Gegensatz zu fettreduziertem Käse) zugrundegelegt.

6.3 KORREKTUR DER VERZEHRSHÄUFIGKEITEN

Die Abfrage der Verzehrshäufigkeiten für ausgewählte Lebensmittelgruppen wurde erst nach Ablauf der eigentlichen Datensammlung im Januar 1993 den Teilnehmern zugeschickt. Die Probanden wurden aufgefordert abzuschätzen, wie häufig sie in der Zeit der Heidelberger Ernährungsstudie, durchschnittlich die 14 ausgewählten Lebensmittelgruppen pro Woche verzehrt hatten. Daraus ergibt sich, daß die abgefragte Zeitspanne des Fragebogens zu Verzehrshäufigkeiten deckungsgleich ist, mit der des zweiten Ernährungsfragebogens. Da für den ersten Ernährungsfragebogen eine solche Verzehrshäufigkeitserfassung nicht durchgeführt wurde, konnte für diesen die nachfolgend beschriebene Korrektur **nicht** getätigt werden. Zur Ermittlung des Korrekturfaktors, wurden zuerst die Verzehrshäufigkeiten der Einzelitems einer Lebensmittelgruppe aus dem Ernährungsfragebogen aufsummiert. Anschließend wurde diese Summe mit den Häufigkeitsangaben aus dem Fragebogen zu Verzehrshäufigkeiten verglichen. Wichen die Verzehrshäufigkeiten der beiden Fragebögen voneinander ab, so wurde eine Berichtigung der Einzelitems des Ernährungsfragebogens durchgeführt. Die Verzehrshäufigkeit der Lebensmittelgruppe aus dem Fragebogen zu Verzehrshäufigkeiten

wurde durch die Summe der Verzehrshäufigkeiten der Einzelitems aus dem Ernährungsfragebogen dividiert. Dieser Quotient diente als Gewichtungsfaktor, mit dem die Verzehrshäufigkeiten der Einzelitems anschließend multipliziert wurden.

Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten basiert auf der Annahme, daß die Angaben aus dem Fragebogen zu Verzehrshäufigkeiten valider sind, als die Angaben für die Einzelitems aus dem Ernährungsfragebogen. Diese Hypothese bedarf jedoch einer Überprüfung. Aus diesem Grund sind alle Auswertungen, die im Rahmen der Validierungsstudie durchgeführt worden sind, sowohl für die unkorrigierte Fragebogenfassung (EF2) als auch für die häufigkeitskorrigierte Fassung (EF2korr) getätigt worden.

6.4 IDENTIFIZIERUNG VON AUSREIßERN

Der Rohdatensatz der Validierungsstudie wurde zunächst nach auffälligen Werten durchgesehen. Zusätzlich zu dem visuellen Datencheck, wurde zur Identifizierung von Ausreißern, der Test nach Hampel angewandt.¹ Als Ausreißer gelten demnach Werte, die mehr als 5,2 MAD (Mean Absolute Deviation) vom Median entfernt sind. Identifizierte Extremwerte wurden anschließend auf ihre Richtigkeit hin überprüft und unter Umständen korrigiert. Konnte kein Fehler festgestellt werden, wurden die Extremwerte unverändert beibehalten.

¹ Hampel FR, Rouchetti EM, Roussemer PJ, Stahel WA. Robust Statistics, Wiley 1986: 64-65.

7. STATISTISCHE METHODEN

7.1 EINLEITUNG

Wie in der Problemstellung schon beschrieben wurde, hängt, der Grad an Reliabilität und Validität, der benötigt wird, entscheidend von den Studienzielen ab, das heißt von der Art der benötigten Informationen. Desweiteren bestimmen die Studienziele, welche statistischen Kennzahlen zur Prüfung der Reliabilität und Validität geeignet sind.

Für die Auswertung der deutschen Kohorte intern, ist es wichtig, daß die Probanden, entsprechend ihrer Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme, in die richtige Rangfolge gebracht werden. Verzerrungen auf Populationsebene (konstanter Bias) sind für diese Auswertung ohne Relevanz. Werden die Länderkohorten jedoch, wie geplant, gemeinsam ausgewertet oder miteinander verglichen, so spielen Verzerrungen, die die einzelnen Kohorten betreffen, eine bedeutende Rolle. Möchte man außerdem aus der EPIC-Studie Verzehrsempfehlungen für die einzelnen Länder ableiten, dann muß der Ernährungsfragebogen die absolute Nahrungsaufnahme der Studienteilnehmer richtig und präzise erfassen.

Alle statistischen Auswertungen wurden unter Verwendung des Statistikprogramms SAS (Statistical Analysis System) durchgeführt.¹ Neben den Auswertungen für die Gesamtpopulation, wurden alle Berechnungen auch nach Geschlecht und nach Altersgruppen (35-44 Jahre, 45-54 Jahre, 55-64 Jahre) stratifiziert.

7.2 ÜBERPRÜFUNG DER VERTEILUNG

Die Überprüfung der Verteilung der Verzehrdaten erfolgte durch die Berechnung der arithmetischen Mittelwerte, Standardabweichungen und Mediane, sowie durch die Betrachtung von Histogrammen und Normalplots.

Insbesondere auf der Lebensmittelebene wurden starke Abweichungen zwischen Mittelwert und Median beobachtet. Dies kann als Hinweis auf eine schiefe Verteilung der Daten interpretiert werden. Außerdem wurden recht große Standardabweichungen im Vergleich zu den arithmetischen Mittelwerten gefunden, was ebenfalls eine nicht Normalverteilung der Daten anzeigt. Die Betrachtung der Normalplots zeigte, auch nach \log_e -Transformation der Daten, für fast alle Lebensmittelgruppen eine starke Abweichung von der Normalverteilung. Anhand der Histogramme wurde deutlich, daß die Verteilung in der Regel rechtsschief war.

Für die Nährstoffe und für die Biomarker wurde ebenfalls eine Abweichung von der Normalverteilung beobachtet, doch führte die \log_e -Transformation dieser Daten zu einer besseren Anpassung an die Normalverteilung. Für die Auswertung auf der *Lebensmittelebene* wurden daher *nicht-parametrische* Verfahren verwendet, während für die Auswertung auf der *Nährstoffebene* (nach \log_e -Transformation) *parametrische* Verfahren zum Einsatz kamen.

7.3 BESTIMMUNG DER RELIABILITÄT

7.3.1 Lebensmittelebene

Unter der Annahme, daß die zufälligen Fehler einer Normalverteilung mit einem Mittelwert von $m=0$ folgen, sollten die Gruppenmittelwerte beider Fragebogenerhebungen (Typ 1 Information) identische Werte liefern. Ist dies nicht der Fall, so ist davon auszugehen, daß die Reliabilitätsmessung verzerrt ist. Zur Veranschaulichung solcher Mittelwertsdifferenzen wurde die prozentuale Abweichung des medianen Lebensmittelverzehrs errechnet. Einen Hinweis auf die Präzision der Gruppenmittelwerte liefern deren Standardabweichungen, im Vergleich zu den Standardabweichungen der 24h-Recalls, wobei angenommen wird, daß letztere die wahre Variabilität in der Nahrungszufuhr abbilden.

Wie zuvor in Kapitel 3 beschrieben, gilt als Maßzahl für die Größe der Zufallsfehler unter anderem die Standardabweichung wiederholter Messungen. Da der Ernährungsfragebogen lediglich zweimal ausgefüllt wurde, wurden die Streuungen der individuellen Differenzen (Typ 4 Information) zwischen beiden Erhebungen betrachtet.² Als Lageparameter wurde der Median der Differenzen (MED_{Diff}) und als Streuungsparameter die mittlere Abweichung vom Median (Mean Absolute Deviation from the Median Difference, MAD_{Diff}) als statistische Kenngröße verwendet, da auf der Lebensmittelebene die individuellen Differenzen nicht normalverteilt waren. Zur Berechnung des MED_{Diff} und des MAD_{Diff} wurden folgende Formeln benutzt³:

$$d_i = |EF1_i - EF2_i|$$

$$MED_{Diff} = \frac{1}{2} (d_{i(n/2)} + d_{i((n+2)/2)})$$

$$MAD_{Diff} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |d_i - MED_{Diff}|$$

hierbei ist d_i = absolute Differenz zwischen beiden Fragebögen für jeden Teilnehmer,
 MED_{Diff} = Median der individuellen Differenzen,
 n = Anzahl der Teilnehmer ($n=104$),
 MAD_{Diff} = die mittlere Abweichung vom Median der Differenzen.

Desweiteren wurden Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten zwischen den beiden Ernährungsfragebögen ermittelt, um zu sehen, inwieweit die beiden Fragebögen in der Rangfolge der Teilnehmer (Typ 3 Information) übereinstimmen.

Eine geringe Reliabilität kann auf das Testinstrument zurückzuführen sein, oder aber durch Veränderungen im Ernährungsverhalten während der abgefragten Zeitperiode verursacht werden. Zur Überprüfung inwieweit die Lebensmittelfzufuhr während der Heidelberger Ernährungsstudie einen (zum 10%-Niveau) signifikanten Trend aufweist, wurden die 24h-Recalldaten einer Trendanalyse nach Cox und Stuart^{4,5} unterzogen. Die zu testende Nullhypothese lautete: kein Trend in der Lebensmittelfzufuhr über die 12 Verzehrstage. Die Trendanalyse wurde für jeden Teilnehmer und für jede Lebensmittelgruppe separat durchgeführt.

7.3.2 Nährstoffebene

Die Bestimmung der Reliabilität auf der Nährstoffebene erfolgte analog zu der zuvor beschriebenen Auswertung für die Lebensmittelgruppen, nur daß anstelle der nicht-parametrischen Verfahren die entsprechenden parametrischen Methoden verwendet wurden. Berechnet wurden die prozentuale Abweichung vom Mittelwert, der Mittelwert der individuellen Differenzen (MW_{Diff}) und die zugehörige Standardabweichung (SD_{Diff}), sowie der Korrelationskoeffizient nach Pearson.

7.4 BESTIMMUNG DER RELATIVEN VALIDITÄT

7.4.1 Lebensmittelebene

Zur Bestimmung der relativen Validität wurde lediglich der zweite Ernährungsfragebogen (EF2) mit dem Durchschnitt der zwölf 24h-Recalls verglichen, da dieser die gleiche Zeitperiode erfaßt. Zur Quantifizierung der Differenzen zwischen den Instrumenten (Bias), wurden die prozentuale Abweichung der medianen Lebensmittelfuhr, der MED_{Diff} , der MAD_{Diff} sowie die Spearman-Rangkorrelationen berechnet.

Die prozentuale Abweichung der durchschnittlichen Lebensmittelfuhr weist auf konstante Verzerrungen hin, die die gesamte Studienpopulation gleichermaßen betreffen (Typ 1 Information). Der MED_{Diff} und der MAD_{Diff} beschreiben die Abweichungen auf der Personenebene (subject specific bias, Typ 4 Information). Der MED_{Diff} gibt an, mit welcher Verzerrung im Durchschnitt bei einer Person zu rechnen ist, während der MAD_{Diff} anzeigt, wie stark die individuellen Differenzen um den MED_{Diff} streuen. Für eine zufriedenstellende Validität sollten der MED_{Diff} und der MAD_{Diff} so gering wie möglich sein. Die Spearman-Rangkorrelationen erlauben eine Aussage bezüglich der "ranking errors", das heißt, diese Kennzahl gibt an, inwieweit die Rangordnungen der beiden Instrumente voneinander abweichen. Abweichungen in der Rangfolge entstehen durch individuelle Zufallsfehler oder durch personenbezogene Verzerrungen, die von Person zu Person in ihrem Ausmaß und in ihrer Richtung variieren (Zufallsfehler auf Populationsebene). Ranking errors führen zur Fehlklassifikation von Personen und sind daher für Studien wichtig, in denen der Zusammenhang zwischen der Nahrungsaufnahme und dem Erkrankungsrisiko untersucht wird (Typ 3 Information).

Einige Autoren kritisieren, daß die Korrelationskoeffizienten zwischen den Instrumenten durch die intraindividuelle Varianz (random error) in den multiplen 24h-Recalls beeinflußt (abgeschwächt) werden.^{6,7,8} Diese Autoren schlagen vor, die Korrelationskoeffizienten um die individuellen Verzehrsschwankungen zu bereinigen. Desweiteren gibt die Berechnung der intraindividuellen Verzehrsschwankungen einen Hinweis auf die Präzision (Genauigkeit) der Referenzmethode. Daher wurden mit Hilfe der im Statistikprogramm SAS vorhandenen Prozedur PROC VARCOMP⁹ (Modell mit zufälligen Effekten) die Varianzkomponenten (intraindividuelle und interindividuelle Varianz) der 24h-Recalls ermittelt. Die Korrelationskoeffizienten wurden anschließend, wie bei Liu et al.¹⁰ beschrieben, um die intraindividuellen Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls korrigiert. Die korrigierten Korrelationen werden in englischsprachigen Publikationen als "deattenuated correlation coefficients" bezeichnet.

Für die Korrektur wurde folgende Formel verwendet:

$$r_t = r_0 \sqrt{1 + \mathbf{I}_x} / k_x$$

hierbei ist r_t = der korrigierte Korrelationskoeffizient zwischen der durchschnittlichen Lebensmittelaufnahme eines Individuums aus den 24h-Recalls (x) und der durchschnittlichen Lebensmittelaufnahme aus dem Ernährungsfragebogen (y);

r_0 = der beobachtete Korrelationskoeffizient zwischen beiden Erhebungsinstrumenten;

\mathbf{I}_x = der Variationsquotient (intraindividuelle Varianz / interindividuelle Varianz) berechnet für 12 Recalltage;

k_x = Anzahl der Recalltage pro Person (k=12).

Um die Heterogenität in der Lebensmittelaufnahme zu veranschaulichen, wurden die Mediane pro Verzehrskuintil aus den 24h-Recalldaten berechnet. In einem weiteren Schritt wurden die Teilnehmer, entsprechend der Fragebogendaten, den Verzehrskuintilen zugeteilt und die mediane Nahrungsaufnahme pro Quintil auf Basis der 24h-Recalls ermittelt. Diese Auswertung beschreibt die Fähigkeit des Fragebogens, die Heterogenität in der Lebensmittelaufnahme abzubilden, das heißt, zwischen den Teilnehmern zu differenzieren.

Um die Fehlklassifikation der Teilnehmer durch den Ernährungsfragebogen zu verdeutlichen, wurden außerdem Quintilsvergleiche durchgeführt. Dazu wurden die Probanden, sowohl für das 24h-Recall als auch für den Ernährungsfragebogen, nach ihrer Lebensmittelaufnahme in eine Rangfolge gebracht und den entsprechenden Quintilen zugeordnet. Im Anschluß daran, wurde der Anteil der Personen ermittelt, der bei beiden Instrumenten in das gleiche, in das benachbarte oder in das entgegengesetzte Quintil eingeordnet wurde. Als extrem fehlklassifiziert gelten diejenigen Teilnehmer, die vom ersten Quintil in das fünfte Quintil oder umgekehrt, vom fünften Quintil in das erste gelangt waren.

Zur Erfassung der Art der Verzerrung (zufuhrabhängiger Bias, konstanter Bias) des Ernährungsfragebogens gegenüber den 24h-Recalls, wurde eine Regressionsanalyse nach dem klassischen linearen Modell durchgeführt. Es handelt sich hierbei um die Regression der durchschnittlichen Lebensmittelaufnahme aus dem Fragebogen (y) auf die durchschnittliche Lebensmittelaufnahme der 24h-Recalls (x). Da eine lineare Beziehung zwischen der Lebensmittelaufnahme beider Instrumente vermutet wird, können das Absolutglied α und der Steigungsparameter β dieser linearen Beziehung geschätzt werden. Das Absolutglied α gibt einen Hinweis auf konstante Verzerrungen, während das Steigungsmaß β eine Aussage bezüglich des zufuhrabhängigen (proportional, level-dependent) Bias erlaubt.

7.4.2 Nährstoffebene

Auf der Nährstoffebene wurden alle Auswertungen analog zur Lebensmittelebene durchgeführt, mit dem Unterschied, daß die nicht-parametrischen Verfahren durch die entsprechenden parametrischen Verfahren ersetzt wurden. So wurden für die beiden Erhebungsinstrumente die prozentuale Abweichung vom Mittelwert der Nährstoffzufuhr, der MW_{Diff} , die SD_{Diff}

sowie die Pearson-Korrelationskoeffizienten berechnet. Neben den einfachen Korrelationen zwischen den Instrumenten wurden auch bereinigte ("deattenuated") und energieadjustierte Korrelationskoeffizienten berechnet. Die Energieadjustierung wurde nach dem von WILLETT und STAMPFER¹¹ beschriebenen Verfahren (Berechnung von Residuen im linearen Regressionsmodell) durchgeführt. Außerdem wurden die Mittelwerte pro Verzehrquintil ermittelt sowie Quintilsvergleiche und Regressionsanalysen, wie zuvor beschrieben, durchgeführt.

7.5 BESTIMMUNG DER BIOLOGISCHEN VALIDITÄT

Die biologische Validierung beruht auf dem Vergleich der Vitaminblutspiegel mit der Vitaminaufnahme aus dem Ernährungsfragebogen, sowie auf dem Vergleich der geschätzten Eiweißzufuhr aus den 24h-Urinsammlungen, mit der berechneten Eiweißzufuhr des Fragebogens. Als statistische Kennzahl für die Validität wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen dem Fragebogen und den Biomarkern berechnet. Zusätzlich wurden die Korrelationen energieadjustiert und um die intraindividuelle Varianz bereinigt. Zur Überprüfung der Eignung der 24h-Recalls als Referenzmessung, wurden diese, ebenfalls mittels Pearson-Korrelationskoeffizienten, mit den Biomarkern verglichen. Für die Proteinzufuhr wurde außerdem eine Regressionsanalyse der Proteinausscheidung auf die 24h-Recalls, beziehungsweise auf den Ernährungsfragebogen durchgeführt.

Da die 24h-Recalls und die Biomarker die Einnahme von Vitaminsupplementen berücksichtigen, der Ernährungsfragebogen aber eine Quantifizierung der Supplementeinnahme nicht ermöglicht, wurden die zuvor beschriebenen Auswertungen nochmals separat für die Personen durchgeführt, die während der Studie keine Vitaminpräparate eingenommen haben. Neben der Einnahme von Vitaminpräparaten beeinflusst, auch das Rauchen die Vitaminblutspiegel. Um den Effekt des Rauchens zu untersuchen, wurden Teilkorrelationen zwischen den Blutparametern und den Ernährungserhebungsinstrumenten berechnet.

7.6 BESTIMMUNG DER FEHLERURSACHEN

Werden, im Rahmen der Validierungsstudie Differenzen zwischen den 24h-Recalls und dem Ernährungsfragebogen sichtbar, so möchte man auch die Ursachen für diese Abweichungen kennenlernen. Sind die Fehlerquellen bekannt, so können diese unter Umständen behoben oder Korrekturverfahren entwickelt werden. KATHRINE FLEGAL^{12,13} beschreibt die Zerlegung der Gesamtdifferenz der durchschnittlichen Nährstoffzufuhr in die folgenden Komponenten:

1. Differenzen in den genannten Portionsgrößen,
2. Differenzen in den genannten Verzehrshäufigkeiten,
3. Differenzen in den Nährstoffgehalten und
4. Differenzen in der Auswahl der verzehrten Lebensmittel
 - a) Lebensmittel, die laut Fragebogen verzehrt wurden, aber nicht laut Protokoll,
 - b) Lebensmittel, die laut Protokoll verzehrt wurden, aber nicht laut Fragebogen.

Diese Auswertung ermöglicht eine Abschätzung, welchen Effekt die zuvor genannten Teildifferenzen auf die Validität des Ernährungsfragebogens haben. Zur Berechnung der Teildifferenzen, wurden die Einzellebensmittel der 24h-Recalls entsprechend denen des Ernährungsfragebogens, in Lebensmittelgruppen zusammengefaßt. Anschließend wurde die Ver-

zehrshäufigkeit und die durchschnittliche Portionsgröße über die 12 Recalltage, für jede Lebensmittelgruppe, pro Person, ermittelt. Die Lebensmittelzufuhr aus den 24h-Recalls konnte so, wie in dem Ernährungsfragebogen, aus dem Produkt von Verzehrshäufigkeit und Portionsgröße dargestellt werden.

Zur Bestimmung, welcher Anteil an der Gesamtdifferenz durch unterschiedliche Verzehrshäufigkeitsangaben erklärt werden kann, wurde die durchschnittliche Lebensmittelzufuhr aus dem Fragebogen (EF2) neu berechnet, indem für jeden Teilnehmer die Portionsangaben aus seinen 24h-Recalls in den Fragebogen eingesetzt wurden. Analog wurden, zur Isolierung des Effekts der Portionsgrößenangaben, die Verzehrshäufigkeiten aus den 24h-Recalls in den Fragebogen eingesetzt und die durchschnittliche Lebensmittelzufuhr neu berechnet. Abweichungen in den verzehrten Lebensmitteln wurden rechnerisch ermittelt, indem die Effekte der Differenzen in den Portionsgrößen und in den Verzehrshäufigkeiten aufsummiert und anschließend von der Gesamtdifferenz subtrahiert wurden.

Der Effekt der einzelnen Komponenten auf die relative Validität des Ernährungsfragebogens wurde untersucht, indem der Beitrag der Komponenten zu der Differenz in der medianen Lebensmittelzufuhr sowie deren Effekt auf die Spearman-Rangkorrelationen ermittelt wurde.

¹ SAS Institute Inc., SAS User's Guide: Statistics, Version 5 Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1985.

² Bland JM and Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet* 1986; 307-310.

³ Hartung J. Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. Hartung J, Elpelt B, Klösener KH (eds). München; Wien; Oldenburg, 1982; 42.

⁴ Cox DR and Stuart A. Some quick sign tests for trend in location and dispersion. *Biometrika* 1955; 42: 80-95.

⁵ Hartung J. Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. Hartung J, Elpelt B, Klösener KH (eds). München; Wien; Oldenburg, 1982; 247-248.

⁶ Beaton GH, Milner J, McGuire V et al. Source of variance in 24-hour dietary recall data: implications for nutrition study design and interpretation. *Carbohydrates sources, vitamins, and minerals. Am J Clin Nutr* 1983; 37: 986-995.

⁷ Todd WS, Hudes M, Calloway DH. Food intake measurement: problems and approaches. *Am J Clin Nutr* 1983; 37: 139-146.

⁸ Sempos CT, Johnson NE, Smith EL, Gilligan C. Effects of intraindividual and interindividual variation in repeated dietary records. *Am J Epidemiol* 1985;121: 120-130.

⁹ SAS User's Guide, SAS Institute, Inc., 1982. Language: Reference, Version 6, First Edition.

¹⁰ Liu K, Stamler J, Dyer A, McKeever P. Statistical methods to assess and minimize the role of intra-individual variability in obscuring the relationship between dietary lipids and serum cholesterol. *J Chron Dis* 1978; 31: 399-418.

¹¹ Willett W, Stampfer MJ. Total energy intake: implications for epidemiologic analyses. *Am J Epidemiol* 1986; 124: 17-22.

¹² Flegal KM, Larkin FA, Metzner HL, et al. Counting calories: partitioning energy intake estimates from a food frequency questionnaire. *Am J Epidemiol* 1988;128: 749-760.

¹³ Flegal KM and Larkin FA. Partitioning macronutrient intake estimates from a food frequency questionnaire. *Am J Epidemiol* 1990; 131: 1046-1058.

8. ERGEBNISSE

8.1 REKRUTIERUNG DER TEILNEHMER

Von den insgesamt 523 eingeladenen AOK-Mitgliedern antworteten 115 Personen (22%) mit einer Zusage, 195 (37%) gaben eine Absage und 218 Personen zeigten keinerlei Reaktion auf die Einladung. Hauptverweigerungsgründe waren der große Zeitaufwand der Studie (61%) sowie mangelndes Interesse (23%). Zusätzlich zu den 115 AOK-Mitgliedern, baten acht Arbeitskollegen der Studienteilnehmer ebenfalls an der Studie teilnehmen zu dürfen. Da diese acht Personen den Auswahlkriterien entsprachen, wurden sie in die Studie mit aufgenommen, so daß 61 Männer und 62 Frauen im Alter von 35-64 Jahren mit der Studie begannen.

Vierzehn Personen schieden im Laufe der Studie aus. Davon beendeten acht Personen ihre Teilnahme mit der Begründung, nicht mehr genügend Zeit zu haben, zwei Teilnehmer zogen von Heidelberg fort, drei Personen begannen mit einem Abmagerungskurs und zeigten dadurch untypische Verzehrsgewohnheiten und eine Teilnehmerin wurde schwanger. Weitere vier Teilnehmer waren nicht mehr bereit, den im Januar 1993 gesendeten Kurzfragebogen auszufüllen und wurden daraufhin von der Auswertung der Studie ausgeschlossen. Folglich basieren die Auswertungen der Validierungsstudie auf den Daten von 104 Teilnehmern (49 Männer, 55 Frauen). Nähere Informationen zu den Personencharakteristika enthält Tabelle 7.

Tabelle 7: Charakteristika der Teilnehmer der Heidelberger Validierungsstudie

CHARAKTERISTIKA	Männer (n = 49)	Frauen (n = 55)	Gesamt (n = 104)
ALTER			
35-44 Jahre	15	21	36
45-54 Jahre	17	18	35
55-64 Jahre	17	16	33
SCHULBILDUNG¹			
Volksschule	37	29	66
Mittlere Reife	2	10	12
Fachhochschulreife	3	1	4
Abitur	5	11	16
Anderer Schulabschluß	2	3	5
Kein Schulabschluß	0	0	0
FAMILIENSTAND¹			
Ledig, allein lebend	6	5	11
Ledig, in Lebensgemeinschaft	0	2	2
Verheiratet	43	35	78
Geschieden	0	7	7
Verwitwet	0	5	5

¹ n = 103

Aus dieser Tabelle ist erkennbar, daß der überwiegende Teil der Personen (66) die Volkshochschule besuchte und danach einen Beruf erlernte, während nur ein kleiner Teil die Fachhochschulreife (4) oder das Abitur (16) erlangt hatte. Die meisten Teilnehmer besaßen manuelle Berufe. Desweiteren waren 80 Teilnehmer verheiratet oder lebten in einer Lebensgemeinschaft.

8.2 ERGEBNISSE AUF LEBENSMITTELEBENE

8.2.1 Reliabilität der Fragebogenerhebung

8.2.1.1 Absolute Nahrungszufuhr der Gesamtpopulation

Die mittlere Lebensmittelzufuhr (g/Tag) für die erste (EF1) und zweite Erhebung (EF2) des Ernährungsfragebogens ist in Tabelle 28 (siehe Anhang) dargestellt. Für fast alle Lebensmittelgruppen zeigt der EF1 größere Mediane als der EF2. Tabelle 8 (Spalte 1) beschreibt das Ausmaß der Abweichungen für die mediane Lebensmittelzufuhr des EF2 in Prozent des EF1.

Tabelle 8: Über- oder Unterschätzung des medianen Lebensmittelverzehrs der Fragebogendaten EF2, in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls (n = 104 Personen)

LEBENSMITTEL	EF1-EF2 ¹ (%)	24HR-EF2 ¹ (%)	24HR-EF2korr ¹ (%)
Brot	100,2	118,4	137,8
Nährmittel	87,5	96,8	82,0
Kuchen, Plätzchen	98,2	82,9	-
Süßer Brotaufstrich	100,0	109,0	-
Obst	82,0	161,2	87,4
Gemüse	80,3	133,3	89,6
Kartoffeln	90,6	120,8	108,8
Erfrischungsgetränke	107,0	120,9	112,1
Milch, Milchprodukte	94,4	173,3	-
Käse	100,3	111,7	74,7
Kaffee, Tee	101,5	93,7	-
Alkoholische Getränke	103,3	97,3	-
Fette	73,1	60,4	70,1
Soßen	97,2	112,7	64,6
Fleisch	85,6	96,5	70,9
Wurstwaren	85,4	80,3	70,9

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

Von den insgesamt 16 ausgewerteten Lebensmittelgruppen zeigen 10 Gruppen prozentuale Abweichungen $\leq 10\%$. Dies bedeutet eine gute Wiederholbarkeit der Gruppenmittelwerte (Typ 1 Information). Die übrigen sechs Lebensmittelgruppen (Nährmittel, Obst, Gemüse, Fette, Fleisch und Wurstwaren) besitzen mittlere Abweichungen von 12,5-26,9%. Im Mittel entspricht der EF2 92,9% des EF1.

8.2.1.2 Reliabilität der individuellen Lebensmittelfuhr

Die mittlere absolute Abweichung zum Median (MAD_{Diff}) ist ein Maß, für die Streuung der individuellen Differenzen um den Median und beschreibt die Größe des Zufallsfehlers. Folgen die Differenzen einer Normalverteilung, dann ist zu erwarten, daß 95% aller Differenzen zwischen dem Median der Differenzen ($MED_{Diff} \pm 2 MAD_{Diff}$) liegen. Alle Lebensmittelgruppen zeigen relativ große MAD_{Diff} , wenn diese in Relation zu der mittleren Lebensmittelfuhr aus beiden Erhebungen gesetzt werden (Tabelle 9, Spalte 1). So liegt z.B. die mittlere Obstzufuhr bei 225,1g pro Tag, während der 95%ige Streuungsbereich der Differenzen von -238,5g bis 294,7g reicht. Beim Obstverzehr sind also Abweichungen zwischen beiden Fragebogenerhebungen zu beobachten, die größer sind als die mittlere Obstzufuhr. Neben Obst zeigen Kuchen/Plätzchen, Brotaufstrich, alkoholische Getränke und Fette ein erhebliches Maß an zufälligen Erhebungsfehlern.

Tabelle 9: Median der individuellen Differenzen (MED_{Diff}) und die mittlere absolute Abweichung vom Median der Differenzen (MAD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente (n = 104 Personen)

LEBENSMITTEL	EF1 - EF2 ¹		24HR - EF2 ¹		24HR - EF2korr ¹	
	Mittlere Zufuhr ²	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$
Brot	137,8	4,2±48,2	127,2	-15,8±39,4	138,5	-25,4±34,3
Nährmittel	68,0	2,1±20,6	64,5	3,7±28,1	59,7	11,3±21,6
Kuchen, Plätzchen	45,4	0,4±22,8	49,6	3,2±24,2	-	-
Süßer Brotaufstrich	8,5	0,0±4,3	8,1	-0,1±5,0	-	-
Obst	225,1	28,1±133,3	164,4	-50,6±97,8	117,9	29,6±46,5
Gemüse	193,6	32,3±62,1	150,8	-45,8±54,8	122,5	12,5±31,9
Kartoffeln	85,5	5,2±25,7	74,3	-19,2±30,9	70,2	-2,0±22,4
Erfrischungsgetränke	699,0	-43,4±285,6	660,3	-60,9±298,3	634,2	-49,0±282,3
Milch, Milchprodukte	157,2	9,3±73,1	120,4	-54,0±64,2	-	-
Käse	28,6	2,5±14,2	27,2	-4,3±9,8	22,4	7,3±10,0
Kaffee, Tee	609,8	18,7±199,4	634,9	32,6±142,7	-	-
Alkoholische Getränke	160,7	0,0±116,3	165,6	0,0±80,2	-	-
Fette	10,3	1,0±8,7	11,5	2,3±8,1	12,2	2,2±7,6
Soßen	42,3	4,6±17,1	39,3	-5,7±18,3	30,4	12,2±11,4
Fleisch	81,7	2,9±31,3	76,7	-0,4±32,5	66,7	22,6±18,7
Wurstwaren	52,2	2,8±24,6	54,0	6,3±24,7	51,2	11,5±22,0

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² Mittlere Zufuhr (Median) in Gramm pro Tag, berechnet aus beiden Fragebögen, beziehungsweise Ernährungserhebungsinstrumenten

8.2.1.3 Reliabilität in der relativen Rangfolge der Teilnehmer

Tabelle 10 beschreibt die Reliabilität des Ernährungsfragebogens im Hinblick darauf, die Teilnehmer in identische Rangfolgen zu bringen. Als Maßzahl für die Reliabilität des „Rankings“ wurden Spearman-Rangkorrelationen zwischen beiden Fragebögen berechnet. Eine gute Reliabilität mit Korrelationen größer 0,7 ist für 7 Lebensmittelgruppen zu beobachten. Hierzu gehören Nahrungsmittel, süßer Brotaufstrich, Kartoffeln, Kaffee/Tee, alkoholische Getränke, Fleisch und Wurstwaren. Mittlere Werte von 0,5 bis 0,7 werden bei acht Lebensmittelgruppen gefunden. Mäßige Werte mit Korrelationen kleiner als 0,5 werden nur für die Gruppe Brot ermittelt. Die beste Reliabilität zeigen alkoholische Getränke mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,89.

Tabelle 10: Spearman Rangkorrelationen der Lebensmittelaufnahme aus allen Ernährungserhebungsinstrumenten (ohne und mit Korrektur der Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls) für n = 104 Personen

LEBENSMITTEL	Korrelationskoeffizient *			VQ ²	fehlerbereinigter Korrelationskoeffizient ³	
	EF1 vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹		24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
	Brot	0,49	0,51	0,73	1,3	0,54
Nahrungsmittel	0,73	0,42	0,54	8,4	0,55	0,70
Kuchen, Plätzchen	0,69	0,56	-	9,2	0,74	-
Süßer Brotaufstrich	0,74	0,63	-	0,6	0,64	-
Obst	0,61	0,50	0,47	2,0	0,54	0,51
Gemüse	0,54	0,34	0,39	6,2	0,42	0,48
Kartoffeln	0,71	0,37	0,47	8,8	0,49	0,62
Erfrischungsgetränke	0,65	0,67	0,68	1,0	0,70	0,71
Milch, Milchprodukte	0,55	0,56	-	0,8	0,58	-
Käse	0,60	0,47	0,49	6,6	0,58	0,61
Kaffee, Tee	0,71	0,70	-	0,8	0,72	-
Alkoholische Getränke	0,89	0,90	-	0,9	0,94	-
Fette	0,57	0,43	0,45	1,8	0,46	0,48
Soßen	0,57	0,32	0,39	11,8	0,45	0,55
Fleisch	0,77	0,53	0,51	7,3	0,67	0,65
Wurstwaren	0,73	0,57	0,61	3,7	0,65	0,70

* 95% Konfidenzintervalle für n=104 sind: 0,1 (-0,10-0,29); 0,2 (-0,01-0,38); 0,3 (0,12-0,47); 0,4 (0,25-0,55); 0,5 (0,34-0,63); 0,6 (0,46-0,71); 0,7 (0,59-0,79); 0,8 (0,72-0,86); 0,9 (0,86-0,93)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² VQ = (intraindividuelle Variabilität / interindividuelle Variabilität) berechnet auf Basis der 24h-Recalls

³ Korrelationskoeffizienten, korrigiert um die Variabilität in den 24h-Recalls;

Korrekturformel: $r * \sqrt{1 + VQ24HR / 12}$

8.2.1.4 *Konstanz der Ernährungsgewohnheiten*

Da die Reliabilität nicht nur von dem Testinstrument selbst, sondern auch von der Konstanz der Ernährungsgewohnheiten abhängt, wurde zur Überprüfung der Stabilität der Nahrungsaufnahme eine Trendanalyse auf Basis der zwölf 24h-Recalls durchgeführt. Tabelle 33 im Anhang beschreibt für jede Lebensmittelgruppe die Anzahl der Teilnehmer, bei denen ein Trend in der Lebensmittelfuhr festgestellt wurde.

Nur eine geringe Anzahl der Teilnehmer zeigen über die 12 Verzehrstage einen Trend in ihrer Lebensmittelfuhr. Die Anzahl schwankt von Null Personen bei der Käsezufuhr bis 10 Personen bei der Aufnahme von Erfrischungsgetränken. Im Mittel zeigen 4 von 104 Personen pro Lebensmittelgruppe einen Trend. Demzufolge sind laut der 24h-Recalls die Ernährungsgewohnheiten während dieser Studie relativ konstant geblieben.

8.2.2 **Validität der Lebensmittelfuhr**

8.2.2.1 *Absolute Lebensmittelfuhr der Gesamtpopulation*

Die durchschnittliche Lebensmittelfuhr für alle Ernährungserhebungsinstrumente ist in Tabelle 28 (siehe Anhang) dargestellt. In der Regel liefern die Fragebogendaten höhere Zufuhrwerte als die 24h-Recalls. Die Überschätzungen sind beim EF1 ausgeprägter als beim EF2. Nur für wenige Lebensmittelgruppen werden Unterschätzungen beobachtet. Das Ausmaß der Über- oder Unterschätzung wird in Tabelle 8 deutlich, denn diese beschreibt die Über- oder Unterschätzung der Fragebogendaten (EF2, EF2korr), in Prozent der 24h-Recalls. Der EF2 zeigt für 5 Lebensmittelgruppen geringe Abweichungen (bis 10%), 7 Gruppen liegen im mittleren Bereich (11 - 30%) und weitere 4 Gruppen weichen stark voneinander ab. Zu den Lebensmittelgruppen, die stark von einander abweichen, gehören Obst (61,2%), Gemüse (33,3%), Milchprodukte (73,3%) sowie Speisefette (-39,6%). Im Mittel entspricht der EF2 110,6% der 24h-Recalls.

Von den insgesamt 16 ausgewerteten Lebensmittelgruppen wurden 11 Gruppen um die Verzehrshäufigkeit korrigiert (EF2korr). Für die übrigen 5 Lebensmittelgruppen wurden keine globalen Verzehrshäufigkeiten erfaßt und daher war eine solche Korrektur nicht durchführbar. Die Korrektur führt bei allen 11 Lebensmittelgruppen (mit Ausnahme von Brot) zu einer Reduktion der Verzehrsmenge. Lebensmittelgruppen, die zuvor eine starke Überschätzung besaßen, zeigen nach der Korrektur eine relativ gute Übereinstimmung mit den 24h-Recalls, während Lebensmittelgruppen, die zuvor eine geringe Abweichung zu den 24h-Recalls besaßen, nach der Korrektur eine deutliche Unterschätzung aufweisen. Lediglich für Brot ist ein gegenläufiger Effekt sichtbar, hier wird die mittlere Überschätzung von 18,4% durch einen Anstieg der Verzehrsmenge auf 37,8 % vergrößert.

8.2.2.2 *Absolute Nahrungszufuhr auf Personenebene*

Tabelle 9 enthält die MAD_{Diff} für die Differenzen zwischen dem EF2 beziehungsweise EF2korr und den Referenzwerten der 24h-Recalls. Für alle Lebensmittelgruppen sind die MAD_{Diff} recht groß, das heißt die individuellen Differenzen streuen erheblich. Besonders

große MAD_{Diff} werden für die Lebensmittelgruppen süßer Brotaufstrich, Obst, Milchprodukte und Speisefette beobachtet.

Nach der Häufigkeitskorrektur reduzieren sich die MAD_{Diff} bei allen Lebensmittelgruppen mit Ausnahme von Käse, dessen Wert unverändert bleibt. Bei den meisten Lebensmittelgruppen ist die Reduktion jedoch nur minimal. Den größten Korrektoreffekt zeigt Obst, denn hier sinkt der MAD_{Diff} von zuvor 97,8g/Tag auf 46,5g/Tag.

8.2.2.3 *Validität in der relativen Rangordnung der Teilnehmer*

Die Spearman-Rangkorrelationen zwischen dem Test- und dem Referenzinstrument sind in Tabelle 10 beschrieben. Neben den einfachen Korrelationskoeffizienten enthält diese Tabelle auch Angaben zu den Variationsquotienten der 24h-Recalls, die bei der Berechnung der fehlerbereinigten Korrelationen verwendet wurden. Der EF2 zeigt geringfügig höhere Korrelationen mit den 24h-Recalls als der EF1 (Ergebnisse nicht präsentiert). Die Korrelationen zwischen dem EF2 und den 24h-Recalls schwanken von 0,32 für Soßen bis 0,90 für alkoholische Getränke. Insgesamt besitzen vier Lebensmittelgruppen Korrelationen größer 0,6, neun Gruppen liegen im Bereich zwischen 0,4-0,6 und die übrigen 3 Gruppen (Gemüse, Kartoffeln, Soßen) weisen Korrelationen kleiner 0,4 auf.

Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten führt bei den meisten Lebensmittelgruppen zu einer leichten Verbesserung der Korrelation. Nur für die Gruppen Obst und Fleisch wird eine geringe Verschlechterung gefunden. Den größten Korrektoreffekt zeigt die Gruppe Brot, denn hier steigt der Korrelationskoeffizient von 0,51 auf 0,73 an. Von den insgesamt 11 korrigierten Lebensmittelgruppen besitzen Brot, Erfrischungsgetränke und Wurstwaren Werte über 0,6, sechs Gruppen liegen zwischen 0,4-0,6 während Gemüse und Soßen Korrelationen unter 0,4 aufweisen.

Die Variationsquotienten, die auf Basis der 24h-Recalls berechnet wurden, reichen von 0,6 (süßer Brotaufstrich) bis 11,8 (Soßen) und zeigen bei fast allen Lebensmittelgruppen Werte größer als 1. Die größten Variationsquotienten werden für Nahrungsmittel (8,4), Kuchen/Plätzchen (9,2), Gemüse (6,2), Kartoffeln (8,8), Käse (6,6), Soßen (11,8) und Fleisch (7,3) beobachtet. Für diese Lebensmittel ist die Variabilität innerhalb der Person weit größer als die Variabilität zwischen den Teilnehmern. Die täglichen Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls führen dazu, daß die Referenzmethode bei der Abschätzung der individuellen Lebensmittelzufuhr sehr unpräzise ist. Für diesen Mangel an Präzision, kann unter Berücksichtigung der Variationsquotienten korrigiert werden. Die bereinigten Korrelationen zwischen den Instrumenten sind ebenfalls in Tabelle 10 zu finden. Die Korrektur der Korrelationen um die Variabilität in den 24h-Recalls führt, im Falle des EF2, bei allen Lebensmittelgruppen zu einer Erhöhung des Korrelationskoeffizienten. Wie erwartet, ist der Korrektoreffekt bei Lebensmittelgruppen mit einem großen Variationsquotienten besonders stark. So steigt z.B. bei der Gruppe Kuchen/ Plätzchen (Variationsquotient = 9,2) die Korrelation von 0,56 auf 0,74. Trotz der Erhöhung der Korrelationen schwanken die meisten Werte zwischen 0,4 und 0,6. Korrelationen größer als 0,6 zeigen die Gruppen Kuchen/Plätzchen, Brotaufstrich, Erfrischungsgetränke, Kaffee/Tee, alkoholische Getränke sowie Fleisch und Wurstwaren. Korrelationen unter 0,4 werden nach der Fehlerbereinigung nicht mehr beobachtet.

Die Bereinigung der Korrelationen um die Variabilität in den 24h-Recalls führt auch im Falle des EF2korr zu einer Erhöhung aller Korrelationen. Sieben Lebensmittelgruppen besitzen nach der Bereinigung Werte über 0,6 und nur noch 4 Gruppen liegen im mittleren Bereich. Nach Betrachtung der Korrelationen zeigt der fehlerbereinigte EF2korr die engste Beziehung zu den 24h-Recalls.

Tabelle 11: Durchschnittlicher Lebensmittelverzehr (g/Tag) der 24h-Recalls, berechnet als Median pro Quintil, unter Verwendung unterschiedlicher Grenzwerte (n = 104 Personen)

LEBENSMITTEL	Quintil	Median 24HR, 24HR-Grenzen ¹					Median 24HR, EF2-Grenzen ¹					Median 24HR, EF2korr-Grenzen ¹				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Brot		70,3	95,5	115,9	153,4	209,6	79,2	114,2	112,1	122,1	171,2	74,6	95,4	148,3	148,7	192,1
Nährmittel		17,6	37,9	64,6	104,1	139,8	43,5	36,9	72,5	118,3	74,6	37,2	60,4	53,3	106,2	109,6
Kuchen, Plätzchen		12,9	39,2	54,0	78,3	129,3	28,9	47,5	48,0	72,1	92,4	-	-	-	-	-
Süßer Brotaufstrich		0,8	4,2	7,5	12,2	20,4	2,9	5,0	8,3	10,0	17,5	-	-	-	-	-
Obst		26,9	95,7	124,7	190,2	305,5	65,4	137,4	118,1	182,2	245,6	74,5	120,1	156,2	133,7	242,8
Gemüse		62,2	99,9	128,3	160,3	239,7	97,0	120,9	125,3	164,9	140,1	102,0	103,7	140,9	139,7	166,7
Kartoffeln		16,7	47,5	67,1	84,2	144,2	46,4	50,0	67,5	76,7	79,3	41,6	63,3	75,8	67,1	117,1
Erfrischungsgetränke		228,7	444,6	587,5	804,2	1211,7	304,8	538,3	694,0	804,2	940,6	314,2	440,8	681,7	804,2	972,2
Milch, Milchprodukte		25,7	56,7	85,9	151,4	295,4	57,1	59,6	80,0	90,3	229,0	-	-	-	-	-
Käse		8,6	17,5	25,4	36,2	59,6	20,1	19,8	23,0	27,5	48,7	19,7	20,5	26,7	38,3	34,8
Kaffee, Tee		292,9	493,7	650,0	787,7	1095,8	304,6	660,9	664,2	666,7	1000,9	-	-	-	-	-
Alkoholische Getränke		0,0	69,2	167,5	323,5	640,4	0,0	78,3	145,8	310,8	500,0	-	-	-	-	-
Fette		3,1	9,0	14,2	19,2	32,0	8,9	9,5	14,2	16,0	23,4	10,1	9,2	13,4	19,2	19,2
Soßen		15,9	28,0	36,9	47,2	66,1	33,7	32,7	41,3	39,3	42,1	33,3	33,5	34,5	50,5	42,1
Fleisch		25,8	60,8	77,5	99,6	138,4	48,5	70,0	91,4	77,5	127,6	51,0	84,5	76,7	91,4	127,6
Wurstwaren		12,6	33,7	59,8	77,1	134,3	14,6	46,4	66,7	85,0	85,0	14,6	54,6	66,7	60,0	107,5

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

Eine andere Art, die Übereinstimmung der Rangfolgen der Teilnehmer zu überprüfen, ist die Betrachtung der Lebensmittelzufuhr pro Verzehrquintil, unter der Verwendung verschiedener Grenzen. Tabelle 11 beschreibt die mediane Lebensmittelzufuhr pro Quintil, berechnet auf Basis der 24h-Recalls, wobei die Quintilszugehörigkeit der Teilnehmer zuerst auf den Recalldaten und anschließend auf den Fragebogendaten (EF2, EF2korr) basiert. Diese Art der Auswertung erlaubt außerdem eine Beurteilung der Variabilität in der Nahrungsaufnahme zwischen den Teilnehmern.

Die interindividuelle Variabilität schwankt sehr stark zwischen den Lebensmittelgruppen. Die Brotaufnahme variiert z.B. zwischen dem ersten und dem fünften Quintil um den Faktor 3, während der Obstverzehr um den Faktor 11 variiert. Obwohl der Obstverzehr zwischen dem ersten und dem fünften Quintil relativ stark differiert, ist der Unterschied zwischen dem zweiten und dritten Quintil nur gering. Auch die übrigen Lebensmittelgruppen zeigen in der Regel nur geringe Differenzen zwischen den mittleren Quintilen.

Betrachtet man die Verzehrsmengen nach der Fragebogensortierung (EF2), so fällt auf, daß die Differenzen zwischen dem ersten und dem letzten Quintil wesentlich kleiner sind als zuvor bei der Recallsortierung. Ursache für die geringere interindividuelle Variabilität ist die Fehlklassifikation von Personen. Personen mit einer niedrigen Nahrungsaufnahme gelangen in ein höheres Quintil und Personen mit einer hohen Lebensmittelzufuhr gelangen in ein niedrigeres Quintil. Folglich wird die Nahrungszufuhr des ersten Quintils überschätzt und die des letzten Quintils unterschätzt. Die Fehlklassifikation der Teilnehmer ist teilweise so stark, daß mit zunehmendem Quintil keine kontinuierliche Zunahme der Verzehrsmenge mehr erfolgt, beziehungsweise die mittleren Quintile keine Unterschiede mehr aufweisen. Für diese Lebensmittelgruppen kann der Fragebogen nur zwischen den Extremgruppen, das heißt den Wenig- und den Vielessern, differenzieren. Zufriedenstellende Ergebnisse zeigen lediglich die Lebensmittelgruppen süßer Brotaufstrich, Erfrischungsgetränke und alkoholische Getränke. Hier vermag der Fragebogen zwischen den Teilnehmern zu differenzieren, das heißt die Heterogenität in der Nahrungsaufnahme abzubilden.

Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten führt zu keiner wesentlichen Verbesserung der Fehlklassifikation. Die Differenzen zwischen dem ersten und letzten Quintil besitzen die gleiche Größenordnung wie bei dem unkorrigierten Fragebogen (EF2) und die mittleren Quintile lassen sich nach wie vor nicht unterscheiden. Auch eine kontinuierliche Zunahme der verzehrten Menge mit steigendem Quintil ist oftmals nicht gegeben.

Tabelle 12 beschreibt, wieviele Teilnehmer durch den Ernährungsfragebogen (EF2) wie stark fehlklassifiziert werden. Der Anteil an Personen, die extrem (um 4 Quintile) fehlklassifiziert werden, schwankt von 1% (Obst, Erfrischungsgetränke) bis 4,8% (Gemüse). Eine geringe Fehlklassifikation (1 Quintil Abweichung) kommt weitaus häufiger vor. Hier variiert der Anteil an fehlklassifizierten Personen von 28,8% (Soßen) bis 47,1% (Nährmittel), wobei die meisten Werte zwischen 30-40% liegen. Betrachtet man den Anteil der Personen, die nicht fehlklassifiziert werden, so bewegen sich auch in diesem Fall die Werte zwischen 30-40%. Die Nährmittel besitzen den geringsten Anteil an gleichklassifizierten Personen (26,9%), während die alkoholischen Getränke mit 59,6% den größten Anteil aufweisen. Im Durchschnitt werden durch den EF2 34,7% gleich, 37,7% gering abweichend und 1,5% extrem abweichend klassifiziert.

Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten führt nur zu geringen Effekten. Der Anteil an gleichklassifizierten Personen erhöht sich geringfügig und der Anteil an extrem fehlklassifizierten Personen sinkt leicht.

Tabelle 12: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen, verglichen mit den 24h-Recalls fehlklassifiziert werden (n = 104 Personen)

LEBENSMITTEL	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassi- fiziert (%)	gering fehl- klassifiziert ² (%)	extrem fehlklas- sifiziert ² (%)	gleich klassifi- ziert (%)	gering fehl- klassifiziert (%)	extrem fehlklas- sifiziert (%)
Brot	31,7	32,7	0,0	43,3	38,5	0,0
Nährmittel	26,9	47,1	2,9	29,8	41,3	0,0
Kuchen, Plätzchen	30,8	41,3	0,0	-	-	-
Süßer Brotaufstrich	44,2	38,5	0,0	-	-	-
Obst	31,7	35,6	1,0	34,6	34,6	1,0
Gemüse	28,8	35,6	4,8	36,5	27,9	2,9
Kartoffeln	30,8	34,6	3,8	32,7	41,3	1,9
Erfrischungsgetränke	39,4	40,4	1,0	43,3	34,6	1,0
Milch, Milchprodukte	30,8	39,4	0,0	-	-	-
Käse	26,9	42,3	0,0	24,0	43,3	0,0
Kaffee, Tee	44,2	37,5	0,0	-	-	-
Alkoholische Getränke	59,6	33,7	0,0	-	-	-
Fette	36,5	37,5	1,9	35,6	36,5	1,9
Soßen	31,7	28,8	3,8	30,8	40,4	3,8
Fleisch	34,6	36,5	2,9	38,5	32,7	1,9
Wurstwaren	26,5	41,3	1,9	34,6	41,3	1,0

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² Gering fehlklassifiziert = 1 Quintil Abweichung; extrem fehlklassifiziert = 4 Quintile Abweichung

8.2.2.5 Art der Verzerrung

Anhand der Regression der Fragebogendaten (EF2) auf die 24h-Recalldaten wird deutlich, welche Arten von Verzerrungen auftreten. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Tabelle 13 dargestellt.

Der EF2 zeigt im Vergleich zu den 24h-Recalls eine positive konstante Verzerrung für nahezu alle Lebensmittelgruppen. Die meisten Lebensmittelgruppen besitzen neben der konstanten Verzerrung ebenfalls eine zufuhrabhängige Verzerrung mit einer Steigung kleiner 1. Zu diesen Lebensmitteln gehören Brot, Nährmittel, Brotaufstrich, Gemüse, Kartoffeln, Erfrischungsgetränke, Milchprodukte und Wurstwaren. Die Regressionsparameter verdeutlichen eine anfängliche Überschätzung durch den EF2, die mit steigender Lebensmittelzufuhr geringer wird und später in eine Unterschätzung übergeht. Eine Ausnahme bildet die Lebensmittelgruppe Fleisch, denn hier wird ein Regressionskoeffizient größer 1 beobachtet. Dies bedeutet eine Zunahme der Überschätzung mit steigender Verzehrsmenge. Keinerlei Verzerrung besitzen lediglich die Gruppen Kaffee/Tee, alkoholische Getränke und Fette.

Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten führt bei fast allen Lebensmittelgruppen zu einer Reduktion der konstanten Verzerrung, wobei dennoch häufig signifikante Werte bestehen bleiben. Nur in Ausnahmefällen bewirkt die Korrektur eine konstante Verzerrung, die zuvor noch nicht bestand. Im Gegensatz dazu wird die zufuhrabhängige Verzerrung durch die Korrektur oftmals verstärkt.

**Tabelle 13: Regression der Fragebogendaten auf die 24h-Recalldaten
(n = 104 Personen)**

LEBENSMITTEL	24HR vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2korr ¹	
	a ²	b ²	a	b
Brot	64,9*	0,78	52,0*	1,01
Nährmittel	45,3*	0,68	28,3*	0,78
Kuchen, Plätzchen	21,4*	1,06	-	-
Süßer Brotaufstrich	6,2*	0,43	-	-
Obst	107,5*	1,14	38,3*	0,62
Gemüse	127,3*	0,76	74,7*	0,52
Kartoffeln	67,0*	0,73	47,5*	0,73
Erfrischungsgetränke	405,3*	0,77	395,2*	0,71
Milch, Milchprodukte	119,8*	0,47	-	-
Käse	17,9*	0,81	12,7*	0,53
Kaffee, Tee	118,1	0,82	-	-
Alkoholische Getränke	33,2	0,93	-	-
Fette	2,0	0,92	-1,4	1,18
Soßen	28,6*	1,07	15,0*	0,71
Fleisch	18,0	1,54	23,1*	0,77
Wurstwaren	27,2*	0,77	20,0*	0,69

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² a = Schätzer für den Achsenabschnitt (α), b = Schätzer für das Steigungsmaß (β), korrigiert um die intraindividuelle Variabilität in den 24h-Recalls

* a ist signifikant von Null verschieden ($P < 0,05$)

8.3 ERGEBNISSE AUF NÄHRSTOFFEBENE

8.3.1 Reliabilität der Fragebogenerhebung

8.3.1.1 Absolute Nährstoffzufuhr der Gesamtpopulation

Die durchschnittliche Energie- und Nährstoffaufnahme für beide Fragebogenerhebungen ist in Tabelle 44 (siehe Anhang) dargestellt. Wie schon für die Lebensmittelgruppen beschrieben wurde, zeigt der EF1 auch auf Nährstoffebene größere Zufuhrwerte als der EF2.

Das Ausmaß der Abweichungen wird in Tabelle 14 (Spalte 1) deutlich, die die Abweichungen zwischen beiden Fragebögen in Prozent darstellt. Geringe Differenzen von $\leq 10\%$ werden für 9 von insgesamt 16 Nährstoffen beobachtet. Solche geringen Differenzen zeigen Energie, Eiweiß, Fett, SFA, Cholesterin, Kohlenhydrate, Polysaccharide, Ballaststoffe und Alkohol. Die übrigen 7 Nährstoffe schwanken zwischen 10,4% und 17,3%. Im Mittel entspricht die Nährstoffaufnahme des EF2 90,1% des EF1.

Tabelle 14: Über- oder Unterschätzung der mittleren Nährstoffaufnahme der Fragebogendaten EF2, in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls (n = 104 Personen)

NÄHRSTOFF	EF1-EF2 ¹ %	24HR-EF2 ¹ %	24HR-EF2korr ¹ %
Energie	91,6	112,4	110,8
Eiweiß	92,6	107,0	99,0
Fett	90,2	93,8	89,7
Gesättigte Fettsäuren	91,0	89,6	86,4
Einf. unges. Fettsäuren	89,6	94,1	88,6
Mehrf. unges. Fettsäuren	88,2	102,6	90,3
Cholesterin	94,2	99,1	94,5
Kohlenhydrate	91,8	125,6	117,9
Monosaccharide	86,4	123,9	100,3
Disaccharide	88,4	145,3	124,1
Polysaccharide	96,6	108,4	108,6
Ballaststoffe	92,7	137,1	115,1
Alkohol	95,8	98,1	-
Vitamin C ²	83,4	156,6	97,4
Vitamin E ²	87,0	134,8	105,6
Carotin ²	82,7	180,9	128,6

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Ohne Berücksichtigung der Vitaminsupplemente

8.3.1.2 Absolute Nährstoffzufuhr der Einzelpersonen

Der Mittelwert der individuellen Differenzen (MW_{Diff}) und die Standardabweichung der Differenzen (SD_{Diff}) sind in Tabelle 15 beschrieben. Die SD_{Diff} sind für alle Nährstoffe relativ groß, wenn man diese in Relation zu der mittleren Nährstoffzufuhr aus beiden Fragebögen setzt. Ausgesprochen starke Streuungen besitzen die Monosaccharide, Cholesterin, Alkohol, Vitamin C, Vitamin E und Carotin.

Tabelle 15: Mittelwert der individuellen Differenzen (MW_{Diff}) und Standardabweichung vom Mittelwert der Differenzen (SD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente ($n = 104$ Personen)

NÄHRSTOFF	EF1-EF2 ¹		24HR-EF2 ¹		24HR-EF2korr ¹	
	Mittlere Zufuhr*	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr*	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr*	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$
Energie (kJ)	11361,1	1001,5±3228,5	10034,5	-1651,8±3910,2	9437,9	-458,6±2397,9
Eiweiß (g)	88,3	6,8±27,3	78,9	-11,8±33,2	72,7	0,4±18,8
Fett (g)	101,4	10,5±37,8	91,7	-8,4±42,9	84,9	5,0±27,2
Ges. Fettsäuren (g) ²	40,5	3,8±16,5	36,9	-3,3±17,7	34,6	1,3±12,4
Einf. unges. FS (g) ²	33,0	3,6±13,0	30,0	-2,2±14,7	27,7	2,3±9,2
Mehrf. unges. FS (g) ²	14,4	1,8±4,8	12,7	-1,5±6,1	11,5	0,9±3,9
Cholesterin (mg)	389,6	23,3±151,7	360,5	-34,7±181,7	338,8	8,8±122,1
Kohlenhydrate (g)	299,3	25,4±90,5	255,7	-60,5±105,2	244,2	-37,7±74,2
Monosaccharide (g)	52,8	7,7±30,6	41,8	-14,3±27,2	35,4	-1,3±17,0
Disaccharide (g)	95,2	11,7±38,9	76,8	-25,1±42,4	73,6	-18,6±35,7
Polysaccharide (g)	148,8	5,2±56,7	136,5	-19,4±57,9	135,1	-16,7±41,3
Ballaststoffe (g)	31,8	2,4±12,2	26,4	-8,2±12,1	23,9	-3,1±7,5
Alkohol (g)	16,3	0,6±16,1	15,7	-0,7±9,0	-	-
Vitamin C (mg) ³	157,7	28,6±97,3	118,7	-49,3±76,0	93,5	1,1±51,7
Vitamin E (mg) ³	14,4	2,1±5,5	11,7	-3,4±6,5	10,1	-0,2±3,9
Carotin (mg) ²	4,7	0,8±2,7	3,4	-1,7±2,7	2,7	-0,2±1,8

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Ges. Fettsäuren = gesättigte Fettsäuren, einf. unges. FS = einfach ungesättigte Fettsäuren, Mehrf. unges. FS = mehrfach ungesättigte Fettsäuren

³ Ohne Berücksichtigung der Vitaminsupplemente

* Mittelwert aus beiden Fragebögen bzw. Ernährungserhebungsinstrumenten in Gramm pro Tag

8.3.1.3 Reliabilität in der relativen Rangfolge der Teilnehmer

Als Maßzahl für die Reliabilität der relativen Rangfolge auf Nährstoffebene wurden Pearson-Korrelationen zwischen beiden Fragebogenerhebungen (EF1, EF2) berechnet (siehe Tabelle 16). Lediglich für Disaccharide und für Alkohol wird ein Korrelationskoeffizient größer 0,7 beobachtet. Alle übrigen Korrelationen liegen zwischen 0,59 und 0,67. Die Energieadjustierung führt zu einer erheblichen Reduktion der Korrelationskoeffizienten. Werte über 0,7 sind nach der Energieadjustierung nicht mehr zu beobachten, 10 Nährstoffe zeigen noch Korrelationen im mittleren Bereich (0,5-0,7) und 5 Nährstoffe besitzen nun Werte kleiner 0,5. Die beste Reliabilität zeigt nach wie vor Alkohol, während niedrige Korrelationen für Fett, MUFA, Monosaccharide, Polysaccharide und Vitamin C beobachtet werden.

Tabelle 16: Pearson Korrelationskoeffizienten* der Nährstoffzufuhr zwischen den Ernährungsfragebögen EF1 und EF2 (n = 104 Personen)

NÄHRSTOFF	EF1 vs. EF2 ¹	EF1 vs. EF2
	roh	energieadjustiert ²
Energie	0,68	-
Eiweiß	0,68	0,59
Fett	0,63	0,48
Gesättigte Fettsäuren	0,59	0,52
Einf. unges. Fettsäuren	0,64	0,41
Mehrf. unges. Fettsäuren	0,66	0,60
Cholesterin	0,69	0,53
Kohlenhydrate	0,69	0,50
Monosaccharide	0,62	0,41
Disaccharide	0,74	0,68
Polysaccharide	0,62	0,37
Ballaststoffe	0,64	0,60
Alkohol	0,88	0,69
Vitamin C ³	0,67	0,43
Vitamin E ³	0,64	0,63
Carotin ³	0,62	0,57

* 95% Konfidenzintervalle für $n=104$ sind: 0,1 (-0,10-0,29); 0,2 (-0,01-0,38); 0,3 (0,12-0,47); 0,4 (0,25-0,55); 0,5 (0,34-0,63); 0,6 (0,46-0,71); 0,7 (0,59-0,79); 0,8 (0,72-0,86); 0,9 (0,86-0,93)

¹ EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen

² Energieadjustierung mittels Residualanalyse

³ Ohne Berücksichtigung der Vitaminsupplemente

8.3.2 Validität der Nährstoffzufuhr

8.3.2.1 Absolute Nährstoffzufuhr der Gesamtpopulation

Die durchschnittliche Nährstoffzufuhr für alle Ernährungserhebungsinstrumente ist in Tabelle 44 (im Anhang) beschrieben. Wie schon für die Lebensmittelgruppen festgestellt wurde, liefern, auch im Falle der Nährstoffe die Ernährungsfragebögen höhere Zufuhrwerte als die Referenzmessung. Die Überschätzungen sind beim EF1 ausgeprägter als beim EF2. Das Ausmaß der Überschätzungen wird in Tabelle 14 dargestellt, die die Abweichungen der mittleren Nährstoffaufnahme der Fragebogendaten in Prozent der 24h-Recalls beschreibt.

Der EF2 zeigt, im Vergleich zu dem Durchschnitt der 24h-Recalls, für 7 Nährstoffe geringe Abweichungen von $\leq 10\%$, für 4 Nährstoffe Überschätzungen von 11 bis 30% und für die übrigen 5 Nährstoffe erhebliche Überschätzungen ($>30\%$) mit einem Maximum von 80,9% für Carotin. Erheblich überschätzt werden neben Carotin, Disaccharide, Ballaststoffe, Vitamin C und Vitamin E.

Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten des EF2 führt allgemein, durch eine Reduzierung der Überschätzung, zu einer besseren Übereinstimmung zwischen dem EF2korr und den 24h-Recalls. Die zuvor beim EF2 beobachtete Überschätzung erhöht sich bei keinem Nährstoff durch die Häufigkeitskorrektur. Desweiteren führt die Häufigkeitskorrektur bei keinem Nährstoff zu einer starken Unterschätzung, wie dies zum Teil auf Lebensmittelebene der Fall

war. Nach der Häufigkeitskorrektur zeigen 8 Nährstoffe geringe prozentuale Differenzen von $\leq 10\%$ und weitere 8 Nährstoffe mittlere Abweichungen zwischen 11 bis 30%.

8.3.2.2 *Absolute Nährstoffzufuhr auf Personenebene*

Tabelle 15 enthält den MW_{Diff} und die SD_{Diff} für die Differenzen zwischen dem EF2 beziehungsweise EF2_{korr} und den Referenzwerten der 24h-Recalls. Die individuellen Differenzen zwischen dem EF2 und den 24h-Recalls streuen sehr stark, denn alle Nährstoffe zeigen große SD_{Diff} . Die größten Streuungen besitzen, neben der Energiezufuhr, Mono- und Disaccharide, Alkohol, Vitamin C und Carotin.

Der Effekt der Häufigkeitskorrektur auf die SD_{Diff} ist ebenfalls in Tabelle 15 dargestellt. Da für die alkoholischen Getränke keine Häufigkeitskorrektur durchgeführt wurde, sind für Alkohol (Ethanol) keine Ergebnisse beschrieben. Bei allen Nährstoffen sinkt die Streuung der Differenzen, wobei die Reduktion nicht überall gleich stark ausfällt. Ein besonders starker Rückgang des SD_{Diff} wird z.B. für Eiweiß beobachtet. Hier reduziert sich die Streuung von ursprünglich 33,2g auf 18,8g, das heißt um 43%. Die geringste Veränderung zeigen die Disaccharide mit einem Rückgang der Streuung um 16%.

8.3.2.3 *Validität in der relativen Rangordnung der Teilnehmer*

Zur Beschreibung der Fähigkeit des Ernährungsfragebogens, die Teilnehmer entsprechend ihrer Nährstoffaufnahme in die richtige Rangfolge zu bringen, wurden unter anderem Pearson-Korrelationen zwischen dem Test- und dem Referenzinstrument berechnet. Diese Korrelationen sind in Tabelle 17 dargestellt. Neben den einfachen Korrelationen enthält diese Tabelle auch Angaben zu den Variationsquotienten der Nährstoffe, sowie energieadjustierte und fehlerbereinigte Korrelationskoeffizienten.

Die einfachen Korrelationen zwischen dem EF2 und den 24h-Recalls variieren zwischen 0,25 für Vitamin E und 0,47 für Mono- und Disaccharide. Eine Ausnahme stellt die Alkoholzufuhr dar, die einen Korrelationskoeffizienten von 0,88 besitzt. Eine sehr mäßige Validität, mit Werten unter 0,4, zeigen Energie, Fett, SFA, MUFA, PUFA, Vitamin C, Vitamin E und Carotin.

Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten führt bei allen Nährstoffen zu einer deutlichen Verbesserung der Korrelationen mit den 24h-Recalls. Nach der Häufigkeitskorrektur besitzt nur noch Carotin einen Wert unter 0,4, während die meisten Nährstoffe Korrelationen zwischen 0,4 und 0,6 aufweisen. Werte über 0,6 bleiben nach wie vor selten und sind lediglich für Disaccharide und Ballaststoffe zu beobachten.

Die Variationsquotienten, die auf Basis der 24h-Recalls ermittelt wurden, schwanken von 0,74 (Disaccharide) bis 9,40 (Carotin). Fast alle Nährstoffe besitzen Variationsquotienten größer 1. Die größten Variationsquotienten zeigen MUFA (4,87), Cholesterin (4,55), Vitamin E (5,00) und, wie oben erwähnt, Carotin (9,40). Um die mangelnde Präzision in den 24h-Recalls zu korrigieren, wurden, unter Berücksichtigung der Variationsquotienten, bereinigte Korrelationskoeffizienten berechnet. Die bereinigten Korrelationen wurden desweiteren energieadjustiert, um die Ergebnisse mit anderen Studien besser vergleichen zu können.

Tabelle 17: Pearson Korrelationskoeffizienten* der Nährstoffaufnahme aus allen Ernährungserhebungsinstrumenten (ohne und mit Korrektur der Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls), (für n = 104 Personen)

NÄHRSTOFF	roh		VQ ²	energieadj, ³ fehlerbereinigt ⁴	
	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹	24HR	24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
Energie	0,38	0,59	1,23	-	-
Eiweiß	0,41	0,59	1,75	0,49	0,60
Fett	0,37	0,54	2,82	0,67	0,62
Gesättigte Fettsäuren	0,38	0,57	2,42	0,74	0,75
Einf. unges. Fettsäuren	0,38	0,53	3,21	0,59	0,51
Mehrf. unges. Fettsäuren	0,28	0,42	4,87	0,32	0,43
Cholesterin	0,43	0,51	4,55	0,55	0,53
Kohlenhydrate	0,41	0,59	0,86	0,55	0,58
Monosaccharide	0,47	0,54	2,15	0,49	0,58
Disaccharide	0,47	0,62	0,74	0,53	0,64
Polysaccharide	0,43	0,60	1,33	0,59	0,65
Ballaststoffe	0,46	0,65	0,94	0,66	0,70
Alkohol	0,88	-	0,88	0,95	-
Vitamin C ⁴	0,38	0,57	3,52	0,49	0,62
Vitamin E ⁴	0,25	0,41	5,00	0,39	0,45
Carotin ⁴	0,26	0,28	9,40	0,39	0,38

* 95% Konfidenzintervalle für $n=104$ sind: 0,1 (-0,10-0,29); 0,2 (-0,01-0,38); 0,3 (0,12-0,47) 0,4 (0,25-0,55); 0,5 (0,34-0,63); 0,6 (0,46-0,71); 0,7 (0,59-0,79); 0,8 (0,72-0,86); 0,9 (0,86-0,93).

Formel: $\tanh((0,5 \cdot \ln((1+r)/(1-r)) \pm 1,96 \cdot (1/\sqrt{n-3})))$

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² VQ = (intraindividuelle Variabilität / interindividuelle Variabilität)

³ Energieadjustierung mittels der Residuenmethode

⁴ Korrelationskoeffizienten, korrigiert um die Variabilität in den 24h-Recalls;

Korrekturformel: $r \cdot \sqrt{1 + VQ24HR / 12}$

⁵ Ohne Berücksichtigung der Vitaminsupplemente

Die Energieadjustierung und die Fehlerbereinigung führten, im Falle des EF2, bei allen Nährstoffen zu einer Erhöhung der Korrelationen mit den 24h-Recalls. Nach der Korrektur zeigen Gesamtfett, SFA, Ballaststoffe und Alkohol Korrelationen über 0,6. Acht Nährstoffe besitzen Werte im Bereich von 0,4 bis 0,6 und nur noch 3 Nährstoffe (PUFA, Vitamin E, Carotin) liegen unterhalb von 0,4.

Die Energieadjustierung und Fehlerbereinigung führt, auch im Falle des EF2korr, bei allen Nährstoffen zu einer leichten Verbesserung der Korrelationen. Eine Ausnahme bilden lediglich MUFA und Kohlenhydrate, deren Korrelationen geringfügig sinken. Sechs Nährstoffe besitzen jetzt Korrelationen größer 0,6, sieben Nährstoffe liegen im mittleren Bereich und Carotin zeigt mit 0,38 unverändert die schlechteste Korrelation mit den 24h-Recalls.

Tabelle 18: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme (g/Tag) der 24h-Recalls, berechnet als Mittelwert (MW) pro Quintil, unter Verwendung unterschiedlicher Grenzwerte (n = 104 Personen)

NÄHRSTOFF	Quintil	MW 24HR, 24HR-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2korr-Grenzen ¹				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Energie (kJ)		6516,9	7820,3	8848,4	10513,6	12500,8	7939,5	8816,4	8621,4	10166,8	10563,7	7787,8	8086,4	8905,7	9970,7	11396,9
Eiweiß (g)		48,7	62,0	70,4	80,5	104,2	63,5	65,2	73,3	79,0	84,0	62,3	60,9	67,6	82,5	91,8
Fett (g)		59,5	74,2	85,5	98,3	120,6	74,3	82,1	85,6	93,3	101,8	74,8	76,7	82,4	99,5	103,7
SFA ² (g)		23,2	29,2	34,8	40,2	49,5	31,4	31,2	33,8	39,5	40,7	30,1	30,2	33,9	39,8	42,7
MUFA ² (g)		19,2	24,5	27,8	32,6	41,2	24,8	25,9	28,2	32,1	34,0	24,6	24,5	28,4	32,6	35,0
PUFA ² (g)		8,0	9,8	11,4	13,4	17,5	10,4	11,3	12,4	11,7	14,2	10,1	11,2	11,3	13,0	14,4
Cholesterin (mg)		211,0	276,5	338,7	399,5	497,9	287,0	305,2	333,4	383,9	409,9	274,9	303,3	311,6	397,2	433,5
Kohlenhydrate (g)		144,0	185,2	214,6	250,1	336,1	192,4	207,3	216,9	244,2	265,9	188,3	192,2	201,2	244,3	301,7
Monosaccharide (g)		19,0	26,0	32,5	40,2	57,2	27,8	28,8	38,3	36,6	42,6	28,1	30,0	35,9	35,6	44,5
Disaccharide (g)		29,7	44,8	54,7	71,3	124,1	48,1	51,1	52,0	75,4	96,7	41,2	52,1	58,6	64,1	107,8
Polysaccharide (g)		80,1	102,9	121,5	142,3	190,2	103,0	118,2	123,2	138,8	152,0	100,0	107,9	121,0	150,3	156,2
Ballaststoffe (g)		13,9	17,2	20,6	25,3	35,2	17,5	22,0	21,1	23,2	28,1	17,2	19,5	21,3	22,8	31,3
Alkohol (g)		0,4	4,6	11,1	20,5	41,2	1,0	6,3	12,3	22,0	36,3	-	-	-	-	-
Vitamin C (mg) ³		46,1	67,5	82,6	108,2	169,6	77,6	74,6	89,5	115,0	114,6	66,2	78,6	81,7	106,1	139,9
Vitamin E (mg) ³		6,6	8,0	8,9	11,1	15,7	9,7	9,2	9,0	10,0	12,0	9,0	8,6	9,4	10,1	12,8
Carotin (mg) ³		1,2	1,8	2,2	3,0	5,1	1,9	2,7	3,0	2,5	3,0	2,4	2,4	2,4	2,6	3,3

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² SFA = gesättigte Fettsäuren, MUFA = einfach ungesättigte Fettsäuren, PUFA = mehrfach ungesättigte Fettsäuren

³ Ohne Berücksichtigung der Vitaminsupplemente

Tabelle 18 beschreibt die Nährstoffaufnahme pro Verzehrquintil auf der Basis der zwölf 24h-Recalls. Die Zuordnung zu den Quintilen erfolgte nach der Nährstoffaufnahme der 24h-Recalls, des EF2 und des EF2korr. Die Variabilität in der Nährstoffzufuhr zwischen den Teilnehmern schwankt von Faktor 1,9 zwischen dem ersten und dem letzten Quintil bis hin zu Faktor 4,2, wobei die meisten Nährstoffe einen Faktor zwischen 1,9 und 2,5 besitzen. Eine Ausnahme bildet die Alkoholzufuhr, mit einem Faktor von 51,2. Die Unterschiede zwischen den mittleren Quintilen sind insgesamt sehr gering. Betrachtet man die Verzehrsmengen nach der Fragebogensortierung des EF2, dann führt die Fehlklassifikation von Teilnehmern durch den Fragebogen zu einer Reduktion der Differenzen zwischen dem ersten und dem fünften Quintil. Der Faktor zwischen dem ersten und dem fünften Quintil liegt nun in der Regel zwischen 1,1 und 1,6. Die Fehlklassifikation der Teilnehmer führt bei manchen Nährstoffen dazu, daß zwischen den mittleren Quintilen keine Unterscheidung mehr möglich ist oder, daß mit zunehmendem Quintil keine kontinuierliche Zunahme der Verzehrsmenge mehr erfolgt. Zu diesen Nährstoffen gehören unter anderem Eiweiß, SFA, MUFA, Mono- und Disaccharide, Ballaststoffe, sowie die Vitamin C, E und Carotin. Für diese Nährstoffe kann der EF2 nur zwischen den Extremgruppen (Viel- und Wenigessern) differenzieren. Das beste Ergebnis zeigt, wie bei fast allen Auswertungen, die Zufuhr von Alkohol. Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten zeigt keinen nennenswerten Effekt.

Tabelle 19 beschreibt, wieviele Teilnehmer durch den Fragebogen fehlklassifiziert werden. Der Anteil an extrem fehlklassifizierten Personen schwankt von 0% (Alkohol) bis 5,8% (Monosaccharide und Vitamin E). Der Anteil an gering fehlklassifizierten Personen variiert von 28,8% (Carotin) bis 42,3% (Eiweiß), wobei die meisten Werte zwischen 30-40% schwanken.

Tabelle 19: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen verglichen mit den 24h-Recalls fehlklassifiziert werden (n = 104 Personen)

NÄHRSTOFF	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert ² (%)	extrem fehlklassifiziert ² (%)	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert (%)	extrem fehlklassifiziert (%)
Energie	26,0	40,4	1,9	40,4	37,5	2,9
Eiweiß	25,0	42,3	2,9	37,5	42,3	3,8
Fett	32,7	32,7	1,9	30,8	40,4	1,9
Gesättigte Fettsäuren	26,9	38,5	1,9	25,0	47,1	1,0
Einf. unges. Fettsäuren	31,7	31,7	1,9	29,8	39,4	1,9
Mehrf. unges. Fettsäuren	30,8	30,8	3,8	27,9	40,4	1,9
Cholesterin	32,7	37,5	1,9	41,3	32,7	1,9
Kohlenhydrate	23,1	39,4	1,0	36,5	39,4	1,0
Monosaccharide	26,9	40,4	5,8	26,9	44,2	4,8
Disaccharide	29,8	41,3	2,9	37,5	37,5	1,9
Polysaccharide	33,7	31,7	2,9	37,5	42,3	0,0
Ballaststoffe	27,9	32,7	1,9	35,6	46,2	2,9
Alkohol	57,7	39,4	0,0	-	-	-
Vitamin C	24,0	38,5	3,8	36,5	37,5	0,0
Vitamin E	25,0	34,6	5,8	35,6	30,8	3,8
Carotin	38,5	28,8	3,9	27,9	39,4	2,9

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Gering fehlklassifiziert = 1 Quintil Abweichung; extrem fehlklassifiziert = 4 Quintile Abweichung

Der Anteil der Teilnehmer, die sowohl in den 24h-Recalls als auch im EF2 gleichklassifiziert worden sind, liegt zwischen 24,0% (Vitamin C) und 57,7% (Alkohol), während die meisten Werte im Bereich von 25-35% zu finden sind. Im Durchschnitt werden 30,8% gleichklassifiziert, 36,3% gering abweichend klassifiziert und 2,8% extrem abweichend klassifiziert.

Die Häufigkeitskorrektur führt zu keinem einheitlichen Effekt. Die extreme Fehlklassifikation von Teilnehmern wird bei 8 Nährstoffen reduziert, bei 4 Nährstoffen führt die Korrektur zu keiner Änderung und bei 3 Nährstoffen bewirkt die Korrektur eine leichte Erhöhung der fehlklassifizierten Personen. Insgesamt schwankt der Anteil der extrem fehlklassifizierten Personen nach der Korrektur von 0% (Vitamin C) bis 4,8% (Monosaccharide) und liegt damit in der gleichen Größenordnung wie beim EF2. Ähnlich sind die Ergebnisse für gering fehlklassifizierte Personen. Auch hier gibt es Nährstoffe (2), die keine Effekte zeigen, Nährstoffe (5), deren Anteil sich reduziert hat sowie Nährstoffe (8), deren Anteil sich nach der Korrektur erhöht hat. Insgesamt schwanken die Prozentwerte zwischen 30,8% und 46,2%. Der Anteil der Teilnehmer, die gleich klassifiziert werden, liegt zwischen 25% (SFA) und 41,3% (Cholesterin). Auch hier zeigt der Korrektoreffekt alle Richtungen. Im Mittel werden nach der Häufigkeitskorrektur 33,8% gleich klassifiziert, 39,8% gering fehlklassifiziert und 2,2% extrem fehlklassifiziert.

8.3.2.4 *Art der Verzerrung*

Tabelle 20 beschreibt die Art der vorkommenden Verzerrungen anhand der Regressionsparameter. Dargestellt wird die Regression der Fragebogendaten (EF2, EF2korr) auf die 24h-Recalls.

Für 11 der 16 Nährstoffe kann eine positive konstante Verzerrung gegenüber den 24h-Recalls beobachtet werden. Von einer zufuhrabhängigen Verzerrung sind PUFA, Kohlenhydrate, Di- und Polysaccharide, Ballaststoffe sowie alle untersuchten Vitamine betroffen. In allen Fällen ist die Steigung < 1 . Die Größe der zufuhrabhängigen Verzerrung variiert zwischen den Nährstoffen. So ist z.B. für die Ballaststoffzufuhr nur eine geringe Verzerrung ($b = 0,77$) zu beobachten, während Carotin mit einem Steigungsmaß von 0,36 eine starke Verzerrung aufweist. Die Regressionsparameter verdeutlichen, daß für die meisten Nährstoffe im unteren Verzehrsbereich eine Überschätzung der Nährstoffzufuhr beobachtet werden kann, während im oberen Verzehrsbereich eine Unterschätzung vorhanden ist. Keinerlei Verzerrungen zeigen lediglich Fett, SFA, MUFA, Cholesterin und Alkohol.

Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten bewirkt bei allen Nährstoffen einen Rückgang der konstanten Verzerrung. Auch auf die zufuhrabhängige Verzerrung wirkt sich die Häufigkeitskorrektur positiv aus, denn in der Regel ist ein Anstieg des Steigungsparameters zu beobachten. Eine Ausnahme bilden Fett und SFA, denn dort ist die Erhöhung so stark, daß eine zufuhrabhängige Verzerrung mit $b > 1$ entsteht.

Tabelle 20: Regression der Nährstoffaufnahme aus den Fragebogendaten auf die 24h-Recalldaten (n = 104 Personen)

NÄHRSTOFF	24HR vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2korr ¹	
	a ²	b ²	a	b
Energie (kJ)	3985,3*	0,83	1448,6	0,98
Eiweiß (g)	30,5*	0,86	21,4*	0,80
Fett (g)	20,9	1,06	-2,7	1,21
Gesättigte Fettsäuren (g)	7,6	1,06	-3,6	1,27
Einf. unges. Fettsäuren (g)	7,6	1,04	1,3	1,10
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	7,7*	0,69	4,8*	0,74
Cholesterin (mg)	81,7	1,19	75,8	1,03
Kohlenhydrate (g)	142,8*	0,69	74,8*	0,90
Monosaccharide (g)	20,7*	0,97	11,2*	0,84
Disaccharide (g)	43,5*	0,75	19,4*	1,05
Polysaccharide (g)	61,3*	0,74	44,3*	0,87
Ballaststoffe (g)	14,8*	0,77	8,1*	0,84
Alkohol (g)	0,6	1,07	-	-
Vitamin C (mg) ³	90,0*	0,74	27,5*	0,90
Vitamin E (mg) ³	8,0*	0,76	5,1*	0,72
Carotin (mg) ³	3,8*	0,36	2,4*	0,25

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² a = Schätzer für den Achsenabschnitt (α), b = Schätzer für das Steigungsmaß (β), korrigiert um die intraindividuelle Variabilität in den 24h-Recalls
Korrekturformel: $\beta * (1+24VQ/12)$; VQ = Variationsquotient der 24h-Recalls

³ Ohne Berücksichtigung der Vitaminsupplemente

* a ist signifikant von Null verschieden ($P < 0,05$)

8.4 ERGEBNISSE UNTER VERWENDUNG DER BIOMARKER

Die durchschnittlichen Vitaminblutspiegel und die auf Basis des 24h-Urin-N errechnete Proteinausscheidung sind in Tabelle 63 im Anhang dargestellt. Bei den nachfolgenden Auswertungen wurde bei den 24h-Recalls die Einnahme der Vitaminsupplemente berücksichtigt, während für den Ernährungsfragebogen keine Möglichkeit bestand, die aufgenommenen Vitaminsupplemente zu quantifizieren. Desweiteren wurden die Rauchgewohnheiten der Teilnehmer bei den Auswertungen berücksichtigt. Dreiundvierzig Personen (17 Männer, 26 Frauen) gaben an Nichtraucher zu sein, 21 Personen waren Raucher (9 Männer, 12 Frauen) und 38 Personen waren ehemalige Raucher (23 Männer, 15 Frauen). Von zwei Teilnehmern fehlte eine Angabe zu den Rauchgewohnheiten.

Bei Betrachtung der durchschnittlichen Proteinzufuhr (siehe Tabelle 21, nächste Seite) wird deutlich, daß sowohl das 24h-Recall als auch der Ernährungsfragebogen die Eiweißaufnahme verglichen, mit der berechneten Eiweißzufuhr aus den Urinsammlungen, unterschätzen. Hierbei zeigen das 24h-Recall und der EF2korr Differenzen von 22% und der unkorrigierte EF2 eine Differenz von 9%.

Tabelle 21: Durchschnittliche Proteinzufuhr (g/Tag)* für alle Erhebungsinstrumente und auf Basis der 24h-Urin-N (n = 104 Personen)

	24HR ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹	Urin
Protein	72,9±20,2 (69,9)	84,9±36,2 (74,8)	72,6±22,8 (69,2)	93,5±23,4 (91,1)

* Mittelwert ± Standardabweichung, (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

Tabelle 22 beschreibt die Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen den Biomarkern und den Ernährungserhebungsinstrumenten (24HR, EF2, EF2korr). Da die Rauchgewohnheiten auf die Korrelationsberechnungen zwischen den Biomarkern und den Ernährungserhebungsinstrumenten keinen Einfluß zeigen, werden die Teilkorrelationen unter Partialisierung der Rauchgewohnheiten nicht präsentiert. Bei Betrachtung der Korrelationen wird deutlich, daß Vitamin C und α -Tocopherol keinen Zusammenhang zwischen den Blutspiegeln und den Ernährungserhebungsinstrumenten aufweisen, denn sie besitzen nichtsignifikante Korrelationen in der Größenordnung von 0,10 bis 0,24. Für Beta-Carotin hingegen zeigt sich ein sehr schwacher Zusammenhang ($r = 0,33$) mit dem EF2korr und ein etwas stärkerer Zusammenhang mit den 24h-Recalls ($r = 0,49$). Die Werte für die Proteinzufuhr bewegen sich in der gleichen Größenordnung wie für β -Carotin. Es bestehen geringe Zusammenhänge zu beiden Fragebögen und ebenfalls ein etwas größerer Zusammenhang ($r = 0,46$) zu den 24h-Recalls.

Tabelle 22: Pearson Korrelationskoeffizienten* zwischen den Biomarkern und den Ernährungserhebungsinstrumenten (n = 104 Personen)

BIOMARKER	roh			VQ ²	VQ ²	energieadj ³ , fehlerbereinigt		
	24HR vs. Marker ¹	EF2 vs. Marker ¹	EF2korr vs. Marker ¹	Marker	24HR	24HR vs. Marker ⁴	EF2 vs. Marker ⁵	EF2korr vs. Marker ⁵
Vitamin C	0,24	0,14	0,20	1,82	7,02	0,56	0,27	0,43
α -Tocopherol ⁶	0,15	0,10	0,11	0,45	5,00	0,33	0,06	0,10
β -Carotin	0,49	0,19	0,33	0,96	9,40	0,75	0,43	0,49
Protein	0,46	0,33	0,35	0,93	1,75	0,38	0,29	0,45

* Korrelationskoeffizienten basieren auf \log_e -transformierten Daten

95% Konfidenzintervalle für $n=104$ sind: 0,1 (-0,10-0,29); 0,2 (-0,01-0,38); 0,3 (0,12-0,47) 0,4 (0,25-0,55); 0,5 (0,34-0,63); 0,6 (0,46-0,71); 0,7 (0,59-0,79); 0,8 (0,72-0,86); 0,9 (0,86-0,93)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen

² VQ = (intraindividuelle Variabilität / interindividuelle Variabilität)

³ Energieadjustierung mittels der Residuenmethode

⁴ Korrelationskoeffizienten korrigiert, um die Variabilität in den 24h-Recalls;

Korrekturformel: $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Blut}/2)}*(1+VQ_{24HR}/12))$ bzw. $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Urin}/4)}*(1+VQ_{24HR}/12))$

⁵ Korrekturformel: $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Blut}/2)})$ bzw. $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Urin}/4)})$

⁶ Adjustiert für Cholesterin

Tabelle 22 enthält außerdem die Variationsquotienten für die Biomarker wie auch für die 24h-Recalls. Die Variationsquotienten der Biomarker sind, mit Ausnahme von Vitamin C, alle kleiner 1, das heißt, daß die Variabilität zwischen den Teilnehmern größer ist als die Variabi-

lität innerhalb der Personen. Für Vitamin C trifft dies nicht zu, hier beträgt der Variationsquotient 1,82. Betrachtet man die Variationsquotienten für die Vitaminzufuhr und für die Eiweißzufuhr der 24h-Recalls, dann zeigen diese Werte zwischen 1,75 (Protein) und 9,40 (β -Carotin).

Die Korrektur der Korrelationen um die intraindividuellen Schwankungen führt in allen Fällen zu einer Erhöhung der Koeffizienten, während die zusätzliche Energieadjustierung die Werte teilweise erhöht und teilweise reduziert. So besteht z.B. für die Vitamin C-Zufuhr aus den 24h-Recalls und der Plasma-Vitamin C-Konzentration eine Korrelation von 0,24. Werden die intraindividuellen Schwankungen herausgerechnet, dann erhöht sich dieser Wert auf 0,39. Wird zusätzlich für die Energieaufnahme adjustiert, dann steigt die Korrelation auf einen Wert von 0,56. Die entsprechenden Korrelationen für die Proteinzufuhr und die Proteinausscheidung betragen 0,46, 0,60 und 0,38. Die Energieadjustierung führt bei Protein zu einer erheblichen Reduktion der Korrelation. Die fehlerbereinigten und energieadjustierten Korrelationskoeffizienten zwischen den Biomarkern und den 24h-Recalls, variieren von 0,33 für α -Tocopherol bis 0,75 für β -Carotin. Der EF2 besitzt keinen Zusammenhang zu den Biomarkern, ausgenommen β -Carotin, das eine schwache Korrelation von 0,43 zeigt. Für den EF2korr zeigen bis auf α -Tocopherol alle Biomarker einen schwachen Zusammenhang von 0,43 bis 0,49.

Für die Proteinzufuhr wurde, zusätzlich zu den Korrelationsberechnungen, eine lineare Regression der Proteinaufnahme aus den Urinsammlungen, auf die Proteinaufnahme aus den Ernährungserhebungsinstrumenten (24HR, EF2, EF2korr), durchgeführt. Die Ergebnisse der Regressionsanalyse sind in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23: Regressionsanalyse der Proteinzufuhr aus den 24h-Urinsammlungen auf die 24h-Recalls und auf die Ernährungsfragebögen, für die Gesamtpopulation (n = 104 Personen)

	24HR ¹		EF2 ¹		EF2korr ¹	
	a ²	b ²	a	b	a	b
Protein	53,3*	0,77	75,2*	0,27	65,4*	0,47

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen

² a = Schätzer für den Achsenabschnitt (α), b = Schätzer für das Steigungsmaß (β), korrigiert um die intraindividuelle Variabilität;
Korrekturformel: $b^* \cdot ((1 + VQ_{24HR}/12) \cdot (1 + VQ_{Urin}/4))$

³ Korrekturformel: $b^* \cdot (1 + VQ_{Urin}/4)$

* Wert ist signifikant von Null verschieden ($P < 0,05$)

Die Regressionsanalyse zeigt, daß die Urindaten höhere Zufuhrwerte liefern als die Ernährungserhebungsinstrumente. Das heißt, die Erhebungsinstrumente besitzen alle eine Tendenz zur Unterschätzung der Eiweißzufuhr. Diese Unterschätzung nimmt mit steigender Eiweißzufuhr ab und mündet im hohen Zufuhrbereich in eine Überschätzung. Die beste Anpassung an die berechnete Proteinaufnahme aus den Urinsammlungen zeigen die 24h-Recalls (b = 0,77), gefolgt von dem EF2korr (b = 0,47). Das Schlußlicht bildet der EF2 mit einem Regressionskoeffizienten von 0,27.

8.5 GESCHLECHTS- UND ALTERSSPEZIFISCHE EINFLÜSSE

8.5.1 Auswertungen stratifiziert nach Geschlecht

8.5.1.1 Reliabilität

Die prozentualen Abweichungen zwischen beiden Fragebogenerhebungen (EF1, EF2) sind bei den Frauen etwas geringer als bei den Männern (siehe Tabelle 30 im Anhang). Lediglich für Fette ist ein deutlicher Unterschied erkennbar. Frauen zeigen in diesem Fall eine gute Übereinstimmung beider Fragebögen, während für die Männer eine Abweichung von 43,2% zu beobachten ist. Bei den MAD_{Diff} sind, mit Ausnahme von Käse, keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Geschlechtern erkennbar (vergleiche Tabelle 31 im Anhang). Desweiteren sind für die Reliabilitätskoeffizienten in der Regel nur geringe Unterschiede zwischen den Geschlechtern zu beobachten (Tabelle 32 im Anhang).

Auch auf Nährstoffebene weichen die Ergebnisse nur unwesentlich voneinander ab. Lediglich die Vitamin C- und Carotinzufuhr zeigen bei den Frauen größere prozentuale Abweichungen zwischen den Erhebungen als bei den Männern (Tabelle 46 im Anhang). Die SD_{Diff} besitzen für Alkohol, Vitamin C und Carotin nennenswerte Differenzen zwischen den Geschlechtern (Tabelle 47 im Anhang). Dabei zeigen die Männer eine deutlich größere Streuung bei Alkohol, während die Frauen eine größere Fehlervarianz bei Vitamin C und Carotin aufweisen. Desweiteren besitzen Frauen (mit Ausnahme von Alkohol) niedrigere Reliabilitätskoeffizienten (vergleiche Tabelle 48 im Anhang). Korrelationen über 0,7 sind bei Frauen nur für Alkohol zu sehen, während bei den Männern 8 Nährstoffe Reliabilitätskoeffizienten größer 0,7 aufweisen. Die Energieadjustierung führt bei Männern bei allen Nährstoffen zu einer deutlichen Reduktion der Korrelationen, während bei den Frauen nur für 7 Nährstoffe eine solche Reduktion beobachtet werden kann. Bei den übrigen Nährstoffen (Eiweiß, PUFA, Cholesterin, Polysaccharide, Ballaststoffe, Alkohol, und die Vitamine) ist nach der Energieadjustierung eine leichte Erhöhung der Korrelationskoeffizienten feststellbar.

Insgesamt gesehen hat das Geschlecht keinen großen Einfluß auf die Reliabilität des Ernährungsfragebogens. Dieses Ergebnis ist unabhängig davon, ob die Population oder das Individuum, beziehungsweise Lebensmittel oder Nährstoffe betrachtet werden.

8.5.1.2 Relative Validität

Die prozentualen Abweichungen zwischen dem EF2 und den 24h-Recalls sind, in der Regel, bei den Frauen etwas geringer als bei den männlichen Teilnehmern (vergleiche Tabelle 30 im Anhang). Die Geschlechtsunterschiede sind im allgemeinen jedoch unwesentlich. Größere Abweichungen zwischen den Geschlechtern existieren lediglich für Obst und für Milchprodukte. Beide Geschlechter zeigen für die meisten Lebensmittelgruppen große MAD_{Diff} (siehe Tabelle 31 im Anhang), wobei die Werte der Männer über den Werten der Frauen liegen. Da die mittlere Lebensmittelzufuhr der Männer ebenfalls über der Zufuhr der Frauen liegt, sind nur selten Abweichungen in der Fehlervarianz zwischen den Geschlechtern zu beobachten. In den Fällen, wo stärkere Abweichungen auftreten, besitzen Männer deutlich größere Streuungen als Frauen. Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten führt bei beiden Geschlechtern, bei fast allen Lebensmittelgruppen, zu einer Verringerung der Fehlervarianz. Bedeutende geschlechtsspezifische Unterschiede in den Validitätskoeffizienten sind nicht zu beobachten.

(siehe Tabelle 32 im Anhang). Auch bei den Quintilsvergleichen (Tabelle 35 im Anhang) und der linearen Regression (siehe Tabelle 36 im Anhang), können keine größeren Unterschiede zwischen den Geschlechtern beobachtet werden. Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten führt bei beiden Geschlechtern zu den gleichen Effekten.

Auch auf Nährstoffebene sind keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich der prozentualen Abweichung der mittleren Nährstoffaufnahme zwischen den Instrumenten erkennbar (vergleiche Tabelle 46 im Anhang). Bei den Männern sind im Vergleich zu den Frauen eine größere mittlere Zufuhr aus beiden Instrumenten, sowie geringfügig größere SD_{Diff} zu beobachten (siehe Tabelle 47 im Anhang). Nennenswerte Unterschiede zwischen den Geschlechtern existieren für Monosaccharide, Vitamin C und Carotin, für die die Männer deutlich größere Streuungen zeigen. Die Häufigkeitskorrektur führt bei beiden Geschlechtern zu einer Reduktion der Fehlervarianz. Nach der Korrektur besteht nur noch für Vitamin C eine Abweichung zwischen den Geschlechtern. Bei Betrachtung der Validitätskoeffizienten zeigen Männer häufig geringfügig höhere Korrelationen als Frauen (siehe Tabelle 49 im Anhang). Die Variationsquotienten sind, sowohl bei den Männern, als auch bei den Frauen, für fast alle Nährstoffe größer 1. Bei PUFA, Vitamin C, Vitamin E und Carotin ist der Variationsquotient der Frauen wesentlich größer als bei den Männern. Die Energieadjustierung, wie auch die Fehlerkorrektur, bewirken in der Regel eine Erhöhung der Validitätskoeffizienten. Bei beiden Geschlechtern zeigt der EF2korr die höchsten Korrelationen mit den 24h-Recalls, unabhängig davon, ob die einfachen, die energieadjustierten oder die fehlerbereinigten Korrelationen betrachtet werden.

Männer zeigen eine größere Heterogenität in der Nährstoffzufuhr als Frauen (vergleiche Tabelle 50 im Anhang) und dadurch bedingt, auch etwas bessere Ergebnisse bezüglich der Klassifikation von Personen. Betrachtet man bei den Frauen die Verzehrsmengen pro Quintil nach der EF2-Sortierung, dann ist der Fragebogen für manche Nährstoffe nicht in der Lage, zwischen Wenig- und Vielessern zu differenzieren. Zu diesen Nährstoffen gehören Energie, Eiweiß, SFA, MUFA, PUFA, Polysaccharide und Vitamin E. Die Häufigkeitskorrektur erhöht die Heterogenität in der Nährstoffzufuhr, so daß für die meisten Nährstoffe nun wenigstens zwischen den Extremgruppen differenziert werden kann. Schlechte Ergebnisse auch nach dieser Korrektur, zeigen Vitamin E und Carotin. Betrachtet man den Anteil an gleichklassifizierten, beziehungsweise gering oder stark abweichend klassifizierten Personen, dann ist zwischen den Geschlechtern kein nennenswerter Unterschied erkennbar (siehe Tabelle 51 im Anhang).

In Bezug auf die Regressionsanalyse zeigen Frauen schlechtere Ergebnisse als Männer, denn bei den Frauen besitzen mehr Nährstoffe eine konstante, wie auch eine zufuhrabhängige Verzerrung (vergleiche Tabelle 52 im Anhang). Nährstoffe ohne jegliche Verzerrung sind selten. Bei den Männern gehören zu dieser Gruppe Eiweiß, Fett, MUFA, Cholesterin, Monosaccharide und Alkohol. Bei den Frauen zeigen lediglich Disaccharide und Alkohol keinerlei Verzerrung. Die Häufigkeitskorrektur bewirkt in der Regel eine Reduktion der konstanten Verzerrung, wobei bei den Männern sehr oft eine signifikante Abweichung von Null bestehen bleibt, während bei den Frauen die Anzahl der Nährstoffe mit einer signifikanten Verzerrung sinkt. Von den ursprünglich 14 Nährstoffen zeigen nach der Korrektur nur noch 8 Nährstoffe eine solche Verzerrung. Desweiteren bewirkt die Korrektur bei den Frauen bei fast allen Nährstoffen eine Reduktion der zufuhrabhängigen Verzerrung. Bei den Männern hingegen zeigen 8 Nährstoffe durch die Korrektur eine Vergrößerung der zufuhrabhängigen Verzerrung. Zu diesen Nährstoffen zählen Eiweiß, Fett, SFA, MUFA, Cholesterin, Monosaccharide, Vitamin C und Carotin.

8.5.1.3 Biologische Validität des Instrumentes

In Bezug auf die biologische Validität des Ernährungsfragebogens existieren keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern (vergleiche Tabelle 65 und Tabelle 66 im Anhang). Die Auswertungen bestätigen die Ergebnisse, wie sie für die Gesamtpopulation beschrieben wurden.

Insgesamt gesehen, hat das Geschlecht keinen großen Einfluß auf die Validität der Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr, unabhängig davon, ob das Individuum oder die Gesamtpopulation betrachtet wird.

8.5.2 Auswertungen stratifiziert nach Altersgruppen

8.5.2.1 Reliabilität

Zur Überprüfung der Rolle des Alters auf die Reliabilität und Validität des Ernährungsfragebogens, wurden drei Altersgruppen gebildet: 35-44 Jahre, 45-54 Jahre und 55-64 Jahre.

Die Auswertung nach Altersgruppen verdeutlicht, daß die ältesten Teilnehmer die geringsten prozentualen Abweichungen zwischen den beiden Fragebögen aufweisen (siehe Tabelle 38 im Anhang). Der MAD_{Diff} zeigt für manche Lebensmittelgruppen deutliche Abweichungen zwischen den Altersgruppen (vergleiche Tabelle 39 im Anhang). Auffällig große MAD_{Diff} werden bei den jüngsten Teilnehmern für süßen Brotaufstrich, Käse, alkoholische Getränke, Fette und Wurstwaren beobachtet, bei der mittleren Altersgruppe für Kuchen/Plätzchen, Obst, Erfrischungsgetränke, alkoholische Getränke und Fette und bei den ältesten Teilnehmern für Nahrungsmittel, süßen Brotaufstrich, Obst, alkoholische Getränke wie auch Fette. Bei den Spearman-Rangkorrelationen (siehe Tabelle 40 im Anhang) zeigt die jüngste Altersgruppe für die meisten Lebensmittelgruppen Korrelationen größer 0,7, die 45-54-Jährigen besitzen überwiegend Korrelationen im mittleren Bereich, während die 55-64-Jährigen für die Hälfte der Lebensmittelgruppen Werte kleiner 0,5 aufweisen.

Auch auf Nährstoffebene zeigen die ältesten Teilnehmer die geringsten prozentualen Abweichungen zwischen den beiden Fragebögen (vergleiche Tabelle 54 im Anhang). Die SD_{Diff} sind in Tabelle 55 im Anhang beschrieben. Die jüngsten Teilnehmer besitzen in der Regel die niedrigsten Standardabweichungen, gefolgt von den ältesten Teilnehmern. Die größte Streuung wird in allen Altersgruppen für Alkohol beobachtet. Wie auf Lebensmittelebene, besitzen auch auf Nährstoffebene die ältesten Teilnehmer die niedrigsten Reliabilitätskoeffizienten (siehe Tabelle 56 im Anhang). Die Energieadjustierung führt sowohl bei den 35-44-Jährigen als auch bei der mittleren Altersgruppe zu einer Reduktion der Korrelationen, während bei den ältesten Teilnehmern die Korrelationen bei fast allen Nährstoffen ansteigen. Nach der Energieadjustierung zeigt die mittlere Altersgruppe die niedrigsten Reliabilitätskoeffizienten.

8.5.2.2 Relative Validität

Bei Betrachtung der prozentualen Differenzen zwischen dem EF2 und den 24h-Recalls zeigen die jüngsten Teilnehmer die geringsten Abweichungen, gefolgt von den ältesten Teilnehmern. Das Schlußlicht bilden die 45-55 jährigen Teilnehmer (siehe Tabelle 38 im Anhang). Welche

Lebensmittelgruppen erheblich über- oder unterschätzt werden, differiert zum Teil sehr stark zwischen den einzelnen Altersgruppen. Die jüngsten Teilnehmer zeigen für den EF2 starke Überschätzungen bei Obst und Milchprodukten. Von der mittleren Altersgruppe werden zusätzlich Gemüse, Kartoffeln, Erfrischungsgetränke und Soßen erheblich überschätzt und Fette stark unterschätzt. Die ältesten Teilnehmer besitzen starke Überschätzungen bei Gemüse, Milchprodukten und Käse und erhebliche Unterschätzungen bei Fetten und Wurstwaren. Die Häufigkeitskorrektur führt zu keinem einheitlichen Effekt, manchmal vergrößern sich die Differenzen und manchmal verringern sie sich. Dies gilt durchweg für alle Altersgruppen. Tabelle 39 (im Anhang) enthält die MAD_{Diff} für alle Altersgruppen. Für manche Lebensmittelgruppen werden starke Unterschiede zwischen den Altersgruppen beobachtet. Die jüngsten Teilnehmer zeigen besonders große Streuungen bei süßem Brotaufstrich, alkoholischen Getränken, Fetten, Soßen, Fleisch und Wurstwaren. Die mittlere Altersgruppe besitzt auffällig große MAD_{Diff} bei Nahrungsmitteln, Kuchen/Plätzchen, Obst, Erfrischungsgetränken, Milchprodukten und alkoholischen Getränken. Und die ältesten Teilnehmer zeigen große Verzerrungen bei süßen Brotaufstrich, Milchprodukten und Fetten. Die Häufigkeitskorrektur führt in der Regel bei allen Altersgruppen zu einer Reduktion der MAD_{Diff} . Die Spearman-Rangkorrelationen differieren nur geringfügig zwischen den Altersgruppen (vergleiche Tabelle 40 im Anhang). Das gilt für die einfachen, wie auch für die energieadjustierten und fehlerbereinigten Korrelationen. Die Häufigkeitskorrektur führt in allen Altersgruppen für die meisten Lebensmittelgruppen zu einem Anstieg der Korrelationen. Bei den Quintilsvergleichen liefern die ältesten Teilnehmer die besten Ergebnisse (siehe Tabelle 42 im Anhang). In dieser Altersgruppe sind für 9 Lebensmittelgruppen mindestens 75% der Personen maximal 1 Quintil abweichend klassifiziert, während dies bei den jüngsten Teilnehmern für 7 Lebensmittelgruppen zutrifft und bei der mittleren Altersgruppe lediglich für 5 Gruppen beobachtet werden kann. Die Häufigkeitskorrektur führt bei der mittleren und bei der ältesten Altersgruppe eher zu einer Verschlechterung als zu einer Verbesserung der Klassifikation. Lediglich bei den jüngeren Teilnehmern wird für 7 von 11 Lebensmittelgruppen ein Anstieg der gleich, beziehungsweise 1 Quintil abweichend klassifizierten Personen beobachtet. Die Regressionsparameter schwanken zum Teil erheblich zwischen den Altersgruppen (vergleiche Tabelle 43 im Anhang). Es existieren jedoch keine Trends mit zunehmendem oder abnehmendem Alter. Die Häufigkeitskorrektur reduziert insbesondere bei den 45-54-Jährigen und bei den 55-64-Jährigen die konstante Verzerrung (siehe Tabelle 43 im Anhang). Das Steigungsmaß zeigt nach der Häufigkeitskorrektur in allen Altersgruppen für die Hälfte der Lebensmittelgruppen Verbesserungen und für die andere Hälfte Verschlechterungen.

Bei Betrachtung der prozentualen Abweichungen der durchschnittlichen Nährstoffzufuhr zwischen den Instrumenten, zeigen die jüngsten und die ältesten Teilnehmer lediglich für die Vitaminzufuhr starke Verzerrungen (Tabelle 54 im Anhang). Die mittlere Altersgruppe hingegen besitzt bei 7 Nährstoffen prozentuale Abweichungen, die in ihrem Ausmaß deutlich größer ausfallen als bei den zuvor genannten Altersgruppen. Die Häufigkeitskorrektur führt in allen Altersgruppen zu einer Abnahme der Verzerrungen. Altersspezifische Unterschiede sind nach dieser Korrektur kaum noch vorhanden (Tabelle 54 im Anhang). Desweiteren besitzt die mittlere Altersgruppe für fast alle Nährstoffe auffallend große MAD_{Diff} , während bei den übrigen Altersgruppen weniger Nährstoffe davon betroffen sind (vergleiche Tabelle 55 im Anhang). Unterschiede zwischen den Altersgruppen existieren für Mono- und Disaccharide, Alkohol, Vitamin E und Carotin. Nach der Häufigkeitskorrektur verringern sich die MAD_{Diff} bei allen Nährstoffen, in allen Altersgruppen deutlich, ausgenommen Disaccharide bei den 35-44 Jährigen und Vitamin C bei den 55-64 Jährigen. Die Korrelationen zwischen den Fragebögen und den 24h-Recalls liegen in allen Altersgruppen überwiegend im unteren und mittleren Bereich (vergleiche Tabelle 57 im Anhang). Die Häufigkeitskorrektur wie auch die Fehlerkorrektur bewirken in allen Altersgruppen eine Erhöhung der Korrelationskoeffizien-

ten, während die Energieadjustierung in den meisten Fällen zu einer Verringerung der Korrelationen führt. Altersspezifische Unterschiede bei der Betrachtung der Quintile existieren nicht (Tabelle 58 im Anhang). Bezüglich der Klassifikation der Teilnehmer zeigen ebenfalls die jüngsten und die ältesten Teilnehmer geringfügig bessere Ergebnisse als die mittlere Altersgruppe (Tabelle 59 im Anhang). Die Regressionsparameter, stratifiziert nach Altersgruppen, sind in Tabelle 60 im Anhang beschrieben. Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß die mittlere Altersgruppe wesentlich häufiger und in viel stärkerem Ausmaß eine positive konstante Verzerrung besitzt als die jüngeren und älteren Teilnehmer. Die zufuhrabhängige Verzerrung kommt in allen Altersgruppen wesentlich häufiger vor als die konstante Verzerrung. Das Ausmaß der Verzerrung variiert sehr stark zwischen den Altersgruppen. Ganz extrem sind die Altersunterschiede z.B. für Carotin. Mit steigendem Alter werden für Carotin Steigungsmaße von -0,12, 0,98 und 1,50 beobachtet. Insgesamt betrachtet, zeigt die mittlere Altersgruppe die größten zufuhrabhängigen Verzerrungen. In der Regel führt die Häufigkeitskorrektur zu einer Abnahme der konstanten Verzerrung. Ausnahmen zeigen sich bei den jüngsten Teilnehmern, bei denen 5 Nährstoffe (Eiweiß, Fett, SFA, MUFA und Disaccharide) nach der Korrektur eine größere konstante Verzerrung aufweisen als vorher. Auch die zufuhrabhängige Verzerrung reduziert sich in der Regel durch die Häufigkeitskorrektur. Davon ausgenommen ist wieder die jüngste Altersgruppe, denn hier erhöht sich nach der Korrektur die zufuhrabhängige Verzerrung bei 10 Nährstoffen.

8.5.2.3 *Biologische Validität des Instrumentes*

Sowohl für Vitamin C als auch für Protein existieren keine Altersunterschiede in den gemessenen Blut- oder Urinspiegeln, wohl aber für α -Tocopherol und β -Carotin (Tabelle 64 im Anhang). Mit zunehmendem Alter steigen die α -Tocopherol-Spiegel an. Im Falle von β -Carotin besitzt die mittlere Altersgruppe die niedrigsten Blutspiegel, gefolgt von den älteren Teilnehmern.

Vitamin C und α -Tocopherol zeigen in allen drei Altersgruppen keine Zusammenhänge mit den Erhebungsinstrumenten (Tabelle 65 im Anhang). Für β -Carotin ist in der jüngsten und mittleren Altersgruppe ein schwacher Zusammenhang zu den Recalldaten zu beobachten. Die berechnete Proteinzufuhr aus der N-Ausscheidung zeigt in allen Altersgruppen einen schwachen Zusammenhang zu der Eiweißzufuhr aus den 24h-Recalls. Die ältesten Teilnehmer besitzen die besten Ergebnisse bezüglich der Regression der geschätzten Eiweißzufuhr der 24h-Urinsammlungen auf die Recalldaten, während bei der Regression der geschätzten Eiweißzufuhr auf den EF2korr die mittlere Altersgruppe die geringsten Verzerrungen aufweist (siehe Tabelle 66 im Anhang).

8.6 FEHLERQUELLEN IM ERNÄHRUNGSFRAGEBOGEN

Wie zuvor beschrieben, differieren der Ernährungsfragebogen (EF2) und die 24h-Recalls in der Abschätzung der mittleren Lebensmittelfzufuhr. Die Gesamtdifferenz zwischen beiden Instrumenten wurde nach dem Verfahren von Katherine Flegal in Teildifferenzen aufgeteilt, die durch abweichende Portionsgrößen oder durch differierende Verzehrshäufigkeiten sowie durch eine unterschiedliche Lebensmittelauswahl entstanden sind. Tabelle 24 beschreibt die Differenzen, die den einzelnen Faktoren zuzuschreiben sind.

Der EF2 überschätzt z.B. die mediane Brotzufuhr um 21,5g. Werden die Portionsgrößenangaben aus dem EF2 durch die mittleren Portionsgrößen aus den 24h-Recalls ersetzt, so ist die

verbleibende Differenz auf unterschiedliche Häufigkeitsangaben zurückzuführen. Im Falle von Brot wird ein Wert von -4g ermittelt, das heißt der EF2 zeigt nun eine um 4g geringere Brotzufuhr als die 24h-Recalls. Falsche Häufigkeitsangaben im EF2 führen bei Brot nur zu einer geringen Differenz. Wird umgekehrt die Häufigkeitsangabe aus den 24h-Recalls in den EF2 eingesetzt, dann führt dies, im Falle von Brot, zu einer Überschätzung der Brotaufnahme von 41,9g durch den EF2. Auch für die übrigen Lebensmittelgruppen gilt, daß die Fehler in den Häufigkeitsangaben zu Unterschätzungen führen, und Fehler in den Portionsgrößen Überschätzungen bewirken. Desweiteren sind die Portionsgrößendifferenzen in der Regel viel größer als die Häufigkeitsdifferenzen. Differenzen in den verzehrten Lebensmitteln führen zu einer Unterschätzung, das heißt in den 24h-Recalls tauchen Lebensmittel auf, die laut EF2 nicht verzehrt worden sind. Neben den Portionsgrößendifferenzen haben auch die Lebensmitteldifferenzen ein beachtliches Ausmaß. Unterschiede in den Verzehrshäufigkeiten sind in der Regel von untergeordneter Bedeutung.

Tabelle 24: Differenzen des medianen Lebensmittelverzehrs (g/Tag) zwischen dem Ernährungsfragebogen EF2 und den 24h-Recalls (n = 104 Personen) - Austausch der Portionsgrößen oder der Verzehrshäufigkeiten -

LEBENSMITTEL	EF2 - 24HR Differenzen			
	Häufigkeitsdifferenzen	Portionsdifferenzen	Lebensmitteldifferenzen	Gesamtdifferenzen
Brot	-4,0	41,9	-16,4	21,5
Nährmittel	-25,0	78,7	-55,8	-2,1
Kuchen, Plätzchen	-30,6	77,7	-56,3	-9,2
Süßer Brotaufstrich	1,1	4,3	-4,7	0,7
Obst	14,0	183,8	-120,8	77,0
Gemüse	-25,2	185,1	-116,8	43,1
Kartoffeln	-23,0	115,8	-78,8	14,0
Erfrischungsgetränke	-1,2	300,2	-174,2	124,8
Milch, Milchprodukte	3,2	123,4	-62,0	64,6
Käse	-5,7	19,8	-11,1	3,0
Kaffee, Tee	-211,5	330,0	-159,5	-41,0
Alkoholische Getränke	-13,8	368,3	-359,0	-4,5
Fette	-6,5	-5,1	5,9	-5,7
Soßen	-7,0	1,1	10,6	4,7
Fleisch	-43,6	171,7	-130,8	-2,7
Wurstwaren	-28,0	46,9	-30,7	-11,8

Tabelle 25 bestätigt den Einfluß der Häufigkeits- und Portionsgrößendifferenzen auf die mittlere Lebensmittelzufuhr und Tabelle 26 beschreibt den Effekt der Häufigkeits- und Portionsgrößendifferenzen auf die Spearman-Rangkorrelationen. Differenzen in den Häufigkeitsangaben führen, wie schon erwähnt, zu einer Unterschätzung der durchschnittlichen Lebensmittelaufnahme, während Portionsgrößendifferenzen eine massive Überschätzung der durchschnittlichen Lebensmittelzufuhr bewirken. Fehler in der Häufigkeitsangabe, wie auch Fehler in der Portionsgrößenauswahl, führen zu einer Reduktion der Rangkorrelationen zwischen beiden Instrumenten. Den stärksten Einfluß haben auch hier die Portionsgrößendifferenzen. Dieser Effekt ist besonders ausgeprägt bei den Milchprodukten, den alkoholischen Getränken, bei Fleisch und bei den Wurstwaren. Eine Ausnahme bilden die Fette und Soßen, da bei ihnen die Häufigkeitsdifferenzen dominieren.

Tabelle 25: Effekt der Häufigkeits- und Portionsgrößendifferenzen auf die durchschnittliche Lebensmittelaufnahme (g/Tag)* aus den 24h-Recalls und dem Ernährungsfragebogen EF2 (n = 104 Personen)

LEBENSMITTEL	24HR ¹	EF2 ¹		Originaldaten
		Häufigkeitsdifferenzen	Portionsdifferenzen	
Brot	133,9±61,4 (116,5)	134,7±86,7 (112,5)	181,8±81,6 (158,4)	158,8±87,1 (138,0)
Nährmittel	74,5±49,6 (65,6)	53,5±50,4 (40,6)	148,6±32,1 (144,3)	75,3±53,6 (63,5)
Kuchen, Plätzchen	65,7±44,3 (54,2)	33,7±32,1 (23,6)	145,2±52,0 (131,9)	60,9±50,5 (45,0)
Süßer Brotaufstrich	11,2±18,8 (7,8)	13,4±16,9 (8,9)	13,9±10,9 (12,1)	10,8±11,7 (8,5)
Obst	159,0±120,6 (125,9)	183,7±189,6 (139,9)	327,2±112,5 (309,7)	262,7±224,5 (202,9)
Gemüse	137,5±64,3 (129,3)	114,5±69,8 (104,1)	332,2±71,5 (314,4)	196,0±95,7 (172,4)
Kartoffeln	74,5±45,8 (67,3)	57,6±42,9 (44,3)	185,1±34,8 (183,1)	98,4±58,1 (81,3)
Erfrischungsgetränke	705,2±455,0 (597,9)	860,6±712,5 (596,7)	994,6±494,4 (898,1)	909,6±664,0 (722,7)
Milch, Milchprodukte	144,4±166,9 (88,1)	178,1±283,7 (91,3)	229,8±87,0 (211,5)	184,2±131,3 (152,7)
Käse	30,6±20,8 (25,7)	29,2±33,4 (20,0)	51,2±26,9 (45,5)	33,8±22,5 (28,7)
Kaffee, Tee	692,1±357,1 (655,4)	572,3±506,0 (443,9)	1047,6±506,6 (985,4)	651,6±391,9 (614,4)
Alkoholische Getränke	268,9±300,9 (167,9)	266,4±288,1 (154,1)	564,1±295,9 (536,2)	266,0±298,1 (163,4)
Fette	16,4±12,2 (14,4)	14,2±19,0 (7,9)	13,8±17,3 (9,3)	15,2±19,1 (8,7)
Soßen	40,7±21,6 (37,0)	37,4±33,9 (30,0)	44,7±25,0 (38,1)	50,4±40,2 (41,7)
Fleisch	82,6±42,5 (78,1)	47,7±47,3 (34,6)	253,1±38,0 (249,8)	97,5±83,1 (75,4)
Wurstwaren	64,4±45,4 (59,9)	45,6±48,6 (31,9)	114,9±36,2 (106,8)	65,1±58,7 (48,1)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen

Männer und Frauen liefern im Großen und Ganzen vergleichbare Ergebnisse (Tabelle 61 im Anhang). Bei Betrachtung der einzelnen Altersgruppen ergeben sich ebenfalls keine neuen Erkenntnisse (vergleiche Tabelle 62 im Anhang).

Tabelle 26: Effekt der Häufigkeits- und Portionsgrößendifferenzen auf die Spearman Rangkorrelationen zwischen der Lebensmittelaufnahme aus den 24h-Recalls und dem Ernährungsfragebogen EF2 (n = 104 Personen)

LEBENSMITTEL	Spearman Rangkorrelationen			
	Original 24HR-Daten	Häufigkeits- differenzen	Portions- differenzen	Original EF2-Daten
Brot	1,0	0,52	0,64	0,51
Nährmittel	1,0	0,66	0,51	0,42
Kuchen, Plätzchen	1,0	0,66	0,52	0,56
Süßer Brotaufstrich	1,0	0,72	0,53	0,63
Obst	1,0	0,73	0,59	0,50
Gemüse	1,0	0,57	0,57	0,34
Kartoffeln	1,0	0,74	0,52	0,37
Erfrischungsgetränke	1,0	0,71	0,75	0,67
Milch, Milchprodukte	1,0	0,68	0,10	0,56
Käse	1,0	0,57	0,56	0,47
Kaffee, Tee	1,0	0,63	0,50	0,70
Alkoholische Getränke	1,0	0,87	0,48	0,90
Fette	1,0	0,42	0,51	0,43
Soßen	1,0	0,38	0,51	0,32
Fleisch	1,0	0,73	0,43	0,53
Wurstwaren	1,0	0,73	0,48	0,57

9. DISKUSSION

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Überprüfung der Reliabilität und Validität der Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme, des eigens für die deutsche Teilstudie des EPIC-Projektes neu entwickelten Ernährungsfragebogens. Aus dieser Aufgabenstellung ergeben sich viele Fragen, die es zu beantworten gilt.¹

Welche Methoden eignen sich für die Bestimmung der Reliabilität und Validität?

Welcher Grad an Reliabilität und Validität wird benötigt?

Welche Lebensmittel und Nährstoffe werden, über welchen Expositionszeitraum, durch den Ernährungsfragebogen zuverlässig und valide erfaßt? Welche nicht?

Für welche Studienpopulation zeigt der Ernährungsfragebogen zuverlässige und valide Ergebnisse?

Zu diskutieren sind also die Methodenwahl und das Studiendesign, die statistische Auswertung, sowie die Ergebnisse der Untersuchung.

9.1 METHODENKRITIK

9.1.1 Studienteilnehmer

Ein wichtiger Aspekt bei der Interpretation der Ergebnisse der EPIC-Studie ist die Repräsentativität der Teilnehmer der Validierungsstudie, für die deutsche Teilkohorte. Deshalb sollten die Teilnehmer der Validierungsstudie eine Unterstichprobe der Hauptstudie darstellen. Da im Rahmen der Hauptstudie anfänglich die Rekrutierung von AOK-Mitgliedern im Raum Heidelberg und den Umlandgemeinden beabsichtigt war, wurden in der Validierungsstudie Mitglieder der AOK-Heidelberg angesprochen.

Die Rekrutierung der Teilnehmer war schwieriger als ursprünglich angenommen. Von den insgesamt 523 eingeladenen Personen antworteten nach intensiven Bemühungen (Einladungsschreiben, Erinnerungsschreiben, telefonische Nachfaßaktion) lediglich 115 Personen (22%) mit einer Zusage. Relativ einfach zu rekrutieren, waren Frauen im Alter von 35-44 Jahren, während Personen im Alter von 55-64 Jahren besonders häufig eine Teilnahme verweigerten. Ein weiteres Problem, das bei der Rekrutierung der AOK-Mitglieder auftrat, war die Besorgnis der eingeladenen Personen, sie seien aufgrund ihrer Krankenakte für diese Studie gezielt ausgewählt worden. Es wurde häufig befürchtet, daß das DKFZ Zugriff zu den personenbezogenen Krankendaten der Krankenkasse erhalten hatte.

Eine Teilnahmerate von 22% ist als sehr gering zu bewerten und deutet auf eine Selektion besonders motivierter Teilnehmer hin. Daher fallen die Ergebnisse bezüglich der Reliabilität und Validität des Ernährungsfragebogens möglicherweise besser aus, als dies für die Gesamtheit der potentiellen AOK-Mitglieder der Fall wäre.

Die Schwierigkeiten bei der Rekrutierung der AOK-Mitglieder hatten zur Konsequenz, daß in der Hauptstudie nicht über die Krankenkassen rekrutiert wurde, sondern daß eine populationsbezogene Stichprobe vom regionalen Rechenzentrum gezogen wurde. Desweiteren wurde nach der deutschen Vereinigung entschieden, neben der Heidelberger Kohorte, auch eine ostdeutsche Kohorte in Potsdam zu gründen. Da die vorliegende Validierungsstudie lediglich

Aussagen bezüglich der Heidelberger Kohorte erlaubt, nicht aber für die gesamtdeutsche Kohorte, wurde in Potsdam eine weitere Validierungsstudie geplant.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß durch den Selektionsbias und durch die Änderung der Rekrutierungspläne eine Verallgemeinerung der Ergebnisse der Heidelberger Validierungsstudie auf die deutsche Kohorte nur begrenzt möglich ist.

9.1.2 Das mehrtägige 24h-Recall als Referenzmessung

Die Ergebnisse einer Validierungsstudie hängen sehr stark von der Qualität der verwendeten Referenzmessung ab. Das mehrtägige 24h-Recall ist als Referenzmethode in Validierungsstudien nicht ganz unumstritten, da das Erinnerungsvermögen der Teilnehmer eine große Bedeutung für die Qualität der Referenzmessung hat.² Die Teilnehmer können beispielsweise tatsächlich verzehrte Lebensmittel vergessen oder nicht verzehrte Lebensmittel fälschlicherweise angeben. Hinzu kommen Schwierigkeiten, die verzehrten Portionsgrößen aus der Erinnerung heraus zu ermitteln. Vergleiche zwischen dem 24h-Recall und der doppelt markierten Wasserstoffmethode weisen darauf hin, daß 24h-Recalls die wahre Nahrungszufuhr unterschätzen.³ Daher werden häufig Ernährungsprotokolle, insbesondere das mehrtägige Wiegeprotokoll, den mehrtägigen 24h-Recalls als Referenzmethode vorgezogen.

Zur Überprüfung der Vollständigkeit der Recalldaten, wurde das Verhältnis der individuellen Energiezufuhr zum Grundumsatz (Basal Metabolic Rate, BMR) berechnet. Von den 104 Teilnehmern zeigen 12 Personen einen Quotienten kleiner als 1,07. Der Grenzwert von 1,07 wurde in Untersuchungen von GOLDBERG et al.⁴ ermittelt und stellt die untere Grenze des 95%igen Konfidenzintervalls dar, bei dem die Energieaufnahme noch korrekt gemessen wird. Da jedoch keine größeren Unterschiede zwischen der Auswertung mit den und ohne die betroffenen Teilnehmern beobachtet werden konnten, wurde keine Person von der Auswertung ausgeschlossen.

Die Präzision der 24h-Recalls hängt, unter anderem, sehr stark von der Anzahl der Erhebungstage, beziehungsweise von den intraindividuellen Schwankungen in der Nahrungszufuhr ab. Je heterogener die Nahrungsauswahl einer Person ist, desto mehr Erhebungstage werden benötigt, um die Nahrungszufuhr dieser Person präzise zu erfassen.^{5,6,7} BEATON et al.⁸ veröffentlichten eine einfache Formel, zur Berechnung der benötigten Anzahl an Erhebungstagen, um die Nahrungsaufnahme einer Person, mit einer definierten Präzision zu messen. Diese Formel wurde angewandt, um die Präzision der Referenzmessung zu überprüfen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 67 im Anhang dargestellt.

Aus Tabelle 67 ist ersichtlich, daß 12 Recalltage ausreichend sind, um die individuelle Energieaufnahme, sowie die Zufuhr an Eiweiß, Fett, Kohlenhydrate, Polysaccharide und Ballaststoffen, hinreichend präzise zu erfassen. Für viele Nährstoffe ist jedoch die Anzahl der benötigten Erhebungstage so groß, daß eine präzise Messung der Zufuhr in epidemiologischen Studien unpraktikabel wird.⁹ Ähnliches gilt für die Lebensmittelzufuhr. Wird eine Lebensmittelgruppe z.B. nur zweimal monatlich verzehrt, so beträgt die Wahrscheinlichkeit diese Lebensmittelgruppe während der 12 Recalltage *nicht* zu erfassen 44%. Zu den selten verzehrten Lebensmittelgruppen gehören laut EF2 salzige Knabbereien (Chips, Flips,...), Süßigkeiten, Eierspeisen, Hülsenfrüchte, Nüsse, Desserts, Fischgerichte und Suppen. Um dennoch mit wenigen Erhebungstagen zu vernünftigen Ergebnissen zu kommen, wird in der Regel dieser Mangel an Präzision korrigiert. Grundlage für eine solche Korrektur ist die Berechnung der intra- und interindividuellen Varianz.¹⁰

Untersuchungen von TARASUK und BEATON¹¹ zeigen, daß zwischen Werktagen und Wochenenden Differenzen in der Energie- und Nährstoffaufnahme bestehen. Desweiteren ergaben

diese Untersuchungen, daß jeder Teilnehmer sein eigenes Ernährungsmuster besitzt, so daß Verallgemeinerungen nur schlecht oder gar nicht möglich sind. Daraus ergibt sich die Forderung, im Rahmen von Ernährungsstudien, die Recall- oder Protokollmethoden verwenden, nach Möglichkeit für jeden Teilnehmer alle Wochentage zu erfassen, da ansonsten die wahre Nahrungs- und Nährstoffaufnahme nicht abgebildet werden kann. Leider wurden in der vorliegenden Studie lediglich montags bis einschließlich freitags 24h-Recalls durchgeführt. Dadurch fehlen in der Erhebung die Verzehrdaten von Freitagen und Samstagen. Dies führt unter Umständen zu einer Verzerrung der Referenzmessung, da z.B. Fischgerichte überwiegend an Freitagen und Eintopfgerichte meistens an Samstagen gegessen werden. Auch die salzigen Knabbereien, sowie Nüsse (z.B. Erdnüsse) werden häufig an Freitag- und Samstagabenden konsumiert. Daher kann in dieser Studie nicht davon ausgegangen werden, daß die Referenzmessung die wahre Nahrungsaufnahme unverzerrt (frei von Bias) wiedergibt.

Eine weitere Forderung an Validierungsstudien besteht darin, daß zwischen dem Testinstrument und dem Referenzinstrument nach Möglichkeit keine Fehlerkorrelationen auftreten sollen. Fehlerkorrelationen führen zu einer Überschätzung der Validität,¹² denn sie erhöhen die Korrelations- und Regressionskoeffizienten zwischen den Methoden.¹³ In der vorliegenden Validierungsstudie können solche Fehlerkorrelationen leider nicht ausgeschlossen werden, da z.B. in beiden Instrumenten die gleichen Portionsabbildungen zur Mengenermittlung eingesetzt wurden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß erstens die Referenzmessung in der vorliegenden Studie für einige Lebensmittelgruppen und Nährstoffe sehr unpräzise ist, und daß zweitens, durch die fehlenden Freitage und Samstage, in der Erhebung, mit einer Unterschätzung für bestimmte Lebensmittel und Nährstoffe durch die 24h-Recalls gerechnet werden muß. Desweiteren sind Fehlerkorrelationen zwischen beiden Instrumenten nicht auszuschließen. Der Mangel an Präzision kann zum Teil durch die Korrekturrechnung beglichen werden, nicht aber die Unterschätzung der Lebensmittelaufnahme. Aus diesem Grund sind folgende Gruppen von der Auswertung auf Lebensmittelebene ausgeschlossen worden: salzige Knabbereien, Nüsse, Süßigkeiten, Eierspeisen, Hülsenfrüchte, Desserts, Fischgerichte und Suppen.

9.1.3 Statistische Methoden

In der Literatur existieren erhebliche Diskussionen darüber, welche statistische Verfahren geeignet sind, die Reliabilität und Validität eines Instrumentes zu beurteilen.^{14,15,16,17,20} Soll der Zusammenhang zwischen Ernährungsfaktoren und anderen Variablen untersucht werden, ist es wichtig, daß ein Instrument, die Teilnehmer bezüglich ihrer Nahrungsaufnahme in die korrekte Rangfolge bringt, beziehungsweise richtig klassifiziert. Werden die Teilnehmer durch beide Instrumente in die gleiche Rangfolge gebracht, bleibt die Messung des Zusammenhangs zwischen der Nahrungsaufnahme und der externen Variable unberührt, auch wenn die Testmethode durchgängig niedrigere oder höhere Aufnahmen als die Referenzmethode ermittelt.

In fast allen Veröffentlichungen werden Korrelationskoeffizienten als Bewertungsgrundlage für identische Rangfolgen verwendet. Die Verwendung von Korrelationskoeffizienten als Qualitätskriterium in Validierungsstudien wird jedoch häufig kritisiert,^{15,16,18,19} da konstante Verzerrungen unentdeckt bleiben, und die Studienpopulation einen großen Einfluß auf die Höhe der Korrelationen hat. Besitzt z.B. die Studienpopulation sehr heterogene Ernährungsgewohnheiten, dann ist es einfacher, zwischen den Teilnehmern zu differenzieren als in einer

sehr homogen Studienpopulation, was sich letztendlich in einem höheren Korrelationskoeffizienten ausdrückt. Zur Überprüfung der Rangfolge, werden neben Korrelationsberechnungen häufig auch Quartils- oder Quintilsvergleiche durchgeführt, die der Beschreibung der Fehlklassifikation der Teilnehmer dienen. Hierbei wird im allgemeinen der Anteil, der bei beiden Methoden gleichklassifizierten Personen betrachtet, sowie die Anzahl der Teilnehmer, die durch das Testinstrument gering oder extrem fehlklassifiziert werden.

Zur Bestimmung des populationsbezogenen Bias, werden statistische Kennzahlen verwendet, die die Verteilung der Differenzen zwischen beiden Erhebungsmethoden beschreiben, wie z.B. der prozentuale Anteil der Differenzen, die kleiner sind als 10% oder 20% der mittleren Nahrungszufuhr.¹⁶ Zur Quantifizierung des personenbezogenen Bias (within-subject bias), eignet sich die Standardabweichung der individuellen Differenzen.^{15,16,20} Die Beschreibung der Verteilung der Differenzen, ist in Veröffentlichungen jedoch nur selten zu finden, da die meisten epidemiologischen Studien Ziel 3 verfolgen. Desweiteren werden zur Beschreibung der Art der Verzerrung (konstanter Bias, zufuhrabhängiger Bias) Regressionsanalysen nach dem klassischen linearen Modell durchgeführt.^{21,13}

Wie weit zwei Erhebungsmethoden voneinander abweichen dürfen, ohne daß diese Abweichung Schwierigkeiten verursacht, ist eine Ermessensfrage und sollte vor einer Validierungsstudie festgelegt werden. Die verwendeten Bewertungskriterien der vorliegenden Arbeit sind in Tabelle 27 zusammengefaßt.

Tabelle 27: Kriterien zur Bewertung der Validität des Ernährungsfragebogens

STUDIENZIEL	Statistische Kennzahl	Bewertungsgrenzen
Populationsbias		
a) konstanter Bias	Prozentuale Abweichung zwischen den Methoden	$\leq 10\%$ kein bzw. geringer Bias 11-30% mittlerer Bias $> 30\%$ starker Bias
b) zufuhrabhängiger Bias (differenzierender Bias)	Regressionsanalyse	Steigungsmaß $\beta \neq 1$
Individueller Bias	Standardabweichung der individuellen Differenzen zwischen den Methoden (SD_{Diff})	$2 SD_{Diff} \geq$ Mittelwert aus beiden Methoden = starker Bias
Korrekte Rangfolge	Korrelationskoeffizienten	$r > 0,6$ = gut $r = 0,4-0,6$ = befriedigend $r < 0,4$ mangelhaft
Klassifikation	Quintilsvergleiche	75-90% der Teilnehmer gleich- bzw. gering fehlklassifiziert = zufriedenstellend $>90\%$ der Teilnehmer gleich bzw. gering fehlklassifiziert = gut

9.2 ERGEBNISSE VERGLEICHBARER STUDIEN

9.2.1 Lebensmittelebene

Im Rahmen des EPIC-Projektes wurden in Frankreich, Italien, Griechenland, den Niederlanden und in Deutschland Ernährungsfragebögen mit ähnlicher Struktur und Inhalt entwickelt.²² Die Ernährungsfragebögen sind als selbstausfüllbare Food-Frequency-Fragebögen strukturiert, die neben der typischen Häufigkeitsabfrage, für ausgewählte Lebensmittelitems auch Informationen zu den verzehrten Portionsgrößen einholen. In Spanien und in Italien (Ragusa) werden Interviewervermittelte Fragebögen eingesetzt, da frühere Studien gezeigt haben, daß selbstausfüllbare Ernährungsfragebögen, in diesen Populationen, zu geringen Teilnahmeraten führen und häufig nicht verwertbare Antworten liefern. In Dänemark, England und in Schweden fand die Entwicklung der Erhebungsinstrumente schon vor dem EPIC-Projekt statt. Daher werden dort zum Teil andere Erhebungsinstrumente verwendet. In England und in Schweden kommt ein 7-Tage-Wiegeprotokoll, in Kombination mit einem einfachen Ernährungsfragebogen zum Einsatz, während in Dänemark, wie in den übrigen EPIC-Zentren, ein Food-Frequency-Fragebogen verwendet wird. Da auch die Validierungsstudien in England, Schweden und Dänemark vor dem EPIC-Projekt geplant und durchgeführt wurden, weichen diese von dem EPIC-Studienprotokoll ab.

In den Pilotstudien des EPIC-Projektes wurde die Reliabilität und Validität der Ernährungserhebungsinstrumente sowohl auf Lebensmittel- als auch auf Nährstoffebene untersucht.

9.2.1.1 *Reliabilität der Fragebogenerhebung*

Die Überprüfung der Reliabilität erfolgte durch einen wiederholten Einsatz des Ernährungsfragebogens mit einem einjährigen Zeitintervall (ausgenommen Deutschland, mit einem halbjährigen Abstand). Auf Lebensmittelebene wurden in den Validierungsstudien folgende Ergebnisse beobachtet:

1. Die erste Fragebogenerhebung liefert in der Regel höhere Zufuhrwerte als die Wiederholungsmessung.
2. Für die meisten Lebensmittelgruppen variieren die Differenzen zwischen den beiden Erhebungen auf Populationsebene zwischen 0-30%. Starke Abweichungen von mehr als 30% sind selten zu beobachten (ausgenommen Spanien, wo 5 Lebensmittelgruppen starke Abweichungen aufweisen).
3. Die Korrelationen zwischen beiden Erhebungen schwanken überwiegend zwischen 0,5–0,8. Welche Lebensmittelgruppen bessere oder schlechtere Korrelationen zeigen, variiert von Land zu Land (mit Ausnahme von alkoholischen Getränken, die überall sehr hohe Korrelationen aufweisen).

Reliabilitätsstudien außerhalb des EPIC-Projektes liefern vergleichbare Ergebnisse und sind im Literaturüberblick (Kapitel 4) beschrieben.

Bei Betrachtung der Korrelationskoeffizienten zwischen beiden Erhebungen, erhält man den Eindruck, daß die untersuchten Ernährungsfragebögen auf Lebensmittelebene zufriedenstellende bis gute Reliabilitäten liefern. Die Betrachtung der Streuung der individuellen Differen-

zen in der Heidelberger Teilstudie weist jedoch daraufhin, daß der Anteil an zufälligen Fehlern wesentlich höher ist, als aufgrund der Korrelationen zu erwarten wäre. Das heißt, die alleinige Betrachtung der Korrelationen, täuscht manchmal bessere Reliabilitäten vor, als sie tatsächlich vorhanden sind. Ursache für diesen Effekt ist der starke Einfluß der Heterogenität in der Nahrungsaufnahme zwischen den Teilnehmern, auf die Korrelationskoeffizienten. Ausschlaggebend für die Höhe der Korrelationen ist das Verhältnis der Fehlervarianz (intraindividuelle Variabilität) zu der interindividuellen Variabilität in der Lebensmittelzufuhr. Zur Verdeutlichung ein Beispiel: Die mittlere Zufuhr aus beiden Fragebogenerhebungen beträgt für Brotaufstrich 8,5g pro Tag. Der zugehörige 95%ige Streuungsbereich der Differenzen liegt bei -8,6g bis +8,6g pro Tag. Demzufolge muß mit Differenzen gerechnet werden, die in der Größenordnung der mittleren Brotaufstrichzufuhr liegen, das heißt, daß die Differenzen zwischen den Erhebungen sehr stark schwanken und eine erhebliche Größenordnung annehmen können. Der entsprechende Korrelationskoeffizient beträgt jedoch 0,74. Dieser Wert impliziert eine gute Reliabilität für die Zufuhr an Brotaufstrich. Die Berechnung des Variationsquotienten ergibt einen Wert von 0,59 und bedeutet, daß die Fehlervarianz im Verhältnis zur interindividuellen Variabilität für die Brotaufstrichzufuhr eine untergeordnete Rolle spielt. Das Beispiel verdeutlicht, daß die häufig geäußerte Kritik, an der alleinigen Verwendung der Korrelationskoeffizienten zur Beurteilung der Reliabilität und Validität, durchaus berechtigt ist, wenn nicht gleichzeitig Kennzahlen, die die Heterogenität der Nahrungszufuhr beschreiben, mitgeliefert werden. Der deutsche Ernährungsfragebogen zeigt bei allen Lebensmittelgruppen eine beträchtliche Streuung der individuellen Differenzen zwischen beiden Fragebogenerhebungen. Besonders starke Fehlervarianzen werden für Kuchen/Plätzchen, Brotaufstrich, Obst, Käse, alkoholische Getränke und Fette beobachtet. Die zuvor genannten Lebensmittelgruppen besitzen also aufgrund der großen Fehlervarianzen eine geringe Reliabilität in der individuellen Lebensmittelzufuhr.

Eine geringe Reliabilität kann verschiedene Ursachen haben: Die Ernährungsgewohnheiten haben sich während der Erhebung verändert, so daß keine konstanten Meßbedingungen vorlagen oder der Ernährungsfragebogen verleitet zu Ausfüllfehlern. Die Überprüfung der Konstanz der Ernährungsgewohnheiten über die 12 Recalltage mittels der Trendanalyse ergab nur bei wenigen Teilnehmern einen Hinweis auf Verhaltensänderungen. Daraus läßt sich ableiten, daß die geringe Reliabilität bei den obengenannten Lebensmittelgruppen nicht durch Veränderungen in den Ernährungsgewohnheiten, sondern durch den Fragebogen selbst verursacht wird.

BLOCK und HARTMAN²³ weisen darauf hin, daß die Komplexität eines Fragebogens großen Einfluß auf die Reliabilität hat. So besitzt z.B. ein Ernährungsfragebogen, der lediglich Standardportionen beinhaltet, eine geringere Variabilität und dadurch bedingt eine bessere Reliabilität als ein Fragebogen, der unterschiedliche Portionsgrößen zur Auswahl anbietet. Auch die Abfrage der Verzehrshäufigkeiten beeinflusst die Variabilität des Instrumentes. Ein Fragebogen, der Häufigkeitskategorien vorgibt, besitzt eine geringere Variabilität als ein Fragebogen, der die Verzehrshäufigkeiten frei nach Wahl pro Tag, Woche, Monat oder Jahr erfaßt. Der deutsche EPIC-Fragebogen erlaubt sowohl die Auswahl zwischen mehreren Portionsgrößen als auch eine freie Kombination der Verzehrshäufigkeiten pro Tag, Woche, Monat oder Jahr. Dadurch ist dieser Fragebogen sehr anfällig gegenüber Zufallsfehlern.

Die besten Reliabilitäten zeigen Nahrungsmittel, Gemüse und Kartoffelprodukte. Gute Reliabilitäten können ebenfalls zwei Bedeutungen haben: Erstens, die Ernährungsgewohnheiten der Teilnehmer sind gut reproduzierbar, und zweitens, die Teilnehmer können ihre Fehler wiederholen und dadurch Fehlerkorrelationen zwischen den Fragebogenerhebungen verursachen. Ist die Reliabilität eines Lebensmittels oder Nährstoffes wesentlich größer als seine Validität, dann sind Fehlerkorrelationen sehr naheliegend.²⁴ In der vorliegenden Arbeit wurde nach dem

Verfahren von BEATON, der prozentuale Anteil der Fehlervarianz ermittelt, der zwischen beiden Fragebögen korreliert (Daten werden nicht präsentiert). Zu den Lebensmittelgruppen mit einem hohen prozentualen Anteil an korrelierenden Fehlern gehören Nahrungsmittel, Obst, Gemüse, Kartoffelprodukte, Fette, Soßen und Wurstwaren. Die gute Reliabilität, die z.B. für Nahrungsmittel, Gemüse und Kartoffelprodukte beobachtet wird, ist daher weniger auf reproduzierbare Ernährungsgewohnheiten zurückzuführen als auf einen großen Anteil an Fehlerkorrelationen.

9.2.1.2 Validität der Fragebogenerhebung

Die Überprüfung der Validität erfolgte einerseits als *relative* Validierung anhand von zwölf 24h-Recalls und andererseits als *absolute* Validierung anhand von Biomarkern. Da die Häufigkeitskorrektur in neueren Ernährungsfragebögen (so auch in den EPIC-Fragebögen) mittlerweile ein fester Bestandteil ist, wird in der folgenden Diskussion lediglich die korrigierte Fassung (EF2korr) berücksichtigt. Der Effekt der Häufigkeitskorrektur wird in einem späteren Abschnitt separat diskutiert. Bezüglich der relativen Validität auf Lebensmittelebene wurden in den EPIC-Studien folgende Ergebnisse beobachtet:

1. Die prozentualen Abweichungen auf Populationsebene zwischen dem Ernährungsfragebogen und den 24h-Recalls befinden sich in der Regel im mittleren Bereich (11-30%), starke Abweichungen über 30% sind ebenfalls vertreten (vor allem bei den männlichen Teilnehmern aus den Niederlanden und Italien).
2. In den meisten Ländern überwiegen die Überschätzungen durch den Fragebogen, wohingegen der Fragebogen in Deutschland nach der Häufigkeitskorrektur die Lebensmittelfzufuhr eher unterschätzt.
3. Welche Lebensmittelgruppen über- oder unterschätzt werden, variiert sehr stark von Land zu Land, einheitliche Trends für bestimmte Lebensmittelgruppen existieren nicht.
4. Die Korrelationen zwischen den Instrumenten schwanken in der Regel von 0,4-0,8; Werte kleiner 0,4 sind selten (mit Ausnahme von Italien). Niedrige Korrelationen zeigen oftmals die Lebensmittelgruppen Gemüse, Hülsenfrüchte, Fisch und Fette.
5. Der Anteil an Personen, die gleich-, beziehungsweise ein Quantil abweichend klassifiziert werden, schwankt in der Regel von 70-95%. In Deutschland werden mit 65-85% etwas geringere Werte beobachtet.

Bezüglich der Validität auf Populationsebene und auch auf Personenebene, sind die Ergebnisse des deutschen Fragebogens als zufriedenstellend zu beurteilen. Ähnlich wie zuvor für die Reliabilitätsmessung beschrieben, fallen die Korrelationen zwischen den Instrumenten besser aus als die Streuungsparameter der individuellen Differenzen. Neben den Korrelationskoeffizienten, sind auch die Fehlklassifikation und die Regressionskoeffizienten sehr stark von der Heterogenität in der Nahrungszufuhr beeinflusst. Lebensmittelgruppen, bei denen die interindividuelle Variabilität in der Nahrungsaufnahme größer ist als die Fehlervarianz, zeigen eine geringere Fehlklassifikation und einen höheren Regressionskoeffizienten. So besitzen z.B. die Erfrischungsgetränke mit einer mittleren Zufuhr aus beiden Instrumenten von 634,2g pro Tag, einen 95%igen Streuungsbereich von -613,6g bis +515,6g, einen Korrelationskoeffizienten von 0,71, einen Regressionskoeffizienten von ebenfalls 0,71, eine Fehlklassifikation von maximal 1 Quintil Abweichung für 77,9% der Teilnehmer und einen Variationsquotienten von 0,64. Die Lebensmittelgruppe Käse, die bei einer mittleren Zufuhr von 22,4g eine vergleichbare Streuung der Differenzen (-12,7 bis +27,3) aufweist, besitzt hingegen einen Korrelationskoeffizienten von 0,61, einen Regressionskoeffizienten von 0,53,

eine Fehlklassifikation (maximal 1 Quintil Abweichung) bei 67,3% der Teilnehmer und einen Variationsquotienten von 0,80. Die geringere Heterogenität in der Käsezufuhr führt, bei einer gleichen Größenordnung an personenbezogenen Bias, zu einem geringeren Korrelations- und Regressionskoeffizienten, sowie zu einer stärkeren Fehlklassifikation der Teilnehmer.

Die geringsten Fehlervarianzen zwischen den Instrumenten, das heißt die kleinsten Streuungen der Differenzen, zeigen die Lebensmittelgruppen Brot, Gemüse, Kaffee/Tee und Fleisch. Laut Definition (vergleiche Kapitel 3) ist ein Instrument um so valider, je weniger systematische Fehler vorkommen. Demnach besitzen Brot, Gemüse, Kaffee-, Teegetränke und Fleisch, auf Personenebene, die größte Validität unter den Lebensmittelgruppen. Andererseits führt ein Mangel an Heterogenität in der Nahrungszufuhr zwischen den Teilnehmern, wie das z.B. für Gemüse der Fall ist, zu einer beträchtlichen Fehlklassifikation und dadurch zu erheblichen Problemen bei der internen Auswertung der Heidelberger Kohorte im Rahmen des EPIC-Projektes.

Besonders große Streuungen und demnach eine geringe Validität auf Personenebene zeigen Kuchen/Plätzchen, Brotaufstrich, Milchprodukte, alkoholische Getränke und Fette. Der große Anteil an personenbezogenen Bias, der z.B. für die alkoholischen Getränke beobachtet werden kann, fällt aufgrund der großen Variabilität in der Alkoholzufuhr zwischen den Teilnehmern nicht ins Gewicht, denn bei allen übrigen statistischen Auswertungen zeigen die alkoholischen Getränke die besten Ergebnisse. Problematisch sind insbesondere diejenigen Lebensmittelgruppen, die neben einer großen Fehlervarianz eine geringe Heterogenität in der Nahrungsaufnahme aufweisen. Hierzu gehören vor allem die Milchprodukte und die Fette.

Der personenbezogene Bias kann unter Umständen von bestimmten Personencharakteristika abhängen. In der vorliegenden Studie wurde in diesem Zusammenhang der Einfluß des Geschlechts, des Alters und der Verzehrsmenge näher untersucht. Für Männer und Frauen, sowie für die drei untersuchten Altersgruppen können keine gravierenden Unterschiede in der Reliabilität und Validität des Instrumentes festgestellt werden, wohingegen die Verzehrsmenge die Qualität des Instrumentes beeinträchtigt. Mit anderen Worten, das Ausmaß und die Richtung der Verzerrung variiert je nach verzehrter Menge. Für die meisten Lebensmittel zeigt sich ein Regressionskoeffizient kleiner 1. Für diese Lebensmittel wird anfänglich eine Überschätzung der Lebensmittelaufnahme durch den Fragebogen beobachtet, die jedoch mit zunehmender Verzehrsmenge abnimmt, beziehungsweise in eine Unterschätzung übergeht. Vergleichbare Ergebnisse anderer Studien, bezüglich des zufuhrabhängigen Bias auf Lebensmittelebene sind dem Autor nicht bekannt. Die Regressionsanalyse zur Überprüfung eines zufuhrabhängigen Bias wird in anderen Validierungsstudien lediglich auf Nährstoffebene angewandt.

9.2.2 Nährstoffebene

9.2.2.1 *Reliabilität der Fragebogenerhebung*

Auf Nährstoffebene werden für die Reliabilität sehr ähnliche Ergebnisse wie auf Lebensmittelebene beobachtet. Auch hier zeigt der erste Fragebogen die höheren Zufuhrwerte. Desweiteren schwanken die prozentualen Abweichungen zwischen den Erhebungen ebenfalls überwiegend zwischen 0-30%. Größere Differenzen von über 30% sind selten und betreffen hauptsächlich die Vitamine, insbesondere Retinol. Die Korrelationen zwischen den Erhebungen schwanken in der Regel zwischen 0,5-0,7, eine Ausnahme bilden die Niederlande, denn hier werden vermehrt Korrelationen größer 0,7 beobachtet.

9.2.2.2 *Relative Validität der Fragebogenerhebung*

Die Ergebnisse der EPIC-Studien bezüglich der relativen Validität auf Nährstoffebene können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Die prozentualen Abweichungen auf Populationsebene schwanken in der Regel zwischen 0-30%. Größere Abweichungen von über 30% sind sehr selten und betreffen vor allem die Vitamine. (Eine Ausnahme bildet Griechenland, denn hier kommen Differenzen größer 30% häufiger vor).
2. Es werden sowohl Überschätzungen als auch Unterschätzungen der Nährstoffzufuhr beobachtet, wobei die Überschätzungen durch den Fragebogen überwiegen.
3. Nach der Energieadjustierung und der Korrektur um die intraindividuelle Variabilität in den 24h-Recalls, bewegen sich die meisten Korrelationen zwischen den Instrumenten im mittleren bis hohen Bereich. Korrelationen unter 0,4 sind selten und betreffen wiederum hauptsächlich die Vitaminszufuhr. (Ausgenommen ist wie zuvor Griechenland, wo häufig Korrelationen kleiner 0,4 zu finden sind).
4. Der prozentuale Anteil der Teilnehmer, die bei beiden Instrumenten gleich, beziehungsweise 1 Quantil abweichend klassifiziert werden, variiert in der Regel von 60-90% (mit Ausnahme der Griechen, die überwiegend Werte zwischen 55-65% besitzen).
5. Für einige Nährstoffe besteht eine zufuhrabhängige Verzerrung, wobei die Richtung der Verzerrung je nach Nährstoff variiert (Regressionsanalysen wurden nur in den Niederlanden und in Deutschland durchgeführt).

Mit diesen Ergebnissen erreichen die Fragebögen der EPIC-Studie sowohl auf Populations-ebene als auch auf Personenebene insgesamt eine zufriedenstellende Validität für die Nährstoffzufuhr. Wie schon für die Lebensmittelgruppen beschrieben wurde, zeigen auch bei den Nährstoffen die SD_{Diff} zwischen den Instrumenten abweichende Ergebnisse zu den Korrelations- und Regressionskoeffizienten. Nach den SD_{Diff} zu urteilen, besitzen insbesondere Mono- und Disaccharide, Alkohol, Vitamin C und Carotin einen großen personenbezogenen Bias, während die Korrelationskoeffizienten je nach der Heterogenität in der Nährstoffzufuhr besser oder schlechter ausfallen. Eine große Fehlervarianz und eine geringe Heterogenität in der Zufuhr zeigt insbesondere Carotin.

Die Berechnung der individuellen Nährstoffaufnahme ist ein sehr komplexes Geschehen, das auf vielen Annahmen und Schätzungen basiert, die nicht immer zu einer richtigen Abschätzung der Nährstoffzufuhr führen. Die Schätzung der individuellen Nährstoffaufnahme ist von drei Faktoren abhängig: von den Ernährungsgewohnheiten der betrachteten Person, der eingesetzten Erhebungsmethode und von der verwendeten Nährstoffdatenbank.

Die Anwendung eines Ernährungsfragebogens liefert eine Abschätzung des Verzehrs für ausgewählte Lebensmittel. Die Anzahl der abgefragten Lebensmittel variiert je nach Instrument, und reicht von einigen wenigen bis hin zu mehreren Hundert Lebensmitteln. Kurze Lebensmittellisten zeichnen sich dadurch aus, daß mehrere Lebensmittel zu einem Abfrageitem zusammengefaßt werden. So werden z.B. verschiedene Rindfleischgerichte zu einem Item zusammengefaßt. Die Lebensmittel einer Gruppe besitzen zwar gewisse Ähnlichkeiten, können aber in ihrem Nährstoffgehalt recht unterschiedlich sein. So variieren Rindfleischgerichte z.B. sehr stark in ihrem Fettgehalt. Der Nährstoffgehalt eines Items entspricht in der Regel dem gewichteten Mittel der Nährstoffgehalte des Einzellebensmittels. Durch das Zusammengruppieren mehrerer Lebensmittel zu Abfrageitems, wird die individuelle Nährstoffaufnahme nur approximativ erhoben. Die tatsächliche Nährstoffzufuhr eines Individuums kann von dem geschätzten Wert jedoch erheblich abweichen. Desweiteren wird

die individuelle Variabilität in der Nahrungsaufnahme reduziert und verschiedene Personen werden künstlich einander gleich gemacht.

Die Nährstoffangaben für die Einzellebensmittel werden aus Nährwerttabellen entnommen. Solche Nährwerttabellen, wie z.B. der Bundeslebensmittelschlüssel, enthalten wiederum nur Angaben für ausgewählte Lebensmittel, die nicht immer mit dem, was abgefragt oder tatsächlich verzehrt wurde, übereinstimmen. Ist ein verzehrtes Lebensmittel in der Nährstoffdatenbank nicht enthalten, wird ein anderes Lebensmittel ausgewählt, das dem gegessenen am ehesten von der Zusammensetzung her entspricht. Desweiteren kann die Nährstoffdatenbank für bestimmte Nährstoffe unvollständig sein.

Aus den zuvor genannten Gründen, kann daher die Nährstoffzufuhr eines Individuums nur mit einer gewissen Unsicherheit geschätzt werden. Die Ergebnisse können unpräzise oder schlimmstenfalls falsch sein. Da jede Person in ihrem Ernährungs- und Antwortverhalten unterschiedlich ist, variiert auch die Größe des Meßfehlers zwischen den Teilnehmern. Durch die Verwendung der gleichen Nährstoffdatenbank für die Auswertung der 24h-Recalls und der Ernährungsfragebögen, können solche Meßungenauigkeiten mit einem Methodenvergleich nicht aufgedeckt werden. Dazu sind Vergleiche mit biologischen Parametern erforderlich.

9.2.2.3 *Biologische Validität der Fragebogenerhebung*

Im Rahmen der biologischen Validierung wurden Vergleiche zwischen der Eiweißzufuhr aus dem Fragebogen und der N-Ausscheidung im 24h-Urin, sowie der Vitaminzufuhr des Fragebogens und den Blutspiegeln von Vitamin C, α -Tocopherol und β -Carotin durchgeführt. Die biologische Validierung führt in der vorliegenden Studie zu den folgenden Ergebnissen: Die Korrelationen zwischen dem Ernährungsfragebogen und den Biomarkern sind insgesamt sehr niedrig, nur selten werden Werte größer 0,5 erreicht. Der Zusammenhang zwischen beiden Ernährungserhebungsinstrumenten ist in der Regel größer als der Zusammenhang zu den Biomarkern. Dies bestätigt die Hypothese, daß korrelierende Meßfehler zwischen den Erhebungsinstrumenten zu einer Überschätzung der wahren Validität führen und der Vergleich mit den Biomarkern (aufgrund unabhängiger Meßfehler) einer Unterschätzung entspricht. So beträgt der Korrelationskoeffizient zwischen der Vitamin C-Zufuhr aus beiden Erhebungsmethoden (24HR, EF2korr) 0,62, während die Korrelation zwischen dem Ernährungsfragebogen (EF2korr) und der Vitamin C-Plasmakonzentration einem Wert von 0,43 entspricht. Die wahre Validität des Ernährungsfragebogens bezüglich der Vitamin C-Aufnahme liegt vermutlich zwischen 0,43 und 0,62.

Geht man davon aus, daß das mehrtägige 24h-Recall glaubwürdigere (validere) Abschätzungen der Nährstoffzufuhr liefert als der Ernährungsfragebogen, dann würde man für das 24h-Recall bessere Korrelationen zu den Biomarkern erwarten als für den Ernährungsfragebogen. Das trifft auch in der Regel zu. Im Falle der Vitamin C-Zufuhr beträgt der Korrelationskoeffizient zwischen den 24h-Recalls und den Vitamin C-Blutspiegeln 0,54, während zwischen dem Ernährungsfragebogen und den Blutspiegeln ein Zusammenhang von 0,43 besteht. Das gleiche gilt für Vitamin E und Carotin. Die geringeren Korrelationen mit dem Fragebogen (EF2korr) weisen daraufhin, daß die Validität des Ernährungsfragebogens bezüglich der Vitamin C-, E- und Carotinaufnahme begrenzt ist. Lediglich für Protein zeigt der EF2korr geringfügig bessere Korrelationen mit dem Biomarker als die 24h-Recalls.

Korrelationen kleiner 0,5 werden auch in anderen Studien beobachtet (vergleiche hierzu Kapitel 4, Tabelle 3). Faktoren, die unabhängig von der Nährstoffzufuhr die Biomarkerspiegel beeinflussen, führen zu einer Schwächung des beobachtbaren Zusammenhangs. Zu den Ein-

flußfaktoren auf die Vitaminblutspiegel gehören unter anderem interindividuelle Unterschiede in der Resorption und im Metabolismus der Nährstoffe,¹⁴ die Rauch- und Trinkgewohnheiten^{25,26} sowie das Alter²⁷ und das Geschlecht^{28,29,30} der Teilnehmer. In einer Untersuchung von STRYKER et al.²⁵ wurden bei Rauchern geringere Korrelationen zwischen der Carotinzufuhr und dem β -Carotinspiegel als bei Nichtrauchern beobachtet. Die geringeren Korrelationen ergaben sich dadurch, daß die Raucher niedrigere β -Carotinplasmaspiegel besaßen, obwohl ihre Carotinzufuhr im Vergleich zu den Nichtrauchern nicht niedriger war. Es wurde vermutet, daß der geringere Plasmaspiegel bei Rauchern auf einen anderen Stoffwechsel zurückzuführen ist. In der Heidelberger Validierungsstudie zeigen die Rauchgewohnheiten (Daten nicht präsentiert), das Alter und das Geschlecht jedoch kaum eine Bedeutung, während der Einfluß der Trinkgewohnheiten nicht untersucht wurde.

Besonders niedrige Korrelationen werden häufig zwischen der Vitamin E-Zufuhr und den α -Tocopherolkonzentrationen festgestellt, wenn die Supplementeneinnahme bei der Bestimmung der Vitamin E-Zufuhr unberücksichtigt bleibt.^{25,28,29,27} RUSSELL-BRIEFEL et al.²⁶ weisen daraufhin, daß auch bei der Bestimmung der Gesamtcarotinzufuhr die Supplementeneinnahme eine wichtige Rolle spielt. So wurde ohne Berücksichtigung der Vitaminsupplemente ein Korrelationskoeffizient von 0,25 zwischen der Carotinzufuhr und den Plasmacarotinoidspiegeln beobachtet, während unter Berücksichtigung der Supplemente dieser Wert auf 0,36 anstieg. Die niedrigen Korrelationen, die, in den Validierungsstudien des EPIC-Projektes insbesondere zwischen der Vitamin E-Aufnahme und den α -Tocopherolspiegeln beobachtet werden, sind unter Umständen durch die oftmals ungenügend oder gar nicht erhobene Supplementeneinnahme verursacht. So enthält z.B. der deutsche Fragebogen lediglich die Abfrage, ob Vitamintabletten regelmäßig (mindestens 4 Wochen lang während des Abfragezeitraums) eingenommen wurden. Die eingenommenen Präparate und Dosierungen werden jedoch nicht erfaßt. Eine solche Abfrage erlaubt lediglich eine Unterscheidung, welche Teilnehmer Supplemente regelmäßig eingenommen haben und welche keine Vitaminsupplemente zuführten. Eine Quantifizierung der aufgenommenen Vitamine, wie sie z.B. für die korrekte Erfassung der α -Tocopherolzufuhr erforderlich wäre, ist jedoch mit einer solchen Abfrage unmöglich. Auch in den 24h-Recalls war die Erfassung der Vitaminsupplemente durch die große Vielfalt, der auf dem Markt vorhandenen Multivitaminsäfte und Vitaminpräparate sehr schwierig. Daher ist es nicht verwunderlich, daß Korrelationen in der gleichen Größenordnung zwischen den 24h-Recalls und den Vitaminblutspiegeln und zwischen den Ernährungsfragebögen und den Vitaminblutspiegeln gefunden werden.

Abschließend läßt sich feststellen, daß eine Erhebung der Supplementeneinnahme den Zusammenhang zwischen der Vitaminzufuhr und den Vitaminblutspiegeln verstärkt. Dieser Effekt wird dadurch hervorgerufen, daß durch die Supplementeneinnahme die Heterogenität in der Vitaminzufuhr erhöht wird. Desweiteren lassen sich Teilnehmer, die Vitaminsupplemente zu sich nehmen, einfacher klassifizieren, so daß insgesamt die Fehlklassifikation verringert wird. Da in der vorliegenden Studie die Verwendung von Vitaminpräparaten bei Frauen häufiger war als bei Männern, muß mit einem differenzierenden Bias bei Nichtberücksichtigung der Supplementeneinnahme gerechnet werden.

Neben den zuvor genannten Einflußfaktoren können unzureichende Nährstoffdatenbanken dazu führen, daß die individuelle Nährstoffzufuhr nicht korrekt erhoben werden kann. Der BLS (Version II 1), der in der vorliegenden Arbeit verwendet wurde, besitzt deutliche Schwächen, wie z.B. falsche Vitamingehalte. Dies führte zu einer Überarbeitung der Nährstoffdatenbank, die jedoch bis zur Auswertung der Validierungsstudie nicht abgeschlossen war. Desweiteren erlaubt der Einsatz des BLS lediglich die Abschätzung der Vitamin E und Gesamtcarotinzufuhr, nicht aber eine separate Erfassung der α -Tocopherol- und β -Carotin-Aufnahme. Das heißt, die Blutparameter entsprechen nicht exakt den Parametern der

Vitaminzufuhr, da die Ernährungserhebungsinstrumente z.B. neben β -Carotin auch weitere Carotinoide mit Provitamin A-Aktivität erfassen.

Carotinoid-Plasmaspiegel sind charakteristisch für die Carotinoidaufnahme der letzten Tage und Wochen und gehören somit zu den Kurzzeitparametern.³¹ Auch die Vitamin C-Plasmaspiegel geben nur die aktuelle Vitamin C-Aufnahme wider. Lediglich α -Tocopherol gehört zu den längerfristigen Parametern. Vergleiche der Biomarker mit langfristigen Ernährungsgewohnheiten, wie sie mit dem Ernährungsfragebogen erfaßt werden, führen dadurch zu Unstimmigkeiten. Sind wiederholte Blutspiegelmessungen und Urinsammlungen durchgeführt worden, kann der Mangel an Präzision (verursacht durch eine große intraindividuelle Variabilität) durch eine Korrekturrechnung beglichen werden. Diese Korrektur führt in der vorliegenden Arbeit insgesamt zu einer deutlichen Verbesserung der Korrelationen, die Energieadjustierung hebt diesen Effekt allerdings teilweise auf. Dadurch zeigen die Korrelationen zwischen der Nährstoffaufnahme und den Biomarkern nach wie vor mäßige Werte.

24h-Urin-N ist ein anerkannter Biomarker zur Validierung der langfristigen Proteinaufnahme.^{32,33,34} Ein Problem beim Einsatz von 24h-Urin ist die Überprüfung der Vollständigkeit der Urinsammlung. In einigen Studien wird zur Kontrolle PABA (para-Aminobenzoessäure) verabreicht,^{35,36} andere wiederum orientieren sich an der 24h-Urin-Kreatininausscheidung.³⁷ Die Vollständigkeitsprüfung anhand der Kreatininausscheidung wird kritisiert,³⁸ da die Kreatininausscheidung nur bei gleichbleibender Nahrungszufuhr konstant ist, nicht aber, wenn Personen täglich unterschiedliche Lebensmittel (insbesondere Fleischgerichte) verzehren.³⁹ Desweiteren ist die Kreatininausscheidung von der Muskelmasse abhängig und variiert daher sehr stark von Person zu Person.⁴⁰ In der vorliegenden Studie wurde weder die Kreatininausscheidung noch der PABA-Check zur Überprüfung der Vollständigkeit verwendet. Der Einsatz von PABA wurde von der Heidelberger Ethikkommission abgelehnt. Statt dessen wurde mit jedem Teilnehmer nach der Urinsammlung ein ausführliches Gespräch geführt und Probleme bei der Urinsammlung besprochen. Stellte sich während des Gespräches heraus, daß der 24h-Urin unvollständig oder falsch (weniger oder mehr als 24 Stunden) gesammelt wurde, wurde mit dem Teilnehmer eine erneute Sammlung vereinbart. Diese Vorgehensweise schließt jedoch nicht aus, daß möglicherweise einige Urinsammlungen unvollständig waren, da das Sammeln von 24h-Urin sehr viel Disziplin verlangt und von manchen Teilnehmern als sehr unangenehm empfunden wurde.

In der niederländischen Validierungsstudie des EPIC-Projektes wurde die Vollständigkeit der 24h-Urinsammlungen ebenfalls nur mündlich erhoben.⁴¹ Von den 121 Teilnehmern sammelten 89 Personen (73,5%) 4 komplette 24h-Urine. Eine sehr ähnliche Vorgehensweise ist für die spanische Validierungsstudie beschrieben.³⁰ Auch in dieser Studie wurde von einem PABA-Check abgesehen und die Vollständigkeit der Urinsammlungen mittels eines detaillierten Fragebogens erfaßt. Von den insgesamt 290 gesammelten Urinproben wurden 39 Proben (13,4%) verworfen. Die Korrelationen zwischen der Eiweißaufnahme aus den Food-Frequency-Fragebögen und der Eiweißausscheidung berechnet auf Basis von „kompletten“ 24h-Urinen unterscheiden sich zwischen den EPIC-Ländern kaum. So wurden in der niederländischen Studie Korrelationen von 0,56 (Männer) und 0,69 (Frauen) gefunden, in der spanischen Validierung Werte von 0,47 (Männer) und 0,49 (Frauen) und in Heidelberg 0,43 (Männer) und 0,48 (Frauen). Die Ergebnisse unterscheiden sich auch dann nicht, wenn wie in England, der PABA-Check zur Überprüfung der Vollständigkeit der Urinsammlungen eingesetzt wurde (0,49). PORRINI et al.,³⁷ die die Kreatininausscheidung als Vollständigkeitskriterium einsetzten, fanden für ihren Food-Frequency-Fragebogen ebenfalls einen Zusammenhang in der Größenordnung von 0,45.

9.3 DER EFFEKT DER HÄUFIGKEITSKORREKTUR

Grundlage für eine Korrektur der Verzehrshäufigkeiten in Food-Frequency-Fragebögen ist die Beobachtung, daß Teilnehmer, die aufgefordert werden, ihre Verzehrshäufigkeiten für mehrere Einzelitems einer Lebensmittelgruppe anzugeben, häufig, wie sich zeigt, den Verzehr der Lebensmittelgruppe nach Aufsummierung der einzelnen Verzehrshäufigkeiten deutlich überschätzen.⁴² Eine Möglichkeit mit einem solchen Problem umzugehen, ist die zusätzliche Erfassung der Verzehrshäufigkeit für die Lebensmittelgruppe insgesamt. Diese Vorgehensweise ermöglicht die Berichtigung der Verzehrshäufigkeiten für die Einzellebensmittel und dadurch eine Verringerung der beobachtbaren Überschätzung der Verzehrshäufigkeiten.

Ergebnisse eines dänischen Fragebogens zeigen,⁴³ daß z.B. bei den Fleischgerichten nur für 17,4% der Teilnehmer **keine** Korrektur der Verzehrshäufigkeiten erforderlich war, während für die übrigen 82,6% eine Berichtigung durchgeführt wurde. Die Differenzen zwischen den Einzelhäufigkeiten und der Verzehrshäufigkeit für die Lebensmittelgruppe Fleischgerichte waren so stark, daß für 43,7% der Teilnehmer eine Korrektur von über 50% notwendig war. In einer vergleichbaren Untersuchung fanden NES et al.⁴⁴, daß bei einem Drittel der Teilnehmer die Differenzen zwischen den Verzehrshäufigkeiten über 25% lagen.

Auch für den deutschen Fragebogen wird eine Überschätzung der Lebensmittelfuhr im Vergleich zu den 24h-Recalls beobachtet. Betroffen sind die Lebensmittelgruppen Obst, Gemüse, Kartoffelprodukte und Milchprodukte. Aufgrund der zuvor beschriebenen Beobachtungen wurde erwartet, daß die Überschätzung der durchschnittlichen Lebensmittelfuhr durch eine Überschätzung der Verzehrshäufigkeiten verursacht wird. Die Auswertungen des deutschen Fragebogens nach FLEGAL ergeben jedoch, daß nicht die Überschätzung der Verzehrshäufigkeiten, sondern die Überschätzung der Portionsgrößen das eigentliche Problem ist. Die Differenzen in den Verzehrshäufigkeiten führen in der Regel nicht zu der erwarteten Überschätzung, sondern zu einer Unterschätzung der Lebensmittelfuhr. Da die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten nicht nur bei einer Überschätzung, sondern auch bei einer Unterschätzung angewandt werden kann, ist es nach wie vor sinnvoll, den Effekt der Häufigkeitskorrektur auf die Validität des Ernährungsfragebogens zu bestimmen.

Eine Verbesserung der Validität nach der Häufigkeitskorrektur würde bedeuten, daß sich der Populationsbias und insbesondere der Personenbias reduzieren. Inwieweit die Korrektur auch eine Verbesserung des „Rankings“ und der Klassifikation zur Folge hat, hängt sehr stark von dem Einfluß der Korrektur auf die Heterogenität der Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr ab.

Der Populationsbias reduziert sich bei Obst, Gemüse, Kartoffelprodukten, Erfrischungsgetränken, Fetten und erhöht sich bei Brot, Nahrungsmitteln, Käse, Soßen, Fleisch und Wurstwaren. Mit anderen Worten, der Korrektoreffekt variiert je nach Lebensmittelgruppe. Das gleiche gilt auch auf Nährstoffebene. Eine Reduktion des Populationsbias wird für Energie, Eiweiß, Kohlenhydrate, Mono- und Disaccharide, Ballaststoffe sowie die Vitamine C, E und Carotin beobachtet. Die Betrachtung des Personenbias (in Form des MAD_{Diff} , SD_{Diff}) ergibt ein einheitliches Bild, denn für alle Lebensmittelgruppen und Nährstoffe verringert sich die Streuung. Eine Ausnahme bildet lediglich die Lebensmittelgruppe Käse, für die die Korrektur weder eine Reduktion noch eine Erhöhung bewirkt. Nimmt man den Korrelationskoeffizienten zwischen den Instrumenten als Indikator für das „Ranking“ der Teilnehmer, dann zeigt sich für die meisten Lebensmittelgruppen und für alle Nährstoffe eine Verbesserung. Lediglich für Obst und Fleisch wird eine Reduktion des Korrelationskoeffizienten beobachtet. Da der Personenbias bei beiden Lebensmittelgruppen durch die Häufigkeitskorrektur gesenkt werden konnte, ist eine Verringerung des Korrelationskoeffizienten auf eine Reduktion der Heterogenität in der Lebensmittelfuhr zurückzuführen. Die Klassifikation der Teilnehmer verbessert sich nur für die Hälfte der korrigierten Lebensmittelgruppen, während für alle Nährstoffe (ausgenommen Carotin) ein Anstieg der gleich-, beziehungsweise ein Quintil

abweichend klassifizierten Teilnehmer beobachtet wird. Der Effekt der Häufigkeitskorrektur auf den zufuhrabhängigen Bias (Regressionskoeffizienten) variiert sehr stark zwischen den Lebensmittelgruppen und den Nährstoffen. Eine Abnahme des zufuhrabhängigen Bias (Annäherung des Regressionskoeffizienten an 1) zeigen Brot, Nahrungsmittel und Fleisch, sowie auf Nährstoffebene Energie, PUFA, Cholesterin, Kohlenhydrate, Di- und Polysaccharide, Ballaststoffe und Vitamin C. Für alle übrigen Lebensmittelgruppen und Nährstoffe ist eine Zunahme des zufuhrabhängigen Bias zu beobachten.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Reduktion des Personenbias für alle Lebensmittelgruppen und Nährstoffe die Durchführung einer solchen Häufigkeitskorrektur sinnvoll erscheinen läßt. Insbesondere auf Nährstoffebene führt die Häufigkeitskorrektur zu einer Verbesserung der Validität des Ernährungsfragebogens. Kritisch zu beurteilen ist jedoch der Effekt der Häufigkeitskorrektur auf den zufuhrabhängigen Bias, der sich im allgemeinen eher verschlechtert als verbessert.

9.4 FEHLERQUELLEN IM ERNÄHRUNGSFRAGEBOGEN

Werden zwischen dem Fragebogen und der Referenzmessung Verzerrungen festgestellt, dann können diese Verzerrungen auf Lebensmittel-, Verzehrshäufigkeits- oder Portionsgrößendifferenzen zurückgeführt werden. FLEGAL et al.^{45,46} entwickelten ein Verfahren, mit dem die beobachtbare Gesamtdifferenz in der Nährstoffaufnahme zwischen den Instrumenten, den obengenannten Ursachen zugeordnet werden kann. In der vorliegenden Dissertation wurde dieses Auswertungsprinzip nicht auf Nährstoffebene, sondern auf Lebensmittelebene angewandt.

Die Auswertungen für den EF2 ergaben, daß die Verzehrshäufigkeiten im Fragebogen in der Regel geringer und die ausgewählten Portionsgrößen meistens größer sind als in den 24h-Recalls, und daß in den 24h-Recalls zum Teil Lebensmittel genannt werden, die laut EF2 nicht verzehrt worden sind. Die größten Differenzen werden für die Portionsgrößen beobachtet, das heißt, die Bestimmung der durchschnittlichen Portionsgröße bereitet den Teilnehmern die größten Probleme. Lediglich bei den Fetten dominieren die Häufigkeitsdifferenzen und bei den Soßen die Lebensmitteldifferenzen.

Um die Auswahlkriterien für eine bestimmte Portionsgröße zu untersuchen, ließen SMITH, JOBE und MINGAY⁴⁷ verschiedene Versionen eines Fragebogens ausfüllen. Die Fragebögen unterschieden sich lediglich in der Größe der definierten mittleren Portionsgröße. So bekamen einige Teilnehmer einen Fragebogen in dem die mittlere Portion für Nudeln eine halbe Tasse entsprach, während andere Teilnehmer für die mittlere Portion eine ganze beziehungsweise eineinhalb Tassen genannt bekamen. Die Teilnehmer gaben an, ob deren typische Verzehrsmenge in Bezug auf die mittlere Portionsgröße klein, mittel oder groß ist. Die Untersuchung ergab, daß Personen nicht richtig über die vorgeschlagene Portion nachdenken, sondern in der Regel die mittlere Portion als verzehrt angeben. Da die verzehrten Portionsgrößen laut EF2 deutlich über den Portionen der 24h-Recalls lagen, ist anzunehmen, daß die Portionsgrößenvorgaben des Fragebogens zu groß gewählt worden waren.

Untersuchungen von SMITH und Mitarbeitern⁴⁸ bezüglich der Abschätzung der Verzehrshäufigkeiten veranschaulichen, daß Personen sehr gut wissen, welche Lebensmittel sie häufiger und welche Lebensmittel sie seltener verzehren. Das heißt, Personen können sehr gut Lebensmittel, entsprechend ihrer Verzehrshäufigkeit, in eine Rangfolge bringen. Die Abschätzung der absoluten Verzehrshäufigkeiten ist jedoch sehr stark mit Fehlern behaftet. In der Regel tendieren Teilnehmer dazu, die Verzehrshäufigkeit oft gegessener Lebensmittel zu

überschätzen und die Verzehrshäufigkeit selten verzehrter Lebensmittel zu unterschätzen. SMITH gelangt zu der Erkenntnis, daß die Einschätzung der Verzehrshäufigkeiten innerhalb einer Person sehr konsistent ist, daß aber das Ausmaß der Fehleinschätzung zwischen den Teilnehmern variiert und dadurch erhebliche Fehler in der Abschätzung der Verzehrshäufigkeiten zwischen den Teilnehmern entstehen.

Das folgende Beispiel veranschaulicht diesen Zusammenhang. Herr Meier ißt gekochte Kartoffeln häufiger als Pommes frites, für Herrn Müller gilt jedoch der umgekehrte Fall. Angenommen Herr Meier hat in den vergangenen vier Wochen 9 mal gekochte Kartoffeln und 6 mal Pommes frites gegessen und Herr Müller hat umgekehrt 9 mal Pommes frites und 6 mal gekochte Kartoffeln verzehrt. Werden beide Teilnehmer nach der Verzehrshäufigkeit von Pommes frites und gekochten Kartoffeln gefragt, gibt Herr Meier an 11 mal gekochte Kartoffeln und 8 mal Pommes frites gegessen zu haben, während Herr Müller behauptet 8 mal Pommes frites und 6 mal gekochte Kartoffeln verzehrt zu haben. Jeder Teilnehmer hat die relative Häufigkeit korrekt eingeschätzt, aber die absolute Häufigkeit über- oder unterschätzt. Bei Verwendung der genannten Häufigkeitsangaben, essen beide Teilnehmer gleich häufig Pommes frites, obwohl in Wahrheit Herr Meier 6 mal und Herr Müller 9 mal Pommes frites gegessen hat. Die Schwierigkeiten bei der Abschätzung der absoluten Verzehrshäufigkeiten bewirken unter Umständen eine falsche Rangfolge und dadurch bedingt eine Fehlklassifikation der Teilnehmer.

Sowohl das 24h-Recall als auch der Ernährungsfragebogen holen Ernährungsinformationen aus der Vergangenheit ein. Das 24h-Recall erfragt die Nahrungsaufnahme der vorangegangenen 24 Stunden, während sich der Ernährungsfragebogen auf das zurückliegende Jahr bezieht. Im wesentlichen unterscheiden sich die beiden Instrumente jedoch nicht in Bezug auf die abgefragte Zeitspanne, sondern in Bezug auf die Art und Weise, mit der Ernährungsinformationen eingeholt werden. Während eines 24h-Recalls soll sich der Teilnehmer an alle verzehrten Lebensmittel und Getränke erinnern, und diese so detailliert wie möglich beschreiben und quantifizieren. Im Gegensatz dazu, enthält ein Ernährungsfragebogen eine definierte Lebensmittelliste, die der Teilnehmer Lebensmittel für Lebensmittel abarbeitet. Differenzen zwischen den Instrumenten kommen (neben Portionsgrößen- und Häufigkeitsdifferenzen) also auch dadurch zustande, daß in einem 24h-Recall manchmal Lebensmittel vergessen werden, aber bei der Abfrage der entsprechenden Lebensmittel im Fragebogen korrekte Angaben getätigt werden. Oder sie entstehen im umgekehrten Fall dadurch, daß laut 24h-Recall Lebensmittel als verzehrt angegeben werden, die laut Fragebogen gewöhnlich nicht verzehrt werden.

Nach Untersuchungen von SMITH und Mitarbeitern⁴⁸ wird deutlich, daß Personen, die ihre Nahrungsaufnahme für eine definierte Zeitspanne wiedergeben sollen, häufig Lebensmittel als verzehrt nennen, die in der genannten Zeitspanne nicht verzehrt wurden. Ungefähr ein Drittel aller genannten Lebensmittel waren in Wirklichkeit in dem besagten Zeitraum nicht verzehrt worden. Desweiteren stellte diese Arbeitsgruppe fest, daß je länger der abgefragte Zeitraum zurückliegt, um so mehr Lebensmittel genannt werden, die während der abgefragten Zeitspanne verzehrt wurden. SMITH erklärt diesen Effekt damit, daß sich die Teilnehmer an die abgefragte Zeitspanne nicht mehr konkret erinnern können und daher diejenigen Lebensmittel nennen, die sie gewöhnlich verzehren. Diese Hypothese wird auch dadurch bestärkt, daß die Übereinstimmung zwischen den berichteten und den tatsächlich verzehrten Lebensmitteln mit größer werdenden Zeitspanne steigt. So ist ein Teilnehmer eher in der Lage die gewöhnliche Nahrungsaufnahme der vergangenen 4 Wochen zu beschreiben als den tatsächlichen Verzehr der letzten 14 Tage.

Da das 24h-Recall jeweils über den Verzehr des Vortages durchgeführt wurde und die vergangenen 24 Stunden eine sehr kurze Zeitspanne repräsentieren, ist davon auszugehen, daß der von SMITH beschriebene Effekt (eher die Ernährungsgewohnheiten als die tatsächliche

Nahrungsaufnahme zu beschreiben) in unserer Validierungsstudie keine bedeutende Rolle spielt.

Abweichungen zwischen dem Fragebogen und den 24h-Recalls in den verzehrten Lebensmitteln, können auch durch eine unvollständige Lebensmittelliste des Fragebogens, sowie durch Fehlinterpretationen bestimmter Lebensmittelitems verursacht werden. Das nachfolgende Beispiel veranschaulicht diesen Sachverhalt. Verzehrt z.B. ein Teilnehmer häufig Schwarzbrot, dann kann dies unter Umständen Zuordnungsprobleme verursachen, denn die Lebensmittelgruppe Brot besteht aus sechs Fragebogenitems, die Schwarzbrot nicht explizit erwähnen:

1. Grau-, Roggen-, Mischbrot;
2. Weiß-, Weizen-, Toastbrot;
3. Vollkornbrot;
4. Helles Brötchen;
5. Dunkles und Vollkornbrötchen;
6. Andere Backwaren (z.B. Hörnchen, Laugenbrezel, Croissant, ...)

Der Teilnehmer muß sich folglich entscheiden, welchem Item das Schwarzbrot zugeordnet ist. Manche entscheiden sich vielleicht für das Item Vollkornbrot, andere unter Umständen für das Item Grau-, Roggen-, Mischbrot. Weitere Teilnehmer berücksichtigen vielleicht beim Ausfüllen des Fragebogens nur die ausdrücklich genannten Lebensmittelitems und geben ihren Schwarzbrotverzehr erst gar nicht an. Eine falsche Zuordnung von Lebensmitteln zu Items bewirkt, daß der Verzehr bestimmter Einzelitems zwischen den Methoden differiert, aber bei Betrachtung der Lebensmittelgruppe keine Differenzen zu beobachten sind. Das Weglassen, von im Fragebogen nicht erwähnten Lebensmitteln, führt hingegen zu einer Unterschätzung der Lebensmittelzufuhr durch den Fragebogen, da der Verzehr dieser Lebensmittel möglicherweise in den 24h-Recalls protokolliert wurde.

Die Auszählung der Fehlertypen (vergleiche Kapitel 6) ergab, daß des öfteren Portionsgrößen, Verzehrshäufigkeiten oder Zusatzfragen nicht ausgefüllt wurden. Der Fragebogen wird durch die vielen Lebensmittelitems (158), für die bei Verzehr 4 Angaben getätigt werden müssen, unübersichtlich und ermüdet den Teilnehmer sehr. Daher ist es nicht verwunderlich, daß solche Flüchtigkeitsfehler beim Ausfüllen des Instrumentes auftreten.

¹ Kohlmeier L. Overview of validity, quality control and measurement error issues in nutritional epidemiology. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47 (Suppl. 2): S1-S5.

² Bingham S. The dietary assessment of individuals: methods, accuracy, new techniques and recommendations. *Nutr Abstr Rev* 1987; 57: 705-742.

³ Black AE, Goldberg GR, Jebb SA, Livingstone MBE, Cole TJ, Prentice AM. Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 2. Evaluating the results of published surveys. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45: 583-599.

⁴ Goldberg GR, Black AE, Jebb SA. et al. Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45: 569-581.

⁵ Liu K, Stamler J, Dyer A, et al. Statistical methods to assess and minimize the role of intra-individual variability in obscuring the relationship between dietary lipids and serum cholesterol. *J Chron Dis* 1978; 31: 399-418.

⁶ El Lozy M. Dietary variability and its impact on nutritional epidemiology. *J Chron Dis* 1983; 36: 237-249.

⁷ Nelson M, Black AE, Morris JA, and Cole TJ. Between- and within-subject variation in nutrient intake from infancy to old age: estimating the number of days required to rank dietary intakes with desired precision. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 155-167.

-
- ⁸ Beaton GH, Milner J, Corey P, et al. Sources of variance in 24-hour dietary recall data: Implications for nutrition study, design and interpretation. *Am J Clin Nutr* 1979; 32: 2546-2559.
- ⁹ Willett WC. *Nutritional Epidemiology*. Oxford University Press, New York 1990: 45.
- ¹⁰ Liu K, Stamler J, Dyer A, McKeever P. Statistical methods to assess and minimize the role of intra-individual variability in obscuring the relationship between dietary lipids and serum cholesterol. *J Chron Dis* 1978; 31: 399-418.
- ¹¹ Tarasuk V, Beaton GH. The nature and individuality of within-subject variation in energy intake. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 646-470.
- ¹² Willett WC. *Nutritional Epidemiology*. Oxford University Press, New York 1990: 97-110.
- ¹³ Freedman LS, Carroll RJ, and Wax Y. Estimating the relation between dietary intake obtained from a food frequency questionnaire and true average intake. *Am J Epidemiol* 1991; 134: 310-320.
- ¹⁴ Willett WC. *Nutritional Epidemiology*. Oxford University Press, New York 1990: 118-126.
- ¹⁵ Bland, JM and Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; i: 307-310.
- ¹⁶ Burema J, van Staveren WA and Feunekes GIJ. Letters to the Editor. Guidelines for reports on validation studies. *Eur J Clin Nutr* 1995; 49: 932-933.
- ¹⁷ Bellach B. Remarks on the use of Pearson's correlation coefficient and other association measures in assessing validity and reliability of dietary assessment methods. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47 (Suppl. 2): S42-S45.
- ¹⁸ Herbert JR & Miller DR. The inappropriateness of conventional use of the correlation coefficient in assessing validity and reliability of dietary assessment methods. *Eur J Epidemiol* 1991; 7: 339-343.
- ¹⁹ Delcourt C, Cubeau J, Balkau B, Papoz L, and the CODIAB-INSERM-ZENECA Pharma Study Group. Limitations of the correlation coefficient in the validation of diet assessment methods. *Epidemiology* 1994; 5: 518-524.
- ²⁰ Burema J and van Staveren WA. Validation of the dietary history method. In: Kohlmeier L (eds.). *The dietary history method*. Smith-Gordon 1991: 73-85.
- ²¹ Lee J, Kolonel LM, and Hankin JH. On establishing the interchangeability of different dietary assessment methods in studies of diet and cancer. *Nutr Cancer* 1983; 5: 215-218.
- ²² Kaaks R, Slimani N, and Riboli E. Pilot phase studies on the accuracy of dietary intake measurements in the EPIC-project: overall evaluation of results. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (suppl. 1): S26-S36.
- ²³ Block G, Hartman AM. Issues in reproducibility and validity of dietary studies. *Am J Clin Nutr* 1998; 50: 1133-1138.
- ²⁴ Beaton GH. Interpretation of results from diet history studies. In: *The diet history method*. Proceedings of the 2. Berlin meeting on Nutritional Epidemiology. L. Kohlmeier (ed.) London: Smith-Gordon 1991.
- ²⁵ Stryker WS, Kaplan L, Stein EA, Stampfer MJ, Sober A, and Willett WC. The relation of diet, cigarette smoking and alcohol consumption to plasma beta-carotene and alpha-tocopherol levels. *Am J Epidemiol* 1988; 127: 283-296.
- ²⁶ Russell-Briefel R, Bates MW, and Kuller LH. The relation of plasma carotenoids to health and biochemical factors in middle-aged men. *Am J Epidemiol* 1985; 122: 741-749.
- ²⁷ Hebert JR, Hurley TG, Hsieh J, Rogers E, Stoddard AM, Sorensen G, and Nicolosi RJ. Determinants of plasma vitamins and lipids: The Working Well Study. *Am J Epidemiol* 1994; 140: 132-147.
- ²⁸ Jacques PF, Sulsky SI, Sadowski JA, Phillips JCC, Rush D, and Willett WC. Comparison of micronutrient intake measured by a dietary questionnaire and biochemical indicators of micronutrient status. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 182-189.
- ²⁹ Kardinaal AF, van't Veer P, Brants HAM, van den Berg H, van Schoonhoven J, and Hermus RJJ. Relations between antioxidant vitamins in adipose tissue, plasma, and diet. *Am J Epidemiol* 1995; 141: 440-450.
- ³⁰ EPIC Group of Spain. Relative validity and reproducibility of a diet history questionnaire in Spain. III. Biochemical markers. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S110-S117.
- ³¹ Pearson WN. Blood and urinary vitamin levels as potential indices of body stores. *Am J Clin Nutr* 1967; 20: 514-525.
- ³² Bingham SA, and Cummings JH. Urine nitrogen as an independent validatory measure of dietary intake: a study of nitrogen balance in individuals consuming their normal diet. *Am J Clin Nutr* 1985; 42: 1276-1289.
- ³³ Maroni BJ, Steinman TI, and Mitch WE. A method for estimating nitrogen intake of patients with chronic renal failure. *Kidney Int* 1985; 27: 58-65.
- ³⁴ Gentile MG, Fellin G, Manna G, Ferrario F, Burnelli R, and D'Amico G. Dietetic education and assessment of compliance in patients with chronic renal insufficiency. *Contributions to Nephrology (Basel)* 1987; 55: 36-45.
- ³⁵ Bingham SA, and Cummings JH. The use of 4-amino-benzoic acid as a marker to validate the completeness of 24 h urine collections in men. *Clin Sci* 1983; 64: 629-635.

-
- ³⁶ Petersen MA, Haraldsdóttir J, Hansen HB, Jensen H, and Sandstrom B. A new simplified dietary history method for measuring intake of energy and macronutrients. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46: 551-559.
- ³⁷ Porrini M, Gentile MG, and Fidanza F. Biochemical validation of a self-administered semi-quantitative food frequency questionnaire. *Br J Nutr* 1995; 74: 323-333.
- ³⁸ Bingham SA. Validation of dietary assessment through biomarkers. In: Kok FJ and van't Veer P. Biomarkers of dietary exposure. Proceedings of the 3rd meeting on nutritional epidemiology. Smith-Gordon 1991; 1: 41-52.
- ³⁹ Vestergaard P, Leverett MS, Orangeburg NY. Constancy of urinary creatinine excretion. *J Lab Clin Med* 1958; 51: 211-218.
- ⁴⁰ Jackson S. Creatinine in urine as an index of urinary excretion rate. *Health Physics* 1966; 12: 843-850.
- ⁴¹ Ocké MC, Bueno-de-Mesquita HB, Pols MA, Smit HA, van Staveren WA, and Kromhout D. The Dutch EPIC food frequency questionnaire. II. Relative validity and reproducibility for nutrients. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S49-S58.
- ⁴² Haraldsdóttir J. Minimizing error in the field: quality control in dietary surveys. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47 (Suppl. S2): S19-S24.
- ⁴³ Tjønneland A, Overvad K, Haraldsdóttir J, Bang S, Ewertz M and Møller Jensen O. Validation of a semiquantitative food frequency questionnaire developed in Denmark. *Int J Epidemiol* 1991; 20: 906-912.
- ⁴⁴ Nes M, Andersen LF, Solvoll K, Sandstad B, Hustved BE, Løvø A and Drevon CA. Accuracy of a quantitative food frequency questionnaire applied in elderly Norwegian women. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46: 809-821.
- ⁴⁵ Flegal KM, Larkin FA, Metzner HL, et al. Counting calories: partitioning energy intake estimates from a food frequency questionnaire. *Am J Epidemiol* 1988;128: 749-760.
- ⁴⁶ Flegal KM and Larkin FA. Partitioning macronutrient intake estimates from a food frequency questionnaire. *Am J Epidemiol* 1990; 131: 1046-1058.
- ⁴⁷ Smith AF, Jobe JB and Mingay DJ. Question included cognitive biases in reports of health-related behaviors. *Health Psychol* 1991; 10: 244-251.
- ⁴⁸ Smith AF. Cognitive psychological issues of relevance to the validity of dietary reports. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47 (Suppl. S2): S9-S18.

10. SCHLUßBETRACHTUNG

In den vergangenen Jahren ist sehr viel über Fehler in Ernährungsdaten, über Pro und Kontra der verschiedenen Ernährungserhebungsmethoden in epidemiologischen Studien und über fehlerhafte Schlußfolgerungen aus den Ernährungsstudien publiziert worden. Dies ist verständlich, aber gleichzeitig auch zu bedauern, da dadurch bei vielen Personen der Eindruck entstanden ist, daß Ernährungserhebungen aufgrund der fehlerbehafteten Daten sinnlos sind. Es bleibt jedoch festzuhalten, daß erstens, die Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr von Personen oder Personengruppen nicht fehlerfrei ermittelt werden kann; zweitens, die Erhebung und Auswertung von Ernährungsdaten unerläßlich ist, wenn man den Zusammenhang zwischen dem Ernährungsverhalten und dem Auftreten von Erkrankungen erforschen möchte; und drittens, nicht die Fehler in den Ernährungsdaten die limitierenden Faktoren sind, sondern die Unkenntnis über die Fehlerart, über das Differieren der Fehler, je nach Wahl der Erhebungsmethode, und über den Einfluß, den sie auf die statistischen Auswertungsverfahren haben. Im Vordergrund der gegenwärtigen Forschung stehen daher die folgenden zwei Fragen: Welche Fehlerarten kommen, in welcher Größenordnung, in Ernährungsdaten vor? Welchen Einfluß haben diese Fehler auf die Auswertung und Interpretation der Ernährungsdaten?

Die Fehlerstruktur des in der vorliegenden Arbeit untersuchten Ernährungsfragebogens gleicht den Beschreibungen von BEATON.^{1,2} Dieser beobachtete bei Ernährungsfragebögen eine Erhöhung der Gesamtvarianz, ausgelöst durch einen beträchtlichen Anteil an individuellem Bias, der zwischen den Personen stark variiert und daher auf Populationsebene als zufälliger Fehler agiert. Ein starker individueller Bias wurde in der vorliegenden Studie für die Lebensmittelgruppen Kuchen, Brotaufstrich, Obst, Milchprodukte, Alkohol und Fette sowie, auf Nährstoffebene, für MUFA, Cholesterin, Mono- und Disaccharide, Alkohol und die Vitamine C, E und Carotin beobachtet. Neben einem „random bias“ führen auch intraindividuelle Zufallsfehler zu einer Erhöhung der Gesamtvarianz. Von den 16 ausgewerteten Lebensmittelgruppen zeigen Kuchen, Brotaufstrich, Obst, Käse, Alkohol und Fette ein erhebliches Ausmaß an intraindividuellen Zufallsfehlern sowie, auf Nährstoffebene, Monosaccharide, Alkohol, Vitamin C und Carotin.

Laut Definition führen systematische Fehler (Verzerrungen) zu einer Reduktion der Validität und zufällige Erhebungsfehler zu einem Mangel an Präzision. Wie groß der Einfluß der Erhebungsfehler tatsächlich ist, hängt jedoch nicht alleine von der absoluten Größe der Fehler ab, sondern auch ganz entscheidend von der Heterogenität in der Nahrungsaufnahme zwischen den Teilnehmern. Das heißt, die Fehlervarianz ist in Relation zur interindividuellen Varianz zu interpretieren. Je größer die interindividuellen Differenzen in den Verzehrsgewohnheiten, desto weniger fallen die Erhebungsfehler ins Gewicht. Demnach besitzen Gemüse, Kartoffeln, Fette und Soßen eine geringe Validität und Brot eine geringe Präzision. Auf Nährstoffebene zeigen nach der Energieadjustierung Eiweiß, PUFA, Monosaccharide, Vitamin C, E und Carotin eine bedenkliche Validität, sowie Gesamtfett, MUFA, Mono-, Polysaccharide und Vitamin C eine mangelnde Präzision.

Desweiteren überschätzt der Ernährungsfragebogen für die Heidelberger Kohorte die Zufuhr von Obst, Gemüse und Milchprodukten, sowie die Aufnahme an Disacchariden, Ballaststoffen, Vitamin C, E und Carotin. Lediglich für die Speisefette wird eine Unterschätzung beobachtet. Eine ausgeprägte zufuhrabhängige Verzerrung zeigt sich sowohl bei Brotaufstrich, Milchprodukten und Fleisch als auch bei Carotin. Personen im niedrigen

Verzehrsbereich überschätzten hierbei ihre Nahrungszufuhr, während Personen im oberen Verzehrsbereich eine Unterschätzung zeigen.

Der Ernährungsfragebogen zeigt außerdem nur geringe geschlechts- und altersspezifische Unterschiede in der Validität und Reliabilität der Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme.

Da zwischen den 24h-Recalls und dem Ernährungsfragebogen mit Fehlerkorrelationen gerechnet werden mußte, wurden Biomarker zur Überprüfung der Eiweiß- und Vitaminzufuhr in die Studie integriert. Sowohl die 24h-Recalls als auch der Ernährungsfragebogen unterschätzen die wahre Eiweißzufuhr, verglichen mit der berechneten Eiweißzufuhr aus dem 24h-Urin-N. Die Validität der individuellen Eiweiß- und Vitaminzufuhr des Ernährungsfragebogens ist aufgrund des Biomarkervergleichs als schlecht zu bewerten. Die Validität der 24h-Recalls ist für die α -Tocopherol- und Proteinzufuhr ebenfalls schlecht, für die Vitamin C-Zufuhr mäßig und für die β -Carotinaufnahme gut.

Die verschiedenen Fehlerarten haben unterschiedliche Effekte auf die Untersuchungsziele und Auswertungsverfahren. Bei der Beantwortung der Frage, ob zwischen der Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme und dem Auftreten von bestimmten Krebserkrankungen ein Zusammenhang besteht, spielt eine konstante Verzerrung, die alle Teilnehmer gleichermaßen betrifft, keine Rolle, denn diese beeinflusst weder Korrelations- noch Regressionskoeffizienten oder die Klassifikation der Teilnehmer. Eine konstante Verzerrung führt zu einer Über- oder Unterschätzung der populationsbezogenen Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme. Solch eine konstante Verzerrung ist bei der internen Auswertung der Heidelberger Kohorte kein Problem, aber sie beeinträchtigt die gemeinsame Auswertung aller EPIC-Kohorten, wenn diese unterschiedlich verzerrt sind. Schon innerhalb Deutschlands besteht die Möglichkeit, daß der Ernährungsfragebogen in beiden Kohorten unterschiedlich arbeitet, das heißt die Verzerrung möglicherweise in ihrem Ausmaß und in ihrer Richtung zwischen beiden Kohorten variiert.

Möchte man aus den gesammelten Daten Ernährungsempfehlungen ableiten, dann führen konstante Verzerrungen zu falschen Zufuhrempfehlungen. Ist jedoch die Richtung und das Ausmaß der Verzerrung bekannt, kann das Wissen bei der Interpretation der Ergebnisse mit einfließen und es können geeignete Korrekturverfahren angewendet werden.

Eine differenzierende Verzerrung, wie z.B. die zufuhrabhängige Verzerrung, kann die Auswertung erheblich beeinflussen und zu schwerwiegenden Fehlinterpretationen führen. Solche Fehlinterpretationen können sich darin zeigen, daß der tatsächliche Zusammenhang zwischen der Exposition und der Erkrankung über- oder unterschätzt wird.

Random error umfaßt individuelle Zufallsfehler, random bias und Schwankungen in der täglichen Nahrungszufuhr. Vergleicht man Gruppenmittelwerte miteinander, so haben Zufallsfehler keinen Einfluß, außer, daß diese die Varianz erhöhen und dadurch die statistische Macht reduzieren. In Korrelations- und Regressionsberechnungen sind Zufallsfehler jedoch ein großes Problem. Die hohe Variation der Meßwerte hat zur Folge, daß Expositionsfaktoren, wie z.B. die Vitamin-C-Aufnahme, nur ungenau erfaßt werden können und Zusammenhänge zu Zielgrößen (z.B. Plasma-Vitamin-C-Konzentrationen) oder zu Krebserkrankungen nicht erkannt, beziehungsweise unterschätzt werden. Man spricht in diesem Zusammenhang von einem „abschwächenden“ Effekt (attenuation effect). Ist das Ausmaß der Zufallsfehler bekannt, dann ist es möglich, diese zu korrigieren und den wahren Zusammenhang abzuschätzen.³ Ein weiteres in der Epidemiologie häufig angewandtes Auswertungsverfahren umfaßt das Kategorisieren von Teilnehmern entsprechend ihrer Nahrungszufuhr, um der Frage nachzugehen, ob die Inzidenz für eine bestimmte Erkrankung zwischen den Kategorien differiert. In diesem Zusammenhang bedeuten zufällige Fehler, daß Personen falsch klassifiziert werden. Die Fehlklassifikation hat zur Folge, daß ein

Zusammenhang nur noch in abgeschwächter Form zu erkennen ist, beziehungsweise bei sehr starker Fehlklassifikation keine Beziehung mehr nachgewiesen werden kann.

Die Korrektur von Verzehrshäufigkeiten ist mittlerweile ein fester Bestandteil in Ernährungsfragebögen, da solche Fragebögen in der Regel zu starken Überschätzungen der individuellen und populationsbezogenen Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme führen. Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten reduziert diese Überschätzungen im allgemeinen. Es ist jedoch nach wie vor ungeklärt, welchen Effekt die Verzehrshäufigkeitskorrektur auf die Fehlerstruktur des Ernährungsfragebogens hat. In der vorliegenden Arbeit wurden die Effekte der Häufigkeitskorrektur auf die Validität des Ernährungsfragebogens untersucht. Die Effekte der Häufigkeitskorrektur auf die Präzision des Instrumentes konnte mit dem vorliegenden Studiendesign nicht überprüft werden.

Die Häufigkeitskorrektur reduzierte die durchschnittliche Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme der Studienpopulation, sowie die Gesamtvarianz des Fragebogens. Die Reduktion der Gesamtvarianz ist auf zwei Ursachen zurückzuführen: Erstens auf eine Reduktion der Fehlervarianz und zweitens auf eine geringere Variabilität in der Nahrungsaufnahme zwischen den Teilnehmern. Da sich die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Referenz- und dem Testinstrument nach der Korrektur ebenfalls erhöht haben, ist davon auszugehen, daß die Reduktion der Fehlervarianz dominiert. Die Reduktion des Personenbias ist jedoch leider nicht so ausgeprägt, daß sich die Klassifikation der Teilnehmer deutlich verbessert. Die Häufigkeitskorrektur ist dennoch zu befürworten, da auch eine geringe Reduktion der Fehlervarianz zu einer größeren Validität beiträgt. Insbesondere auf Nährstoffebene führt die Häufigkeitskorrektur zu einer Erhöhung der Validität des Ernährungsfragebogens.

Bezüglich der Fehlerursachen kann folgendes zusammengefaßt werden: Der deutsche Ernährungsfragebogen fand bei den Teilnehmern eine breite Akzeptanz. Nur selten gab es größere Probleme beim Ausfüllen des Instrumentes. Da jedoch sehr viele Angaben pro Fragebogenitem getätigt werden mußten, kam es relativ häufig zu Flüchtigkeitsfehlern wie z.B. Weglassen von Portionsgrößen oder Verzehrshäufigkeiten sowie Doppelnennungen. Desweiteren wurden häufig Zusatzfragen zu bestimmten Lebensmittelitems übersehen und daher nicht beantwortet. Die Aufspaltung der Gesamtdifferenz zwischen den Instrumenten in die Portionsgrößendifferenz, die Häufigkeitsdifferenz und in die Lebensmitteldifferenzen ergab ein eher überraschendes Ergebnis. Nicht die Erfassung der Verzehrshäufigkeiten, sondern die Erfassung der Portionsgrößen bereitete den Teilnehmern die größten Probleme. Vergleiche mit den Portionsgrößen aus den 24h-Recalls ergaben, daß die Portionsgrößenvorgaben im Fragebogen häufig zu groß gewählt worden waren.

Insgesamt betrachtet besitzt der deutsche Ernährungsfragebogen (mit und ohne Häufigkeitskorrektur) eine befriedigende Validität und Präzision. Die Kenntnis über die Fehlerstruktur, das Fehlerausmaß und die Fehlerursachen erlaubt einen sinnvollen Umgang mit den gewonnenen Verzehrdaten.

Der Ernährungsfragebogen wurde nach der Validierungsstudie überarbeitet. Dabei wurden teilweise Portionsgrößen verkleinert und Portionsabbildungen erneuert. Desweiteren wurde die flexible Häufigkeitsabfrage auf 9 Häufigkeitskategorien reduziert, um den Fragebogen übersichtlicher zu gestalten, und die Anzahl der erforderlichen Antworten zu verringern. Auch die Auswahl und Zusammenstellung der Lebensmittelitems wurde noch einmal überprüft und bei bestehenden Zuordnungsproblemen geringfügig verändert. Außerdem wurde die mittlerweile gängige Häufigkeitserfassung der Lebensmittelgruppen in den Ernährungsfragebogen integriert.

Zusätzlich zu der Überarbeitung des Fragebogens wurde ein neues Prüfprogramm geschrieben, das nach dem Einlesen des Fragebogens die Ausfüll- und Plausibilitätsfehler auf

einem Bildschirm anzeigt. Anhand dieses Fehlerprotokolls werden in der Hauptstudie die Ausfüllfehler gemeinsam mit dem Teilnehmer korrigiert, so daß mit einer verbesserten Reliabilität und Validität des Ernährungsfragebogens gerechnet werden kann.

-
- ¹ Beaton GH. Interpretation of results from diet history studies. In: Kohlmeier L (ed). The diet history method. Proceeding of the Second International Meeting on Nutritional Epidemiology. London: Smith-Gordon, 1989: 15-36.
 - ² Beaton GH. Approaches to analysis of dietary data: relationship between planned analyses and choice of methodology. Am J Clin Nutr 1994; 59 (suppl.): S253-S261.
 - ³ Life Science Research Office. Guidelines for use of dietary data. Bethesda, MD: Federation of American Societies for Experimental Biology, 1986.

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund:

Für den deutschen Beitrag zur EPIC-Studie (the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) wurde im deutschen Krebsforschungszentrum (Abteilung Epidemiologie) ein selbstausfüllbarer, maschinenlesbarer Fragebogen zu Ernährungsgewohnheiten, zur Erhebung der individuellen Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr des vergangenen Jahres entwickelt. In der vorliegenden Arbeit wurde, entsprechend des EPIC-Studienprotokolls, die relative und absolute Validität, sowie die Reliabilität des Fragebogens untersucht. Neben dem ursprünglichen Ernährungsfragebogen wurde zusätzlich eine um die Verzehrshäufigkeiten korrigierte Fassung, im Hinblick auf ihre Validität getestet.

Methoden:

Die Datenerhebung erfolgte in 1991 und 1992. Insgesamt nahmen 104 Männer und Frauen, fast ausschließlich Mitglieder der AOK-Heidelberg, im Alter von 35-64 Jahren, an der Validierungsstudie teil. Die Reliabilität wurde durch eine wiederholte Anwendung des Ernährungsfragebogens (in sechsmonatigem Abstand) getestet, während die relative Validität durch einen Methodenvergleich mit zwölf 24h-Recalls ermittelt wurde. Für die Überprüfung der absoluten (biologischen) Validität wurden von jedem Teilnehmer zwei Blutproben entnommen und vier 24h-Urine gesammelt. Die Blutproben dienten zur Abschätzung der α -Tocopherol-, β -Carotin- und Vitamin C-Zufuhr, während die Urinsammlungen zur Bestimmung der Stickstoffausscheidung (als Indikator der Eiweißzufuhr) verwendet wurden.

Ergebnisse:

Die Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr der Studienpopulation wird in der Regel durch den Fragebogen überschätzt, mit Ausnahme der Speisefette, deren Zufuhr stark unterschätzt wird. Besonders starke Überschätzungen zeigen Obst, Gemüse und Milchprodukte sowie Disaccharide, Ballaststoffe, Vitamin C, E und Carotin. Auch die individuelle Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr ist von Verzerrungen betroffen, die in ihrer Richtung und in ihrem Ausmaß stark variieren. Eine unzureichende Validität auf Personenebene (charakterisiert durch eine große Fehlervarianz im Verhältnis zu einer geringen Heterogenität in der Nahrungsaufnahme zwischen den Teilnehmern) zeigen Gemüse, Kartoffeln, Fette und Soßen sowie Energie, Eiweiß, PUFA, Monosaccharide, Vitamin C, E und Carotin. Sowohl die 24h-Recalls als auch der Ernährungsfragebogen unterschätzen die wahre Eiweißzufuhr, verglichen mit der berechneten Eiweißzufuhr anhand der 24h-Urin-N-Ausscheidung. Die Validität der individuellen Eiweiß- und Vitaminzufuhr des Ernährungsfragebogens ist aufgrund des Biomarkervergleichs als unbefriedigend zu bewerten. Die Validität der 24h-Recalls ist für die α -Tocopherol- und Proteinzufuhr ebenfalls unbefriedigend, für die Vitamin C-Zufuhr mäßig und für die β -Carotinaufnahme gut. Eine mangelnde Reliabilität zeigen Brot, sowie auf Nährstoffebene, Gesamtfett, MUFA, Monosaccharide, Polysaccharide und Vitamin C. Die Überschätzungen durch den Fragebogen werden hauptsächlich durch zu große Portionsgrößen und nur selten durch falsche Häufigkeitsangaben verursacht. Desweiteren führt das Fragebogendesign durch die vielen Auswahlmöglichkeiten zu einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber zufälligen Erhebungsfehlern. Die Korrektur der Verzehrshäufigkeiten reduziert in mäßigem Umfang die Fehlervarianz des Fragebogens und führt dadurch zu einer geringfügig besseren Validität. Dies gilt im besonderen Maße für die Nährstoffzufuhr.

Schlußfolgerung:

Insgesamt betrachtet, besitzt der deutsche Ernährungsfragebogen (mit und ohne Häufigkeitskorrektur) sowohl auf Lebensmittel- als auch auf Nährstoffebene eine befriedigende Validität und Präzision. Die Validierungsstudie brachte erste Erfahrungen mit der Rekrutierung der Teilnehmer und lieferte neue Erkenntnisse über die Fehlerstruktur und das Fehlerausmaß des neuen Erhebungsinstrumentes. Desweiteren konnten Fehlerquellen (Schwachstellen) des Ernährungsfragebogens aufgedeckt werden, die zu einer Überarbeitung des Fragebogens führten. Die Kenntnisse über die Fehlerstruktur und über das Fehlerausmaß erlauben einen sinnvollen Umgang mit den aus dem Ernährungsfragebogen gewonnenen Verzehrdaten.

LITERATURVERZEICHNIS

- Abramson JH, Slome C, and Kosovsky C. Food frequency interview as an epidemiological tool. *Am J Pub Health* 1963; 53: 1093-1101.
- Ajani UA, Willett WC, and Seddon JM. Reproducibility of a food frequency questionnaire for use in ocular research. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994; 35: 2725-2733.
- Albanes D, Virtamo J, Rautalahti M, et al. Serum beta-carotene before and after beta-carotene supplementation. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46: 15-24.
- Ascherio A, Stampfer MJ, Colditz GA, Rimm EB, Litin L, and Willett WC. Correlations of vitamin A and E intakes with the plasma concentrations of carotenoids and tocopherols among american men and women. *J Nutr* 1992; 122: 1792-1801.
- Balogh M, Medalie JH, Smith H, and Groen JJ. The development of a dietary questionnaire for an ischemic heart disease survey. *Isr J Med Sci* 1968; 4: 195-203.
- Beaton GH, Milner J, Corey P, et al. Sources of variance in 24-hour dietary recall data: Implications for nutrition study, design and interpretation. *Am J Clin Nutr* 1979; 32: 2546-2559.
- Beaton GH, Milner J, McGuire V et al. Source of variance in 24-hour dietary recall data: implications for nutrition study design and interpretation. Carbohydrates sources, vitamins, and minerals. *Am J Clin Nutr* 1983; 37: 986-995.
- Beaton GH. Interpretation of results from diet history studies. In: *The diet history method. Proceedings of the 2. Berlin meeting on Nutritional Epidemiology.* L. Kohlmeier (ed.) London: Smith-Gordon 1991.
- Beaton GH. Approaches to analysis of dietary data: relationship between planned analyses and choice of methodology. *Am J Clin Nutr* 1994; 59 (suppl): 253S-261S.
- Bellach B. Remarks on the use of Pearson's correlation coefficient and other association measures in assessing validity and reliability of dietary assessment methods. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47 (Suppl. 2): S42-S45.
- Bingham SA, and Cummings JH. The use of 4-amino-benzoic acid as a marker to validate the completeness of 24 h urine collections in men. *Clin Sci* 1983; 64: 629-635.
- Bingham SA, and Cummings JH. Urine nitrogen as an independent validity measure of dietary intake: a study of nitrogen balance in individuals consuming their normal diet. *Am J Clin Nutr* 1985; 42: 1276-1289.
- Bingham SA. The dietary assessment of individuals: methods, accuracy, new techniques and recommendations. *Nutr Abstr Rev* 1987; 57: 705-742.
- Bingham SA. Methods for data collection at an individual level. In: Cameron ME, Staveren WA v (eds) *Manual on methodology for food consumption studies.* Oxford University Press, Oxford 1988: 53-106.
- Bingham SA. Validation of dietary assessment through biomarkers. In: Kok FJ and van't Veer P. *Biomarkers of dietary exposure. Proceedings of the 3rd meeting on nutritional epidemiology.* Smith-Gordon 1991; 1: 41-52.
- Bingham SA, Gill C, Welch A, Cassidy A, Runswick SA, Oakes S, Lubin R, Thurnham DI, Key TJA, Roe L, Khaw KT, and Day NE. Validation of dietary assessment methods in the UK arm of EPIC using weighed records, and 24-hour urinary nitrogen and potassium and serum vitamin C and carotenoids as biomarkers. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S137-S151.
- Black AE, Goldberg GR, Jebb SA, Livingstone MBE, Cole TJ, Prentice AM. Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 2. Evaluating the results of published surveys. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45: 583-599.
- Bland JM and Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet* 1986; 307-310.
- Block G, Hartman AM, Dresser CM, Carrol MD, Gannon J, Gardner L. A data-based approach to diet questionnaire design and testing. *Am J Epidemiol* 1986; 124: 453-469.
- Block G and Hartman AM. Issues in reproducibility and validity of dietary studies. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 1133-1138.
- Block G, Woods M, Potosky A, Clifford C. Validation of a self-administered diet history questionnaire using multiple diet records. *J Clin Epidemiol* 1990; 43: 1327-1335.
- Block G, Woods M, Sheppard L, Potosky A, Clifford C. Comparison of a self-administered dietary history questionnaire with multiple dietary records. *J Clin Epidemiol* 1990; 43: 1327-1335.
- Block G, Thompson FE, Hartman AM, Larkin FA, Guire KE. Comparison of two dietary questionnaires validated against multiple dietary records collected during a 1-year period. *Am J Diet Assoc* 1992; 92: 686-693.
- Browe JH, Gofstein RM, Morley DM, and McCarthy MC. Diet and heart disease study in the Cardiovascular Health Center. *J Am Diet Assoc* 1966; 48: 95-100.
- Brubacher G, Vuilleumier JP. Vitamin C. In: Curtius HC, Roth M, eds. *Clinical biochemistry principles and methods.* Vol. II, Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1974: 989-997.

- Burema J and van Staveren WA. Validation of the dietary history method. In: Kohlmeier L (eds.). The dietary history method. Smith-Gordon 1991: 73-85.
- Burema J, van Staveren WA and Feunekes GIJ. Letters to the Editor. Guidelines for reports on validation studies. *Eur J Clin Nutr* 1995; 49: 932-933.
- Byers TE, Rosenthal RI, Marshall JR, Rzepka TF, Cummings KM, Graham S. Dietary history from the distant past: A methodological study. *Nutr Cancer* 1983; 5: 69-77.
- Byers T, Marshall J, Anthony E, Fiedler R, and Zielezny M. The reliability of dietary history from the distant past. *Am J Epidemiol* 1987; 125: 999-1011.
- Colditz GA, Willett WC, Stampfer MJ, Sampson L, Rosner B, Hennekens CH and Speizer FE. The influence of age, relative weight, smoking and alcohol intake on the reproducibility of a dietary questionnaire. *Int J Epidemiol* 1987; 16: 392-398.
- Cox DR and Stuart A. Some quick sign tests for trend in location and dispersion. *Biometrika* 1955; 42: 80-95.
- Dawber TR, Pearson G, Anderson P, Mann GV, Kannel WB, Shurtleff D, McNamara P. Dietary assessment in the epidemiologic study of coronary heart disease: The Framingham study. II. Reliability of measurements. *Am J Clin Nutr* 1962; 11: 226-234.
- Delcourt C, Cubeau J, Balkau B, Papoz L, and the CODIAB-INSERM-ZENECA Pharma Study Group. Limitations of the correlation coefficient in the validation of diet assessment methods. *Epidemiology* 1994; 5: 518-524.
- Die Nationale Verzehrsstudie. Ergebnisse der Basisauswertung. Materialien zur Gesundheitsforschung; Schriftenreihe zum Programm der Bundesregierung Forschung und Entwicklung im Dienste der Gesundheit. Band 18, 3. Auflage, Bonn 1991.
- Doll R, Peto R. The causes of cancer: quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. *J Natl Cancer Inst* 1981; 66: 1191-1308.
- Dreier V. Datenanalyse für Sozialwissenschaftler. München; Wien; Oldenburg 1994: S. 88.
- El Lozy M. Dietary variability and its impact on nutritional epidemiology. *J Chron Dis* 1983; 36: 237-249.
- Engle A, Lynn LL, Koury K, and Boyar AP. Reproducibility and comparability of a computerized, self-administered food frequency questionnaire. *Nutr Cancer* 1990; 13: 281-292.
- EPIC Group of Spain. Relative validity and reproducibility of a diet history questionnaire in Spain. I. Foods. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S91-S99.
- EPIC Group of Spain. Relative validity and reproducibility of a diet history questionnaire in Spain. II. Nutrients. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S100-S109.
- EPIC Group of Spain. Relative validity and reproducibility of a diet history questionnaire in Spain. III. Biochemical markers. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S110-117.
- Epstein LM, Reshef A, Abramson JH, and Bialik O. Validity of a short dietary questionnaire. *Isr J Med Sci* 1970; 6: 589-597.
- EWP Ernährungswissenschaftliches Programm. Version 2.5, MS/DOS BLS II.
- Flegal KM, Larkin FA, Metzner HL, et al. Counting calories: partitioning energy intake estimates from a food frequency questionnaire. *Am J Epidemiol* 1988; 128: 749-760.
- Flegal KM and Larkin FA. Partitioning macronutrient intake estimates from a food frequency questionnaire. *Am J Epidemiol* 1990; 131: 1046-1058.
- Freedman LS, Carroll RJ, and Wax Y. Estimating the relation between dietary intake obtained from a food frequency questionnaire and true average intake. *Am J Epidemiol* 1991; 134: 310-320.
- Friis S, Krüger Kjær S, Stripp C, and Overvad K. Reproducibility and relative validity of a self-administered semiquantitative food frequency questionnaire applied to younger women. *J Clin Epidemiol* 1997; 50: 303-311.
- Gentile MG, Fellin G, Manna G, Ferrario F, Burnelli R, and D'Amico G. Dietetic education and assessment of compliance in patients with chronic renal insufficiency. *Contributions to Nephrology (Basel)* 1987; 55: 36-45.
- Goldberg GR, Black AE, Jebb SA, et al. Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45: 569-581.
- Goldbohm RA, van den Brandt PA, Brants HAM et al. Validation of a dietary questionnaire used in a large-scale prospective cohort study on diet and cancer. *Eur J Clin Nutr* 1994; 48: 253-265.
- Gray GE, Paganini-Hill A, Ross RK, and Henderson BE. Assessment of three brief methods of estimation of vitamin A and C intakes for a prospective study of cancer. Comparison with dietary history. *Am J Epidemiol* 1984; 119: 581-590.
- Grootenhuis PA, Westenbrink S, Sie CMTL, Neeling NDD, Kok FJ, and Bouter LM. A semiquantitative food frequency questionnaire for use in epidemiologic research among the elderly: validation by comparison with dietary history. *J Clin Epidemiol* 1995; 48: 859-868.
- Hampel FR, Rouchetti EM, Roussemer PJ, Stahel WA. *Robust Statistics*, Wiley 1986: 64-65.
- Hankin JH, Rhoads GG, Glober GA. A dietary method for an epidemiologic study of gastrointestinal cancer. *Am J Clin Nutr* 1975, 28: 1055-1061.

- Hankin JH, Nomura AMY, Lee J, Hirohata T, Kolonel L. Reproducibility of a dietary history questionnaire in a case-control study of breast cancer. *Am J Clin Nutr* 1983; 37: 981-985.
- Hankin JH, Wilkens LR, Kolonel LN, Yoshizawa CN. Validation of a quantitative diet history method in Hawaii. *Am J Epidemiol* 1991; 133: 616-628.
- Haraldsdóttir J. Minimizing error in the field: quality control in dietary surveys. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47 (Suppl. S2): S19-S24.
- Hartung J, Elpelt B, Klösener KH. *Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*. 9. Auflage. München; Wien; Oldenbourg 1993.
- Herbert JR & Miller DR. The inappropriateness of conventional use of the correlation coefficient in assessing validity and reliability of dietary assessment methods. *Eur J Epidemiol* 1991; 7: 339-343.
- Hebert JR, Hurley TG, Hsieh J, Rogers E, Stoddard AM, Sorensen G, and Nicolosi RJ. Determinants of plasma vitamins and lipids: The Working Well Study. *Am J Epidemiol* 1994; 140: 132-147.
- Howe GR, Friedenreich CM, Jain M, Miller AB. A cohort study of fat intake and risk of breast cancer. *J Natl Cancer Inst* 1991; 83: 336-340.
- Hunt IF, Luke LS, Murphy MJ, Clark VA, and Coulson AH. Nutrient estimates from computerized questionnaires vs. 24-hr Recall interviews. *J Am Diet Assoc* 1979; 74: 656-659.
- Hunter D. Biochemical indicators of dietary intake. In: Willett WC. *Nutritional Epidemiology*. New York: Oxford University Press, 1990: 143-216.
- Isaksson B. Urinary nitrogen output as a validity test in dietary surveys. *Am J Clin Nutr* 1980; 33: 4-6.
- Jackson S. Creatinine in urine as an index of urinary excretion rate. *Health Physics* 1966; 12: 843-850.
- Jacques PF, Sulsky SI, Sadowski JA, Phillips JCC, Rush D, and Willett WC. Comparison of micronutrient intake measured by a dietary questionnaire and biochemical indicators of micronutrient status. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 182-189.
- Jain M, Howe GR, Johnson KC, Miller AB. Evaluation of a diet history questionnaire for epidemiologic studies. *Am J Epidemiol* 1980; 111: 212-219.
- Jain M, Harrison L, Howe GR, and Miller AB. Evaluation of a self-administered dietary questionnaire for use in a cohort study. *Am J Clin Nutr* 1982; 36: 931-935.
- Järvinen R, Seppänen R, and Knekt P. Short-term and long-term reproducibility of dietary interview data. *Int J Epidemiol* 1993; 22: 520-527.
- Kaaks R, Slimani N and Riboli E. Pilot phase studies on the accuracy of dietary intake measurements in the EPIC project: overall evaluation of results.
- Kardinaal AF, van't Veer P, Brants HAM, van den Berg H, van Schoonhoven J, and Hermus RJJ. Relations between antioxidant vitamins in adipose tissue, plasma, and diet. *Am J Epidemiol* 1995; 141: 440-450.
- Kardinaal AFM, van't Veer P, Brants AM, van den Berg H, van Schoonhoven J, and Hermus RJJ. Relations between antioxidant vitamins in adipose tissue, plasma, and diet. *Am J Epidemiol* 1995; 141: 440-450.
- Katsouyanni K, Rimm EB, Gnardellis C, Trichopoulos D, Polychronopoulos E, Trichopoulou A. Reproducibility and relative validity of an extensive semi-quantitative food frequency questionnaire using dietary records and biochemical markers among Greek schoolteachers. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S118-S127.
- Kohlmeier L. Overview of validity, quality control and measurement error issues in nutritional epidemiology. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47 (Suppl. 2): S1-S5.
- Kok FJ and van't Veer P. Biomarkers of exposure. *Proceedings of the 3rd Meeting on Nutritional Epidemiology*. Smith-Gordon 1991.
- Larkin FA, Metzner HL, Thompson FE, Flegal KM, and Guire KE. Comparison of estimated nutrient intakes by food frequency and dietary records in adults. *J Am Diet Assoc* 1989; 89: 215-223.
- Last JM. *A dictionary of epidemiology*. Oxford University Press 1988; S.80.
- Lee J, Kolonel LM, and Hankin JH. On establishing the interchangeability of different dietary assessment methods in studies of diet and cancer. *Nutr Cancer* 1983; 5: 215-218.
- Liu K, Stamler J, Dyer A, et al. Statistical methods to assess and minimize the role of intra-individual variability in obscuring the relationship between dietary lipids and serum cholesterol. *J Chron Dis* 1978; 31: 399-418.
- Liu T, Wilson NP, Craig CB, Tamura T, Soong S, Sauberlich HE, Cole P, and Butterworth CE. Evaluation of three nutritional assessment methods in a group of woman. *Epidemiology* 1992; 3: 496-502.
- Männistö S, Virtanen M, Mikkonen T, and Pietinen P. Reproducibility and validity of a food frequency questionnaire in a case-control study on breast cancer. *J Clin Epidemiol* 1996; 49: 401-409.
- Maroni BJ, Steinman TI, and Mitch WE. A method for estimating nitrogen intake of patients with chronic renal failure. *Kidney Int* 1985; 27: 58-65.
- Marr JW. Individual dietary surveys: Purposes and methods. *World Rev Nutr Diet* 1971; 13: 105-164.
- Marshall JR. The reliability and validity of dietary data as uses in epidemiology. *Cancer Surveys* 1987; 6: 673-683.
- Monica Mengenliste, Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID) e. V. (ed) 1991.

- Munger RG, Folsom AR, Kushi LH, Kaye SA, Sellers TA. Dietary assessment of older Iowa women with a food frequency questionnaire: nutrient intake, reproducibility, and comparison with 24-hour dietary recall interviews. *Am J Epidemiol* 1992; 136: 192-200.
- Nelson M, Black AE, Morris JA, and Cole TJ. Between- and within-subject variation in nutrient intake from infancy to old age: estimating the number of days required to rank dietary intakes with desired precision. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 155-167.
- Nes M, Andersen LF, Solvoll K, Sandstad B, Hustved BE, Løvø A and Drevon CA. Accuracy of a quantitative food frequency questionnaire applied in elderly Norwegian women. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46: 809-821.
- Nomura A and Hanking JH. The reproducibility of dietary intake data in a prospective study of gastrointestinal cancer. *Am J Clin Nutr* 1976; 29: 1432-1436.
- Ocké MC, Bueno-De-Mesquinta HB, Goddijn HE, Jnasen A, Pols MA, Van Staveren WA, Kromhout D. The Dutch EPIC food frequency questionnaire. I. Description of the questionnaire, and relative validity and reproducibility for food groups. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S37-S48.
- Ocké MC, Bueno-De-Mesquinta HB, Pols MA, Smit HA, Van Staveren WA, Kromhout D. The Dutch EPIC food frequency questionnaire. II. Relative validity and reproducibility of nutrients. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1):S49-S58.
- Oltersdorf US. Ernährungsepidemiologie. Theorie und Methoden der Erforschung der Beziehungen zwischen Mensch-Ernährung-Umwelt. Habilitationsschrift, Universität Gießen (1993).
- Oltersdorf US. Ernährungsepidemiologie. Stuttgart: Ulmer 1995: 140-152.
- Osler M, and Heitman BL. The validity of a short food frequency questionnaire and its ability to measure changes in food intake: a longitudinal study. *Int J Epidemiol* 1996; 25: 1023-1029.
- Pearson WN. Blood and urinary vitamin levels as potential indices of body stores. *Am J Clin Nutr* 1967; 20: 514-525.
- Peng YM, Peng YS, Lin Y, Moon T, Roe DJ, and Ritenbaugh C. Concentrations and plasma-tissue-diet relationships of carotenoids, retinoids, and tocopherols in humans. *Nutr Cancer* 1995; 23: 233-246.
- Petersen MA, Haraldsdøttir J, Hansen HB, Jensen H, and Sandstrom B. A new simplified dietary history method for measuring intake of energy and macronutrients. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46: 551-559.
- Pfeifer-Zäh H. Diplomarbeit an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Ernährungswissenschaft. Entwicklung eines selbstausfüllbaren und maschinenlesbaren Kurzfragebogens zur Erhebung von Ernährungsgewohnheiten in epidemiologischen Studien. Gießen, Januar 1990.
- Pietinen P, Hartman AM, Haapa E, et al. Reproducibility and validity of dietary assessment instruments: I. A self-administered food use questionnaire with a portion size picture booklet. *Am J Epidemiol* 1988; 128: 655-666.
- Pietinen P, Hartman AM, Haapa E et al. Reproducibility and validity of dietary assessment instruments: II. A qualitative food frequency questionnaire. *Am J Epidemiol* 1988; 128: 667-676.
- Pisani P, Faggiano F, Krogh V, Palli D, Vineis P, Berrino F. Relative validity and reproducibility of a food frequency dietary questionnaire for use in the Italian EPIC centres. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S152-S160.
- Porrini M, Gentile MG, and Fidanza F. Biochemical validation of a self-administered semi-quantitative food frequency questionnaire. *Br J Nutr* 1995; 74: 323-333.
- Potosky AL, Block G, Hartman AM. The apparent validity of diet questionnaires is influenced by number of diet-records days used for comparison. *J Am Diet Assoc* 1990; 90: 810-813.
- Riboli E, Elmstahl S, Saracci R, Gullberg B, and Lindgärde F. The Malmö food study: Validity of two dietary assessment methods for measuring nutrient intake. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S161-S173.
- Riboli E. Nutrition and cancer: background and rationale of the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *Ann Oncol* 1992; 3: 783-791.
- Riboli E. Prospective studies on diet and cancer. Report of the pilot study, phase I., November 1988-October 1989. IARC, Lyon, October 1989.
- Rimm EB, Giovannucci EL, Stampfer MJ, Colditz GA, Litin LB, Willett WC. Reproducibility and validity of an expanded self-administered semiquantitative food frequency questionnaire among male health professionals. *Am J Epidemiol* 1992; 135: 114-126.
- Rohan TE and Potter JD. Retrospective assessment of dietary intake. *Am J Epidemiol* 1984;120: 876-887.
- Roidt L, White E, Goodman GE, Wahl PW, Omenn GS, Rollins B, and Karkeck JM. Association of food frequency questionnaire estimates of vitamin A intake with serum vitamin A levels. *Am J Epidemiol* 1988; 128: 645-654.
- Russell-Briefel R, Bates MW, and Kuller LH. The relation of plasma carotenoids to health and biochemical factors in middle-aged men. *Am J Epidemiol* 1985; 122: 741-749.
- Russell-Briefel R, Caggiula AW, and Kuller LH. A comparison of three dietary methods for estimating vitamin A intake. *Am J Epidemiol* 1985; 122: 628-636.
- Salvini S, Hunter DJ, Sampson L, Stampfer MJ, Colditz GA, Rosner B, and Willett WC. Food-based validation of a dietary questionnaire: The effects of week-to-week variation in food consumption. *Int J Epidemiol* 1989; 18: 858-867.

- Samet JM, Humble CG, Skipper BE. Alternatives in the collection and analysis of food-frequency interview data. *Am J Epidemiol* 1984; 120: 572-581.
- SAS Institute Inc., SAS User's Guide: Statistics, Version 5 Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1985.
- SAS User's Guide, SAS Institute, Inc., 1982. Language: Reference, Version 6, First Edition.
- Schnell R, Hill PB, Esser E. Methoden der empirischen Sozialforschung. 3. Auflage. München; Wien; Oldenbourg 1992: S.156-163.
- Sempos CT, Johnson NE, Smith EL, Gilligan C. Effects of intraindividual and interindividual variation in repeated dietary records. *Am J Epidemiol* 1985;121: 120-130.
- Smith AF, Jobe JB and Mingay DJ. Question included cognitive biases in reports of health-related behaviors. *Health Psychol* 1991; 10: 244-251.
- Smith AF. Cognitive psychological issues of relevance to the validity of dietary reports. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47 (Suppl. S2): S9-S18.
- Stryker WS, Kaplan L, Stein EA, Stampfer MJ, Sober A, and Willett WC. The relation of diet, cigarette smoking and alcohol consumption to plasma beta-carotene and alpha-tocopherol levels. *Am J Epidemiol* 1988; 127: 283-296.
- Stuff JE, Garza C, Smith EO, Nichols BL, and Montandon CM. A comparison of dietary methods in nutritional studies. *Am J Clin Nutr* 1983; 37: 300-306.
- Tarasuk V, Beaton GH. The nature and individuality of within-subject variation in energy intake. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 646-470.
- Thompson FE, Lamphiear DE, Metzner HL, Hawthorne VM, and Oh MS. Reproducibility of reports of frequency of food use in the Tecumseh diet methodology study. *Am J Epidemiol* 1987; 125: 658-671.
- Thurnham DI, Davies JA, Crump BJ, et al. The use of different lipids to express serum tocopherol: lipid ratios for the measurement of vitamin E status. *Ann Clin Biochem* 1986; 23: 514-520.
- Tjønneland A, Overvad K, Haraldsdóttir J, Bang S, Ewerts M, Møller Jensen O. Validation of a semiquantitative food frequency questionnaire developed in Denmark. *Int J Epidemiol* 1991; 4: 906-912.
- Todd WS, Hudes M, Calloway DH. Food intake measurement: problems and approaches. *Am J Clin Nutr* 1983; 37: 139-146.
- Trautwein EA, Henninger K, Ebersdobler HF. Ist die mediterrane Ernährung eine empfehlenswerte Ernährungsweise? *Ernährungs-Umschau* 1998; 45: 359-364.
- Trichopoulou A, Katsouyanni K, Stuver S, Tzala L, Gnardellis C, Rimm E, Trichopoulos D. Consumption of olive oil and specific food groups in relation to breast cancer risk in Greece. *J Natl Cancer Inst* 1995; 87: 110-116.
- Trulson MF and McCann MB. Comparison of dietary survey methods. *J Am Diet Assoc* 1959; 35: 672-676.
- Van den Brandt PA, Goldbohm RA, van't Veer P, Volovics A, Hermus RJJ, Sturmans F. A large-scale prospective cohort study on diet and cancer in the Netherlands. *J Clin Epidemiol* 1990; 43: 285-295.
- Van Liere MJ, Lucas F, Clavel F, Slimani N, Villeminot S. Relative validity and reproducibility of a French dietary history questionnaire. *Int J Epidemiol* 1997; 26 (Suppl. 1): S128-S136.
- Van't Veer P, Kardinal AFM, Bausch-Goldbohm RA and Kok Fj. Biomarkers for validation. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47 (Suppl. 2): S58-S63.
- Vestergaard P, Leverett MS, Orangeburg NY. Constancy of urinary creatinine excretion. *J Lab Clin Med* 1958; 51: 211-218.
- Vuilleumier JP, Keller HE, Gysel D, Hunziker F. Clinical chemical methods for the routine assessment of the vitamin status in human populations. Part I: The fat-soluble vitamin A and E, and β -carotenes. *Internat J Vit Nutr Res* 1983; 53: 265-272.
- Willett WC, Stampfer MJ, Underwood BA, Speizer FE, Rosner B, and Hennekens CH. Validation of a dietary questionnaire with plasma carotenoid and α -tocopherol levels. *Am J Clin Nutr* 1983; 38: 631-639.
- Willett WC, Sampson L, Stampfer MJ, Rosner B, Bain C, Witschi J, Hennekens CH, Speizer FE. Reproducibility and validity of a semiquantitative food frequency questionnaire. *Am J Epidemiol* 1985; 122: 51-65.
- Willett W, Stampfer MJ. Total energy intake: implications for epidemiologic analyses. *Am J Epidemiol* 1986; 124: 17-22.
- Willett WC, Reynolds RD, Cottrell-Hoehner S, Sampson L, Brown ML. Validation of a semiquantitative food frequency questionnaire: comparison with a one-year record. *J Am Diet Assoc* 1987; 87: 43-47.
- Willett WC, Stampfer MJ, Colditz GA, Rosner BA, Hennekens CH, and Speizer FE. Dietary fat and risk of breast cancer. *N Engl J Med* 1987; 316: 22-28.
- Willett WC, Sampson L, Browne ML, Stampfer MJ, Rosner B, Hennekens CH, and Speizer FE. The use of a self-administered questionnaire to assess diet four years in the past. *Am J Epidemiol* 1988; 127: 188-199.
- Willett W. An overview of issues related to the correction of non-differential exposure measurement error in epidemiologic studies. *Stat Med* 1989; 8: 1031-1040.

- Willett WC. Nutritional Epidemiology. Monographs in Epidemiology and Biostatistics. Vol. 15. Oxford University Press, New York 1990.
- Young CM, Hagan GC, Tucker RE, Foster WD. A comparison of dietary study methods. II. Dietary history vs. 24-hr recall. *J Am Diet Assoc* 1952; 28: 218-221.
- Young VR and Pellett PL. Protein intake and requirements with reference to diet and health. *Am J Clin Nutr* 1987; 45: 1323-1343.

ANHANG

*Ihre Abschätzung, wie häufig Sie in der Zeit der Heidelberger Ernährungsstudie durchschnittlich die folgenden Lebensmittel pro **Tag** oder pro **Woche** verzehrt haben:*

Lebensmittel

- Ich habe pro Tag ____ Scheiben Brot gegessen.
 Ich habe pro Woche ____ Portionen Wurst gegessen.
 Ich habe pro Woche ____ Portionen Käse gegessen.
 Ich habe pro Woche ____ Portionen Suppe gegessen.
 Ich habe pro Woche ____ Portionen gekochtes Gemüse gegessen.
 Ich habe pro Woche ____ Portionen Kartoffeln, Nudeln, Reis als Mahlzeitenbeilage oder als Hauptgericht gegessen.
 Ich habe pro Woche ____ Portionen Fleisch als warme Mahlzeit gegessen.
 Ich habe pro Woche ____ Salat / rohes Gemüse gegessen.
 Ich habe pro Woche ____ Portionen frisches Obst gegessen.
 Ich habe pro Woche ____ Portionen Süßspeisen / Desserts gegessen.
 Ich habe pro Woche ____ Gläser (0,2l) Fruchtsaft oder Limonadengenetränke getrunken.

Wie oft haben Sie in einer Woche warme Mahlzeiten zu sich genommen? ____ pro Woche

Wie oft haben Sie durchschnittlich außer Haus (in der Kantine oder im Restaurant / Imbiß) gegessen? ____ pro Woche

Vielen Dank!

Abbildung 3: Fragebogen zu Verzehrshäufigkeiten

Version 0

- Fragebogendaten ohne Annahmen für fehlende Werte.

Version 1

- Wurde bei einem Lebensmittel keine Markierung in den Feldern „Esse ich“ oder „Esse ich nicht“ gesetzt, so wurde davon ausgegangen, daß das Lebensmittel *nicht verzehrt* worden ist, unabhängig davon, ob weitere Informationen (z.B. zur Portionsgröße und Verzehrshäufigkeit) gegeben wurden oder nicht.
- Wurde das Feld „Esse ich nicht“ markiert, obwohl weitere Markierungen gesetzt wurden, so wurden diese Angaben ignoriert und das Lebensmittel als *nicht verzehrt* behandelt.
- Wurde das Feld „Esse ich“ angestrichen, aber nicht alle bzw. gar keine weiteren Informationen angegeben, so wurden die persönlichen Angaben des Teilnehmers ignoriert und das arithmetische Mittel der Verzehrsmenge der übrigen Teilnehmer eingesetzt, die das Lebensmittel verzehrten und deren Angaben keine Fehler enthielten.
- Wurde eine Zusatzfrage, die das verzehrte Lebensmittel genauer spezifiziert (z.B. Fettgehalt des verzehrten Käses), nicht oder falsch ausgefüllt, so wurden die persönlichen Angaben ignoriert und die üblichen Verzehrsgewohnheiten (Käse mit normalem Fettgehalt im Gegensatz zu fettreduziertem Käse) zugrundegelegt.

Version 2

- Wurde bei einem Lebensmittel keine Markierung in den Feldern „Esse ich“ oder „Esse ich nicht“ gesetzt, so wurde davon ausgegangen, daß das Lebensmittel *verzehrt* worden ist, unabhängig davon, ob weitere Informationen (z.B. zur Portionsgröße und Verzehrshäufigkeit) vorhanden waren oder nicht.
- Wurde das Feld „Esse ich nicht“ markiert, obwohl weitere Markierungen gesetzt wurden, so wurde das Lebensmittel als *verzehrt* behandelt.
- Wurde das Feld „Esse ich“ angestrichen, aber nicht alle bzw. gar keine weiteren Informationen angegeben, so wurden die persönlichen Angaben des Teilnehmers ignoriert und das arithmetische Mittel der Verzehrsmenge der übrigen Teilnehmer eingesetzt, die das Lebensmittel verzehrten und deren Angaben keine Fehler enthielten.
- Wurde eine Zusatzfrage, die das verzehrte Lebensmittel genauer spezifiziert (z.B. Fettgehalt des verzehrten Käses), nicht oder falsch ausgefüllt, so wurden die persönlichen Angaben ignoriert und die üblichen Verzehrsgewohnheiten (Käse mit normalem Fettgehalt im Gegensatz zu fettreduziertem Käse) zugrundegelegt.

Abbildung 4: Umgang mit Ausfüllfehlern

Tabelle 28: Durchschnittliche Lebensmittelaufnahme (g/Tag)* für alle Ernährungserhebungsinstrumente (n = 104 Personen)

LEBENSMITTEL	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Brot	133,4±61,4 (116,5)	163,0±92,8 (137,7)	158,8±87,1 (138,0)	172,9±79,0 (160,6)
Nährmittel	74,5±49,6 (65,6)	79,0±52,6 (72,6)	75,3±53,6 (63,5)	62,7±43,8 (53,8)
Kuchen, Plätzchen	65,7±44,3 (54,2)	63,0±58,8 (45,8)	60,9±50,5 (45,0)	- -
Süßer Brotaufstrich	11,2±18,8 (7,8)	11,0±10,7 (8,5)	10,8±11,7 (8,5)	- -
Obst	159,0±120,6 (125,9)	313,5±365,1 (247,3)	262,7±224,5 (202,9)	123,3±93,9 (110,0)
Gemüse	137,5±64,3 (129,3)	236,2±137,6 (214,8)	196,0±95,7 (172,4)	122,1±51,1 (115,8)
Kartoffeln	74,5±45,8 (67,3)	103,4±68,5 (89,7)	98,4±58,1 (81,3)	78,8±42,7 (73,2)
Erfrischungsgetränke	705,2±455,0 (597,9)	869,7±660,9 (675,3)	909,6±664,0 (722,7)	860,7±626,2 (670,5)
Milch, Milchprodukte	144,4±166,9 (88,1)	200,1±142,6 (161,8)	184,2±131,3 (152,7)	- -
Käse	30,6±20,8 (25,7)	40,8±37,0 (28,5)	33,8±22,5 (28,7)	23,0±16,4 (19,2)
Kaffee, Tee	692,1±357,1 (655,4)	745,7±519,5 (605,3)	651,6±391,9 (614,4)	- -
Alkoholische Getränke	268,9±300,9 (167,9)	282,7±391,3 (158,1)	266,0±298,1 (163,4)	- -
Fette	16,4±12,2 (14,4)	16,4±17,4 (11,9)	15,2±19,1 (8,7)	15,4±20,1 (10,1)
Soßen	40,7±21,6 (37,0)	57,4±41,3 (42,9)	50,4±40,2 (41,7)	29,9±19,3 (23,8)
Fleisch	82,6±42,5 (78,1)	101,1±73,1 (88,0)	97,5±83,1 (75,4)	62,4±36,6 (55,4)
Wurstwaren	64,4±45,4 (59,9)	69,1±53,9 (56,3)	65,1±58,7 (48,1)	54,1±48,8 (42,5)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

Tabelle 29: Durchschnittliche Lebensmittelaufnahme (g/Tag)* für alle Ernährungserhebungsinstrumente
a) Männer (n = 49)

LEBENSMITTEL	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Brot	165,9±66,9 (155,0)	190,4±101,0 (177,5)	182,6±101,3 (174,2)	200,3±74,5 (205,9)
Nährmittel	88,0±54,5 (78,6)	94,1±59,9 (87,9)	87,0±63,6 (72,1)	69,6±49,3 (55,3)
Kuchen, Plätzchen	70,4±45,3 (63,3)	71,8±53,0 (58,4)	70,3±55,8 (48,3)	- -
Süßer Brotaufstrich	13,3±26,2 (7,5)	12,8±12,8 (8,6)	12,3±14,6 (8,7)	- -
Obst	177,0±140,7 (166,2)	305,1±251,7 (238,5)	295,9±292,9 (194,5)	126,5±121,4 (101,3)
Gemüse	141,3±64,3 (120,9)	239,1±137,4 (215,4)	205,1±99,8 (175,0)	123,3±49,7 (115,8)
Kartoffeln	78,4±50,9 (67,1)	112,7±72,8 (100,8)	111,4±68,2 (88,1)	84,7±44,6 (79,3)
Erfrischungsgetränke	803,6±540,6 (625,0)	919,0±687,7 (717,3)	963,4±702,2 (766,6)	860,4±613,4 (726,8)
Milch, Milchprodukte	164,2±179,1 (122,5)	199,3±136,9 (172,2)	192,8±137,3 (154,4)	- -
Käse	30,6±20,8 (23,7)	43,3±40,0 (26,3)	33,8±22,3 (29,9)	23,5±16,8 (19,3)
Kaffee, Tee	620,2±330,5 (636,7)	655,2±502,7 (474,7)	543,9±374,1 (460,3)	- -
Alkoholische Getränke	403,9±360,7 (323,5)	421,1±490,0 (287,8)	378,2±341,5 (290,2)	- -
Fette	14,5±12,4 (12,9)	16,0±19,0 (11,8)	15,2±21,7 (6,7)	16,0±24,9 (10,0)
Soßen	44,9±25,4 (37,6)	63,5±44,9 (49,6)	56,5±46,3 (46,4)	32,9±20,6 (23,9)
Fleisch	93,7±41,0 (87,4)	120,8±76,6 (110,6)	115,1±92,1 (91,4)	73,5±33,3 (65,9)
Wurstwaren	81,0±47,1 (67,9)	80,5±55,0 (66,5)	83,2±64,8 (67,8)	71,6±58,4 (53,0)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen, (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

b) Frauen (n = 55)

LEBENSMITTEL	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Brot	104,4±37,5 (98,7)	138,6±78,0 (126,3)	137,4±66,2 (122,4)	148,5±75,4 (127,1)
Nährmittel	62,6±41,8 (56,7)	65,6±41,1 (57,6)	64,8±40,6 (52,9)	56,6±37,7 (49,8)
Kuchen, Plätzchen	61,5±43,3 (48,8)	55,1±63,0 (34,8)	52,6±44,1 (40,0)	- -
Süßer Brotaufstrich	9,3±7,3 (8,3)	9,3±7,9 (8,6)	9,4±8,3 (7,1)	- -
Obst	143,0±97,9 (120,7)	321,1±444,8 (248,7)	233,2±134,1 (207,6)	120,5±60,8 (118,2)
Gemüse	134,1±64,8 (130,2)	233,6±139,0 (201,9)	188,0±92,2 (167,2)	121,1±52,8 (115,7)
Kartoffeln	70,9±40,9 (68,3)	95,2±64,0 (84,7)	86,9±44,9 (80,5)	73,7±40,7 (65,7)
Erfrischungsgetränke	617,5±344,3 (550,0)	825,9±639,2 (628,5)	861,6±630,6 (659,2)	860,9±643,1 (627,2)
Milch, Milchprodukte	126,8±154,8 (85,8)	200,8±148,9 (155,4)	176,5±126,6 (151,1)	- -
Käse	30,6±21,0 (26,7)	38,5±34,3 (28,9)	33,7±23,0 (26,9)	22,6±16,2 (19,1)
Kaffee, Tee	756,2±370,5 (660,9)	826,3±525,3 (652,6)	747,5±385,6 (662,5)	- -
Alkoholische Getränke	148,5±160,4 (95,8)	159,4±214,1 (95,3)	166,0±210,3 (89,7)	- -
Fette	18,0±11,9 (16,1)	16,6±16,0 (12,0)	15,1±16,6 (10,8)	14,9±14,7 (10,9)
Soßen	36,9±16,8 (35,2)	52,0±37,4 (39,0)	45,0±33,4 (39,7)	27,1±17,8 (23,6)
Fleisch	72,7±41,8 (70,0)	83,5±65,6 (66,2)	81,8±71,4 (67,7)	52,4±36,7 (45,6)
Wurstwaren	49,6±38,5 (45,8)	59,0±51,3 (46,1)	49,0±47,8 (37,4)	38,6±31,4 (29,6)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen, (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

**Tabelle 30: Über- oder Unterschätzung des medianen Lebensmittelverzehr der Fragebogendaten (EF2), in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls, stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)**

LEBENSMITTEL	EF1-EF2 ¹ %	24HR-EF2 ¹ %	24HR-EF2korr ¹ %
Brot	98,1	112,4	132,8
Nährmittel	82,0	91,7	70,4
Kuchen, Plätzchen	82,7	76,3	-
Süßer Brotaufstrich	102,3	116,1	-
Obst	81,5	117,0	60,9
Gemüse	81,2	144,7	95,8
Kartoffeln	87,4	131,3	118,1
Erfrischungsgetränke	106,9	122,6	116,3
Milch, Milchprodukte	89,7	126,0	-
Käse	113,7	126,0	81,3
Kaffee, Tee	97,0	72,3	-
Alkoholische Getränke	100,8	89,7	-
Fette	56,8	52,1	77,3
Soßen	93,5	123,5	63,7
Fleisch	82,6	104,6	75,4
Wurstwaren	101,9	99,8	78,0

b) Frauen (n = 55)

LEBENSMITTEL	EF1-EF2 ¹ %	24HR-EF2 ¹ %	24HR-EF2korr ¹ %
Brot	96,9	123,9	128,7
Nährmittel	91,8	93,4	87,9
Kuchen, Plätzchen	114,9	81,9	-
Süßer Brotaufstrich	83,5	85,5	-
Obst	83,5	172,1	98,0
Gemüse	82,8	128,3	88,8
Kartoffeln	95,0	117,7	96,2
Erfrischungsgetränke	104,9	119,8	114,0
Milch, Milchprodukte	97,2	176,0	-
Käse	93,1	101,0	71,6
Kaffee, Tee	101,5	100,2	-
Alkoholische Getränke	94,0	93,5	-
Fette	90,0	67,2	67,6
Soßen	101,8	112,7	67,0
Fleisch	102,3	96,7	65,1
Wurstwaren	81,1	81,5	64,6

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

Tabelle 31: Median der individuellen Differenzen (MED_{Diff}) und mittlere absolute Abweichung vom Median der Differenzen (MAD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

LEBENSMITTEL	EF1-EF2 ¹		24HR-EF2 ¹		24HR-EF2korr ¹	
	Mittlere Zufuhr ²	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$
Brot	175,8	11,3±56,9	164,6	-3,7±45,0	180,4	25,3±32,7
Nährmittel	80,0	3,9±24,5	75,3	-12,5±30,8	66,9	-16,6±24,9
Kuchen, Plätzchen	53,3	1,2±22,8	55,8	0,2±24,6	-	-
Süßer Brotaufstrich	8,6	0,0±5,2	8,1	0,6±6,3	-	-
Obst	216,5	18,5±148,3	180,3	34,3±122,5	133,7	-44,7±48,5
Gemüse	195,2	17,5±60,3	147,9	52,8±56,5	118,3	-21,8±30,4
Kartoffeln	94,4	0,0±25,3	77,6	24,3±39,7	73,2	5,9±26,3
Erfrischungsgetränke	741,9	-45,8±307,7	695,8	29,1±325,1	675,9	-25,0±267,7
Milch, Milchprodukte	163,3	7,2±62,1	138,4	34,3±67,5	-	-
Käse	28,1	5,3±17,2	26,8	4,5±9,0	21,5	-8,0±8,8
Kaffee, Tee	467,5	37,8±169,2	548,5	-61,4±152,4	-	-
Alkoholische Getränke	289,0	0,0±188,1	306,8	-3,3±107,3	-	-
Fette	9,2	0,3±8,2	9,8	-2,2±8,2	11,4	-1,3±8,3
Soßen	48,0	4,6±19,2	41,9	7,4±21,4	30,7	-12,6±13,1
Fleisch	101,0	9,3±34,3	89,4	1,9±34,7	76,6	-23,7±18,4
Wurstwaren	67,1	0,5±28,5	67,8	-6,1±27,3	60,4	-20,3±25,4

b) Frauen (n = 55)

LEBENSMITTEL	EF1-EF2 ¹		24HR-EF2 ¹		24HR-EF2korr ¹	
	Mittlere Zufuhr ²	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$
Brot	124,3	-3,6±38,9	110,5	23,2±34,3	112,9	25,6±34,8
Nährmittel	55,2	-1,3±16,0	54,8	-1,7±24,0	53,2	-7,6±18,1
Kuchen, Plätzchen	38,9	-1,2±22,7	44,4	-3,3±23,8	-	-
Süßer Brotaufstrich	7,8	0,0±3,4	7,7	-0,1±3,8	-	-
Obst	228,1	36,9±119,5	164,1	63,8±75,6	119,4	-24,0±44,3
Gemüse	184,5	33,3±63,3	148,7	44,5±52,4	122,9	-7,0±32,7
Kartoffeln	82,6	12,5±25,7	74,4	15,4±21,8	67,0	-5,3±18,9
Erfrischungsgetränke	643,8	-41,1±255,5	604,6	85,8±271,2	588,6	87,6±295,3
Milch, Milchprodukte	153,2	16,5±81,0	118,4	73,2±60,8	-	-
Käse	27,9	1,4±11,0	26,8	3,7±10,4	22,9	-6,8±11,1
Kaffee, Tee	657,5	13,1±225,8	661,7	0,0±133,3	-	-
Alkoholische Getränke	92,4	-1,5±47,5	92,7	1,4±48,5	-	-
Fette	11,4	1,2±9,1	13,4	-2,9±8,0	13,5	-3,0±6,9
Soßen	39,3	4,6±15,1	37,4	5,2±15,0	29,4	-11,1±9,6
Fleisch	66,9	-0,4±26,3	68,8	-3,0±29,9	57,8	-21,2±18,9
Wurstwaren	41,7	3,3±20,7	41,6	-6,4±22,2	37,7	-5,1±18,9

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² Mittlere Zufuhr (Median) in Gramm pro Tag berechnet aus beiden Fragebögen bzw. Erhebungsinstrumenten

Tabelle 32: Spearman Rangkorrelationen der Lebensmittelaufnahme aus allen Ernährungserhebungsinstrumenten (ohne und mit Korrektur der Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls), stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

LEBENSMITTEL	Korrelationskoeffizient			VQ ²	Fehler bereinigter r ³	
	EF1 vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹	24HR	24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
Brot	0,47	0,46	0,68	1,40	0,48	0,72
Nährmittel	0,75	0,44	0,58	9,17	0,59	0,76
Kuchen, Plätzchen	0,70	0,59	-	13,86	0,87	-
Süßer Brotaufstrich	0,75	0,72	-	0,39	0,73	-
Obst	0,57	0,55	0,50	1,72	0,59	0,53
Gemüse	0,50	0,30	0,39	7,28	0,39	0,50
Kartoffeln	0,78	0,35	0,44	7,39	0,44	0,56
Erfrischungsgetränke	0,50	0,65	0,68	0,96	0,68	0,71
Milch, Milchprodukte	0,63	0,63	-	0,81	0,65	-
Käse	0,55	0,54	0,50	6,79	0,67	0,62
Kaffee, Tee	0,80	0,73	-	0,72	0,76	-
Alkoholische Getränke	0,75	0,84	-	1,03	0,87	-
Fette	0,55	0,29	0,25	1,30	0,31	0,26
Soßen	0,61	0,26	0,30	8,32	0,33	0,39
Fleisch	0,74	0,51	0,39	11,27	0,70	0,54
Wurstwaren	0,59	0,55	0,59	4,46	0,64	0,69

b) Frauen (n = 55)

LEBENSMITTEL	Korrelationskoeffizient			VQ ²	Fehler bereinigter r ³	
	EF1 vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹	24HR	24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
Brot	0,41	0,49	0,70	2,93	0,54	0,79
Nährmittel	0,68	0,29	0,44	9,56	0,39	0,58
Kuchen, Plätzchen	0,68	0,49	-	6,03	0,60	-
Süßer Brotaufstrich	0,74	0,54	-	3,41	0,61	-
Obst	0,67	0,42	0,48	2,50	0,46	0,53
Gemüse	0,55	0,37	0,40	5,27	0,44	0,48
Kartoffeln	0,62	0,36	0,47	10,86	0,50	0,65
Erfrischungsgetränke	0,80	0,71	0,71	1,11	0,74	0,74
Milch, Milchprodukte	0,46	0,47	-	0,85	0,48	-
Käse	0,62	0,37	0,47	6,26	0,45	0,58
Kaffee, Tee	0,58	0,69	-	0,84	0,71	-
Alkoholische Getränke	0,95	0,92	-	1,29	0,97	-
Fette	0,54	0,49	0,60	2,47	0,54	0,66
Soßen	0,53	0,35	0,46	29,65	0,65	0,85
Fleisch	0,77	0,50	0,55	5,79	0,61	0,67
Wurstwaren	0,79	0,49	0,54	4,19	0,57	0,62

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² VQ = (intraindividuelle Variabilität / interindividuelle Variabilität) berechnet auf Basis der 24h-Recalls

³ Korrelationskoeffizienten, korrigiert um die Variabilität in den 24h-Recalls;
 Formel: $r^*(\sqrt{1+VQ \cdot 24HR/12})$;
 95% Konfidenzintervalle für $n = 52$ sind: 0,1 (-0,18-0,36); 0,2 (-0,08-0,45); 0,3 (0,03-0,53)
 0,4 (0,14-0,61); 0,5 (0,26-0,68); 0,6 (0,39-0,75); 0,7 (0,53-0,82); 0,8 (0,67-0,88); 0,9 (0,83-0,94)

Tabelle 33: Anzahl Personen, bei denen ein Trend in den Ernährungsgewohnheiten während der zwölf 24h-Recalls auftreten ist

LEBENSMITTEL	Anzahl Personen
Brot	5
Nährmittel	2
Kuchen, Plätzchen	1
Süßer Brotaufstrich	4
Obst	6
Gemüse	3
Kartoffeln	3
Erfrischungsgetränke	10
Milch, Milchprodukte	1
Käse	0
Kaffee, Tee	3
Alkoholische Getränke	1
Fette	7
Soßen	5
Fleisch	2
Wurstwaren	3

Tabelle 34: Durchschnittlicher Lebensmittelverzehr (g/Tag) der 24h-Recalls, berechnet als Median pro Quintil, unter Verwendung unterschiedlicher Grenzwerte, stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

LEBENSMITTEL	Median 24HR ¹ , 24HR-Grenzen					Median 24HR ¹ , EF2-Grenzen					Median 24HR ¹ , EF2korr-Grenzen				
	Quintil	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Brot	93,3	127,5	155,5	188,2	275,0	110,9	146,9	178,9	135,9	218,3	103,4	160,8	147,1	187,1	232,1
Nährmittel	21,7	53,5	78,6	117,3	172,9	51,9	45,6	118,3	93,5	77,9	36,7	65,6	87,1	108,3	124,2
Kuchen, Plätzchen	15,9	41,9	64,2	91,9	140,8	31,2	41,9	71,0	76,6	116,0	-	-	-	-	-
Süßer Brotaufstrich	0,8	4,0	7,9	15,0	24,2	1,7	5,0	7,5	16,5	20,8	-	-	-	-	-
Obst	26,9	101,2	168,1	220,3	324,4	51,7	180,1	119,2	220,1	245,6	71,1	151,8	162,0	176,1	163,2
Gemüse	69,1	103,2	126,3	161,0	262,4	106,8	115,6	127,4	150,8	138,7	112,7	105,0	143,5	150,0	166,7
Kartoffeln	15,0	47,9	67,3	115,2	148,7	42,7	50,8	66,8	115,6	67,1	28,7	60,0	61,0	75,8	117,1
Erfrischungsgetränke	302,1	513,1	638,4	954,1	1667,1	364,2	542,5	664,6	794,6	1160,0	392,1	527,7	664,6	1013,6	1160,0
Milchprodukte	6,1	58,6	123,5	174,6	384,5	57,1	69,4	130,6	145,5	323,7	-	-	-	-	-
Käse	8,7	16,7	24,2	43,7	64,0	20,2	12,7	20,0	41,9	49,0	15,8	20,2	29,2	37,9	56,7
Kaffee, Tee	217,1	436,5	649,6	810,6	1070,7	247,9	467,5	701,8	664,2	916,6	-	-	-	-	-
Alkoholika	12,5	164,2	326,3	500,0	1000,8	12,5	176,9	297,7	547,9	1000,8	-	-	-	-	-
Fette	2,5	8,5	13,6	16,3	28,4	9,5	12,1	9,4	15,6	14,6	10,7	10,2	11,9	15,8	14,2
Soßen	22,6	33,6	37,9	50,9	77,6	37,4	28,9	50,0	33,3	52,0	35,5	35,0	35,0	50,9	42,1
Fleisch	41,8	69,0	87,5	126,8	144,7	65,6	92,5	91,4	80,6	130,5	76,0	79,4	98,4	112,5	127,6
Wurstwaren	27,8	52,7	70,5	98,3	165,4	33,5	70,0	71,1	87,8	119,2	33,5	66,8	75,0	93,4	119,2

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

b) Frauen (n = 55)

LEBENSMITTEL	Median 24HR ¹ , 24HR-Grenzen					Median 24HR ¹ , EF2-Grenzen					Median 24HR ¹ , EF2korr-Grenzen					
	Quintil	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Brot		68,2	79,6	98,7	115,9	158,2	75,0	93,8	100,8	106,7	128,6	72,3	90,7	100,8	124,7	126,9
Nährmittel		20,3	34,0	56,7	72,5	121,3	37,5	37,2	63,7	77,2	71,2	37,5	47,9	34,2	72,5	100,4
Kuchen, Plätzchen		10,8	38,5	48,8	76,2	128,6	40,0	43,8	44,6	54,6	92,4	-	-	-	-	-
Süßer Brotaufstrich		1,7	5,6	8,3	10,0	19,6	5,4	5,8	8,2	9,4	17,1	-	-	-	-	-
Obst		30,0	94,2	120,7	163,5	303,1	101,2	95,7	117,7	190,2	216,1	87,9	120,1	118,1	133,7	206,2
Gemüse		57,7	92,8	130,2	164,9	220,7	67,2	128,3	118,0	180,7	140,1	61,5	89,0	125,3	132,6	145,3
Kartoffeln		27,1	47,5	68,3	79,2	120,4	41,9	68,3	63,8	76,7	75,8	47,5	63,3	77,5	75,8	111,2
Erfrischungsgetränke		225,8	440,8	550,0	764,2	1033,5	225,8	440,8	681,7	764,2	779,2	225,8	436,0	681,7	700,4	779,2
Milchprodukte		26,7	55,8	85,8	137,4	215,7	53,2	80,0	70,0	90,2	174,6	-	-	-	-	-
Käse		9,4	19,8	26,7	33,3	55,0	20,2	23,3	27,9	21,7	48,7	19,1	23,3	32,4	27,9	32,7
Kaffee, Tee		394,1	558,3	660,9	791,7	1241,7	394,1	685,8	597,5	739,7	1095,8	-	-	-	-	-
Alkoholika		0,0	33,3	95,8	175,0	435,8	0,0	41,7	108,3	145,8	435,8	-	-	-	-	-
Fette		4,1	11,4	16,1	21,3	35,4	8,1	9,8	17,0	15,8	24,2	6,4	11,4	13,2	19,2	24,2
Soßen		15,9	24,6	35,2	45,3	60,9	33,5	24,2	44,5	41,3	40,0	28,4	32,7	24,6	41,3	52,3
Fleisch		17,5	51,3	70,0	91,0	131,7	40,0	62,5	78,8	72,9	111,7	38,7	65,0	76,7	91,4	91,3
Wurstwaren		7,5	20,4	45,8	63,8	92,1	12,1	53,7	55,4	33,7	66,3	8,7	56,0	51,9	66,3	63,3

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

Tabelle 35: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen verglichen mit den 24h-Recalls fehlklassifiziert werden, stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

LEBENSMITTEL	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert ² (%)	extrem fehlklassifiziert ² (%)	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert (%)	extrem fehlklassifiziert (%)
Brot	38,8	26,5	2,0	42,9	36,7	0,0
Nährmittel	22,4	44,9	2,0	34,7	32,7	0,0
Kuchen, Plätzchen	38,8	28,6	0,0	-	-	-
Süßer Brotaufstrich	44,9	40,8	0,0	-	-	-
Obst	32,7	32,7	0,0	38,8	34,7	2,0
Gemüse	26,5	36,7	4,1	36,7	22,4	0,0
Kartoffeln	36,7	28,6	6,1	34,7	40,8	6,1
Erfrischungsgetränke	42,9	40,8	2,0	44,9	38,8	2,0
Milch, Milchprodukte	36,7	32,7	0,0	-	-	-
Käse	32,7	40,8	0,0	36,7	34,7	0,0
Kaffee, Tee	44,9	36,7	0,0	-	-	-
Alkoholische Getränke	59,2	30,6	0,0	-	-	-
Fette	30,6	32,7	4,1	24,5	36,7	2,0
Soßen	28,6	40,8	2,0	24,5	44,9	6,1
Fleisch	28,6	38,8	0,0	24,5	38,8	2,0
Wurstwaren	40,8	38,8	2,0	34,7	53,1	2,0

b) Frauen (n = 55)

LEBENSMITTEL	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert ² (%)	extrem fehlklassifiziert ² (%)	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert (%)	extrem fehlklassifiziert (%)
Brot	29,1	43,6	1,8	32,7	50,9	0,0
Nährmittel	27,3	40,0	3,6	30,9	36,4	3,6
Kuchen, Plätzchen	30,9	40,0	1,8	-	-	-
Süßer Brotaufstrich	43,6	34,5	1,8	-	-	-
Obst	16,4	54,5	1,8	32,7	32,7	0,0
Gemüse	30,9	40,0	3,6	36,4	29,1	1,8
Kartoffeln	25,5	38,2	3,6	25,5	47,3	1,8
Erfrischungsgetränke	50,9	27,3	0,0	49,1	29,1	0,0
Milch, Milchprodukte	36,4	32,7	0,0	-	-	-
Käse	25,5	32,7	0,0	14,5	49,1	0,0
Kaffee, Tee	36,4	45,5	0,0	-	-	-
Alkoholische Getränke	56,4	41,8	0,0	-	-	-
Fette	30,9	36,4	0,0	36,4	41,8	0,0
Soßen	30,9	32,7	1,8	30,9	40,0	0,0
Fleisch	30,9	40,0	5,5	23,6	50,9	1,8
Wurstwaren	30,9	34,5	1,8	36,4	34,5	1,8

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² Gering fehlklassifiziert = 1 Quintil Abweichung; extrem fehlklassifiziert = 4 Quintile Abweichung

Tabelle 36: Regression der Lebensmittelaufnahme aus dem Ernährungsfragebogen auf die 24h-Recalls, stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

LEBENSMITTEL	EF2 auf 24HR ¹		EF2korr auf 24HR ¹	
	a ²	b ²	a	b
Brot	75,8*	0,71	71,0*	0,87
Nährmittel	50,3*	0,74	28,6*	0,81
Kuchen, Plätzchen	21,3	1,51	-	-
Süßer Brotaufstrich	7,1*	0,40	-	-
Obst	78,3	1,49	8,1	0,77
Gemüse	134,8*	0,80	77,2*	0,53
Kartoffeln	82,2*	0,60	58,0*	0,55
Erfrischungsgetränke	484,5*	0,65	387,3*	0,64
Milch, Milchprodukte	114,4*	0,51	-	-
Käse	16,7*	0,88	10,1*	0,69
Kaffee, Tee	77,1	0,79	-	-
Alkoholische Getränke	53,6	0,87	-	-
Fette	-0,8	1,22	-5,1	1,61
Soßen	38,9*	0,66	21,0*	0,46
Fleisch	22,3	1,94	40,9*	0,68
Wurstwaren	36,6*	0,78	31,5	0,67

b) Frauen (n = 55)

LEBENSMITTEL	EF2 auf 24HR ¹		EF2korr auf 24HR ¹	
	a ²	b ²	a	b
Brot	49,8*	1,04	7,4	1,68
Nährmittel	46,4*	0,52	28,6*	0,81
Kuchen, Plätzchen	22,9*	0,72	-	-
Süßer Brotaufstrich	3,8*	0,77	-	-
Obst	167,3*	0,56	76,4*	0,37
Gemüse	122,1*	0,70	72,6*	0,52
Kartoffeln	55,3*	0,84	37,0*	0,99
Erfrischungsgetränke	244,1	1,09	299,5	0,99
Milch, Milchprodukte	124,8*	0,44	-	-
Käse	19,0*	0,73	15,0*	0,38
Kaffee, Tee	190,4*	0,79	-	-
Alkoholische Getränke	-10,6	1,32	-	-
Fette	5,2	0,66	2,8	0,81
Soßen	18,1	2,53	7,7	1,80
Fleisch	19,1	1,27	14,6	0,77
Wurstwaren	26,8*	0,61	18,2*	0,55

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² a = Schätzer für den Achsenabschnitt (α), b = Schätzer für das Steigungsmaß (β), korrigiert um die intraindividuelle Variabilität in den 24h-Recalls; Korrekturformel: $b \cdot (1 + VQ_{24HR}/12)$

Tabelle 37: Durchschnittliche Lebensmittelaufnahme (g/Tag)* für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Altersgruppen
a) Teilnehmer im Alter von 35-44 Jahren (n = 36)

LEBENSMITTEL	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Brot	129,9±51,7 (126,7)	160,4±104,2 (135,2)	154,8±87,2 (127,7)	166,9±80,9 (158,5)
Nährmittel	103,5±48,3 (105,6)	104,5±54,0 (93,4)	98,3±52,0 (83,1)	84,9±46,7 (73,7)
Kuchen, Plätzchen	66,8±41,0 (61,7)	61,0±55,0 (37,8)	58,0±48,9 (44,6)	- -
Süßer Brotaufstrich	9,3±9,3 (6,4)	9,0±7,9 (8,3)	8,3±8,5 (5,4)	- -
Obst	127,9±92,7 (108,1)	220,5±142,8 (197,4)	189,1±109,5 (187,0)	104,1±53,7 (102,4)
Gemüse	146,1±67,6 (134,3)	242,6±159,2 (193,8)	175,8±96,4 (163,4)	117,8±53,7 (112,8)
Kartoffeln	63,4±43,7 (63,1)	91,3±59,0 (70,3)	87,9±66,4 (70,1)	69,8±39,0 (69,9)
Erfrischungsgetränke	767,4±465,8 (699,5)	711,4±469,0 (627,9)	853,2±554,9 (735,3)	848,1±640,8 (714,0)
Milch, Milchprodukte	161,2±174,9 (102,4)	166,9±99,8 (150,8)	174,7±141,3 (157,7)	- -
Käse	33,9±17,6 (30,8)	46,4±44,5 (34,6)	32,5±21,2 (31,0)	22,2±13,4 (20,5)
Kaffee, Tee	732,8±442,0 (607,1)	717,7±544,9 (523,1)	622,7±364,3 (614,8)	- -
Alkoholische Getränke	163,7±198,9 (77,6)	197,5±271,2 (93,8)	169,0±204,5 (95,4)	- -
Fette	18,1±13,6 (15,8)	18,8±21,2 (13,9)	18,0±21,7 (12,5)	19,9±27,2 (13,6)
Soßen	44,5±23,9 (40,7)	63,5±51,9 (43,2)	52,3±59,1 (37,3)	31,2±24,4 (23,7)
Fleisch	77,8±49,9 (66,9)	99,8±81,4 (67,8)	92,0±99,7 (70,4)	61,7±42,8 (53,8)
Wurstwaren	44,3±33,6 (41,9)	57,0±59,1 (33,8)	61,5±69,9 (44,7)	53,4±61,2 (34,2)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen, (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

b) Teilnehmer im Alter von 45-54 Jahren (n = 35)

LEBENSMITTEL	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Brot	122,6±62,3 (106,7)	151,7±81,4 (128,2)	149,9±74,0 (136,3)	169,8±81,8 (136,3)
Nährmittel	61,7±48,6 (50,0)	67,6±50,1 (59,2)	64,4±48,9 (48,7)	48,9±32,3 (47,8)
Kuchen, Plätzchen	56,7±47,1 (45,0)	59,3±57,3 (41,4)	49,7±42,1 (33,3)	- -
Süßer Brotaufstrich	8,1±6,7 (7,5)	10,2±9,8 (7,2)	9,2±7,9 (7,1)	- -
Obst	146,6±99,1 (124,6)	411,2±571,8 (264,9)	318,2±248,2 (234,0)	122,9±64,7 (107,4)
Gemüse	132,3±70,5 (120,9)	248,0±127,4 (225,9)	214,2±95,6 (213,7)	134,2±54,1 (122,9)
Kartoffeln	75,9±52,3 (62,9)	95,5±58,2 (86,2)	97,3±54,0 (86,5)	73,4±39,1 (55,9)
Erfrischungsgetränke	743,2±511,6 (609,1)	1035,9±835,0 (685,5)	1042,0±779,4 (855,9)	870,1±541,8 (763,2)
Milch, Milchprodukte	123,9±155,7 (84,5)	220,5±153,6 (166,9)	169,9±116,4 (151,1)	- -
Käse	31,0±22,4 (24,6)	36,6±33,4 (25,0)	31,3±21,7 (25,6)	25,2±18,8 (17,7)
Kaffee, Tee	628,2±288,9 (637,1)	778,0±463,2 (685,5)	619,3±357,1 (600,0)	- -
Alkoholische Getränke	364,1±341,3 (279,0)	391,3±493,5 (249,3)	345,8±297,7 (264,2)	-
Fette	15,3±12,4 (13,4)	13,8±12,5 (10,1)	15,1±20,1 (6,2)	14,5±17,6 (8,3)
Soßen	42,1±23,9 (36,0)	61,2±37,1 (49,2)	53,6±28,5 (52,4)	32,3±18,7 (26,6)
Fleisch	90,6±41,7 (91,4)	115,9±82,8 (107,8)	112,5±91,4 (75,9)	65,5±37,5 (62,9)
Wurstwaren	74,9±55,5 (66,7)	84,2±59,1 (71,5)	74,3±62,4 (62,9)	60,4±50,0 (45,1)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen, (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

c) Teilnehmer im Alter von 55-64 Jahren (n = 33)

LEBENSMITTEL	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Brot	148,6±68,6 (126,7)	177,7±91,9 (158,8)	172,6±99,9 (164,4)	182,7±75,3 (180,0)
Nährmittel	56,6±37,6 (53,3)	63,2±43,7 (49,4)	61,7±53,3 (47,9)	53,0±42,6 (38,0)
Kuchen, Plätzchen	74,1±44,1 (67,9)	69,0±65,5 (57,6)	76,2±57,7 (50,7)	- -
Süßer Brotaufstrich	16,4±30,8 (9,2)	13,9±13,4 (10,0)	15,0±16,4 (10,0)	- -
Obst	206,1±153,0 (189,5)	311,5±198,2 (248,7)	284,3±271,6 (203,4)	144,7±140,9 (110,3)
Gemüse	133,7±54,0 (125,9)	216,7±123,9 (182,6)	198,8±93,8 (167,4)	114,1±43,5 (115,6)
Kartoffeln	85,0±38,8 (79,2)	125,1±83,5 (108,9)	111,1±51,5 (88,8)	94,5±47,0 (83,8)
Erfrischungsgetränke	596,9±364,7 (560,0)	866,3±604,9 (683,8)	830,5±638,6 (648,5)	864,4±707,7 (606,6)
Milch, Milchprodukte	147,8±172,3 (90,2)	214,7±166,2 (159,5)	209,6±135,2 (155,4)	- -
Käse	26,5±22,2 (20,8)	39,1±31,7 (28,9)	37,7±24,9 (33,0)	21,5±16,9 (19,1)
Kaffee, Tee	715,6±318,0 (664,2)	741,9±560,1 (609,9)	717,2±455,2 (619,7)	- -
Alkoholische Getränke	282,6±318,9 (173,0)	260,5±363,5 (162,3)	287,2±357,9 (156,7)	- -
Fette	15,6±10,5 (14,2)	16,4±17,3 (11,8)	12,1±14,5 (6,9)	11,4±11,1 (8,5)
Soßen	35,0±14,6 (34,5)	46,8±30,1 (39,5)	45,1±21,6 (39,7)	25,9±12,2 (22,0)
Fleisch	79,3±33,8 (76,7)	86,7±46,8 (88,4)	87,5±45,5 (88,2)	59,7±27,9 (51,7)
Wurstwaren	75,1±37,7 (69,5)	66,4±37,4 (59,4)	59,1±38,5 (45,0)	48,2±28,8 (43,0)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen, (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

Tabelle 38: Über- oder Unterschätzung des medianen Lebensmittelverzehr der Fragebogendaten (EF2), in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls, stratifiziert nach Altersgruppen

LEBENSMITTEL	35-44 Jahre			45-55 Jahre			55-64 Jahre		
	EF1-EF2 ¹ %	24HR-EF2 ¹ %	24HR-EF2korr ¹ %	EF1-EF2 %	24HR-EF2 %	24HR-EF2korr %	EF2-EF1 %	24HR-EF2 %	24HR-EF2korr %
Brot	94,4	100,8	125,1	106,3	127,7	127,7	103,5	129,7	142,1
Nährmittel	91,1	78,5	69,8	82,3	97,4	95,6	97,0	89,9	71,3
Kuchen, Plätzchen	118,0	72,3	-	80,4	74,0	-	88,0	74,7	-
Süßer Brotaufstrich	65,1	84,4	-	98,6	94,7	-	100,0	108,7	-
Obst	94,7	173,0	94,7	88,3	187,8	86,2	81,8	107,3	58,2
Gemüse	84,3	121,7	84,0	94,6	176,8	101,6	91,7	133,0	91,8
Kartoffeln	99,7	111,1	110,8	100,3	137,5	88,9	81,5	112,2	105,8
Erfrischungsgetränke	117,1	105,1	102,1	124,9	140,5	125,3	94,8	115,8	108,3
Milch, Milchprodukte	104,6	154,0	-	90,5	178,8	-	97,4	172,3	-
Käse	89,6	100,6	66,6	102,4	104,1	71,9	114,2	158,6	91,8
Kaffee, Tee	117,5	101,3	-	87,6	94,2	-	101,6	93,3	-
Alkoholische Getränke	101,7	122,9	-	106,0	94,7	-	96,5	90,6	-
Fette	89,9	79,1	86,1	61,4	46,3	61,9	58,5	48,6	59,9
Soßen	86,3	91,6	58,2	106,5	145,5	73,9	100,5	115,1	63,8
Fleisch	103,8	105,2	80,4	70,4	83,0	68,8	99,8	115,0	67,4
Wurstwaren	132,2	106,7	81,6	88,0	94,3	67,6	75,7	64,7	61,9

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen, (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

Tabelle 39: Median der individuellen Differenzen (MED_{Diff}) und mittlere absolute Abweichung vom Median der Differenzen (MAD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Altersgruppen
a) 35-44 Jahre (n = 36)

LEBENSMITTEL	EF1 vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2korrr ¹	
	Mittlere Zufuhr ²	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$
Brot	131,4	4,2±51,9	127,2	11,5±39,9	142,6	31,5±33,8
Nährmittel	87,4	2,3±14,6	93,5	-15,5±32,2	89,6	-15,8±24,0
Kuchen, Plätzchen	41,2	2,9±16,4	53,1	-7,7±20,1	-	-
Süßer Brotaufstrich	6,8	0,1±4,0	5,9	-1,2±4,2	-	-
Obst	192,2	16,3±60,9	147,5	38,4±56,4	105,2	-5,4±44,6
Gemüse	178,6	49,6±61,5	148,8	26,0±49,6	123,5	-13,0±39,2
Kartoffeln	70,2	10,7±20,3	66,6	19,1±30,9	66,5	2,2±22,0
Erfrischungsgetränke	681,6	-102,2±190,3	717,4	52,6±213,6	706,7	35,4±253,3
Milch, Milchprodukte	154,2	-10,5±48,9	130,0	4,3±44,6	-	-
Käse	32,8	5,8±16,4	30,9	-0,8±7,8	25,6	-13,1±9,7
Kaffee, Tee	568,9	16,4±176,9	610,9	-92,8±140,4	-	-
Alkoholische Getränke	94,6	0,0±67,8	86,5	0,4±65,2	-	-
Fette	13,2	0,4±7,1	14,1	-0,8±7,2	14,7	-1,0±8,2
Soßen	40,2	9,0±18,2	39,0	1,6±22,8	32,2	-14,8±12,4
Fleisch	69,1	10,8±31,1	68,6	-3,5±39,2	60,3	-17,6±18,4
Wurstwaren	39,2	2,4±26,2	43,3	0,1±28,9	38,0	-0,5±26,7

b) 45-54 Jahre (n = 35)

LEBENSMITTEL	EF1 vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2korrr ¹	
	Mittlere Zufuhr ²	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MED_{Diff} \pm MAD_{Diff}$
Brot	132,2	-2,1±40,8	121,5	23,2±37,3	121,5	29,3±34,8
Nährmittel	53,9	3,1±20,4	49,3	-3,5±26,5	48,9	-12,0±19,6
Kuchen, Plätzchen	37,3	0,6±23,9	39,1	-3,3±28,0	-	-
Süßer Brotaufstrich	7,1	0,0±3,4	7,3	1,7±2,8	-	-
Obst	249,4	37,3±219,7	179,3	81,8±153,5	116,0	-30,8±39,9
Gemüse	219,8	5,8±64,7	167,3	52,8±64,1	121,9	-12,1±32,0
Kartoffeln	86,3	4,6±24,1	74,7	18,2±34,3	59,4	-5,4±22,5
Erfrischungsgetränke	770,7	-45,8±396,3	732,5	101,6±398,2	686,1	16,1±278,9
Milch, Milchprodukte	159,0	30,6±77,9	117,8	58,7±72,9	-	-
Käse	25,3	6,3±10,8	25,1	4,9±10,7	21,1	-6,8±8,6
Kaffee, Tee	642,7	49,3±194,9	618,5	6,3±134,4	-	-
Alkoholische Getränke	256,7	-16,5±180,7	271,6	-0,6±93,9	-	-
Fette	8,1	1,9±9,3	9,8	-2,2±8,8	10,8	-2,2±6,8
Soßen	50,8	4,2±20,5	44,2	7,4±17,5	31,3	-11,2±12,8
Fleisch	91,8	-2,2±43,1	83,6	1,3±34,8	77,1	-24,3±19,9
Wurstwaren	67,2	0,2±26,8	64,8	-1,8±25,1	111,8	-17,7±19,1

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korrr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² Mittlere Zufuhr (Median) in Gramm pro Tag berechnet aus beiden Fragebögen bzw. Ernährungserhebungsinstrumenten

c) 54-64 Jahre (n = 33)

LEBENSMITTEL	EF1 vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2 _{korrr} ¹	
	Mittlere Zufuhr ²	MED _{Diff} ± MAD _{Diff}	Mittlere Zufuhr	MED _{Diff} ± MAD _{Diff}	Mittlere Zufuhr	MED _{Diff} ± MAD _{Diff}
Brot	161,6	14,7±51,2	145,5	-0,2±38,4	153,3	15,2±32,9
Nährmittel	48,6	-0,8±24,4	50,6	-1,7±23,1	45,6	-8,4±18,5
Kuchen, Plätzchen	54,1	-9,8±25,2	59,3	2,7±24,5	-	-
Süßer Brotaufstrich	10,0	0,0±5,2	9,6	0,3±8,1	-	-
Obst	226,0	25,8±119,6	196,4	42,6±81,6	149,9	-65,4±48,4
Gemüse	175,0	9,8±57,1	146,6	47,0±50,2	120,7	-21,8±22,8
Kartoffeln	98,8	0,0±32,9	84,0	20,1±26,8	81,5	5,3±21,4
Erfrischungsgetränke	666,1	0,0±251,6	604,2	54,9±275,3	583,3	66,6±305,1
Milch, Milchprodukte	314,9	5,0±88,8	122,8	73,2±72,5	-	-
Käse	30,9	-5,3±15,0	26,9	7,6±10,9	19,9	-0,8±11,4
Kaffee, Tee	614,8	8,2±221,1	641,9	-49,3±149,5	-	-
Alkoholische Getränke	159,5	0,3±87,7	164,8	3,3±69,0	-	-
Fette	9,3	2,4±9,5	10,5	-4,9±8,3	11,3	-3,2±7,7
Soßen	39,6	3,5±12,0	37,1	7,0±10,7	28,2	-10,8±8,3
Fleisch	88,3	-0,3±18,6	82,4	1,9±21,3	64,2	-21,2±17,8
Wurstwaren	52,2	6,5±18,6	57,2	-14,9±19,6	56,2	-21,2±19,3

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2_{korrr} = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² Mittlere Zufuhr (Median) in Gramm pro Tag berechnet aus beiden Fragebögen bzw. Ernährungserhebungsinstrumenten

Tabelle 40: Spearman Rangkorrelationen der Lebensmittelaufnahme aus allen Ernährungserhebungsinstrumenten (ohne und mit Korrektur der Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls), stratifiziert nach Altersgruppen
a) 35-44 Jahre (n = 36)

LEBENSMITTEL	Korrelationskoeffizient			VQ ²	fehlerbereinigter r ³	
	EF1 vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹	24HR	24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
Brot	0,58	0,48	0,65	2,29	0,52	0,71
Nährmittel	0,75	0,13	0,48	22,83	0,23	0,81
Kuchen, Plätzchen	0,77	0,56	-	12,14	0,80	-
Süßer Brotaufstrich	0,79	0,68	-	1,59	0,72	-
Obst	0,64	0,68	0,50	2,65	0,75	0,55
Gemüse	0,76	0,15	0,23	5,37	0,19	0,28
Kartoffeln	0,75	0,34	0,45	12,37	0,49	0,64
Erfrischungsgetränke	0,75	0,78	0,74	0,99	0,81	0,77
Milch, Milchprodukte	0,69	0,60	-	0,85	0,63	-
Käse	0,66	0,46	0,47	7,85	0,60	0,60
Kaffee, Tee	0,72	0,68	-	0,56	0,69	-
Alkoholische Getränke	0,96	0,89	-	1,87	0,96	-
Fette	0,82	0,51	0,47	1,09	0,53	0,49
Soßen	0,74	0,36	0,69	13,86	0,53	1,01
Fleisch	0,88	0,61	0,60	4,16	0,71	0,69
Wurstwaren	0,78	0,58	0,62	5,86	0,70	0,75

b) 45-54 Jahre (n = 35)

LEBENSMITTEL	Korrelationskoeffizient			VQ ²	fehlerbereinigter r ³	
	EF1 vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹	24HR	24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
Brot	0,54	0,60	0,82	1,12	0,63	0,86
Nährmittel	0,75	0,24	0,29	7,89	0,30	0,37
Kuchen, Plätzchen	0,56	0,56	-	6,92	0,70	-
Süßer Brotaufstrich	0,78	0,57	-	5,26	0,69	-
Obst	0,53	0,21	0,46	3,05	0,24	0,52
Gemüse	0,36	0,43	0,44	5,89	0,52	0,53
Kartoffeln	0,64	0,42	0,28	5,23	0,50	0,34
Erfrischungsgetränke	0,60	0,55	0,58	0,89	0,57	0,60
Milch, Milchprodukte	0,60	0,52	-	1,02	0,55	-
Käse	0,65	0,37	0,58	10,37	0,51	0,79
Kaffee, Tee	0,63	0,63	-	1,16	0,66	-
Alkoholische Getränke	0,77	0,87	-	0,93	0,90	-
Fette	0,44	0,51	0,59	2,41	0,56	0,65
Soßen	0,37	0,17	0,10	7,31	0,21	0,13
Fleisch	0,77	0,55	0,47	10,66	0,75	0,64
Wurstwaren	0,73	0,67	0,73	2,99	0,75	0,82

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² VQ = (intraindividuelle Variabilität / interindividuelle Variabilität) berechnet auf Basis der 24h-Recalls

³ Korrelationskoeffizienten, korrigiert um die Variabilität in den 24h-Recalls;

Formel: $r^* = \sqrt{1 + VQ \cdot 24HR / 12}$;

95 % Konfidenzintervalle für n = 35 sind: 0,1 (-0,24-0,42); 0,2 (-0,14-0,50); 0,3 (-0,04-0,58)

0,4 (0,08-0,65); 0,5 (0,20-0,71); 0,6 (0,33-0,78); 0,7 (0,48-0,84); 0,8 (0,64-0,89); 0,9 (0,81-0,95)

c) 55-64 Jahre (n = 33)

LEBENSMITTEL	Korrelationskoeffizient			VQ ²	Fehler bereinigter r ³	
	EF1 vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹	24HR	24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
Brot	0,33	0,39	0,71	0,91	0,40	0,74
Nährmittel	0,54	0,49	0,56	7,44	0,63	0,71
Kuchen, Plätzchen	0,71	0,63	-	10,18	0,86	-
Süßer Brotaufstrich	0,67	0,61	-	0,34	0,62	-
Obst	0,58	0,66	0,50	1,52	0,70	0,53
Gemüse	0,42	0,54	0,61	8,08	0,70	0,78
Kartoffeln	0,69	0,26	0,54	15,65	0,40	0,81
Erfrischungsgetränke	0,63	0,59	0,65	1,13	0,62	0,68
Milch, Milchprodukte	0,31	0,61	-	0,62	0,62	-
Käse	0,48	0,66	0,42	3,22	0,75	0,47
Kaffee, Tee	0,74	0,80	-	0,88	0,83	-
Alkoholische Getränke	0,87	0,90	-	0,58	0,92	-
Fette	0,43	0,22	0,27	2,48	0,25	0,30
Soßen	0,38	0,52	0,31	41,24	1,10	0,66
Fleisch	0,66	0,33	0,30	12,80	0,47	0,43
Wurstwaren	0,54	0,48	0,53	6,03	0,59	0,65

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² VQ = (intraindividuelle Variabilität / interindividuelle Variabilität) berechnet auf Basis der 24h-Recalls

³ Korrelationskoeffizienten, korrigiert um die Variabilität in den 24h-Recalls;
Formel: $r^* = \sqrt{1 + VQ \cdot 24HR / 12}$;

95 % Konfidenzintervalle für n = 35 sind: 0,1 (-0,24-0,42); 0,2 (-0,14-0,50); 0,3 (-0,04-0,58)
0,4 (0,08-0,65); 0,5 (0,20-0,71); 0,6 (0,33-0,78); 0,7 (0,48-0,84); 0,8 (0,64-0,89); 0,9 (0,81-0,95)

**Tabelle 41: Durchschnittlicher Lebensmittelverzehr (g/Tag) der 24h-Recalls, berechnet als Median pro Quintil, unter Verwendung unterschiedlicher Grenzwerte, stratifiziert nach Altersgruppen
a) 35-44 Jahre (n = 36)**

LEBENSMITTEL	Median 24HR ¹ , 24HR-Grenzen					Median 24HR ¹ , EF2-Grenzen					Median 24HR ¹ , EF2korr-Grenzen					
	Quintil	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Brot		71,8	90,8	128,6	158,2	208,7	75,5	151,9	132,8	128,6	159,2	78,6	83,4	148,3	145,5	208,7
Nährmittel		37,4	77,2	106,2	124,2	172,9	71,5	106,2	124,2	119,3	110,0	77,9	90,8	123,3	118,3	139,8
Kuchen, Plätzchen		12,1	41,2	68,1	86,2	127,8	48,1	42,9	40,1	78,3	109,7	-	-	-	-	-
Süßer Brotaufstrich		0,4	5,4	6,7	9,6	19,6	2,1	6,7	6,2	12,3	16,7	-	-	-	-	-
Obst		26,9	68,9	110,9	166,2	291,2	42,2	127,2	118,1	110,9	260,1	27,5	120,1	150,6	127,2	122,4
Gemüse		70,0	106,5	137,6	161,8	262,4	130,6	167,3	128,2	106,5	145,3	126,3	106,3	157,2	128,3	145,3
Kartoffeln		13,3	31,2	63,8	77,5	129,2	36,6	62,5	68,7	54,6	75,8	36,6	14,0	77,9	67,5	70,0
Erfrischungsgetränke		220,0	530,8	705,0	974,9	1623,1	220,0	530,8	705,0	930,4	1012,2	220,0	524,6	1012,2	827,5	1015,0
Milchprodukte		36,9	68,8	122,2	168,4	323,7	55,0	141,1	90,3	80,0	323,7	-	-	-	-	-
Käse		14,6	24,2	32,4	42,2	57,5	23,6	32,7	24,2	37,5	55,0	22,7	20,5	54,2	38,3	42,2
Kaffee, Tee		340,4	470,8	616,7	798,2	1520,8	340,4	756,3	597,5	739,7	1095,8	-	-	-	-	-
Alkoholika		0,0	33,3	78,3	238,3	435,8	0,0	33,3	124,4	141,7	435,8	-	-	-	-	-
Fette		6,5	10,4	15,8	19,2	36,4	10,8	10,4	15,8	16,0	28,4	8,2	11,7	18,3	16,3	28,4
Soßen		16,0	34,4	42,1	53,7	72,5	39,5	24,1	51,3	45,3	53,7	26,0	33,5	24,6	55,9	71,4
Fleisch		17,5	51,3	68,7	101,6	157,5	28,1	51,4	91,0	88,7	130,6	44,0	61,7	69,6	78,8	130,5
Wurstwaren		10,2	24,6	43,3	60,0	83,3	12,7	46,4	66,7	43,3	47,9	12,7	27,7	60,8	45,4	67,9

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

b) 45-54 Jahre (n = 35)

LEBENSMITTEL	Median 24HR ¹ , 24HR-Grenzen					Median 24HR ¹ , EF2-Grenzen					Median 24HR ¹ , EF2korr-Grenzen					
	Quintil	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Brot		61,2	91,7	106,7	148,7	197,5	75,0	91,7	122,5	126,9	149,2	69,2	90,7	111,9	148,7	156,0
Nährmittel		13,7	31,3	50,0	70,4	117,5	47,5	47,9	37,9	55,8	72,2	47,5	63,2	28,3	37,9	109,6
Kuchen, Plätzchen		11,7	31,1	45,0	59,4	154,2	11,7	43,8	49,2	54,6	54,5	-	-	-	-	-
Süßer Brotaufstrich		0,8	3,3	7,5	10,0	18,5	0,8	5,4	7,5	7,5	17,1	-	-	-	-	-
Obst		31,5	97,1	124,6	172,2	325,2	61,2	163,5	138,8	124,6	139,5	87,9	138,8	124,6	169,9	263,2
Gemüse		57,7	90,3	120,9	164,9	210,4	61,5	132,6	169,7	164,9	123,1	67,2	142,6	132,6	160,3	115,2
Kartoffeln		30,4	47,5	62,9	76,7	167,2	41,2	50,0	76,7	69,6	70,8	47,5	63,3	54,2	67,1	91,7
Erfrischungsgetränke		300,0	489,6	609,1	822,9	1160,0	420,8	440,8	609,1	884,2	766,7	359,2	501,7	822,9	554,2	1045,8
Milchprodukte		6,3	57,6	84,5	136,6	210,2	57,6	53,7	71,8	136,6	131,1	-	-	-	-	-
Käse		9,6	19,2	24,6	33,3	65,8	20,2	22,2	19,2	24,6	45,6	16,7	20,0	23,3	31,2	64,0
Kaffee, Tee		241,7	493,7	637,1	772,5	1037,5	241,7	605,4	772,1	637,1	889,0	-	-	-	-	-
Alkoholika		18,7	131,2	279,0	458,3	698,3	18,7	140,2	377,1	443,8	640,4	-	-	-	-	-
Fette		2,5	8,1	13,4	18,4	27,8	3,5	11,4	9,2	15,3	23,4	3,5	9,2	11,4	15,3	23,4
Soßen		22,9	28,4	36,0	48,8	74,5	28,0	45,3	37,3	28,8	35,0	38,4	36,0	34,5	50,5	33,2
Fleisch		24,2	72,9	91,4	111,7	138,6	81,2	97,5	72,9	127,6	111,7	54,1	85,8	87,9	99,6	135,8
Wurstwaren		8,7	37,8	68,9	97,9	155,1	18,7	51,9	77,1	111,9	85,0	11,7	53,7	66,7	135,8	85,0

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

c) 55-64 Jahre (n = 33)

LEBENSMITTEL	Median 24HR ¹ , 24HR-Grenzen					Median 24HR ¹ , EF2-Grenzen					Median 24HR ¹ , EF2korr-Grenzen					
	Quintil	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Brot		91,3	109,8	129,6	182,1	235,9	110,0	114,2	144,7	111,0	235,9	93,8	110,0	156,2	149,8	201,7
Nährmittel		8,2	33,7	53,5	70,6	114,2	33,2	58,7	34,2	64,6	87,5	31,2	33,7	55,0	104,1	65,8
Kuchen, Plätzchen		29,5	43,3	68,4	97,5	141,2	40,7	43,2	50,7	84,3	129,1	-	-	-	-	-
Süßer Brotaufstrich		2,5	7,5	9,6	14,2	25,6	5,0	8,3	9,4	18,7	23,7	-	-	-	-	-
Obst		82,1	118,7	189,9	242,8	332,5	107,1	137,4	135,5	190,2	332,5	117,7	149,1	181,5	133,7	312,0
Gemüse		71,9	110,0	128,1	155,1	200,9	110,0	125,3	120,3	183,1	160,0	120,4	99,9	121,6	179,3	185,9
Kartoffeln		37,1	65,8	79,3	113,3	137,8	72,9	80,8	72,7	122,1	87,0	65,8	67,5	70,0	80,8	122,7
Erfrischungsgetränke		227,1	397,7	566,5	692,9	1053,5	308,3	545,8	664,6	475,9	1037,7	327,1	373,6	570,8	700,4	859,9
Milchprodukte		20,5	42,2	103,4	160,4	339,9	36,2	80,1	79,4	160,4	262,2	-	-	-	-	-
Käse		5,0	13,3	21,1	34,8	55,4	9,4	13,7	18,7	34,8	48,3	15,0	9,6	43,8	22,5	29,8
Kaffee, Tee		316,7	566,7	682,7	808,3	1154,5	316,7	630,4	664,2	808,3	1029,8	-	-	-	-	-
Alkoholika		0,0	135,8	183,4	310,8	807,1	16,7	135,8	166,5	310,8	684,8	-	-	-	-	-
Fette		2,8	8,7	14,6	20,8	32,0	15,9	3,3	17,5	17,0	17,6	7,9	17,0	13,7	26,6	13,3
Soßen		15,9	26,4	34,5	41,3	52,1	27,6	24,1	36,1	50,8	36,9	33,7	35,4	33,1	26,4	51,6
Fleisch		40,0	62,5	78,4	91,3	128,1	63,3	80,0	76,7	81,2	99,5	62,5	80,0	66,7	107,8	88,5
Wurstwaren		32,1	55,4	71,3	85,4	135,7	44,2	55,4	81,2	66,3	113,4	44,2	63,7	82,6	66,3	113,3

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

Tabelle 42: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen verglichen mit den 24h-Recalls fehlklassifiziert werden, stratifiziert nach Altersgruppen
a) 35-44 Jahre (n = 36)

LEBENSMITTEL	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert ² (%)	extrem fehlklassifiziert ² (%)	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert (%)	extrem fehlklassifiziert (%)
Brot	30,6	30,6	0,0	38,9	38,9	0,0
Nährmittel	36,1	22,2	5,6	22,2	50,0	0,0
Kuchen, Plätzchen	16,7	52,8	2,8	-	-	-
Süßer Brotaufstrich	41,7	47,2	0,0	-	-	-
Obst	33,3	44,4	0,0	33,3	36,1	2,8
Gemüse	16,7	33,3	2,8	27,8	27,8	2,8
Kartoffeln	27,8	33,3	2,8	25,0	52,8	0,0
Erfrischungsgetränke	30,6	61,1	0,0	52,8	33,3	0,0
Milch, Milchprodukte	36,1	36,1	2,8	-	-	-
Käse	30,6	33,3	0,0	33,3	27,8	2,8
Kaffee, Tee	44,4	36,1	0,0	-	-	-
Alkoholische Getränke	61,1	33,3	0,0	-	-	-
Fette	30,6	36,1	2,8	41,7	30,6	2,8
Soßen	27,8	30,6	2,8	44,4	27,8	0,0
Fleisch	41,7	33,3	2,8	30,6	44,4	0,0
Wurstwaren	36,1	38,9	0,0	38,9	41,7	0,0

b) 45-54 Jahre (n = 35)

LEBENSMITTEL	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert ² (%)	extrem fehlklassifiziert ² (%)	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert (%)	extrem fehlklassifiziert (%)
Brot	34,3	40,0	2,9	45,7	51,4	0,0
Nährmittel	11,4	60,0	2,9	28,6	28,6	2,9
Kuchen, Plätzchen	28,6	42,9	0,0	-	-	-
Süßer Brotaufstrich	34,3	42,9	0,0	-	-	-
Obst	20,0	31,4	2,9	34,3	37,1	0,0
Gemüse	28,6	40,0	0,0	28,6	37,1	2,9
Kartoffeln	31,4	37,1	5,7	28,6	34,3	5,7
Erfrischungsgetränke	31,4	45,7	2,9	37,1	34,3	0,0
Milch, Milchprodukte	25,7	45,7	0,0	-	-	-
Käse	20,0	42,9	0,0	31,4	51,4	0,0
Kaffee, Tee	40,0	37,1	0,0	-	-	-
Alkoholische Getränke	54,3	37,1	0,0	-	-	-
Fette	45,7	28,6	2,9	40,0	34,3	0,0
Soßen	22,9	28,6	2,9	20,0	34,3	8,6
Fleisch	31,4	37,1	0,0	40,0	28,6	2,9
Wurstwaren	31,4	45,7	0,0	37,1	45,7	0,0

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² Gering fehlklassifiziert = 1 Quintil Abweichung; extrem fehlklassifiziert = 4 Quintile Abweichung

c) 55-64 Jahre (n = 33)

LEBENSMITTEL	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert ² (%)	extrem fehlklassifiziert ² (%)	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert (%)	extrem fehlklassifiziert (%)
Brot	30,3	42,4	0,0	42,4	42,4	0,0
Nährmittel	21,2	39,4	0,0	30,3	36,4	0,0
Kuchen, Plätzchen	30,3	51,5	0,0	-	-	-
Süßer Brotaufstrich	39,4	39,4	0,0	-	-	-
Obst	27,3	54,5	0,0	36,4	33,3	0,0
Gemüse	33,3	45,5	0,0	39,4	36,4	0,0
Kartoffeln	33,3	36,4	9,1	36,4	39,4	3,0
Erfrischungsgetränke	36,4	33,3	0,0	42,4	30,3	0,0
Milch, Milchprodukte	48,5	30,3	0,0	-	-	-
Käse	45,5	36,4	0,0	15,2	48,5	0,0
Kaffee, Tee	39,4	48,5	0,0	-	-	-
Alkoholische Getränke	48,5	48,5	0,0	-	-	-
Fette	24,2	36,4	3,0	24,2	39,4	0,0
Soßen	30,3	39,4	0,0	33,3	27,3	3,0
Fleisch	30,3	33,3	6,1	30,3	33,3	3,0
Wurstwaren	36,1	38,9	0,0	33,3	39,4	0,0

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² Gering fehlklassifiziert = 1 Quintil Abweichung; extrem fehlklassifiziert = 4 Quintile Abweichung

Tabelle 43: Regression der Lebensmittelaufnahme aus dem Ernährungsfragebogen auf die 24h-Recalls, stratifiziert nach Altersgruppen
a) 35-44 Jahre (n = 36)

LEBENSMITTEL	EF2 auf 24HR ¹		EF2korr auf 24HR ¹	
	a ²	b ²	a	b
Brot	64,9	0,82	31,7	1,24
Nährmittel	83,5*	0,41	40,7*	1,25
Kuchen, Plätzchen	9,0	1,47	-	-
Süßer Brotaufstrich	3,7*	0,55	-	-
Obst	85,1*	0,99	73,8*	0,29
Gemüse	129,7*	0,46	77,2*	0,40
Kartoffeln	48,5*	1,26	42,5*	0,87
Erfrischungsgetränke	254,7	0,84	317,8	0,75
Milch, Milchprodukte	71,5*	0,68	-	-
Käse	9,1	1,14	11,5*	0,51
Kaffee, Tee	146,2	0,68	-	-
Alkoholische Getränke	31,9	0,97	-	-
Fette	-4,0	1,33	-9,4*	1,77
Soßen	15,9	1,77	4,4	1,29
Fleisch	16,2	1,31	20,5	0,71
Wurstwaren	19,9	1,40	27,8	0,86

b) 45-54 (n = 35)

LEBENSMITTEL	EF2 auf 24HR ¹		EF2korr auf 24HR ¹	
	a ²	b ²	a	b
Brot	80,2*	0,62	47,5*	1,09
Nährmittel	46,5*	0,50	32,8*	0,43
Kuchen, Plätzchen	33,5*	0,44	-	-
Süßer Brotaufstrich	3,3	1,06	-	-
Obst	246,2*	0,61	74,0*	0,41
Gemüse	134,2*	0,89	86,2*	0,54
Kartoffeln	77,8*	0,37	55,9*	0,33
Erfrischungsgetränke	648,8*	0,57	485,3*	0,56
Milch, Milchprodukte	147,2*	0,19	-	-
Käse	20,8*	0,63	10,0*	0,91
Kaffee, Tee	124,3	0,87	-	-
Alkoholische Getränke	75,1	0,80	-	-
Fette	4,0*	0,86	1,9	0,98
Soßen	46,7*	0,26	27,7*	0,19
Fleisch	4,9	2,27	20,1	0,94
Wurstwaren	30,6	0,72	9,7	0,85

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² a = Schätzer für den Achsenabschnitt (α), b = Schätzer für das Steigungsmaß (β), korrigiert um die intraindividuelle Variabilität in den 24h-Recalls, Formel: $b \cdot (1 + VQ_{24HR}/12)$

c) 55-64 (n = 33)

LEBENSMITTEL	EF2 auf 24HR ¹		EF2korr auf 24HR ¹	
	a ²	b ²	a	b
Brot	51,3	0,88	68,1*	1,08
Nährmittel	24,1	1,07	20,4	0,94
Kuchen, Plätzchen	17,6	1,46	-	-
Süßer Brotaufstrich	8,9*	0,38	-	-
Obst	19,8	1,46	-9,9	0,84
Gemüse	98,1*	1,25	51,3*	0,79
Kartoffeln	80,5*	0,83	37,8*	1,54
Erfrischungsgetränke	229,2	1,09	268,4	1,09
Milch, Milchprodukte	142,0*	0,48	-	-
Käse	20,0*	0,85	16,3*	0,24
Kaffee, Tee	-25,4	1,12	-	-
Alkoholische Getränke	-1,6	1,07	-	-
Fette	10,2*	0,14	8,7*	0,20
Soßen	21,0*	3,06	14,2*	1,46
Fleisch	48,8*	1,01	34,6*	0,66
Wurstwaren	22,0	0,74	18,8	0,59

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² a = Schätzer für den Achsenabschnitt (α), b = Schätzer für das Steigungsmaß (β), korrigiert um die intraindividuelle Variabilität in den 24h-Recalls, Formel: $b \cdot (1 + VQ_{24HR}/12)$

Tabelle 44: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme pro Tag* für alle Ernährungserhebungsinstrumente (n = 104 Personen)

NÄHRSTOFF	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Energie (kJ)	9208,6±2182,9 (8727,6)	11861,9±4356,9 (10846,7)	10860,4±4200,0 (9813,0)	9667,3±3080,6 (9182,1)
(kcal)	2192,5±519,7 (2078,0)	2824,3±1037,4 (2582,5)	2585,8±1000,0 (2336,4)	2301,7±733,5 (2186,2)
Eiweiß (g)	72,9±20,2 (69,9)	91,7±37,0 (82,5)	84,9±36,2 (74,8)	72,6±22,8 (69,2)
Fett (g)	87,3±22,2 (84,6)	106,7±47,7 (96,8)	96,2±46,8 (79,4)	82,6±34,7 (75,9)
Gesättigte Fettsäuren (g)	35,3±9,8 (34,7)	42,4±19,6 (37,5)	38,6±19,6 (31,1)	34,0±16,2 (30,0)
Einf. unges. Fettsäuren (g)	28,9±7,9 (27,2)	34,8±16,4 (30,4)	31,2±16,0 (25,6)	26,6±11,4 (24,1)
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	12,0±3,5 (11,3)	15,3±6,8 (13,3)	13,5±6,1 (11,6)	11,1±4,0 (10,2)
Cholesterin (mg)	343,2±104,4 (335,1)	401,3±201,9 (354,5)	377,9±202,4 (332,1)	334,4±142,9 (316,8)
Kohlenhydrate (g)	225,0±68,4 (211,9)	312,1±117,5 (288,0)	286,5±111,3 (266,2)	263,4±93,2 (249,9)
Monosaccharide (g)	34,7±14,6 (32,6)	56,7±30,8 (49,7)	49,0±29,6 (40,4)	36,1±19,5 (32,7)
Disaccharide (g)	64,3±37,0 (54,7)	101,1±57,1 (85,9)	89,4±48,8 (79,5)	82,9±51,1 (67,9)
Polysaccharide (g)	126,8±19,5 (120,2)	151,4±63,3 (137,1)	146,2±62,3 (130,3)	143,5±50,9 (130,6)
Ballaststoffe (g)	22,3±8,4 (20,5)	33,0±14,3 (30,2)	30,6±13,3 (28,1)	25,5±9,8 (23,6)
Alkohol (g)	15,4±15,6 (10,5)	16,7±21,4 (10,2)	16,0±18,0 (10,3)	- -
Vitamin C (mg) ²	94,1±45,4 (81,1)	172,0±116,4 (135,8)	143,4±77,8 (127,0)	93,0±59,0 (79,0)
Vitamin E (mg) ²	10,0±3,5 (8,9)	15,4±7,9 (12,8)	13,4±6,6 (12,0)	10,2±4,0 (9,4)
Carotin (mg) ²	2,6±1,5 (2,1)	5,2±3,4 (4,3)	4,3±2,4 (3,8)	2,8±1,2 (2,7)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median).

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 45: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme pro Tag* für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

NÄHRSTOFF	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Energie (kJ)	10395,5±2057,8 (10518,6)	13192,6±4440,6 (12743,1)	12374,4±4612,5 (10765,8)	10972,8±3206,2 (10550,0)
Energie (kcal)	2475,1±489,9 (2504,4)	3141,1±1057,3 (3034,1)	2946,3±1098,2 (2563,3)	2612,6±763,4 (2511,9)
Eiweiß (g)	82,9±19,7 (77,4)	102,4±37,7 (92,1)	95,8±40,4 (86,7)	82,3±24,1 (79,7)
Fett (g)	92,5±23,9 (94,7)	117,2±52,7 (101,4)	106,9±52,1 (92,4)	92,7±40,2 (84,2)
Gesättigte Fettsäuren (g)	36,6±10,8 (36,1)	46,1±22,4 (38,6)	42,6±22,3 (37,5)	37,9±19,6 (33,4)
Einf. unges. Fettsäuren (g)	30,8±8,5 (30,9)	38,7±17,7 (34,7)	35,2±17,7 (30,2)	30,4±13,0 (26,7)
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	13,1±3,8 (12,5)	17,0±7,3 (15,8)	15,1±6,5 (13,6)	12,4±4,3 (11,9)
Cholesterin (mg)	367,7±113,3 (365,0)	445,7±222,6 (362,5)	422,0±225,9 (369,5)	373,6±160,4 (348,5)
Kohlenhydrate (g)	260,0±67,2 (247,6)	339,5±11,0 (311,4)	324,4±123,6 (290,7)	293,5±92,3 (289,4)
Monosaccharide (g)	38,8±17,3 (35,2)	58,2±28,4 (53,0)	54,3±36,1 (44,1)	37,4±19,6 (33,7)
Disaccharide (g)	70,2±39,0 (55,4)	103,4±39,7 (93,4)	99,3±50,6 (96,3)	90,3±52,6 (76,7)
Polysaccharide (g)	151,6±38,1 (147,6)	176,1±70,0 (157,8)	169,5±72,6 (164,7)	165,5±51,9 (161,7)
Ballaststoffe (g)	25,9±10,0 (24,4)	36,2±15,6 (35,1)	34,8±15,9 (33,9)	28,2±10,4 (27,0)
Alkohol (g)	21,3±18,2 (17,8)	22,8±25,2 (14,0)	21,6±21,0 (16,3)	- -
Vitamin C (mg) ²	99,3±44,0 (86,5)	172,6±107,1 (143,1)	156,5±94,2 (141,3)	90,6±39,5 (75,5)
Vitamin E (mg) ²	10,7±4,1 (9,1)	16,7±8,5 (14,0)	14,9±7,6 (13,6)	11,1±4,5 (10,1)
Carotin (mg) ²	2,4±1,2 (1,9)	5,2±3,2 (4,5)	4,7±2,9 (3,7)	2,9±1,3 (2,5)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

b) Frauen (n = 55)

NÄHRSTOFF	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Energie (kJ)	8151,3±1705,3 (7869,8)	10676,4±3955,0 (9790,4)	9511,6±3286,6 (8777,3)	8504,1±2457,6 (8097,9)
Energie (kcal)	1940,8±406,0 (1873,8)	2542,0±941,7 (2331,0)	2264,7±782,5 (2089,8)	2024,8±585,1 (1928,1)
Eiweiß (g)	63,8±15,9 (62,6)	82,0±33,7 (74,2)	75,0±28,8 (68,8)	63,7±17,5 (59,2)
Fett (g)	82,6±19,5 (79,8)	97,2±40,9 (86,2)	86,5±39,4 (74,0)	73,4±25,9 (68,3)
Gesättigte Fettsäuren (g)	34,1±8,7 (33,3)	39,1±16,1 (33,7)	35,0±16,2 (29,3)	30,5±11,6 (27,5)
Einf. unges. Fettsäuren (g)	27,3±6,9 (26,6)	31,1±14,3 (27,9)	27,7±13,5 (24,3)	23,2±8,6 (21,7)
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	11,0±3,0 (10,3)	13,8±5,9 (12,7)	12,2±5,3 (10,6)	9,9±3,2 (9,5)
Cholesterin (mg)	321,5±91,5 (320,8)	361,7±174,1 (331,6)	338,7±171,5 (284,7)	299,6±116,0 (283,0)
Kohlenhydrate (g)	193,3±52,5 (191,2)	287,2±118,6 (8259,2)	252,1±86,5 (235,9)	236,1±86,0 (216,6)
Monosaccharide (g)	31,1±10,7 (30,7)	55,3±32,9 (48,8)	44,4±21,6 (38,0)	34,9±19,6 (30,8)
Disaccharide (g)	59,1±34,7 (53,6)	99,0±69,3 (75,8)	80,7±45,8 (73,3)	76,4±49,2 (64,9)
Polysaccharide (g)	104,7±25,1 (103,6)	129,4±47,4 (119,5)	125,4±42,3 (118,3)	123,9±41,4 (117,0)
Ballaststoffe (g)	19,1±5,0 (19,2)	30,1±12,5 (29,1)	26,9±8,9 (25,9)	23,0±8,6 (21,2)
Alkohol (g)	10,0±10,4 (7,5)	11,2±15,7 (5,9)	11,1±13,2 (6,3)	- -
Vitamin C (mg) ²	89,4±46,5 (76,0)	171,5±125,1 (134,7)	131,7±58,1 (120,6)	95,1±72,4 (82,7)
Vitamin E (mg) ²	9,3±2,6 (8,4)	14,3±7,1 (12,0)	12,0±5,1 (10,3)	9,4±3,3 (8,9)
Carotin (mg) ²	2,8±1,8 (2,2)	5,2±3,6 (4,2)	4,0±1,8 (3,8)	2,7±1,1 (2,7)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 46: Über- oder Unterschätzung der mittleren Nährstoffaufnahme der Fragebogendaten (EF2), in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls, stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

NÄHRSTOFF	EF1-EF2 ¹ %	24HR-EF2 ¹ %	24HR-EF2korr ¹ %
Energie	93,8	119,0	105,5
Eiweiß	93,5	115,6	99,3
Fett	91,2	115,6	100,3
Gesättigte Fettsäuren	92,4	116,5	103,8
Einf. unges. Fettsäuren	91,0	114,2	98,5
Mehrf. unges. Fettsäuren	88,8	115,0	94,7
Cholesterin	94,7	114,8	101,6
Kohlenhydrate	95,5	124,8	112,9
Monosaccharide	93,3	139,7	96,2
Disaccharide	96,0	141,3	128,5
Polysaccharide	96,2	111,8	109,1
Ballaststoffe	96,1	134,4	109,1
Alkohol	94,7	101,3	-
Vitamin C ²	90,7	157,6	91,2
Vitamin E ²	89,2	139,7	103,7
Carotin ²	90,4	197,0	121,4

b) Frauen (n = 55)

NÄHRSTOFF	EF1-EF2 ¹ %	24HR-EF2 ¹ %	24HR-EF2korr ¹ %
Energie	89,1	116,7	104,3
Eiweiß	91,5	117,6	99,9
Fett	89,0	104,7	88,9
Gesättigte Fettsäuren	89,5	102,7	89,4
Einf. unges. Fettsäuren	89,1	101,4	85,5
Mehrf. unges. Fettsäuren	88,4	110,8	90,4
Cholesterin	93,6	105,4	93,2
Kohlenhydrate	87,8	130,4	122,1
Monosaccharide	80,3	142,5	112,2
Disaccharide	81,5	136,5	129,3
Polysaccharide	96,9	119,7	118,3
Ballaststoffe	89,4	140,5	119,9
Alkohol	99,1	110,7	-
Vitamin C ²	76,8	147,3	106,4
Vitamin E ²	83,9	128,5	101,2
Carotin ²	76,9	140,9	95,9

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 47: Mittelwert der individuellen Differenzen (MW_{Diff}) und Standardabweichung vom Mittelwert der Differenzen (SD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

NÄHRSTOFF	EF1 - EF2 ¹		24HR - EF2 ¹		24HR - EF2korr ¹	
	Mittlere Zufuhr ²	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$
Energie (kJ)	12783,5	818,3±3607,7	11384,9	-1978,9±4386,4	10684,1	-577,3±2585,3
Eiweiß (g)	99,1	6,5±30,4	89,3	-12,9±36,8	82,6	0,6±19,4
Fett (g)	112,0	10,3±40,9	99,7	-14,4±44,6	92,6	-0,3±27,9
Gesättigte Fettsäuren (g)	44,3	3,5±18,1	39,6	-6,1±18,0	37,2	-1,4±13,4
Einf. unges. Fettsäuren (g)	36,9	3,6±13,9	33,0	-4,4±15,2	30,6	0,5±9,1
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	16,0	1,9±4,9	14,1	-2,0±6,5	12,7	0,7±4,0
Cholesterin (mg)	433,8	23,7±169,0	394,8	-54,3±196,7	370,6	-5,9±135,0
Kohlenhydrate (g)	331,9	15,1±97,6	292,2	-64,4±125,6	276,7	-33,5±80,8
Monosaccharide (g)	56,2	4,0±30,5	46,5	-15,4±33,5	38,1	1,5±16,7
Disaccharide (g)	101,3	4,2±32,2	84,7	-29,0±48,8	80,2	-20,0±40,7
Polysaccharide (g)	172,8	6,5±68,7	160,5	-17,9±70,5	158,5	-13,9±46,4
Ballaststoffe (g)	35,5	1,4±12,7	30,3	-8,9±14,4	27,0	-2,3±7,2
Alkohol (g)	22,2	1,2±22,4	21,4	-0,3±11,5	-	-
Vitamin C (mg) ³	164,5	16,1±83,2	127,9	-57,2±91,5	94,9	8,7±36,8
Vitamin E (mg) ³	15,8	1,8±5,2	12,8	-4,2±7,5	10,9	-0,4±4,3
Carotin (mg) ³	4,9	0,5±2,3	3,5	-2,3±3,0	2,6	-0,5±1,6

b) Frauen (n = 55)

NÄHRSTOFF	EF1 - EF2 ¹		24HR - EF2 ¹		24HR - EF2korr ¹	
	Mittlere Zufuhr ²	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$
Energie (kJ)	10094,0	1164,8±2873,0	8831,4	-1360,3±3446,4	8327,7	-352,9±2236,5
Eiweiß (g)	78,5	7,0±24,7	69,4	-11,2±30,1	63,7	0,0±18,4
Fett (g)	91,8	10,7±35,5	84,5	-3,9±40,9	78,0	0,2±25,7
Gesättigte Fettsäuren (g)	37,0	4,0±15,1	34,5	-0,9±17,2	32,3	3,6±11,1
Einf. unges. Fettsäuren (g)	29,4	3,6±12,2	27,5	-0,4±14,2	25,2	4,0±9,0
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	13,0	1,6±4,8	11,6	-1,2±5,7	10,4	1,0±3,8
Cholesterin (mg)	350,2	23,0±136,1	330,1	-17,2±167,1	310,5	21,9±108,9
Kohlenhydrate (g)	269,6	35,1±84,2	222,7	-58,8±84,1	214,7	-42,8±68,3
Monosaccharide (g)	49,8	10,9±30,5	37,7	-13,2±20,4	33,0	-3,8±17,0
Disaccharide (g)	89,8	18,3±43,3	69,9	-21,6±35,9	67,7	-17,3±30,9
Polysaccharide (g)	127,4	4,0±44,0	115,0	-20,7±44,4	114,3	-19,2±36,4
Ballaststoffe (g)	28,5	3,2±11,9	23,0	-7,7±9,6	21,0	-3,8±7,9
Alkohol (g)	11,1	0,1±7,0	10,5	-1,1±6,0	-	-
Vitamin C (mg) ³	151,6	39,8±107,8	110,5	-42,3±59,0	92,2	-5,7±61,6
Vitamin E (mg) ³	13,1	2,3±5,8	10,6	-2,7±5,4	9,3	-0,1±3,6
Carotin (mg) ³	4,6	1,2±3,0	3,4	-1,2±2,3	2,7	0,1±1,9

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Mittlere Zufuhr in Gramm pro Tag berechnet aus beiden Fragebögen bzw. Ernährungserhebungsinstrumenten

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 48: Pearson Korrelationskoeffizienten der Nährstoffaufnahme zwischen Ernährungsfragebogen EF1 und EF2, stratifiziert nach Geschlecht

NÄHRSTOFF	Männer (n = 49)		Frauen (n = 55)	
	roh	energieadj. ¹	roh	energieadj. ¹
Energie	0,70	-	0,61	-
Eiweiß	0,71	0,52	0,60	0,71
Fett	0,67	0,39	0,55	0,51
Gesättigte Fettsäuren	0,65	0,42	0,53	0,47
Einf. unges. Fettsäuren	0,67	0,36	0,58	0,53
Mehrf. unges. Fettsäuren	0,75	0,63	0,54	0,56
Cholesterin	0,69	0,41	0,68	0,77
Kohlenhydrate	0,72	0,59	0,62	0,50
Monosaccharide	0,67	0,47	0,58	0,51
Disaccharide	0,82	0,76	0,69	0,53
Polysaccharide	0,64	0,55	0,48	0,44
Ballaststoffe	0,72	0,70	0,48	0,58
Alkohol	0,81	0,81	0,92	0,94
Vitamin C ²	0,73	0,52	0,63	0,64
Vitamin E ²	0,74	0,49	0,51	0,60
Carotin ²	0,64	0,53	0,62	0,72

¹ Energieadjustierung nach der Residuenmethode

95% Konfidenzintervalle für $n = 52$ sind: 0,1 (-0,18-0,36); 0,2 (-0,08-0,45); 0,3 (0,03-0,53) 0,4 (0,14-0,61); 0,5 (0,26-0,68); 0,6 (0,39-0,75); 0,7 (0,53-0,82); 0,8 (0,67-0,88); 0,9 (0,83-0,94)

² Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 49: Pearson Korrelationskoeffizienten der Nährstoffaufnahme aus allen Ernährungserhebungsinstrumenten (ohne und mit Korrektur der Verzehrsschwankungen in den 24h-Recalls), stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

NÄHRSTOFF	roh		VQ ²	energieadj. ³ , fehlerbereinigt ⁴	
	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹	24HR	24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
Energie	0,36	0,60	1,83	-	-
Eiweiß	0,45	0,61	2,39	0,43	0,59
Fett	0,51	0,66	2,67	0,58	0,71
Gesättigte Fettsäuren	0,55	0,68	2,06	0,72	0,77
Einf. unges. Fettsäuren	0,54	0,67	3,40	0,49	0,60
Mehrf. unges. Fettsäuren	0,34	0,50	3,64	0,39	0,48
Cholesterin	0,49	0,56	4,72	0,52	0,49
Kohlenhydrate	0,27	0,54	1,17	0,46	0,62
Monosaccharide	0,40	0,57	2,02	0,43	0,63
Disaccharide	0,47	0,67	0,78	0,53	0,68
Polysaccharide	0,37	0,49	1,86	0,52	0,64
Ballaststoffe	0,44	0,68	0,82	0,69	0,80
Alkohol	0,87	-	0,93	0,89	-
Vitamin C ⁵	0,35	0,58	4,59	0,48	0,79
Vitamin E ⁵	0,31	0,49	2,88	0,39	0,43
Carotin ⁵	0,22	0,29	7,66	0,44	0,49

b) Frauen (n = 55)

NÄHRSTOFF	roh		VQ ²	energieadj. ³ , fehlerbereinigt ⁴	
	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹	24HR	24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
Energie	0,14	0,42	1,58	-	-
Eiweiß	0,21	0,38	2,29	0,61	0,66
Fett	0,18	0,39	3,38	0,67	0,57
Gesättigte Fettsäuren	0,18	0,43	3,00	0,62	0,74
Einf. unges. Fettsäuren	0,17	0,34	3,37	0,49	0,30
Mehrf. unges. Fettsäuren	0,13	0,28	9,13	0,22	0,41
Cholesterin	0,36	0,46	4,95	0,55	0,61
Kohlenhydrate	0,22	0,49	1,11	0,59	0,52
Monosaccharide	0,37	0,46	3,01	0,55	0,60
Disaccharide	0,41	0,60	0,72	0,58	0,59
Polysaccharide	0,18	0,43	2,85	0,58	0,75
Ballaststoffe	0,12	0,42	2,36	0,52	0,65
Alkohol	0,90	-	1,25	0,93	-
Vitamin C ⁵	0,42	0,58	7,56	0,62	0,73
Vitamin E ⁵	0,09	0,25	15,66	0,39	0,50
Carotin ⁵	0,32	0,29	10,47	0,37	0,28

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² VQ = (intraindividuelle Variabilität / interindividuelle Variabilität)

³ Energieadjustierung mittels der Residuenmethode

⁴ Korrelationskoeffizienten, korrigiert um die Variabilität in den 24h-Recalls;

Korrekturformel: $r^*(\sqrt{1+VQ24HR/12})$

95% Konfidenzintervalle für n = 52 sind: 0,1 (-0,18-0,36); 0,2 (-0,08-0,45); 0,3 (0,03-0,53)

0,4 (0,14-0,61); 0,5 (0,26-0,68); 0,6 (0,39-0,75); 0,7 (0,53-0,82); 0,8 (0,67-0,88); 0,9 (0,83-0,94)

⁵ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 50: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme (g/Tag) der 24h-Recalls, berechnet als Mittelwert pro Quintil, unter Verwendung verschiedener Grenzwerte, stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

NÄHRSTOFF	MW 24HR, 24HR-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2korr-Grenzen ¹				
	Quintil	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Energie (kJ)	7579,4	9262,5	10599,4	11572,4	13249,3	8785,8	10317,5	11109,8	10363,1	11513,0	8730,3	9810,1	10475,9	11066,8	12060,9
Eiweiß (g)	60,5	71,8	78,9	93,4	112,8	70,2	73,9	92,0	87,0	92,5	67,3	74,1	82,2	90,7	102,2
Fett (g)	61,9	78,2	94,5	103,1	128,1	76,4	83,7	99,9	90,1	114,5	75,5	79,6	93,8	94,6	121,7
SFA (g) ²	23,9	30,0	37,2	41,0	52,7	30,1	32,2	36,9	37,7	47,0	30,6	29,8	36,7	39,3	47,5
MUFA (g) ²	19,9	25,8	30,7	34,8	44,1	22,5	29,7	33,1	31,8	37,7	23,0	27,6	31,2	31,7	41,6
PUFA (g) ²	8,8	10,9	12,5	14,5	19,3	10,9	14,0	12,2	13,3	15,2	11,0	11,3	13,1	13,4	17,1
Cholesterin (mg)	220,4	294,5	372,7	433,1	534,2	296,4	315,7	404,0	368,0	463,8	310,9	289,0	372,3	425,5	448,7
Kohlenhydrate (g)	175,7	222,7	251,8	295,6	364,5	216,4	264,9	264,2	287,3	268,0	213,9	230,4	263,4	289,4	307,6
Monosaccharide (g)	21,2	28,5	35,3	44,4	67,6	30,5	35,7	46,6	36,5	45,5	30,0	34,6	39,1	38,9	53,0
Disaccharide (g)	32,2	48,2	56,3	85,2	135,9	50,8	49,6	65,3	104,9	81,8	38,9	59,3	63,6	71,6	123,2
Polysaccharide (g)	104,6	128,6	148,2	170,7	212,1	128,2	148,8	156,4	163,9	161,8	126,5	135,4	165,4	158,2	175,1
Ballaststoffe (g)	15,8	18,8	25,1	29,7	41,5	19,0	24,8	27,4	26,5	32,3	19,8	19,6	24,9	26,9	39,5
Alkohol (g)	1,6	9,7	18,2	27,8	52,3	3,0	12,2	21,1	27,4	45,3	-	-	-	-	-
Vitamin C (mg) ³	53,1	76,9	87,1	115,0	171,7	73,2	91,9	109,6	110,6	112,5	75,9	81,9	87,3	115,2	140,5
Vitamin E (mg) ³	6,9	8,4	9,4	11,3	18,1	8,7	10,0	11,7	10,4	12,8	8,9	9,2	9,7	11,7	14,2
Carotin (mg) ³	1,3	1,7	2,0	2,9	4,3	2,0	2,0	2,5	2,7	2,7	1,9	2,1	2,5	2,8	2,6

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² SFA = gesättigte Fettsäuren, MUFA = einfach ungesättigte Fettsäuren, PUFA = mehrfach ungesättigte Fettsäuren

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

b) Frauen (n = 55)

NÄHRSTOFF	MW 24HR, 24HR-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2korr-Grenzen ¹				
	Quintil	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Energie (kJ)	6086,5	7339,3	7872,4	8612,3	10845,9	7582,6	8223,8	8250,6	8012,5	8686,8	7355,7	7440,4	8035,1	8365,1	9560,0
Eiweiß (g)	44,5	55,6	62,4	69,9	88,7	58,7	56,8	65,7	70,8	67,3	57,8	57,7	63,3	64,5	76,8
Fett (g)	57,4	73,1	80,1	90,4	114,4	74,9	80,9	81,0	88,7	88,2	73,9	72,4	79,9	96,4	91,2
SFA (g) ²	22,5	28,9	33,4	38,9	46,9	31,8	32,8	32,3	37,3	36,2	29,1	32,6	30,4	41,4	37,4
MUFA (g) ²	18,6	24,0	26,3	29,2	38,3	25,7	24,6	30,2	26,7	29,3	24,6	24,8	24,0	34,2	28,7
PUFA (g) ²	7,5	9,1	10,3	12,3	15,6	11,0	10,1	11,0	10,8	11,8	9,6	10,6	10,5	11,7	12,4
Cholesterin (mg)	203,7	267,0	312,9	373,5	450,3	275,7	298,6	339,3	311,9	381,9	267,0	299,1	302,3	352,1	386,9
Kohlenhydrate (g)	136,0	158,8	192,5	214,1	272,2	189,5	180,5	185,6	185,3	228,7	178,5	168,1	186,9	191,9	245,7
Monosaccharide (g)	17,4	24,3	30,2	36,8	47,0	25,2	29,9	27,7	37,0	35,9	26,4	25,4	31,9	32,2	39,6
Disaccharide (g)	27,9	41,7	53,2	65,1	107,5	44,2	55,4	46,4	66,4	82,9	39,4	51,4	54,4	64,3	85,9
Polysaccharide (g)	73,2	90,0	103,2	116,4	140,6	101,4	91,8	117,0	97,3	116,0	91,7	91,5	108,6	113,3	118,3
Ballaststoffe (g)	12,9	15,9	19,1	21,8	26,7	17,9	18,6	21,5	19,4	18,3	16,3	17,1	20,5	19,8	22,3
Alkohol (g)	0,2	2,3	7,2	13,1	27,4	0,3	2,8	8,1	14,1	24,8	-	-	-	-	-
Vitamin C (mg) ³	41,6	61,1	76,1	100,5	167,6	78,5	62,0	85,7	101,3	119,5	64,6	68,4	79,2	95,1	139,4
Vitamin E (mg) ³	6,4	7,6	8,5	10,9	13,3	10,2	8,2	9,0	9,6	9,6	9,1	8,3	8,4	10,5	10,2
Carotin (mg) ³	1,3	1,9	2,3	3,1	5,7	2,0	3,1	3,1	2,5	3,5	2,8	2,6	2,4	3,1	3,2

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² SFA = gesättigte Fettsäuren, MUFA = einfach ungesättigte Fettsäuren, PUFA = mehrfach ungesättigte Fettsäuren

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 51: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen verglichen mit den 24h-Recalls fehlklassifiziert werden, stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

NÄHRSTOFF	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert ² (%)	extrem fehlklassifiziert ² (%)	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert (%)	extrem fehlklassifiziert (%)
Energie	32,7	24,5	2,0	32,7	42,9	0,0
Eiweiß	24,5	44,9	0,0	46,9	36,7	0,0
Fett	28,6	38,8	0,0	40,8	40,8	0,0
Gesättigte Fettsäuren	30,6	28,6	0,0	28,6	46,9	0,0
Einf. unges. Fettsäuren	34,7	32,7	0,0	42,9	38,8	0,0
Mehrf. unges. Fettsäuren	24,5	34,7	0,0	40,8	28,6	0,0
Cholesterin	22,4	44,9	0,0	30,6	40,8	0,0
Kohlenhydrate	32,7	22,4	8,2	36,7	34,7	0,0
Monosaccharide	26,5	32,7	4,1	30,6	40,8	2,0
Disaccharide	34,7	38,8	4,1	53,1	30,6	2,0
Polysaccharide	30,6	30,6	4,1	38,8	26,5	2,0
Ballaststoffe	22,4	42,9	6,1	46,9	34,7	2,0
Alkohol	57,1	36,7	0,0	-	-	-
Vitamin C ³	24,5	32,7	2,0	30,6	44,9	0,0
Vitamin E ³	20,4	40,8	4,1	34,7	42,9	2,0
Carotin ³	32,7	26,5	6,1	24,5	42,9	4,1

b) Frauen (n = 55)

NÄHRSTOFF	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert ² (%)	extrem fehlklassifiziert ² (%)	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert (%)	extrem fehlklassifiziert (%)
Energie	23,6	29,1	9,1	34,5	29,1	1,8
Eiweiß	22,2	29,6	1,9	24,1	37,0	1,9
Fett	24,1	35,2	3,7	22,2	46,3	3,7
Gesättigte Fettsäuren	20,0	41,8	3,6	21,8	47,3	3,6
Einf. unges. Fettsäuren	16,4	32,7	3,6	14,5	49,1	3,6
Mehrf. unges. Fettsäuren	27,3	29,1	7,3	20,0	45,5	3,6
Cholesterin	29,1	40,0	1,8	30,9	38,2	0,0
Kohlenhydrate	20,4	37,0	5,6	29,6	40,7	1,9
Monosaccharide	18,2	47,3	1,8	29,1	38,2	1,8
Disaccharide	23,6	41,8	7,3	32,7	34,5	1,8
Polysaccharide	25,5	40,0	7,3	27,3	43,6	3,6
Ballaststoffe	18,5	38,9	5,6	27,8	40,7	5,6
Alkohol	61,8	34,5	0,0	-	-	-
Vitamin C ³	27,3	43,6	3,6	36,4	40,0	0,0
Vitamin E ³	27,3	29,1	9,1	27,3	41,8	3,6
Carotin ³	36,4	34,5	1,8	32,7	36,4	5,5

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Gering fehlklassifiziert = 1 Quintil Abweichung; extrem fehlklassifiziert = 4 Quintile Abweichung

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 52: Regression der Nährstoffaufnahme aus den Fragebogendaten auf die 24h-Recalldaten, stratifiziert nach Geschlecht
a) Männer (n = 49)

NÄHRSTOFF	24HR vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2korr ¹	
	a ²	b ²	a	b
Energie (kJ)	4678,4	0,85	1361,0	1,06
Eiweiß (g)	24,4	1,03	19,5	0,91
Fett (g)	1,9	1,38	-21,0	1,50
Gesättigte Fettsäuren (g)	-3,1	1,46	-12,3	1,60
Einf. unges. Fettsäuren (g)	2,1	1,37	-3,6	1,41
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	8,6*	0,64	4,8*	0,75
Cholesterin (mg)	61,1	1,36	82,1	1,10
Kohlenhydrate (g)	208,2*	0,49	106,1*	0,79
Monosaccharide (g)	23,1	0,93	11,1	0,78
Disaccharide (g)	59,8*	0,60	29,5*	0,92
Polysaccharide (g)	78,2	0,69	61,5*	0,80
Ballaststoffe (g)	15,9*	0,78	7,8*	0,84
Alkohol (g)	1,0	1,04	-	-
Vitamin C (mg) ³	93,9*	0,87	35,7*	0,76
Vitamin E (mg) ³	9,0*	0,68	5,2*	0,68
Carotin (mg) ³	3,9*	0,57	2,3*	0,44

b) Frauen (n = 55)

NÄHRSTOFF	24HR vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2korr ¹	
	a ²	b ²	a	b
Energie (kJ)	6943,6*	0,35	2974,0	0,77
Eiweiß (g)	52,7*	0,42	35,8*	0,52
Fett (g)	58,1*	0,44	31,0*	0,65
Gesättigte Fettsäuren (g)	25,3*	0,35	11,2	0,70
Einf. unges. Fettsäuren (g)	19,3*	0,40	11,6*	0,55
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	9,3*	0,46	6,7*	0,51
Cholesterin (mg)	149,9	0,83	107,9*	0,85
Kohlenhydrate (g)	141,2*	0,62	43,7	1,08
Monosaccharide (g)	21,6*	0,91	6,7	1,14
Disaccharide (g)	31,2*	0,89	10,8	1,18
Polysaccharide (g)	88,7*	0,43	39,5	0,99
Ballaststoffe (g)	22,5*	0,27	8,9*	0,87
Alkohol (g)	-0,4	1,26	-	-
Vitamin C (mg) ³	93,9*	1,03	35,7	0,90
Vitamin E (mg) ³	9,2*	0,67	6,2*	0,81
Carotin (mg) ³	3,4*	0,37	2,4*	0,21

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² a = Schätzer für den Achsenabschnitt (α), b = Schätzer für das Steigungsmaß (β), korrigiert um die intraindividuelle Variabilität in den 24h-Recalls ;
 Korrekturformel: $b \cdot (1 + VQ_{24HR}/12)$

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

* a ist signifikant von Null verschieden ($P < 0,05$)

Tabelle 53: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme pro Tag* für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Altersgruppen
a) Teilnehmer im Alter von 35-44 Jahre (n = 36)

NÄHRSTOFF	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Energie (kJ)	9455,4±2303,7 (9040,2)	11922,6±5335,8 (10103,4)	10706,4±4628,1 (9085,5)	9932,2±3625,5 (9127,5)
Energie (kcal)	2251,3±548,5 (2152,4)	2838,7±1270,4 (2405,6)	2549,1±1101,9 (2163,2)	2364,8±863 (2173,2)
Eiweiß (g)	72,8±19,7 (73,7)	92,8±43,2 (75,5)	83,7±40,6 (71,3)	74,1±26,0 (68,2)
Fett (g)	91,1±24,2 (90,3)	111,4±60,7 (84,7)	99,8±54,3 (78,4)	90,7±44,6 (75,9)
Gesättigte Fettsäuren (g)	37,7±10,7 (36,8)	44,1±25,1 (34,2)	39,9±22,3 (30,1)	37,3±21,4 (30,0)
Einf. unges. Fettsäuren (g)	29,9±8,3 (28,7)	35,8±20,4 (27,2)	32,1±18,7 (24,7)	29,0±14,5 (23,8)
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	12,2±4,0 (11,5)	16,0±8,5 (12,7)	13,7±7,1 (10,8)	11,8±4,8 (10,6)
Cholesterin (mg)	351,2±106,8 (369,0)	418,3±242,5 (328,2)	386,4±224,2 (296,1)	359,9±169,6 (317,1)
Kohlenhydrate (g)	242,0±71,6 (227,3)	319,0±143,9 (265,4)	286,0±120,4 (264,9)	273,5±106,1 (248,2)
Monosaccharide (g)	32,9±12,9 (30,8)	49,1±20,8 (41,8)	40,8±16,3 (35,0)	32,5±11,2 (32,0)
Disaccharide (g)	77,0±41,3 (61,9)	107,6±78,1 (83,8)	91,5±63,3 (69,0)	90,5±68,2 (70,2)
Polysaccharide (g)	132,2±38,0 (133,1)	156,8±75,5 (139,1)	149,6±62,6 (134,1)	147,1±52,7 (130,6)
Ballaststoffe (g)	23,1±9,2 (21,4)	31,8±13,8 (29,1)	29,0±10,5 (26,9)	25,2±8,7 (24,8)
Alkohol (g)	9,6±11,3 (5,0)	11,9±15,5 (5,1)	10,3±12,7 (5,0)	- -
Vitamin C (mg) ²	96,1±46,1 (83,4)	154,0±91,8 (124,9)	125,7±66,6 (107,9)	87,2±32,4 (77,5)
Vitamin E (mg) ²	10,6±4,2 (8,9)	15,7±8,4 (12,1)	13,5±6,7 (12,2)	11,1±4,3 (11,1)
Carotin (mg) ²	3,0±2,0 (2,2)	5,1±3,4 (4,3)	4,3±2,5 (4,0)	3,1±1,2 (3,0)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

b) Teilnehmer im Alter von 45-54 Jahre (n = 35)

NÄHRSTOFF	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Energie (kJ)	8963,9±2187,0 (8465,6)	12431,7±3791,0 (11800,2)	11140,4±4140,8 (10192,6)	9385,4±2657,9 (9141,0)
Energie (kcal)	2134,3±520,7 (2015,6)	2959,9±902,6 (2809,6)	2652,5±985,9 (2426,8)	2234,6±632,8 (2176,4)
Eiweiß (g)	73,6±24,4 (68,9)	95,5±35,0 (86,5)	86,4±36,6 (79,7)	71,3±21,0 (70,1)
Fett (g)	87,0±23,2 (80,0)	111,6±41,4 (104,2)	98,7±48,2 (81,7)	81,0±30,5 (74,0)
Gesättigte Fettsäuren (g)	34,7±9,9 (33,3)	43,5±15,9 (41,4)	39,4±20,5 (31,1)	33,2±13,7 (27,5)
Einf. unges. Fettsäuren (g)	29,2±8,6 (26,7)	37,1±14,8 (36,2)	32,5±16,6 (26,2)	26,5±10,4 (24,1)
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	11,9±3,3 (10,8)	16,3±5,8 (14,6)	14,1±6,0 (12,3)	10,9±3,6 (9,9)
Cholesterin (mg)	360,1±114,7 (332,7)	428,5±194,5 (365,7)	399,3±217,7 (348,3)	332,5±136,5 (328,4)
Kohlenhydrate (g)	202,0±50,3 (201,2)	314,3±104,5 (288,0)	284,9±109,6 (271,0)	242,6±71,7 (233,4)
Monosaccharide (g)	33,2±11,2 (31,2)	68,4±41,3 (61,6)	57,9±34,6 (48,4)	37,1±19,5 (33,2)
Disaccharide (g)	51,4±22,3 (47,6)	102,7±49,8 (89,4)	89,9±45,2 (75,7)	73,0±33,0 (65,4)
Polysaccharide (g)	119,0±39,5 (112,0)	141,5±50,9 (124,7)	137,4±56,0 (126,8)	134,1±50,0 (121,1)
Ballaststoffe (g)	19,6±5,3 (18,3)	33,9±15,5 (32,2)	31,2±14,3 (28,9)	23,7±8,3 (22,5)
Alkohol (g)	20,6±17,0 (18,0)	23,3±28,3 (14,0)	20,9±17,6 (15,3)	- -
Vitamin C (mg) ²	89,1±45,3 (78,7)	199,4±154,9 (156,2)	158,9±88,9 (149,6)	84,4±33,8 (73,5)
Vitamin E (mg) ²	9,2±2,5 (8,5)	16,7±8,0 (14,2)	13,7±6,7 (12,1)	9,4±3,4 (9,1)
Carotin (mg) ²	2,3±1,4 (1,8)	5,7±4,0 (4,7)	4,5±2,4 (4,1)	2,6±1,2 (2,6)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen,
EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen
(für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

c) Teilnehmer im Alter von 55-64 Jahre (n = 33)

NÄHRSTOFF	24HR ¹	EF1 ¹	EF2 ¹	EF2korr ¹
Energie (kJ)	9199,0±2077,8 (8764,4)	11191,3±3724,0 (10878,7)	10731,5±3873,3 (9821,7)	9677,2±2915,1 (9570,2)
Energie (kcal)	2190,2±494,7 (2086,8)	2664,6±886,7 (2590,2)	2555,1±922,2 (2338,5)	2304,1±694,1 (2278,6)
Eiweiß (g)	72,2±15,8 (69,9)	86,5±31,9 (81,8)	84,7±31,6 (78,2)	72,3±21,5 (68,2)
Fett (g)	83,6±18,3 (80,3)	96,5±36,9 (94,3)	89,7±36,4 (84,0)	75,8±24,7 (77,5)
Gesättigte Fettsäuren (g)	33,2±8,1 (32,7)	39,3±16,0 (36,8)	36,4±15,5 (34,6)	31,2±11,2 (29,9)
Einf. unges. Fettsäuren (g)	27,7±6,6 (27,0)	31,3±12,3 (29,7)	28,9±12,0 (27,0)	24,2±8,0 (24,2)
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	11,8±3,4 (11,0)	13,5±5,1 (12,6)	12,8±5,0 (11,5)	10,5±3,2 (9,8)
Cholesterin (mg)	316,7±86,8 (293,9)	353,7±152,3 (335,7)	346,0±157,6 (292,6)	308,7±114,4 (311,2)
Kohlenhydrate (g)	231,4±76,4 (213,8)	302,3±101,1 (300,0)	288,6±106,5 (267,2)	274,7±97,6 (258,2)
Monosaccharide (g)	38,5±18,7 (35,2)	52,6±23,1 (45,3)	48,6±33,1 (38,4)	38,8±25,7 (31,8)
Disaccharide (g)	64,2±40,7 (51,6)	92,2±32,5 (88,0)	86,7±32,9 (82,2)	85,3±44,4 (76,5)
Polysaccharide (g)	129,3±41,1 (120,3)	155,9±61,3 (154,2)	151,7±69,1 (130,0)	149,5±49,8 (132,5)
Ballaststoffe (g)	24,4±9,6 (22,1)	33,3±14,0 (30,2)	31,9±14,9 (25,8)	27,6±12,1 (23,6)
Alkohol (g)	16,1±16,4 (10,6)	14,8±16,9 (10,6)	17,3±21,9 (9,4)	- -
Vitamin C (mg) ²	97,1±45,7 (84,1)	162,8±87,5 (136,3)	146,2±75,0 (122,1)	108,3±92,1 (82,7)
Vitamin E (mg) ²	10,1±3,5 (9,9)	13,9±7,1 (12,5)	12,9±6,3 (10,7)	10,1±4,0 (8,8)
Carotin (mg) ²	2,6±1,0 (2,6)	4,7±2,6 (4,2)	4,2±2,4 (3,5)	2,7±1,3 (2,4)

* Mittelwert ± Standardabweichung (Median)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen,
EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen
(für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 54: Über- oder Unterschätzung der mittleren Nährstoffaufnahme der Fragebogendaten (EF2), in Prozent des EF1 bzw. der 24h-Recalls, stratifiziert nach Altersgruppen
a) 35-44 Jahre (n = 36)

NÄHRSTOFF	EF1-EF2 ¹ %	24HR-EF2 ¹ %	24HR-EF2korr ¹ %
Energie	89,8	113,2	105,0
Eiweiß	90,2	114,9	101,8
Fett	89,6	109,5	99,5
Gesättigte Fettsäuren	90,5	105,9	98,8
Einf. unges. Fettsäuren	89,7	107,5	96,9
Mehrf. unges. Fettsäuren	85,6	112,5	97,5
Cholesterin	92,4	110,0	102,5
Kohlenhydrate	89,6	118,2	113,0
Monosaccharide	83,1	124,1	98,8
Disaccharide	85,0	118,8	117,4
Polysaccharide	95,4	113,2	111,3
Ballaststoffe	91,2	125,4	109,1
Alkohol	86,5	106,9	-
Vitamin C ²	81,6	130,8	90,7
Vitamin E ²	86,0	127,3	105,0
Carotin ²	84,3	145,3	102,8

b) 45-54 Jahre (n = 35)

NÄHRSTOFF	EF1-EF2 ¹ %	24HR-EF2 ¹ %	24HR-EF2korr ¹ %
Energie	89,6	124,3	104,7
Eiweiß	90,5	117,3	96,8
Fett	88,4	113,5	93,1
Gesättigte Fettsäuren	90,6	113,4	95,8
Einf. unges. Fettsäuren	87,6	111,2	90,7
Mehrf. unges. Fettsäuren	86,5	118,2	91,6
Cholesterin	93,2	110,9	92,3
Kohlenhydrate	90,6	141,0	120,1
Monosaccharide	84,6	174,6	111,9
Disaccharide	87,5	174,8	142,0
Polysaccharide	97,1	115,5	112,7
Ballaststoffe	92,0	158,7	120,9
Alkohol	89,7	101,4	-
Vitamin C ²	79,7	178,4	94,7
Vitamin E ²	82,0	148,7	102,0
Carotin ²	78,9	197,0	115,6

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

c) 55-64 Jahre (n = 33)

NÄHRSTOFF	EF1-EF2 ¹ %	24HR-EF2 ¹ %	24HR-EF2korr ¹ %
Energie	95,9	116,7	105,2
Eiweiß	97,9	117,4	100,2
Fett	92,9	107,4	90,7
Gesättigte Fettsäuren	92,6	109,6	94,1
Einf. unges. Fettsäuren	92,3	104,4	87,7
Mehrf. unges. Fettsäuren	94,8	108,0	88,3
Cholesterin	97,8	109,3	97,5
Kohlenhydrate	95,5	124,7	118,7
Monosaccharide	92,4	126,2	100,9
Disaccharide	94,0	135,0	132,8
Polysaccharide	97,3	117,4	115,7
Ballaststoffe	95,8	130,5	112,9
Alkohol	116,9	107,2	-
Vitamin C ²	89,8	150,6	111,5
Vitamin E ²	92,8	127,9	100,0
Carotin ²	89,4	160,1	104,0

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 55: Mittelwert der individuellen Differenzen (MW_{Diff}) und Standardabweichung vom Mittelwert der Differenzen (SD_{Diff}) für alle Ernährungserhebungsinstrumente, stratifiziert nach Altersgruppen
a) Teilnehmer im Alter von 35-44 Jahren (n = 36)

NÄHRSTOFF	EF1 - EF2 ¹		24HR - EF2 ¹		24HR - EF2korr ¹	
	Mittlere Zufuhr ²	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$
Energie (kJ)	11314,5	1216,3±2758,3	10080,9	-1250,9±3968,3	9693,8	-476,8±2707,1
Eiweiß (g)	88,2	9,1±22,9	78,2	-10,8±34,3	73,4	-1,3±20,6
Fett (g)	105,6	11,6±35,5	95,4	-8,6±44,5	90,9	0,5±30,8
Gesättigte Fettsäuren (g)	42,0	4,2±15,2	38,8	-2,2±17,7	37,5	0,4±15,1
Einf. unges. Fettsäuren (g)	33,9	3,7±12,1	31,0	-2,2±15,8	29,4	0,9±10,5
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	14,8	2,3±4,2	12,9	-1,5±6,3	12,0	0,3±3,9
Cholesterin (mg)	402,3	31,9±126,8	368,8	-35,2±174,9	355,5	-8,7±130,9
Kohlenhydrate (g)	302,5	33,1±83,3	264,0	-44,0±107,2	257,7	-31,4±83,1
Monosaccharide (g)	44,9	8,3±14,5	36,8	-7,9±16,0	32,7	0,4±12,1
Disaccharide (g)	99,5	16,1±43,0	84,2	-14,5±37,7	83,7	-13,4±40,4
Polysaccharide (g)	153,2	7,2±56,5	140,9	-17,4±63,1	139,6	-15,0±49,4
Ballaststoffe (g)	30,4	2,9±9,1	26,0	-5,9±10,9	24,1	-2,1±7,5
Alkohol (g)	11,1	1,7±8,2	9,9	-0,7±6,9	-	-
Vitamin C (mg) ³	139,8	28,3±60,5	110,9	-29,6±70,5	91,6	8,9±40,3
Vitamin E(mg) ³	14,6	2,2±4,1	12,0	-2,9±5,8	10,8	-0,5±3,7
Carotin (mg) ³	4,7	0,7±2,5	3,6	-1,4±3,2	3,0	-0,1±2,3

b) Teilnehmer im Alter von 45-54 Jahren (n = 35)

NÄHRSTOFF	EF1 - EF2 ¹		24HR - EF2 ¹		24HR - EF2korr ¹	
	Mittlere Zufuhr ²	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$	Mittlere Zufuhr	$MW_{Diff} \pm SD_{Diff}$
Energie (kJ)	11786,0	1291,4±3480,6	10052,1	-2176,4±4372,7	9174,6	-421,4±2385,9
Eiweiß (g)	90,9	9,2±28,6	80,0	-12,7±39,0	72,4	2,3±20,6
Fett (g)	105,1	12,9±43,6	92,8	-11,7±48,4	84,0	6,0±27,4
Gesättigte Fettsäuren (g)	41,4	4,1±18,5	37,0	-4,6±20,5	33,9	1,5±12,1
Einf. unges. Fettsäuren (g)	34,8	4,7±15,5	30,8	-3,3±16,5	27,8	2,7±9,2
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	15,2	2,2±5,5	13,0	-2,2±6,4	11,4	1,0±4,1
Cholesterin (mg)	413,9	29,2±178,8	379,7	-39,2±218,8	346,3	27,6±127,7
Kohlenhydrate (g)	299,6	29,3±94,0	243,4	-82,9±115,1	222,3	-40,6±65,0
Monosaccharide (g)	63,1	10,4±43,6	45,5	-24,7±33,8	35,1	-4,0±17,8
Disaccharide (g)	96,3	12,8±42,4	70,6	-38,5±43,0	62,2	-21,6±27,2
Polysaccharide (g)	139,4	4,1±46,8	128,2	-18,5±58,6	126,5	-15,1±42,4
Ballaststoffe (g)	32,5	2,8±15,1	25,4	-11,5±14,2	21,6	-4,1±7,5
Alkohol (g)	22,1	2,4±23,7	20,7	-0,3±9,9	-	-
Vitamin C (mg) ³	179,1	40,5±145,0	124,0	-69,8±88,7	86,7	4,7±39,1
Vitamin E (mg) ³	15,2	2,9±7,1	11,4	-4,5±7,2	9,3	-0,2±4,2
Carotin (mg) ³	5,1	1,3±3,6	3,4	-2,2±2,4	2,4	-0,3±1,4

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Mittlere Zufuhr in Gramm pro Tag berechnet aus beiden Fragebögen bzw. Ernährungserhebungsinstrumenten

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

c) Teilnehmer im Alter von 55-64 Jahren (n = 33)

NÄHRSTOFF	EF1 – EF2 ¹		24HR – EF2 ¹		24HR – EF2korr ¹	
	Mittlere Zufuhr ²	MW _{Diff} ± SD _{Diff}	Mittlere Zufuhr	MW _{Diff} ± SD _{Diff}	Mittlere Zufuhr	MW _{Diff} ± SD _{Diff}
Energie (kJ)	10961,4	459,8±3451,1	9965,2	-1532,5±3343,3	9438,1	-478,2±2107,4
Eiweiß (g)	85,6	1,7±30,5	78,4	-12,6±25,9	72,2	-0,2±14,9
Fett (g)	93,1	6,8±34,9	86,6	-6,2±35,2	79,7	7,7±22,3
Gesättigte Fettsäuren (g)	37,8	3,0±16,0	34,8	-3,2±14,5	32,2	2,0±9,5
Einf. unges. Fettsäuren (g)	30,1	2,4±11,2	28,3	-1,2±11,7	25,9	3,4±7,7
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	13,1	0,7±4,5	12,3	-0,9±5,6	11,1	1,4±3,6
Cholesterin (mg)	349,8	7,6±148,9	331,3	-29,3±148,0	312,7	8,0±105,6
Kohlenhydrate (g)	295,4	13,7±96,8	260,0	-57,2±90,8	253,0	-43,3±75,4
Monosaccharide (g)	50,6	4,0±27,0	43,5	-10,1±26,6	38,6	-0,3±20,6
Disaccharide (g)	89,4	5,5±29,7	75,4	-22,5±44,0	74,7	-21,1±38,4
Polysaccharide (g)	153,8	4,2±67,2	140,5	-22,5±52,8	139,4	-20,2±29,8
Ballaststoffe (g)	32,6	1,4±12,2	28,1	-7,4±10,3	26,0	-3,1±7,8
Alkohol (g)	16,0	-2,4±12,2	16,7	-1,2±10,0	-	-
Vitamin C (mg) ³	154,5	16,5±61,5	121,6	-49,1±62,6	102,7	-11,2±70,5
Vitamin E (mg) ³	13,4	1,0±4,8	11,5	-2,8±6,4	10,1	0,0±4,0
Carotin (mg) ³	4,4	0,5±1,8	3,4	-1,6±2,4	2,6	-0,1±1,6

¹ 24HR = 24h-Recall, EF1 = Erster Ernährungsfragebogen, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Mittlere Zufuhr in Gramm pro Tag berechnet aus beiden Fragebögen bzw. Ernährungserhebungsinstrumenten

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 56: Pearson Korrelationskoeffizienten der Nährstoffaufnahme zwischen Ernährungsfragebogen EF1 und EF2, stratifiziert nach Altersgruppen

NÄHRSTOFF	35-44 Jahre (n = 36)		45-54 (n = 35)		55-64 (n = 33)	
	roh	energieadj. ¹	roh	energieadj. ¹	roh	energieadj. ¹
Energie	0,80	-	0,71	-	0,51	-
Eiweiß	0,82	0,71	0,78	0,55	0,42	0,45
Fett	0,75	0,57	0,64	0,26	0,45	0,59
Gesättigte Fettsäuren	0,73	0,72	0,61	0,27	0,42	0,47
Einf. unges. Fettsäuren	0,75	0,47	0,64	0,16	0,47	0,60
Mehrf. unges. Fettsäuren	0,80	0,69	0,65	0,46	0,48	0,59
Cholesterin	0,81	0,65	0,73	0,32	0,50	0,53
Kohlenhydrate	0,80	0,56	0,72	0,31	0,52	0,69
Monosaccharide	0,74	0,19	0,53	0,39	0,55	0,32
Disaccharide	0,83	0,79	0,75	0,43	0,52	0,65
Polysaccharide	0,69	0,29	0,69	0,26	0,48	0,43
Ballaststoffe	0,71	0,65	0,65	0,44	0,55	0,70
Alkohol	0,96	0,82	0,80	0,58	0,84	0,80
Vitamin C ²	0,74	0,42	0,64	0,40	0,63	0,42
Vitamin E ²	0,79	0,66	0,54	0,60	0,60	0,67
Carotin ²	0,65	0,49	0,61	0,62	0,61	0,67

¹ Energieadjustierung nach der Residualanalyse

95 % Konfidenzintervalle für $n = 35$ sind: 0,1 (-0,24-0,42); 0,2 (-0,14-0,50); 0,3 (-0,04-0,58) 0,4 (0,08-0,65); 0,5 (0,20-0,71); 0,6 (0,33-0,78); 0,7 (0,48-0,84); 0,8 (0,64-0,89); 0,9 (0,81-0,95)

² Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 57: Pearson Korrelationskoeffizienten der Nährstoffaufnahme aus allen Ernährungserhebungsinstrumenten, stratifiziert nach Altersgruppen
a) Teilnehmer im Alter von 35-44 Jahren (n = 36)

NÄHRSTOFF	roh		VQ ²	energieadj. ³ , fehlerbereinigt ⁴	
	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹	24HR	24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
Energie	0,46	0,61	1,45	-	-
Eiweiß	0,44	0,57	1,04	0,64	0,67
Fett	0,55	0,67	1,90	0,45	0,55
Gesättigte Fettsäuren	0,53	0,64	1,37	0,68	0,71
Einf. unges. Fettsäuren	0,52	0,62	2,02	0,19	0,24
Mehrf. unges. Fettsäuren	0,45	0,59	2,59	0,28	0,40
Cholesterin	0,59	0,63	1,90	0,48	0,39
Kohlenhydrate	0,42	0,57	0,96	0,49	0,63
Monosaccharide	0,47	0,56	1,90	0,57	0,52
Disaccharide	0,75	0,79	0,97	0,85	0,81
Polysaccharide	0,30	0,41	2,09	0,42	0,60
Ballaststoffe	0,33	0,54	0,90	0,71	0,75
Alkohol	0,91	-	3,65	0,95	-
Vitamin C ⁵	0,35	0,57	3,43	0,50	0,65
Vitamin E ⁵	0,40	0,54	6,98	0,70	0,55
Carotin ⁵	0,11	0,19	12,56	0,23	0,17

b) Teilnehmer im Alter von 45-54 Jahren (n = 35)

NÄHRSTOFF	roh		VQ ²	energieadj. ³ , fehlerbereinigt ⁴	
	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹	24HR	24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
Energie	0,21	0,52	1,17	-	-
Eiweiß	0,34	0,58	1,57	0,26	0,55
Fett	0,27	0,48	1,60	0,53	0,67
Gesättigte Fettsäuren	0,27	0,48	1,37	0,60	0,69
Einf. unges. Fettsäuren	0,33	0,52	1,41	0,44	0,58
Mehrf. unges. Fettsäuren	0,20	0,33	3,87	0,15	0,33
Cholesterin	0,39	0,53	1,92	0,31	0,46
Kohlenhydrate	0,14	0,49	0,96	0,50	0,66
Monosaccharide	0,34	0,52	1,37	0,30	0,48
Disaccharide	0,35	0,56	1,45	0,44	0,63
Polysaccharide	0,33	0,55	1,88	0,62	0,56
Ballaststoffe	0,17	0,48	1,63	0,51	0,66
Alkohol	0,92	-	3,19	0,88	-
Vitamin C ⁵	0,34	0,57	3,28	0,44	0,64
Vitamin E ⁵	0,07	0,07	3,78	0,20	0,25
Carotin ⁵	0,33	0,41	8,91	0,60	0,61

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Energieadjustierung mittels der Residuenmethode

³ VQ = (intraindividuelle Variabilität / interindividuelle Variabilität)

⁴ Korrelationskoeffizienten, korrigiert um die Variabilität in den 24h-Recalls;
 Korrekturformel: $r^*(\sqrt{1+VQ24HR/12})$

95 % Konfidenzintervalle für n = 35 sind: 0,1 (-0,24-0,42); 0,2 (-0,14-0,50); 0,3 (-0,04-0,58)
 0,4 (0,08-0,65); 0,5 (0,20-0,71); 0,6 (0,33-0,78); 0,7 (0,48-0,84); 0,8 (0,64-0,89); 0,9 (0,81-0,95)

⁵ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

c) Teilnehmer im Alter von 55-64 Jahren (n = 33)

NÄHRSTOFF	roh		VQ ²	energieadj. ³ , fehlerbereinigt ⁴	
	24HR vs. EF2 ¹	24HR vs. EF2korr ¹	24HR	24HR vs. EF2	24HR vs. EF2korr
Energie	0,51	0,69	1,44	-	-
Eiweiß	0,55	0,65	1,57	0,55	0,57
Fett	0,29	0,46	1,43	0,69	0,47
Gesättigte Fettsäuren	0,36	0,55	1,35	0,71	0,62
Einf. unges. Fettsäuren	0,30	0,43	2,09	0,65	0,36
Mehrf. unges. Fettsäuren	0,17	0,38	0,85	0,43	0,46
Cholesterin	0,30	0,40	2,45	0,63	0,54
Kohlenhydrate	0,55	0,68	0,94	0,56	0,39
Monosaccharide	0,46	0,49	1,47	0,52	0,50
Disaccharide	0,31	0,58	1,05	0,44	0,70
Polysaccharide	0,64	0,80	1,91	0,40	0,75
Ballaststoffe	0,69	0,76	1,63	0,77	0,64
Alkohol	0,83	-	2,18	0,97	-
Vitamin C ⁵	0,57	0,61	5,94	0,41	0,47
Vitamin E ⁵	0,25	0,47	0,77	0,17	0,30
Carotin ⁵	0,40	0,14	19,03	0,33	0,20

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Energieadjustierung mittels der Residuenmethode

³ VQ = (intraindividuelle Variabilität / interindividuelle Variabilität)

⁴ Korrelationskoeffizienten, korrigiert um die Variabilität in den 24h-Recalls;

Korrekturformel: $r^*(\sqrt{1+VQ24HR/12})$

95 % Konfidenzintervalle für $n = 35$ sind: 0,1 (-0,24-0,42); 0,2 (-0,14-0,50); 0,3 (-0,04-0,58) 0,4 (0,08-0,65); 0,5 (0,20-0,71); 0,6 (0,33-0,78); 0,7 (0,48-0,84); 0,8 (0,64-0,89); 0,9 (0,81-0,95)

⁵ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 58: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme (g/Tag) der 24h-Recalls, berechnet als Mittelwert pro Quintil, unter Verwendung unterschiedlicher Grenzwerte, stratifiziert nach Altersgruppen
a) Teilnehmer im Alter von 35-44 Jahren (n = 36)

NÄHRSTOFF	MW 24HR, 24HR-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2korrr-Grenzen ¹				
	Quintil	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Energie (kJ)	6600,3	8257,6	9194,7	10839,3	12793,1	8203,6	9198,8	8112,0	9975,0	11966,6	8322,0	8183,3	8992,1	9330,8	12610,8
Eiweiß (g)	48,1	63,2	72,2	77,5	103,2	64,6	66,4	66,0	84,3	82,9	68,5	54,6	70,7	74,4	95,9
Fett (g)	59,0	80,0	89,7	101,2	125,8	77,5	77,2	87,5	104,6	108,9	77,0	76,5	87,4	97,1	117,7
SFA (g) ²	24,7	33,3	37,3	42,2	52,8	31,6	35,0	32,8	45,3	44,7	34,2	28,9	37,2	42,4	46,9
MUFA (g) ²	19,9	25,9	29,0	33,2	42,9	26,8	23,3	28,8	34,3	36,7	24,1	26,4	28,7	30,6	40,6
PUFA (g) ²	8,1	9,8	11,6	13,5	18,4	10,9	10,4	10,7	12,8	16,2	9,8	10,9	11,9	13,1	15,5
Cholesterin (mg)	207,6	299,6	370,0	402,5	496,8	275,2	315,2	323,5	412,1	440,8	271,0	302,2	316,2	446,6	431,4
Kohlenhydrate (g)	150,2	204,8	229,8	280,6	351,9	197,3	241,5	222,5	230,3	318,4	194,3	236,9	205,4	236,0	337,3
Monosaccharide (g)	18,1	25,5	31,5	38,4	52,9	27,8	29,3	30,0	39,2	38,6	29,0	24,4	30,9	38,2	42,4
Disaccharide (g)	39,8	53,3	64,7	92,6	140,1	46,3	67,4	56,4	87,3	132,2	42,8	69,1	66,6	73,9	137,7
Polysaccharide (g)	85,6	109,6	133,4	150,4	188,4	114,9	113,4	150,7	133,4	150,9	111,6	125,6	126,9	148,8	150,9
Ballaststoffe (g)	13,5	17,9	22,2	26,0	35,9	17,4	23,4	23,1	21,6	30,0	19,8	18,0	20,4	24,0	33,3
Alkohol (g)	0,3	1,8	6,1	12,0	29,2	0,4	1,9	8,1	10,1	28,9	-	-	-	-	-
Vitamin C (mg) ³	43,7	74,5	84,1	116,0	169,7	70,4	89,5	98,0	106,0	120,1	66,3	101,4	67,7	125,2	124,2
Vitamin E (mg) ³	6,8	8,2	9,0	11,6	17,6	10,4	7,7	9,8	10,0	15,0	8,4	9,0	10,1	10,7	14,9
Carotin (mg) ³	1,6	1,9	2,3	3,2	6,2	2,0	4,3	3,2	3,1	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	3,1

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korrr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² SFA = gesättigte Fettsäuren, MUFA = einfachungesättigte Fettsäuren, PUFA = mehrfachungesättigte Fettsäuren

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

b) Teilnehmer im Alter von 45-54 Jahren (n = 35)

NÄHRSTOFF	MW 24HR, 24HR-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2korr-Grenzen ¹					
	Quintil	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Energie (kJ)		6456,8	7680,2	8388,8	10046,3	12247,6	7679,5	8848,2	9887,5	9148,1	9256,4	7826,2	7856,0	8923,9	9855,6	10357,9
Eiweiß (g)		45,6	60,6	68,6	81,8	111,4	58,0	64,2	85,0	79,0	81,7	58,4	60,4	68,7	87,2	93,2
Fett (g)		59,2	72,7	81,6	99,0	122,4	67,2	91,9	88,7	91,3	95,8	72,0	79,7	90,0	91,1	102,2
SFA (g) ²		22,9	28,4	33,4	39,4	49,4	27,2	36,4	35,4	37,8	36,7	29,3	31,3	36,9	38,6	37,4
MUFA (g) ²		19,1	23,6	27,2	34,0	42,0	21,4	31,2	28,2	32,4	32,7	23,4	24,2	32,2	30,0	36,1
PUFA (g) ²		8,0	9,8	11,3	13,3	17,0	10,9	10,8	13,3	10,7	13,8	10,0	12,7	10,2	13,5	13,0
Cholesterin (mg)		224,8	283,9	339,8	411,7	540,2	270,2	359,3	364,6	404,4	401,9	266,0	335,8	332,5	464,2	401,9
Kohlenhydrate (g)		140,6	172,3	201,6	222,7	272,8	189,6	196,4	223,0	190,9	210,1	184,4	152,3	208,1	246,7	218,5
Monosaccharide (g)		19,9	25,4	31,2	39,6	49,8	25,3	32,3	38,2	36,2	33,9	24,0	35,3	30,7	37,6	38,3
Disaccharide (g)		24,6	36,7	47,8	61,1	86,9	36,6	42,8	55,6	71,9	50,0	35,5	40,7	53,1	61,9	65,8
Polysaccharide (g)		72,1	99,9	113,2	130,4	179,1	105,3	97,1	134,0	132,7	125,6	103,4	92,3	104,2	156,2	138,7
Ballaststoffe (g)		13,7	16,2	18,2	21,7	28,2	16,7	23,5	18,6	19,7	19,7	15,4	19,2	21,1	18,8	23,6
Alkohol (g)		2,4	9,0	18,1	26,3	47,0	4,2	11,4	21,7	24,3	41,2	-	-	-	-	-
Vitamin C (mg) ³		42,7	61,3	78,6	101,0	161,8	70,4	66,3	113,2	83,8	111,7	64,7	70,8	69,2	95,7	144,9
Vitamin E(mg) ³		6,6	7,7	8,5	10,1	13,2	8,8	10,6	8,5	8,9	9,3	9,4	9,8	8,2	9,7	9,0
Carotin (mg) ³		1,0	1,4	1,8	2,4	4,6	1,6	2,0	2,3	2,8	2,6	1,6	1,7	2,4	2,8	2,8

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² SFA = gesättigte Fettsäuren, MUFA = einfachungesättigte Fettsäuren, PUFA = mehrfachungesättigte Fettsäuren

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

c) Teilnehmer im Alter von 55-64 Jahren (n = 33)

NÄHRSTOFF	MW 24HR, 24HR-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2-Grenzen ¹					MW 24HR, EF2korr-Grenzen ¹					
	Quintil	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Energie (kJ)		6736,8	7713,1	8896,2	10803,3	12236,2	7931,3	8879,6	8049,8	10398,7	10800,1	7217,0	8649,1	8630,5	10662,5	11013,9
Eiweiß (g)		52,7	62,3	70,4	83,2	95,4	58,3	70,1	76,2	71,4	87,7	61,6	65,3	63,4	79,4	92,8
Fett (g)		60,2	72,4	83,0	96,2	109,5	75,7	82,4	76,6	94,2	88,6	73,0	74,2	82,1	95,7	94,1
SFA (g) ²		22,7	28,2	33,0	38,5	45,2	30,7	30,7	29,7	36,5	38,7	26,7	30,2	29,7	41,6	37,9
MUFA (g) ²		19,3	24,4	27,3	31,4	37,3	26,8	23,3	28,8	34,3	36,7	23,5	25,5	26,3	32,2	31,1
PUFA (g) ²		8,1	10,0	11,4	13,4	17,0	10,1	12,8	12,6	11,6	12,3	10,4	10,6	10,7	14,7	12,8
Cholesterin (mg)		212,2	262,9	304,2	375,3	445,5	307,5	290,4	273,4	337,2	377,6	291,5	269,8	306,0	340,5	383,7
Kohlenhydrate (g)		146,2	181,9	222,1	274,0	348,2	189,9	198,7	200,5	279,2	293,2	174,8	189,8	214,4	285,4	300,1
Monosaccharide (g)		20,1	28,4	35,2	43,3	69,4	29,8	33,1	31,6	45,0	54,2	34,2	27,8	45,0	32,2	56,8
Disaccharide (g)		31,8	45,7	52,9	62,8	136,6	55,5	44,4	49,3	80,1	94,0	47,2	50,0	53,3	63,0	113,0
Polysaccharide (g)		85,7	103,9	121,7	146,2	197,6	100,0	131,7	100,3	130,3	188,2	92,4	109,4	124,5	148,9	177,4
Ballaststoffe (g)		14,9	18,4	22,1	28,4	40,2	19,9	16,5	22,2	27,4	37,7	17,8	19,6	20,9	27,1	38,2
Alkohol (g)		0,5	6,4	12,6	20,6	43,8	2,1	5,5	14,1	19,4	43,0	-	-	-	-	-
Vitamin C (mg) ³		55,7	70,0	84,1	110,9	174,1	63,7	80,4	110,0	106,5	131,7	75,0	80,2	96,8	81,9	160,8
Vitamin E(mg) ³		6,5	8,2	9,8	11,2	15,5	9,7	8,9	9,5	10,8	11,7	9,1	7,9	9,3	12,0	12,3
Carotin (mg) ³		1,4	1,9	2,6	3,2	4,2	1,9	2,3	3,2	2,8	2,9	2,6	2,6	2,6	2,2	3,1

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² SFA = gesättigte Fettsäuren, MUFA = einfach ungesättigte Fettsäuren, PUFA = mehrfach ungesättigte Fettsäuren

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 59: Anteil an Personen, die durch den Ernährungsfragebogen verglichen mit den 24h-Recalls fehlklassifiziert wurden, stratifiziert nach Altersgruppen

a) Teilnehmer im Alter von 35-44 Jahren (n = 36)

NÄHRSTOFF	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert ² (%)	extrem fehlklassifiziert ² (%)	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert (%)	extrem fehlklassifiziert (%)
Energie	36,1	36,1	0,0	44,4	38,9	0,0
Eiweiß	22,9	42,9	5,7	45,7	34,3	2,9
Fett	31,4	40,0	2,9	31,4	48,6	0,0
Gesättigte Fettsäuren	33,3	41,7	2,8	27,8	47,2	0,0
Einf. unges. Fettsäuren	30,6	41,7	0,0	33,3	41,7	0,0
Mehrf. unges. Fettsäuren	30,6	38,9	2,8	30,6	36,1	2,8
Cholesterin	22,2	55,6	2,8	38,9	33,3	2,8
Kohlenhydrate	31,4	40,0	0,0	54,3	22,9	0,0
Monosaccharide	25,0	33,3	5,6	30,6	41,7	5,6
Disaccharide	41,7	33,3	0,0	38,9	41,7	0,0
Polysaccharide	36,1	36,1	5,6	44,4	25,0	0,0
Ballaststoffe	20,0	42,9	2,9	40,0	34,3	2,9
Alkohol	63,9	30,6	0,0	-	-	-
Vitamin C ³	25,0	33,3	8,3	38,9	33,3	2,8
Vitamin E ³	25,0	25,0	2,8	22,2	38,9	0,0
Carotin ³	25,0	30,6	11,1	22,2	36,1	8,3

b) Teilnehmer im Alter von 45-54 Jahren (n = 35)

NÄHRSTOFF	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert ² (%)	extrem fehlklassifiziert ² (%)	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert (%)	extrem fehlklassifiziert (%)
Energie	17,1	31,4	2,9	40,0	28,6	5,7
Eiweiß	28,6	28,6	2,9	40,0	45,7	2,9
Fett	25,7	28,6	11,4	22,9	37,1	2,9
Gesättigte Fettsäuren	22,9	31,4	11,4	20,0	40,0	2,9
Einf. unges. Fettsäuren	20,0	31,4	8,6	25,7	34,3	0,0
Mehrf. unges. Fettsäuren	25,7	31,4	8,6	28,6	42,9	2,9
Cholesterin	28,6	25,7	2,9	45,7	25,7	2,9
Kohlenhydrate	20,0	25,7	2,9	31,4	42,9	2,9
Monosaccharide	28,6	20,0	5,7	20,0	48,6	2,9
Disaccharide	14,3	37,1	2,9	37,1	31,4	2,9
Polysaccharide	14,3	45,7	2,9	37,1	40,0	2,9
Ballaststoffe	11,4	28,6	5,7	31,4	34,3	2,9
Alkohol	57,1	28,6	0,0	-	-	-
Vitamin C ³	20,0	45,7	2,9	45,7	34,3	2,9
Vitamin E ³	22,9	25,7	11,4	17,1	40,0	5,7
Carotin ³	14,3	57,1	2,9	34,3	31,4	5,7

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Gering fehlklassifiziert = 1 Quintil Abweichung; extrem fehlklassifiziert = 4 Quintile Abweichung

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

c) Teilnehmer im Alter von 55-64Jahren (n = 33)

NÄHRSTOFF	EF2 vs. 24HR ¹			EF2korr vs. 24HR ¹		
	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert ² (%)	extrem fehlklassifiziert ² (%)	gleich klassifiziert (%)	gering fehlklassifiziert (%)	extrem fehlklassifiziert (%)
Energie	39,4	36,4	0,0	42,4	39,4	0,0
Eiweiß	45,4	24,2	0,0	39,4	39,4	0,0
Fett	33,3	30,3	3,0	30,3	42,4	0,0
Gesättigte Fettsäuren	15,2	45,5	3,0	18,2	57,6	0,0
Einf. unges. Fettsäuren	36,4	24,2	3,0	33,3	39,4	0,0
Mehrf. unges. Fettsäuren	24,2	30,3	3,0	21,2	42,4	3,0
Cholesterin	24,2	45,4	3,0	27,3	45,4	3,0
Kohlenhydrate	33,3	45,4	0,0	33,3	54,5	0,0
Monosaccharide	24,2	36,4	3,0	33,3	36,4	3,0
Disaccharide	30,3	24,2	3,0	27,3	42,4	6,1
Polysaccharide	39,4	36,4	0,0	39,4	48,5	0,0
Ballaststoffe	30,3	48,5	0,0	42,4	36,4	0,0
Alkohol	54,4	42,4	0,0	-	-	-
Vitamin C ³	36,4	30,3	0,0	42,4	33,3	0,0
Vitamin E ³	30,3	21,1	3,0	33,3	42,4	3,0
Carotin ³	30,3	39,4	6,1	27,3	27,3	6,1

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² Gering fehlklassifiziert = 1 Quintil Abweichung; extrem fehlklassifiziert = 4 Quintile Abweichung

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

Tabelle 60: Regression der Nährstoffaufnahme aus den Fragebogendaten auf die 24h-Recalldaten, stratifiziert nach Altersgruppen
a) Teilnehmer im Alter von 35-44 Jahren (n = 36)

NÄHRSTOFF	24HR vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2korr ¹	
	a ²	b ²	a	b
Energie (kJ)	925,5	1,15	23,2	1,18
Eiweiß (g)	2,9	1,21	14,0	0,90
Fett (g)	-20,3	1,53	-35,5	1,60
Gesättigte Fettsäuren (g)	-8,8	1,44	-18,8*	1,66
Einf. unges. Fettsäuren (g)	-4,4	1,42	-8,0	1,45
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	3,7	0,99	2,6	0,92
Cholesterin (mg)	-92,2	1,57	5,3	1,17
Kohlenhydrate (g)	94,1	0,85	49,6	0,99
Monosaccharide (g)	23,2*	0,61	18,0*	0,51
Disaccharide (g)	-5,5	1,36	-15,9	1,49
Polysaccharide (g)	86,5*	0,56	65,5*	0,73
Ballaststoffe (g)	18,6*	0,48	10,9*	0,67
Alkohol (g)	1,2	1,24	-	-
Vitamin C (mg) ³	89,7*	0,48	52,2*	0,46
Vitamin E (mg) ³	4,8	1,30	4,2*	1,03
Carotin (mg) ³	4,5*	-0,12	3,0*	0,02

b) Teilnehmer im Alter von 45-54 Jahren (n = 35)

NÄHRSTOFF	24HR vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2korr ¹	
	a ²	b ²	a	b
Energie (kJ)	8508,5*	0,32	3617,6*	0,70
Eiweiß (g)	60,6*	0,40	33,4*	0,58
Fett (g)	56,8	0,54	23,3	0,75
Gesättigte Fettsäuren (g)	22,1	0,56	8,4	0,79
Einf. unges. Fettsäuren (g)	17,1	0,58	7,2	0,74
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	11,3*	0,30	7,1*	0,42
Cholesterin (mg)	225,9*	0,56	120,8	0,68
Kohlenhydrate (g)	232,8*	0,28	105,0*	0,73
Monosaccharide (g)	34,0	0,80	12,1	0,84
Disaccharide (g)	53,9*	0,78	29,1*	0,95
Polysaccharide (g)	89,4*	0,46	47,7*	0,84
Ballaststoffe (g)	20,8*	0,60	9,8	0,81
Alkohol (g)	3,1	1,09	-	-
Vitamin C (mg) ³	113,6*	0,65	48,3*	0,51
Vitamin E (mg) ³	13,5*	0,03	9,2*	0,04
Carotin (mg) ³	3,2*	0,98	1,8*	0,59

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² a = Schätzer für den Achsenabschnitt (α), b = Schätzer für das Steigungsmaß (β)

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

* a ist signifikant von Null verschieden ($P < 0,05$)

c) Teilnehmer im Alter von 55-64Jahren (n = 33)

NÄHRSTOFF	24HR vs. EF2 ¹		24HR vs. EF2korr ¹	
	a ²	b ²	a	b
Energie (kJ)	2057,0	1,05	755,6	1,09
Eiweiß (g)	1,2	1,31	1,1	1,12
Fett (g)	37,1	0,70	20,0	0,75
Gesättigte Fettsäuren (g)	12,4	0,80	5,9	0,84
Einf. unges. Fettsäuren (g)	12,6	0,69	8,8	0,66
Mehrf. unges. Fettsäuren (g)	10,0*	0,25	6,2*	0,38
Cholesterin (mg)	126,4	0,83	109,6	0,76
Kohlenhydrate (g)	111,8*	0,82	82,7	0,89
Monosaccharide (g)	8,3	1,18	6,6	0,94
Disaccharide (g)	71,1*	0,26	43,4*	0,71
Polysaccharide (g)	11,3	1,26	23,9	1,12
Ballaststoffe (g)	4,3	1,28	4,0	1,09
Alkohol (g)	-2,1	1,42	-	-
Vitamin C (mg) ³	57,8*	1,36	-22,0	2,00
Vitamin E(mg) ³	8,4*	0,47	5,0*	0,54
Carotin (mg) ³	2,6*	1,50	2,5*	0,26

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (für alkoholische Getränke wurde keine Korrektur durchgeführt)

² a = Schätzer für den Achsenabschnitt (α), b = Schätzer für das Steigungsmaß (β)

³ Ohne Berücksichtigung von Vitaminsupplementen

* a ist signifikant von Null verschieden ($P < 0,05$)

**Tabelle 61: Differenzen des medianen Lebensmittelverzehrs zwischen dem Ernährungsfragebogen EF2 und den 24h-Recalls, stratifiziert nach Geschlecht
- Austausch der Portionsgrößen oder Verzehrshäufigkeiten-
a) Männer (n = 49)**

LEBENSMITTEL	EF2 - 24HR Differenzen			gesamt
	Häufigkeits- differenzen	Portions- differenzen	Lebensmittel- differenzen	
Brot	-10,4	50,0	-20,4	19,2
Nährmittel	-29,1	73,9	-51,3	-6,5
Kuchen, Plätzchen	-38,6	78,6	-55,0	-15,0
Süßer Brotaufstrich	2,3	5,3	-6,4	1,2
Obst	-16,4	144,9	-100,2	28,3
Gemüse	-8,8	219,1	-210,3	54,1
Kartoffeln	-8,4	117,5	-88,1	21,0
Erfrischungsgetränke	-55,1	307,6	-110,9	141,6
Milch, Milchprodukte	-39,4	108,5	-37,2	31,9
Käse	-4,6	22,5	-11,7	6,2
Kaffee, Tee	-210,4	259,1	-225,1	-176,4
Alkoholische Getränke	11,6	240,6	-285,5	-33,3
Fette	-6,9	-4,4	5,1	-6,2
Soßen	-4,5	2,0	11,3	8,8
Fleisch	-51,4	172,3	-116,9	4,0
Wurstwaren	-30,3	50,2	-20,0	-0,1

b) Frauen (n = 55)

LEBENSMITTEL	EF2 - 24HR Differenzen			gesamt
	Häufigkeits- differenzen	Portions- differenzen	Lebensmittel- differenzen	
Brot	2,4	39,9	-18,6	23,7
Nährmittel	-23,0	81,1	-61,9	-3,8
Kuchen, Plätzchen	-27,9	78,2	-59,1	-8,8
Süßer Brotaufstrich	0,2	3,7	-5,1	-1,2
Obst	3,7	187,5	-104,3	86,9
Gemüse	-38,6	170,9	-95,3	37,0
Kartoffeln	-25,9	108,3	-70,2	12,2
Erfrischungsgetränke	51,7	305,7	-248,2	109,2
Milch, Milchprodukte	5,7	116,0	-56,4	65,3
Käse	-6,4	15,1	-8,5	0,2
Kaffee, Tee	-164,8	376,2	-209,8	1,6
Alkoholische Getränke	-15,1	416,2	-407,2	-6,1
Fette	-7,0	-6,6	8,3	-5,3
Soßen	-9,6	0,4	13,7	4,5
Fleisch	-38,3	172,7	-136,7	-2,3
Wurstwaren	-20,2	56,8	-45,0	-8,4

Tabelle 62: Differenzen des medianen Lebensmittelverzehrs zwischen den 24h-Recalls und dem Ernährungsfragebogen EF2, stratifiziert nach Altersgruppen. - Austausch der Portionsgrößen oder der Verzehrshäufigkeiten - a) 35-44 Jahre (n = 36)

LEBENSMITTEL	EF2 - 24HR Differenzen			gesamt
	Häufigkeits- differenzen	Portions- differenzen	Lebensmittel- differenzen	
Brot	-3,3	11,6	-7,3	1,0
Nährmittel	-48,1	46,5	-20,4	-22,5
Kuchen, Plätzchen	-37,3	75,2	-55,0	-17,1
Süßer Brotaufstrich	0,8	6,5	-8,3	-1,0
Obst	-21,6	196,7	-139,4	78,9
Gemüse	-42,2	189,8	-118,5	29,1
Kartoffeln	-24,7	118,2	-86,5	7,0
Erfrischungsgetränke	58,4	179,3	-201,9	35,8
Milch, Milchprodukte	5,1	99,1	-48,9	55,3
Käse	-10,9	21,0	-9,9	0,2
Kaffee, Tee	-161,8	392,9	231,1	7,7
Alkoholische Getränke	15,0	442,2	-439,4	17,8
Fette	-4,8	-5,8	7,3	-3,3
Soßen	-16,7	-3,0	-19,7	-3,4
Fleisch	-102,1	185,6	83,5	3,5
Wurstwaren	-63,5	55,1	11,2	2,8

b) 45-54 Jahre (n = 35)

LEBENSMITTEL	EF2 - 24HR Differenzen			gesamt
	Häufigkeits- differenzen	Portions- differenzen	Lebensmittel- differenzen	
Brot	-12,0	52,3	-10,7	29,6
Nährmittel	-18,2	84,6	-67,7	-1,3
Kuchen, Plätzchen	-28,1	85,2	-68,8	-11,7
Süßer Brotaufstrich	0,7	3,8	-4,9	-0,4
Obst	41,6	184,6	-116,8	109,4
Gemüse	-8,3	208,7	-107,6	92,8
Kartoffeln	-17,0	120,3	-79,7	23,6
Erfrischungsgetränke	1,1	277,9	-32,2	246,8
Milch, Milchprodukte	0,8	132,0	-66,2	66,6
Käse	-6,6	16,7	-9,1	1,0
Kaffee, Tee	-184,9	350,0	-202,2	-37,1
Alkoholische Getränke	-63,8	323,4	-274,4	-14,8
Fette	-7,7	-7,7	8,2	-7,2
Soßen	8,0	2,7	5,7	16,4
Fleisch	-48,5	161,9	-128,9	-15,5
Wurstwaren	-32,3	46,1	-17,6	-3,8

c) 55-64 Jahre (n = 33)

LEBENSMITTEL	EF2 - 24HR Differenzen			gesamt
	Häufigkeits- differenzen	Portions- differenzen	Lebensmittel- differenzen	
Brot	-11,4	56,5	-7,4	37,7
Nährmittel	-25,2	90,5	-70,7	-5,4
Kuchen, Plätzchen	-35,6	66,6	-48,2	-17,2
Süßer Brotaufstrich	2,9	3,7	-5,8	0,8
Obst	-37,7	124,6	-73,0	13,9
Gemüse	-38,5	170,1	-90,1	41,5
Kartoffeln	-19,5	109,1	-80,0	9,6
Erfrischungsgetränke	-48,6	348,5	-211,4	88,5
Milch, Milchprodukte	-3,2	121,0	-52,6	65,2
Käse	4,2	25,1	-17,1	12,2
Kaffee, Tee	-222,9	298,3	-119,9	-44,5
Alkoholische Getränke	-32,5	325,9	-309,7	-16,3
Fette	-8,2	-3,6	4,5	-7,3
Soßen	-6,3	0,0	11,5	5,2
Fleisch	-45,1	161,1	-104,5	11,5
Wurstwaren	-31,3	43,3	-36,5	-24,5

Tabelle 63: Durchschnittliche Biomarkerspiegel*, für die Gesamtpopulation und stratifiziert nach Geschlecht

BIOMARKER	Männer (n = 49)	Frauen (n = 55)	Gesamt (n = 104)
VITAMIN C (mg/l)			
Winter	11,8±2,8 ¹ (12,3)	14,4±3,7 ² (14,2)	13,1±3,5 ⁴ (13,3)
Sommer	9,6±3,0 (9,5)	13,1±3,6 ² (13,0)	11,4±3,7 ³ (11,3)
Mittel aus beiden Proben	10,7±2,1 (10,8)	13,7±3,1 (13,3)	12,3±3,1 (12,1)
α-TOCOPHEROL (mg/l)			
Winter	14,8±4,3 (14,0)	14,1±3,7 (13,4)	14,4±4,0 (13,6)
Sommer	14,4±3,2 (13,4)	14,6±4,1 ² (14,1)	14,5±3,7 ³ (13,7)
Mittel aus beiden Proben	14,6±3,5 (13,3)	14,3±3,6 (13,8)	14,5±3,5 (13,6)
β-CAROTIN (µg/l)			
Winter	309,4±194,2 (243,0)	370,3±216,8 (380,0)	341,6±207,7 (289,0)
Sommer	288,9±204,6 (249,0)	384,0±233,0 ² (321,0)	338,7±224,0 ³ (288,0)
Mittel aus beiden Proben	299,1±184,6 (258,5)	374,8±184,9 (380,5)	339,2±187,7 (306,2)
PROTEIN (g/d)			
Winter	100,7±28,0 (102,4)	78,7±23,3 (77,2)	89,0±27,8 (88,1)
Frühjahr	110,6±28,8 (110,6)	85,1±21,9 (81,9)	97,1±28,3 (95,7)
Sommer	101,7±27,6 ¹ (102,6)	88,0±24,6 (85,5)	94,4±26,8 (93,1)
Herbst	106,3±37,1 (102,9)	81,9±24,4 (86,2)	93,4±33,2 (90,3)
Mittel aus 4 Proben	104,7±23,7 (104,0)	83,4±18,0 (81,4)	93,5±23,4 (91,1)

* Mittelwert ± Standardabweichung, (Median)

¹ n = 48 Männer, ² n = 54 Frauen, ³ n = 103 Personen, ⁴ n = 102 Personen

Tabelle 64: Durchschnittliche Biomarkerspiegel*, stratifiziert nach Altersgruppen

BIOMARKER	35-44 Jahre (n = 36)	45-54 Jahre (n = 35)	55-64 Jahre (n = 33)
VITAMIN C (mg/l)			
Winter	13,5±3,1 (13,8)	12,8±4,0 ² (12,6)	13,0±3,5 ³ (13,1)
Sommer	10,8±3,6 (10,6)	11,4±4,0 (11,4)	12,2±3,5 ³ (11,5)
Mittel aus beiden Proben	12,2±2,6 (12,4)	12,2±3,5 (11,0)	12,5±3,1 (12,2)
α-TOCOPHEROL (mg/l)			
Winter	12,3±2,6 (11,8)	14,4±3,3 (13,8)	16,8±4,6 (15,9)
Sommer	12,8±2,6 ¹ (12,0)	14,8±4,1 (13,9)	16,0±3,5 (16,3)
Mittel aus beiden Proben	12,5±2,4 (12,0)	14,6±3,4 (13,8)	16,4±3,7 (15,8)
β-CAROTIN (µg/l)			
Winter	370,7±197,6 (338,0)	313,9±216,9 (229,9)	339,4±210,8 (287,0)
Sommer	442,4±265,4 ¹ (342,0)	250,6±157,5 (242,0)	322,4±195,6 (271,0)
Mittel aus beiden Proben	402,1±199,6 (384,5)	282,2±160,3 (243,5)	330,9±185,7 (288,0)
PROTEIN (g/d)			
Winter	87,3±22,5 (90,2)	93,0±35,0 (88,7)	86,8±24,7 (83,1)
Frühjahr	98,7±26,2 (92,3)	95,2±30,7 (96,9)	97,3±28,7 (95,9)
Sommer	96,1±28,6 ¹ (92,2)	89,5±29,0 (86,1)	97,8±22,2 (99,9)
Herbst	92,2±28,0 (95,8)	96,4±42,9 (87,6)	91,7±27,0 (99,7)
Mittel aus 4 Proben	93,5±20,4 (89,4)	93,5±28,6 (92,4)	93,4±20,8 (92,5)

* Mittelwert ± Standardabweichung, (Median)

¹ n = 35 Personen, ² n = 34 Personen, ³ n = 32 Personen

Tabelle 65: Pearson Korrelationskoeffizienten zwischen den Biomarkern und den Ernährungserhebungsinstrumenten
a) stratifiziert nach Geschlecht

BIOMARKER	roh			VQ ² Marker	VQ ² 24HR	energieadj. ³ , fehlerbereinigt		
	24HR vs. Marker ¹	EF2 vs. Marker ¹	EF2korr vs. Marker ¹			24HR vs. Marker ⁴	EF2 vs. Marker ⁵	EF2korr vs. Marker ⁵
VITAMIN C								
Männer (n = 49)	0,33	0,24	0,25	-10,76	4,59	-	-	-
Frauen (n = 55)	0,37	0,22	0,27	1,30	7,56	0,61	0,22	0,29
α-TOCOPHEROL⁶								
Männer (n = 49)	0,24	0,22	0,26	0,41	2,88	0,46	0,08	0,05
Frauen (n = 55)	0,06	0,01	-0,01	0,47	15,66	0,08	0,01	0,09
β-CAROTIN								
Männer (n = 49)	0,53	0,20	0,39	0,40	7,66	0,71	0,46	0,53
Frauen (n = 55)	0,44	0,26	0,35	1,93	10,47	0,73	0,44	0,49
PROTEIN								
Männer (n = 49)	0,35	0,31	0,29	1,19	2,39	0,35	0,25	0,43
Frauen (n = 55)	0,31	0,19	0,17	1,31	2,29	0,48	0,55	0,48

* Korrelationskoeffizienten basieren auf log_e-transformierten Daten
 95% Konfidenzintervalle für n=35 sind: 0,1 (-0,24-0,42); 0,2 (-0,14-0,50); 0,3 (-0,04-0,58); 0,4 (0,08-0,65);
 0,5 (0,20-0,71); 0,6 (0,33-0,78); 0,7 (0,48-0,84); 0,8 (0,64-0,89); 0,9 (0,81-0,95)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² VQ = (intraindividuelle Variabilität / interindividuelle Variabilität)

³ Energieadjustierung mittels der Residuenmethode

⁴ Korrelationskoeffizienten, korrigiert um die Variabilität in den 24h-Recalls;
 Korrekturformel: $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Blut}/2)}*(1+VQ_{24HR}/12))$ bzw. $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Urin}/4)}*(1+VQ_{24HR}/12))$

⁵ Korrekturformel: $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Blut}/2)})$ bzw. $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Urin}/4)})$

⁶ Adjustiert für Cholesterin

b) stratifiziert nach Altersgruppen

BIOMARKER	roh			VQ ²	VQ ²	energieadj. ³ , fehlerbereinigt		
	24HR vs. Marker ¹	EF2 vs. Marker ¹	EF2korr vs. Marker ¹	Marker	24HR	24HR vs. Marker ⁴	EF2 vs. Marker ⁵	EF2korr vs. Marker ⁵
Vitamin C								
35-44 Jahre (n=36)	0,18	0,09	0,15	14,23	3,43	0,58	0,29	0,48
45-54 Jahre (n=35)	0,29	0,23	0,35	1,39	3,28	0,43	0,34	0,51
55-64 Jahre (n=31)	0,21	0,07	0,15	0,55	5,94	0,29	0,10	0,21
α-Tocopherol⁶								
35-44 Jahre (n=36)	0,38	0,32	0,37	0,47	6,98	0,53	0,45	0,52
45-54 Jahre (n=35)	0,01	0,04	0,15	0,52	3,78	0,01	0,05	0,19
55-64 Jahre (n=31)	0,10	-0,05	-0,11	0,68	0,77	0,12	-0,06	-0,13
β-Carotin								
35-44 Jahre (n=36)	0,48	0,12	0,23	1,43	12,56	0,90	0,22	0,43
45-54 Jahre (n=35)	0,57	0,31	0,39	1,48	8,91	0,99	0,54	0,68
55-64 Jahre (n=31)	0,29	0,10	0,18	0,49	19,03	0,52	0,18	0,32
Protein								
35-44 Jahre (n=35)	0,52	0,37	0,36	1,25	1,04	0,57	0,27	0,39
45-54 Jahre (n=35)	0,45	0,32	0,39	0,75	1,08	0,29	0,21	0,48
55-64 Jahre (n=33)	0,44	0,40	0,35	0,92	1,57	0,35	0,46	0,53

* Korrelationskoeffizienten basieren auf log_e-transformierten Daten

95% Konfidenzintervalle für n=35 sind: 0,1 (-0,24-0,42); 0,2 (-0,14-0,50); 0,3 (-0,04-0,58); 0,4 (0,08-0,65); 0,5 (0,20-0,71); 0,6 (0,33-0,78); 0,7 (0,48-0,84); 0,8 (0,64-0,89); 0,9 (0,81-0,95)

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen (Korrektur wurde für 11 Lebensmittelgruppen durchgeführt)

² VQ = (intraindividuelle Variabilität / interindividuelle Variabilität)

³ Energieadjustierung mittels der Residuenmethode

⁴ Korrelationskoeffizienten, korrigiert um die Variabilität in den 24h-Recalls;

Korrekturformel: $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Blut}/2)*(1+VQ_{24HR}/12)})$ bzw. $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Urin}/4)*(1+VQ_{24HR}/12)})$

⁵ Korrekturformel: $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Blut}/2)})$ bzw. $r^*(\sqrt{(1+VQ_{Urin}/4)})$

⁶ Adjustiert für Cholesterin

Tabelle 66: Regressionsanalyse der Biomarker auf die 24h-Recalls bzw. auf die Ernährungsfragebögen, stratifiziert nach Geschlecht und nach Altersgruppen

Protein	24HR ¹		EF2 ¹		EF2korr ¹	
	a ²	b ²	a	b ³	a	b ³
Männer (n=49)	67,5*	0,70	92,2*	0,17	85,3*	0,31
Frauen (n=55)	63,5*	0,51	70,7*	0,23	68,0*	0,33
35-44 Jahre (n=36)	58,0*	0,70	77,9*	0,25	72,0*	0,39
45-54 Jahre (n=35)	54,8*	0,69	75,2*	0,25	53,9*	0,66
55-64 Jahre (n=33)	41,1*	1,00	70,4*	0,33	66,7*	0,45

¹ 24HR = 24h-Recall, EF2 = Zweiter Ernährungsfragebogen, EF2korr = Zweiter Ernährungsfragebogen, korrigiert um die Verzehrshäufigkeiten der Lebensmittelgruppen

² a = Schätzer für den Achsenabschnitt (α), b = Schätzer für das Steigungsmaß (β),

³ b korrigiert um die intraindividuelle Variabilität

Korrekturformel: $b*((1+VQ_{Urin}/4)*(1+VQ_{24HR}/12))$

Korrekturformel: $b*(1+VQ_{Urin}/4)$

Tabelle 67: Anzahl an Erhebungstagen, die notwendig sind, damit pro Person 95% aller Werte maximal 20% von der wahren Nährstoffzufuhr abweichen

NÄHRSTOFF	Mittelwert	CV (%) ¹	Anzahl an Recalltagen ²
Energie	9208,6 kJ	25,0	6
Eiweiß	72,9 g	34,1	11
Fett	87,3 g	38,2	14
Gesättigte Fettsäuren	35,3 g	97,8	92
Einf. unges. Fettsäuren	28,9 g	43,3	18
Mehrf. unges. Fettsäuren	12,0 g	55,0	29
Cholesterin	343,2 g	55,3	29
Kohlenhydrate	225,0 g	27,1	7
Monosaccharide	34,7 g	56,4	31
Disaccharide	64,3 g	48,2	22
Polysaccharide	126,8 g	34,0	11
Ballaststoffe	22,3 g	35,2	12
Alkohol	15,4 g	91,8	81
Vitamin C	94,1 mg	81,0	63
Vitamin E	10,0 mg	71,7	49
Carotin	2,6 mg	146,7	207

¹ Variationskoeffizient der intraindividuellen Nährstoffzufuhr

$$^2 n = (Z_{\alpha} CV_w / D_0)^2$$

n = die Anzahl der benötigten Erhebungstage pro Person,

Z_{α} = Vertrauensbereich,

CV_w = Variationskoeffizient der intraindividuellen Schwankungen,

D_0 = die gewünschte Präzision in Prozent des wahren Mittelwertes.

DANKSAGUNG

Diese Dissertation war nur möglich aufgrund der starken Unterstützung durch meine KollegInnen, meinen Freunden und meine Familie. Sehr viele Personen haben auf unterschiedlichste Art und Weise bei der Durchführung, Auswertung und Veröffentlichung der Heidelberger Validierungsstudie geholfen. An dieser Stelle möchte ich mich bei allen recht herzlich bedanken.

Besonderer Dank gilt den Studienteilnehmern, die den großen Aufwand der Studie auf sich nahmen und ohne die dieses Projekt nicht möglich gewesen wäre. Einige Personen möchte ich namentlich erwähnen und ihnen dadurch meinen ganz besonderen Dank aussprechen:

Unerlässlich für die Studie war die Unterstützung durch die AOK-Heidelberg, mit deren Hilfe die Rekrutierung der Studienteilnehmer erfolgte. Besonderen Dank gilt hierbei dem damaligen Leiter der AOK-Heidelberg Herrn Krüger und seinem Mitarbeiter Herrn Mohr.

Ich bedanke mich desweiteren bei meinen Betreuern Prof. Dr. Jürgen Wahrendorf, Prof. Dr. Maria Blettner und Prof. Dr. Maria Neuhäuser-Berthold, für ihre Hilfe. Unter meinen KollegInnen bedanke ich mich insbesondere bei Elke Bauer, Dr. Andrea Korfmann, Günther Laib und Doro Niehoff für die hilfreichen Diskussionen, die aufmunternden Gespräche und die Unterstützung bei der Datenverarbeitung (vor allem den Programmierarbeiten mit SAS). Großer Dank gilt auch Ina Hoting, die mir bei der statistischen Auswertung hilfreich zur Seite stand. Außerdem bedanke ich mich herzlich bei Renate Birr für die Durchführung zahlreicher Interviews und für die gute Betreuung der Teilnehmer, sowie bei Gabriele Peres-Nelius, die für eine einheitliche Verkodung der Nahrungszufuhr verantwortlich war.

Abschließend bedanke ich mich bei meinem Mann Peter für seine Geduld, bei meinen Eltern, die mir die gute Ausbildung ermöglicht haben und bei meinen Schwiegereltern, die durch die ständige Betreuung unserer Kinder (Philippe, Felix und Isabelle) das Zusammenschreiben der Dissertation ermöglichten.