

Aus der Kinderklinik und Kinderpoliklinik, im Dr. von Haunerschen
Kinderspital der Ludwig-Maximilian-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. D. Reinhardt

**Studie zur Eisen- und Jodversorgung bei Erlanger
Schulanfängern im Rahmen des Family-Intervention-Trial
(FIT)-Erlangen**

Dissertation
Zum Erwerb des Doktorgrades der Humanbiologie
An der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilian-Universität zu München

vorgelegt von
Sabine Verwied-Jorky (geb. Verwied)
aus
Kaufbeuren
2007

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. B. Koletzko

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. R. Gärtner
Priv. Doz. Dr. med. K. Adelhard

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: -----

Dekan: Prof. Dr. med. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 21.03.2007

Meinen Eltern und meiner Familie gewidmet

Verzeichnis der Tabellen

Verzeichnis der Abbildungen

Verzeichnis der Abkürzungen

1	Einleitung.....	1
2	Methodik und Probanden	5
2.1	Studiendesign.....	5
2.2	Rekrutierung der Probanden.....	8
2.3	Studienablauf.....	8
2.4	Ermittlung der Lebensmittelverzehrmengen sowie der Energie- und Nährstoffzufuhr	10
2.4.1	Wiegeprotokoll.....	10
2.4.1.1	Validierung durch CUT-OFF 2 nach Goldberg et al. (1991).....	12
2.4.2	Duplikatmethode („duplicate portion technique“)	14
2.4.2.1	Probanden	14
2.4.2.2	Methode	14
2.4.2.3	Analytik	15
2.5	Laborparameter	16
2.5.1	Biochemische Marker des Eisenstoffwechsels	16
2.5.2	Biochemische Marker des Jodstoffwechsels	17
2.6	Anthropometrische Parameter	19
2.7	Körperzusammensetzung.....	22
2.8	Sportuntersuchungen	25
2.8.1	Ausdauertests	25
2.8.2	Krafttests.....	25
2.8.3	Koordinationstests	26
2.8.4	Beweglichkeitstests	26
2.8.5	Schnelligkeitstests	27

2.9	Weitere Daten	28
2.10	Schicht-Index und soziale Einordnung	28
2.11	Statistik	30
3	Ergebnisse	35
3.1	FIT-Kollektiv	35
3.1.1	Probanden	35
3.1.2	Soziodemographische Daten der Eltern	36
3.1.2.1	Schichtzugehörigkeit der Eltern nach Schicht-Index	40
3.1.3	Anthropometrie und Körperzusammensetzung der Schulanfänger	42
3.1.3.1	Anteil übergewichtiger Schulanfänger	44
3.1.4	Sportmotorische Tests und körperliche Aktivität	47
3.1.4.1	Körperliche Aktivität in der Freizeit	47
3.1.4.2	Sportmotorische Tests	50
3.1.4.2.1	Ausdauertest (Harvard-Step-Test)	50
3.1.4.2.2	Krafttests	52
3.1.4.2.3	Verschiedene sportmotorische Tests	54
3.2	Ergebnisse der Validierung des Ernährungserhebungsinstruments	58
3.2.1	Probanden	58
3.2.2	Energiezufuhr und Grundumsatz	58
3.3	Ernährungsgewohnheiten	62
3.4	Lebensmittelverzehr während des 3-Tage-Wiegeprotokolls	71
3.4.1	Lebensmittelverzehr während des 3-Tage-Wiegeprotokolls in Abhängigkeit vom Body Mass Index	74
3.5	Lebensmittelverzehr während des 3-Tage-Wiegeprotokolls in Abhängigkeit vom Body Mass Index	77
3.5.1	Alimentäre Eisenzufuhr	77
3.5.1.1	Anteil von bioverfügbarem Eisen aus alimentär zugeführtem Eisen	79
3.5.2	Alimentäre Jodzufuhr	80

3.6	Energie- und Nährstoffzufuhr während des 3-Tage-Wiegeprotokolls	81
3.6.1	Energie- und Nährstoffzufuhr während des 3-Tage-Wiegeprotokolls in Abhängigkeit vom Body Mass Index	86
3.6.2	Energie- und Nährstoffzufuhr während des 3-Tage-Wiegeprotokolls im Vergleich zu den Referenzwerten der Deutschen, Österreichischen und Schweizer Gesellschaften für Ernährung (DACH) 2000	89
3.7	Duplikatmethode („duplicate portion technique“)	92
3.7.1	Lebensmittelverzehr während der Duplikatsammlung.....	92
3.7.2	Energie- und Nährstoffzufuhr während der Duplikatsammlung.....	94
3.7.2.1	Eisen- und Jodzufuhr aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll während der Duplikatsammlung im Vergleich zu den laborchemisch ermittelten Zufuhrdaten.....	96
3.7.2.2	Eisen- und Jodzufuhr aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll während der Duplikatsammlung im Vergleich zum 3-Tage-Wiegeprotokoll von 1998	99
3.7.3	Zusammenhang zwischen der ermittelten Eisen- und Jodzufuhr nach Wiegeprotokoll und Laboranalyse und der Lebensmittelzufuhr nach Wiegeprotokoll während der Duplikatmethode	100
3.8	Eisen- und Jodstoffwechsel	101
3.8.1	Konzentrationen verschiedener biochemischer Parameter des Eisenstoffwechsels	101
3.8.2	Erstellung von Referenzwerten für die löslichen Transferrinrezeptoren und den Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotienten	103
3.8.3	Prävalenz von Eisenmangel und Eisenmangelanämie anhand verschiedener Parameter des Eisenstoffwechsels.....	105
3.8.3.1	Lösliche Transferrinrezeptoren und Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotient in Abhängigkeit der Definition von Eisenmangel nach Serum-Ferritin.....	107
3.8.4	Zusammenhang zwischen Eisenzufuhr, Body Mass Index, körperlicher Aktivität und sozialem Status	115
3.8.4.1	Eisenzufuhr und Body Mass Index (BMI).....	115
3.8.4.2	Eisenzufuhr und sportliche Aktivität.....	117
3.8.4.3	Eisenzufuhr und sozialer Status	119
3.8.4.4	Zusammenfassende Betrachtung möglicher Einflussfaktoren auf die Eisenzufuhr	120

3.8.5	Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern des Eisenstoffwechsels, Nährstoffzufuhr, Body Mass Index und körperlicher Aktivität	121
3.8.5.1	Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und dem Lebensmittelverzehr	121
3.8.5.2	Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und der Nährstoffzufuhr	122
3.8.5.2.1	Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und der Eisenzufuhr	122
3.8.5.2.2	Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und der Aufnahme von Vitamin C und Calcium	126
3.8.5.2.3	Eisen-, Vitamin C- und Calciumzufuhr in Abhängigkeit von der Serum-Ferritin-Konzentration	126
3.8.5.3	Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und dem Body Mass Index (BMI)	129
3.8.5.4	Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und der körperlichen Aktivität	131
3.8.5.5	Zusammenfassende Betrachtung klinischer Kenngrößen des Eisenstoffwechsels und möglicher Einflussfaktoren	134
3.8.6	Serumkonzentrationen verschiedener Hormone des Jodstoffwechsels sowie die Jod-Urin-Konzentration	136
3.8.7	Prävalenz von Jodmangel bei Schulanfängern nach der Jod-Urin-Konzentration	137
3.8.7.1	Jodausscheidung und Verzehr von jodiertem Speisesalz sowie mit jodiertem Salz hergestellte Brot und Backwaren	140
3.8.8	Prävalenz von Hypothyreose	142
3.8.9	Zusammenhang zwischen alimentärer Jodzufuhr, Body Mass Index und sozialem Status	143
3.8.9.1	Jodzufuhr und Body Mass Index (BMI)	143
3.8.9.2	Jodzufuhr und sozialer Status	145
3.8.10	Zusammenhang zwischen der alimentären Jodzufuhr und biochemischen Parametern	146
3.8.10.1	Jodzufuhr und Schilddrüsenhormone	146
3.8.10.2	Jodzufuhr und Jodausscheidung	148

3.8.11	Zusammenhang zwischen der Jod- und Kreatininausscheidung und anthropometrischen Daten	150
3.8.12	Zusammenfassende Betrachtung der Jodausscheidung und möglicher Einflussfaktoren	152
3.8.13	Einnahme von Eisen- bzw. Jodpräparaten.....	153
4	Diskussion	154
4.1	Probanden	154
4.2	Diskussion der Validierungsergebnisse	156
4.3	Eisen.....	159
4.3.1	Ermittelte Referenzwerte für lösliche Transferrinrezeptoren und Transferrinrezeptor: Ferriton-Quotient.....	159
4.3.2	Bedeutung von konventionellen Parameter sowie von löslichen Transferrinrezeptoren und dem Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotient in der Diagnostik von Eisenmangel und Eisenmangelanämie	161
4.3.3	Prävalenz von Eisenmangel und Eisenmangelanämie anhand verschiedener Parameter des Eisenstoffwechsels.....	164
4.3.3.1	Eisenmangel ohne Anämie	165
4.3.3.2	Eisenmangelanämie	167
4.3.4	Bedeutung von löslichen Transferrinrezeptoren und dem Transferrinrezeptor: Ferritin-Quotienten zur Beurteilung von Eisenmangel anhand von Ferritin.....	169
4.3.5	Bedeutung von löslichen Transferrinrezeptoren und dem Transferrinrezeptor: Ferritin-Quotienten zur Beurteilung von Eisenmangel anhand von Ferritin.....	172
4.4	Jod.....	179
4.4.1	Bedeutung der alimentären Jodzufuhr für den Jodstatus.....	179
4.4.2	Jodversorgung der Schulanfänger anhand der Jodausscheidung im Urin	184

5	Schlussfolgerungen.....	189
5.1	Eisen.....	190
5.2	Jod.....	193
6	Zusammenfassung	196
7	Literaturverzeichnis	201
8	Anhang.....	216

Tab. 1	Erhebungsparameter der FIT-Studie	7
Tab. 2	BMI-Perzentiltabelle für Mädchen und Jungen nach Kromeyer-Hauschild et al. (2001).....	20
Tab.2a	BMI-Perzentiltabelle für Mädchen und Jungen nach Rolland-Cachera et al. (1991).....	20
Tab. 2b	Internationale BMI-Referenzwerte für Mädchen und Jungen in Anlehnung an die cut-offs von 25 kg/m ² (Übergewicht) und 30 kg/m ² (Adipositas) für Erwachsene nach Cole et al. (2000)	20
Tab. 3	Teilnahmequote der Schulanfänger an den verschiedenen Untersuchungen ausgehend von 427 Schulanfängern (= 100 %) als Fit-Kollektiv	36
Tab. 4	Anthropometrische Daten der Schulanfänger (MW±SD; Median/25–75er Perzentile)	42
Tab. 5	Anthropometrische Daten der Schulanfänger (MW±SD; Median/25–75er Perzentile)	43-44
Tab. 6	Anzahl an Kindern nach verschiedenen Sportarten und Zeitaufwand (Stunden/Woche).....	49
Tab. 7	Ergebnisse des Harvard-Step-Tests (%).....	50
Tab. 8	Mittlerer Score nach dem Harvard-Step-Tests (MW±SD; Median/25–75er Perzentile)	51
Tab. 9	Mittlerer Score nach dem Harvard-Step-Tests (MW±SD; Median/25–75er Perzentile)	52
Tab. 10	Häufigkeiten der bewältigten der Krafttests (%)	54
Tab. 11	Verschiedene sportmotorische Tests der Schulanfänger (MW±SD; Median/25–75er Perzentile)	56
Tab. 12	Ergebnisse der Jandatests	57
Tab. 13	Anthropometrische Daten der 6-7jährigen Schulanfänger, bei denen die Validität der Energiezufuhr überprüft wird (MW±SD; Median/25–75er Perzentile)	58
Tab. 14	Energiezufuhr (EZ) und Grundumsatz (GU) der 6-7jährigen Schulanfänger (MW±SD; Median/25–75er Perzentile)	59

Tab. 15	Anteil der Underreporter und der adäquaten Reporter.....	59
Tab. 16	Energiezufuhr und Grundumsatz der Underreporter und der adäquaten Reporter (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile).....	60
Tab. 17	Anthropometrie der Underreporter und der adäquaten Reporter (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)	61
Tab. 18	Energie-, Eisen- und Jodzufuhr des untersuchten Kollektivs unter Ein- bzw. unter Ausschluss der nicht plausiblen Protokolle (MW \pm SD; Median/ 25–75er Perzentile)	61
Tab. 19	Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Energie- und Hauptnährstoffzufuhr der Schulanfänger (MW \pm SD; Median/ 25–75er Perzentile)	81
Tab. 20	Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Nährstoffzufuhr der Schulanfänger (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)	83
Tab. 21	Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Nährstoffdichte ausgewählter Vitamine und Mineralstoffe (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile).....	84
Tab. 22	Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Energie- und Hauptnährstoffzufuhr von normal- und übergewichtigen Schulanfängern (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)	85
Tab. 23	Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Nährstoffzufuhr von normal- und übergewichtigen Schulanfängern (MW \pm SD; Median/ 25–75er Perzentile)	86-87
Tab. 24	Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Nährstoffdichte ausgewählter Vitamine und Mineralstoffe in Abhängigkeit vom Body Mass Index (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)	88
Tab. 25	Mittlerer Lebensmittel- und Getränkeverzehr (g/d) eines Subkollektivs von Kindern während der Duplikatsammlung (MW \pm SD; Median/ 25–75er Perzentile)	93

Tab. 26	Mittlere tägliche Energie- und Hauptnährstoffzufuhr eines Subkollektivs von Kindern während der Duplikatsammlung (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)	94
Tab. 27	Mittlere tägliche Nährstoffzufuhr (ausser Eisen und Jod) eines Subkollektivs von Kindern während der Duplikatsammlung (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)	95
Tab. 28	Vergleich der aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll berechneten Eisen- und Jodzufuhr mit den laborchemisch bestimmten Zufuhrdaten der drei einzelnen Sammeltage (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile).....	96
Tab. 29	Vergleich der aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll berechneten Eisen- und Jodzufuhr mit den laborchemisch bestimmten Zufuhrdaten aus dem Durchschnitt der drei Sammeltage (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)	97
Tab. 30	Vergleich der aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll der Duplikatsammlung berechneten Eisen- und Jodzufuhr mit den Zufuhrdaten aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll von 1998 (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)	100
Tab. 31	Biochemische Parameter des Eisenstoffwechsels von Schulanfängern (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)	101-102
Tab. 32	Serumkonzentrationen verschiedener Parameter des Eisenstoffwechsels von Schulanfängern nach Grad der Entleerung der Eisenspeicher anhand vom Serum-Ferritin (MW \pm SD/Median, Minimum-Maximum)	110
Tab. 33	Multiple lineare Regression zur Ermittlung des Einflusses verschiedener Prädiktoren auf die Eisenzufuhr (mg/d)	121
Tab. 34	Mittlere Eisen- und Vit.C-Zufuhr in Abhängigkeit von der Serum-Ferritinkonzentration; MW \pm SD (Median/25er – 75er Perzentile)	127
Tab. 35	Zusammenhang zwischen den Referenzwerten für die Eisen- und Vit.C-Zufuhr (mg/d) und dem Anteil der Schulanfänger mit einer Serum-Ferritinkonzentration \leq 20 ng/ml	128
Tab. 36	Zusammenhang zwischen den Referenzwerten für die Eisen- und Calciumzufuhr (mg/d) und dem Anteil der Schulanfänger mit einer Serum-Ferritinkonzentration \leq 20 ng/ml.....	129

Tab. 37	Multiple lineare Regression zur Ermittlung des Einflusses verschiedener Prädiktoren auf ausgewählte Parameter des Eisenstatus	135
Tab. 38	Serumkonzentrationen verschiedener Hormone des Jodstoffwechsels sowie die Jod-Urin-Konzentration von Schulanfängern; MW ± SD (Median/25er – 75er Perzentile).....	137
Tab. 39	Multiple lineare Regression zur Ermittlung des Einflusses verschiedener Prädiktoren auf Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin).....	152
Tab. 40	Multiple lineare Regression zur Ermittlung des Einflusses verschiedener Prädiktoren auf die Jodkonzentration im Urin ($\mu\text{g}/\text{l}$).....	153
Tab. 41	Referenzbereiche und mittlere sTfR-Konzentrationen für sTfR unter Verwendung unterschiedlicher Analyseverfahren.....	161

Anhang

Tab. A1	Ausgewählte anthropometrische Parameter in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität pro Woche; MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	216
Tab. A2	Ausgewählte anthropometrische Parameter in Abhängigkeit von der Ausdauer (Harvard-Step-Test); MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.)	216
Tab. A3	Ausgewählte anthropometrische Parameter männlicher und weiblicher Schulanfänger nach Handkraft; MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	217
Tab. A4	Ausgewählte anthropometrische Parameter in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsstufe der ausgeübten Krafttests - <i>Armbeuger(Klimmzug)</i> ; MW ± SE, (Median 5 – 95er Perz.)	218
Tab. A4a	Ausgewählte anthropometrische Parameter in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsstufe der ausgeübten Krafttests - <i>Armstrekker(Beugestütz)</i> ; MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	218
Tab. A4b	Ausgewählte anthropometrische Parameter in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsstufe der ausgeübten Krafttests - <i>Bauchmuskulatur(Sit-up)</i> ; MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	219
Tab. A5	Täglicher Lebensmittelverzehr (g) weiblicher und männlicher Schulanfänger MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	220

Tab. A5a	Täglicher Getränkeverzehr (ml) weiblicher und männlicher Schulanfänger MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	221
Tab. A6	Täglicher Lebensmittelverzehr (g) normal- und übergewichtiger Schulanfänger MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	222
Tab. A6a	Täglicher Lebensmittelverzehr (g) normal- und übergewichtiger Schulanfänger MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	223
Tab. A7	Tägliche Eisenzufuhr (mg) aus verschiedenen Lebensmittelgruppen MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	224
Tab. A8	Tägliche Jodidzufuhr (µg) aus verschiedenen Lebensmittelgruppen MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	225
Tab. A9	Prozentuale Abweichung der Energie und ausgewählter Nährstoffe von den Referenzwerten der DACH (2000) bei Jungen und Mädchen im Alter von 6-7 Jahren; MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	226
Tab. A10	Vergleich der mittleren täglichen Energie- und Hauptnährstoffzufuhr nach dem 3-Tage-Wiegeprotokoll der Duplikatsammlung (WPD) mit den Zufuhr- daten aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll von 1998 (WP); MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.)	227
Tab. A10a	Vergleich der mittleren täglichen Mikronährstoffzufuhr nach dem 3-Tage-Wiegeprotokoll der Duplikatsammlung (WPD) mit den Zufuhr- daten aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll von 1998 (WP); MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.)	228
Tab. A11	Vergleich des mittleren Lebensmittel- und Getränkeverzehrs (g/d) nach dem 3-Tage-Wiegeprotokoll der Duplikatsammlung (WPD) mit den Zufuhrdaten aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll von 1998 (WP); MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.)	229
Tab. A12	Normbereiche für ausgewählte Serum-Parameter des Eisen- und Jod- stoffwechsels	230
Tab. A13	Täglicher Verzehr ausgewählter Lebensmittel (g) von Schulanfängern nach BMI-Tertilen; MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.).....	231
Tab. A14	Lebensmittelzufuhr in Abhängigkeit der sportlichen Aktivität; MW ± SE (Median, 5 – 95er Perz.)	232

Tab. A15	Mittlere tägliche Eisenzufuhr in Abhängigkeit der Schichtzugehörigkeit; MW \pm SE (Median, 25 – 75er Perz, Min.-Max.)	233
Tab. A16	Mittlere tägliche Jodzufuhr in Abhängigkeit der Schichtzugehörigkeit; MW \pm SE (Median, 25 – 75er Perz., Min.-Max.)	233
Tab. A17:	Gesetzliche Grundlage für die Jodsupplementation.....	234

Abb. 1	Schema eines Boxplots.....	31
Abb. 2	Höchster Schulabschluss der Mütter und Väter.....	37
Abb. 3	Berufliche Tätigkeit der Mütter und Väter.....	38
Abb. 4	Berufliche Tätigkeit der Mütter und Väter.....	39
Abb. 5	Durchschnittliches prozentuales monatliches Nettoeinkommen der Familien.....	40
Abb. 6	Soziale Einstufung der Erlanger Mütter und Väter.....	41
Abb. 7	Anteil übergewichtiger und adipöser Schulanfänger nach Kromeyer-Hauschild et al. (2001).....	45
Abb. 7.1	Anteil übergewichtiger und adipöser Schulanfänger nach Cole et al. (2000)	46
Abb. 8	Anteil sportlich aktiver Mädchen und Jungen nach Sportdauer pro Woche	47
Abb. 9	Gemessene Herzfrequenz der Schulanfänger (n=403) zu ausgewählten Zeitpunkten des Harvard-Step-Tests	51
Abb. 10	Interesse an Themen der Ernährung und Gesundheit.....	62
Abb. 11	Informationsquellen über Fragen zur Gesundheit und Ernährung	63
Abb. 12	Kriterien für die Speisenauswahl bzw. Speisenzubereitung	64
Abb. 13	Tägliche Mahlzeiteneinnahme bei Schulanfängern	65
Abb. 14	Tägliche Mahlzeiteneinnahme bei Schulanfängern	66
Abb. 15	Ernährungsform der Schulanfänger	67
Abb. 16	Prozentuale Verzehrshäufigkeit verschiedener Lebensmittelgruppen von 6-7jährigen Jungen (Fragebogen)	68
Abb. 17	Prozentuale Verzehrshäufigkeit verschiedener Lebensmittelgruppen von 6-7jährigen Mädchen (Fragebogen)	69
Abb. 18	Verwendung von jodiertem Speisesalz in Erlanger Haushalten	70
Abb. 19	Prozentuale Anzahl von Haushalten, die mit jodiertem Speisesalz hergestellte Brot und Backwaren verzehren.....	70
Abb. 20	Verzehrmengen ausgewählter Lebensmittelgruppen von 6-7jährigen Jungen und Mädchen (n=168) (Durchschnittsmengen in g/Tag). (Mann-Whitney U-Test zwischen den Geschlechtern: \$ p< 0,05).....	72

Abb. 21	Verzehrmengen ausgewählter Getränke von 6-7jährigen Jungen und Mädchen (n=168) (Durchschnittsmengen in ml/Tag)	73
Abb. 22	Verzehrmengen ausgewählter Lebensmittelgruppen von Schulanfängern (n = 168) in Abhängigkeit vom BMI (Durchschnittsmengen in g/Tag); (Kruskal-Wallis H-Test zwischen Gewichtsgruppen: \$ p< 0,05); (normalgewichtig: n=154, übergewichtig: n=9, adipös: n=5).....	75
Abb. 23	Mittlere Verzehrmengen ausgewählter Getränke von Schulanfängern (n = 168) in Abhängigkeit vom BMI (Durchschnittsmengen in ml/Tag); (normalgewichtig: n=154, übergewichtig: n=9, adipös: n=5)	76
Abb. 24	Prozentuale alimentäre Eisenzufuhr aus verschiedenen Lebensmittelgruppen bei 6-7jährigen Schülern	78
Abb. 25	Prozentuale resorbierbare Eisenanteile aus verschiedenen Lebensmittelgruppen bei 6-7jährigen Schülern (durchschnittlich 0,84 mg resorbierbares Eisen pro Tag).....	79
Abb. 26	Prozentuale alimentäre Jodzufuhr aus verschiedenen Lebensmittelgruppen bei Schulanfängern.....	80
Abb. 27	Prozentuale Abweichung der Energie und ausgewählter Nährstoffe von den empfohlenen Referenzwerten der DACH (2000) bei Jungen und Mädchen im Alter von 6-7 Jahren (0 % = empfohlene Zufuhr)	90
Abb. 28	Prozentuale Abweichung der Energie und ausgewählter Nährstoffe von den empfohlenen Referenzwerten der DACH (2000) bei Jungen und Mädchen im Alter von 6-7 Jahren (0 % = empfohlene Zufuhr)	91
Abb. 29	Prozentuale Abweichung der Energie und ausgewählter Nährstoffe von den empfohlenen Referenzwerten der DACH (2000) bei Jungen und Mädchen im Alter von 6-7 Jahren (0 % = empfohlene Zufuhr)	98
Abb. 30	Verteilung der Schulanfänger nach der Konzentration der löslichen Transferrin-Rezeptoren (sTfR)	104
Abb. 31	Verteilung der Schulanfänger nach dem log Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotienten (sTfR:Ferritin)	104

Abb. 32	Prävalenzen niedriger Serumkonzentrationen (relative Häufigkeit unter- bzw. oberhalb der angegebenen Referenzwerte) von verschiedenen biochemischen Parametern zur Eisenversorgung und von ausgewählten Vitaminen bei Schulanfängern.....	107
Abb. 33	Plot von löslichen TfR gegenüber Hämoglobin mit entsprechenden Referenzlinien für obere (sTfR) bzw. untere Normwerte (Hb)	108
Abb. 34	Plot von löslichen sTfR gegenüber Serum-Ferritin mit entsprechenden Referenzlinien für obere ($sTfR > 1,98 \text{ mg/l}$) bzw. untere Referenzwerte ($\log \text{ Ferritin} \leq 1,08 \approx \leq 12 \text{ ng/ml}$ nicht logarithmiert)	113
Abb. 35	Plot von $\log sTfR:\text{Ferritin}$ gegenüber Ferritin mit entsprechenden Referenzlinien für obere ($sTfR:\text{Ferritin} > 2,15$) bzw. untere Referenzwerte ($\log \text{ Ferritin} \leq 1,08 \approx \leq 12 \text{ ng/ml}$ nicht logarithmiert)	113
Abb. 36	Verteilung von sTfR in Abhängigkeit der Eisenspeicher (Referenzlinie für oberen TfR Referenzwert $> 1,98 \text{ mg/l}$)	114
Abb. 37	Verteilung von sTfR:Ferritin in Abhängigkeit der Eisenspeicher (Referenzlinie für oberen $\log sTfR:\text{Ferritin}$ Referenzwert $> 2,15$)	114
Abb. 38	Mittlere Eisenzufuhr (mg/d) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom BMI (Linie für den Referenzwert der Eisenzufuhr von 9 mg/d)	116
Abb. 39	Mittlere energiebezogene Eisenzufuhr (mg/MJ) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom BMI (Referenzlinie für die als Referenz angegebene Nährstoffdichte von 1,35 mg Eisen/MJ)	117
Abb. 40	Mittlere Eisenzufuhr der Schulanfänger in Abhängigkeit der Sportaktivität pro Woche in der Freizeit (Linie für den Referenzwert der Eisenzufuhr von 9 mg/d); Kruskal-Wallis H-Test: $\$ p < 0,05$	118
Abb. 41	Mittlere energiebezogene Eisenzufuhr (mg/MJ) der Schulanfänger in Abhängigkeit der Sportaktivität pro Woche in der Freizeit (Linie für den Referenzwert der Nährstoffdichte von 1,35 mg Eisen/MJ).....	119
Abb. 42	Mittlere Eisenzufuhr (mg/d) der Schulanfänger ($n = 115$) in Abhängigkeit der Schichtzugehörigkeit aus dem Durchschnitt der Schichtzugehörigkeit von Mutter und Vater (Linie für den Referenzwert der Eisenzufuhr von 9 mg/d)	120

Abb. 43	Mittlere Serum-Ferritinkonzentration (ng/ml) der Schulanfänger (n=115) in Abhängigkeit Referenzwert für die Eisenzufuhr (DACH 2000)	124
Abb. 44	Mittlere Transferrin-Sättigung (%) der Schulanfänger (n = 115) in Abhängigkeit der Referenzwerte für die Eisenzufuhr (DACH 2000); Mann Whitney U-Test: \$ p < 0,05	125
Abb. 45	Mittlere Serum-Konzentration der löslichen Transferrinrezeptoren (mg/l) der Schulanfänger (n = 115) in Abhängigkeit der Referenzwerte für die Eisenzufuhr (DACH 2000)	125
Abb. 46	Mittleres Zellvolumen (fl) der Schulanfänger (n = 115) in Abhängigkeit der Referenzwerte für die Eisenzufuhr (DACH 2000); Mann Whitney U-Test: § p < 0,01	126
Abb. 47	Mittlere Serum-Ferritinkonzentration (ng/ml) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom BMI; Mann Whitney U-Test: \$ p < 0,05	130
Abb. 48	Mittlere Serum-Ferritinkonzentration (ng/ml) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom BMI; Mann Whitney U-Test: \$ p < 0,05	131
Abb. 49	Mittlere SF-Konzentration (ng/ml) der Schulanfänger (n=146) in Abhängigkeit der Sportaktivität pro Woche in der Freizeit.....	132
Abb. 50	Mittlere SF-Konzentration (ng/ml) der Schulanfänger (n=146) in Abhängigkeit der Sportaktivität pro Woche in der Freizeit.....	133
Abb. 51	Mittlere Hämoglobin-Konzentration der Schulanfänger (n=146) in Abhängigkeit der Sportaktivität pro Woche in der Freizeit.....	134
Abb. 52	Relative Häufigkeit der Jodidausscheidung (μ g/g Kreatinin) im Urin von 6-7jährigen Jungen und Mädchen	138
Abb. 53	Relative Häufigkeit der Jodidkonzentration (μ g/l) im Urin von 6-7jährigen Jungen und Mädchen.....	139
Abb. 54	Jodausscheidung (μ g/g Kreatinin) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom Verzehr von jodiertem bzw. nicht jodiertem Speisesalz (Referenzlinie für 150 μ g Jodid/g Kreatinin = kein Mangel)	141

Abb. 55	Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom Verzehr von jodiertem bzw. nicht jodiertem Speisesalz (Referenzlinie für 150 μg Jodid/g Kreatinin = kein Mangel)	142
Abb. 56	Mittlere Jodzufuhr (mg/d) der Schulanfänger (n=168) in Abhängigkeit vom BMI (Linie für den Referenzwert der Jodzufuhr von 130 $\mu\text{g}/\text{d}$).....	144
Abb. 57	Mittlere energiebezogene Jodzufuhr (mg/MJ) der Schulanfänger (n=168) in Abhängigkeit vom BMI (Linie für den Referenzwert der Nährstoffdichte von 19,5 μg Jod/MJ).....	144
Abb. 58	Mittlere Jodzufuhr ($\mu\text{g}/\text{d}$) der Schulanfänger (n=115) in Abhängigkeit der Schichtzugehörigkeit aus dem Durchschnitt der Schichtzugehörigkeit von Mutter und Vater (Linie für den Referenzwert der Jodzufuhr von 130 $\mu\text{g}/\text{d}$).....	145
Abb. 59	Mittlere fT4-Konzentration (pg/ml) der Schulanfänger (n=120) in Abhängigkeit des Referenzwertes für die Jodzufuhr (untere Referenzlinie für fT4 = 10 pg/ml).....	147
Abb. 60	Mittlere TSH-Konzentration ($\mu\text{U}/\text{ml}$) der Schulanfänger (n=120) in Abhängigkeit des Referenzwertes für die Jodzufuhr (DACH 2000) (obere Referenzlinie für TSH = 4,2 $\mu\text{U}/\text{ml}$)	147
Abb. 61	Mittlere Jodzufuhr bei Schulanfängern (n=138) in Abhängigkeit des Jodmangels anhand der Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin) nach der nach WHO-Klassifikation (Linie für den Referenzwert der Jodzufuhr von 130 $\mu\text{g}/\text{d}$)	148
Abb. 62	Mittlere Jodzufuhr bei Schulanfängern (n=138) in Abhängigkeit des Jodmangels anhand der Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{dl}$) nach der WHO-Klassifikation (Linie für den Referenzwert der Jodzufuhr von 130 $\mu\text{g}/\text{d}$).....	149
Abb. 63	Mittlerer Verzehr von Milch und Milchprodukten bei Schulanfängern (n=138) in Abhängigkeit des Jodmangels anhand der Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin) nach der WHO-Klassifikation (einfaktorielle ANOVA: § p < 0,05 zwischen Gruppe „kein Mangel“ und „Grad 1“).....	150
Abb. 64	Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{dl}$) in Abhängigkeit vom Body Mass Index	151
Abb. 65	Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin) in Abhängigkeit vom Body Mass Index.....	151

Anhang

Abb. A1	Plot zwischen der täglichen Eisenzufuhr (mg) und dem BMI (n=168)	235
Abb. A1a	Plot zwischen der täglichen Eisenzufuhr (mg) und dem BMI getrennt nach Geschlecht.....	235
Abb. A2	Plot zwischen dem berechneten zugeführten resorbierbaren Eisen (mg/d) und dem BMI (n=168).....	235
Abb. A2a	Plot zwischen dem berechneten zugeführten resorbierbaren Eisen (mg/d) und dem BMI (n=168).....	235
Abb. A3	Plot zwischen dem berechneten zugeführten resorbierbaren Eisen (mg/d) und dem BMI (n=168).....	236
Abb. A3a	Plot zwischen dem berechneten zugeführten Hämeisen (mg/d) und dem BMI getrennt nach Geschlecht.....	236
Abb. A4	Plot zwischen dem berechneten zugeführten Nicht-Hämeisen (mg/d) und dem BMI (n=168).....	236
Abb. A4a	Plot zwischen dem berechneten zugeführten Nicht-Hämeisen (mg/d) und dem BMI (n=168).....	236
Abb. A5	Plot zwischen der Eisenzufuhr (mg/d) und dem MCV (n=115)	237
Abb. A5a	Plot zwischen der Eisenzufuhr (mg/d) und dem MCV getrennt nach Geschlecht	237
Abb. A6	Plot zwischen der Eisenzufuhr (mg/d) und dem MCV getrennt nach Geschlecht.....	237
Abb. A6a	Plot zwischen der Eisenzufuhr (mg/d) und dem MCV getrennt nach Geschlecht.....	237
Abb. A7	Plot zwischen dem berechneten zugeführten Nicht-Hämeisen (mg/d) und dem MCV (n=115)	238
Abb. A7a	Plot zwischen dem berechneten zugeführten Nicht-Hämeisen (mg/d) und dem MCV getrennt nach Geschlecht.....	238
Abb. A8	Plot zwischen dem berechneten zugeführten Hämeisen (mg/d) und dem MCV (n=115).....	238

Abb. A9	Informationsbrief an die Eltern und Einverständniserklärung für die Teilnahme des Kindes	239
Abb. A10	Einladung zum Informationsabend für die Eltern.....	241
Abb. A11	Anleitung zum Ausfüllen des 3-Tage-Wiegeprotokolls.....	242
Abb. A12	Ausschnitt aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll	244
Abb. A13	Fragebogen mit Fragen zu Ernährungs- und Lebensgewohnheiten des Kindes und der Eltern.....	245
Abb. A14	Informationsbrief an die Eltern über die Duplikatsammlung	251
Abb. A15	Einverständniserklärung für die Teilnahme des Kindes an der Duplikatsammlung	252
Abb. A16	Erhebungsbogen über sportmotorische Tests und anthropometrische Daten der Kinder	253

Abkürzungsverzeichnis

AAS	Atomabsorptionsspektroskopie
AF	prozentualer Armfettanteil
B	Regressionskoeffizient
BD	Body density
BIA	Bioelektrische Impedanzanalyse
BLS II.2/II.3	Bundeslebensmittelschlüssel Version II.2/II.3
BLS	Bundeslebensmittelschlüssel
BMI	Body Mass Index
BMR	Basal metabolic rate (=Grundumsatz)
C	Oberarmumfang
DACH	Deutsche-, Österreichische- und Schweizer Gesellschaft für Ernährung
DEXA	Dual-energy X-ray absorptionmetry
DHP	Deutschen Herzkreislauf-Präventionsstudie
EM	Eisenmangel
EME	Eisenmangel-Erythropoese
EVS	Einkommens- und Verbrauchsstichprobe
EZ	Energiezufuhr
FFM	fettfreien Masse
FIT	Family-Intervention-Trial
FM	Fettmasse
fT4	freies Thyroxin
GU	Grundumsatz
Hb	Hämoglobin
HDL	High Density Lipoprotein
HPLC	Hochdruckflüssigkeitschromatographie
ICCIDD	International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders
IDD	Iodine deficiency disorders
IQR	Interquartilrange
K	Klimmzugtest
KG	Körpergewicht
KH	Körpergrösse
KOH	Kaliumhydroxid

Abkürzungsverzeichnis

LAD	Laboranalyse (Duplikatsammlung)
LDL	Low Density Lipoprotein
LfE	Landesanstalt für Ernährung
MCH	Mittlerer absoluter Hämoglobingehalt der Erythrozyten
MCV	Mittleres Erythrozytenvolumen
MW	Mittelwert
n	Anzahl
N	Stickstoff
n.s.	nicht signifikant
P	Irrtumswahrscheinlichkeit
PAL	Physical activity level (=körperlicher Aktivitätsindex)
r	Spearmanscher Rangkorrelationskoeffizienten
r ²	Bestimmtheitsmaß
SD	Standardabweichung
SE	Serum-Eisen
SF	Serum-Ferritin
sTfR (soluble transferrin receptors)	Lösliche Transferrin-Rezeptoren
sTfR:Ferritin	Transferrin-Rezeptoren:Ferritin-Quotient
subsc	subscapulare Hautfalte
T3	Trijodthyronin
T4	Thyroxin
tric	Trizeps
TrS	Trockensubstanz
TS	Transferrinsättigung
TH	Trizeps-Hautfalte
TSH	Thyroidea-stimulierendes Hormon
VERA	Verbundstudie Ernährungserhebung und Risikofaktoren Analytik
VK	Variationskoeffizient
WHO	World Health Organization
WHR	Waist-Hip-Ratio
WP	3-Tage-Wiegeprotokoll
WPD	Wiegeprotokoll (Duplikatsammlung)

1 Einleitung

Eine ausreichende Versorgung mit wichtigen Nährstoffen ist besonders im Kindesalter von großer Bedeutung für die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit. Obwohl Mangel- oder Fehlernährung und somit auch eine mangelhafte Versorgung mit den essentiellen Spurenelementen Eisen und Jod häufig mit Menschen in Entwicklungsländern in Verbindung gebracht werden (Hernell & Lönnadal 2004, Northrop-Clews 1996, Jooste et al. 2000, ACC/SCN 1992), zeigen verschiedene Untersuchungen auch eine mangelhafte Versorgung mit einzelnen Mineralstoff- und Spurenelementen in den Populationen westlicher Industrienationen (Lopez & Martons 2004). Trotz des zur Verfügung stehenden vielfältigen Nahrungsangebotes in Deutschland scheint die Versorgung mit den beiden Mineralstoffen Eisen und Jod bei bestimmten Bevölkerungsgruppen wie schwangeren Frauen, heranwachsenden Kindern und Jugendlichen zum Teil immer noch suboptimal zu sein. Zu den möglichen körperlichen und intellektuellen Schädigungen und Einschränkungen der betroffenen Personen, entstehen vorwiegend durch Jodmangel verursachte Kosten im Gesundheitswesen von über 1 Milliarde Euro pro Jahr für Diagnose und Therapie sowie für Folgebehandlungen des Jodmangels wie z.B. Schilddrüsenoperationen (AK Jodmangel-Homepage, Jahreis et al. 2001, Darnton-Hill et al. 2005).

Eisenmangel in der Kindheit kann mit einer Bandbreite nicht-hämatologischer Manifestationen, wie verschlechtertes Wachstum und Verzögerungen in der kognitiven (z.B. verminderte Lernfähigkeit) und nicht-kognitiven (wie z.B. Apathie, Ängstlichkeit, Zögerlichkeit) sowie motorischen Entwicklung vergesellschaftet sein (British Nutrition Foundation, Chapt. 11, 1995, Cook & Skikne 1989, ESPGHAN Committee on Nutrition 2002). Der kausale Zusammenhang konnte jedoch in verschiedenen Untersuchungen nicht eindeutig belegt werden (British Nutrition Foundation, Chapt. 11, 1995, ESPGHAN Committee on Nutrition 2002). Die im Folgenden beschriebenen Studien lassen dennoch einen möglichen Zusammenhang zwischen schlechter schulischer Leistung bei Kindern und jugendlichen Schülern mit latentem Eisenmangel erkennen. Bei NHANES III (National Health and Nutrition Examination Survey), einer amerikanischen nationalen repräsentativen Studie, wurde der Zusammenhang zwischen Eisenmangel und kognitiver Leistung bei über 5000 Kindern im Alter zwischen 6 und 16 Jahren untersucht (Halterman et al. 2001). Halterman et al. (2001) beobachteten schon bei Kindern mit einem Eisenmangel ohne Anämie ein um mehr als zweifach höheres Risiko (Odds ratio: 2.4, 95 %-Konfidenzintervall: 1,1-5,2),

einen Mathematik-Score unterhalb des Durchschnitts von Schülern mit normalem Eisenstatus zu erreichen. Auch ein kürzlich veröffentlichtes Review von Taras (2005) beschrieb, dass schon bei Schulkindern mit einem ausgeprägten Eisenmangel ohne Anämie ein höheres Risiko für eine verminderte kognitive Leistung bestand und diese somit hinsichtlich ihrer akademischen Leistungen benachteiligt waren. Die Notwendigkeit der Untersuchung von Schulkindern im Hinblick auf Eisenmangel und Anämie wird postuliert, um durch gezielte Programme die schulische Leistungsfähigkeit zu verbessern (Taras 2005, Halterman et al. 2001). Auch eine systematische Auswertung von randomisierten kontrollierten Supplementationstudien mit Eisen führte zu dem Schluss, dass sich der Score für die mentale Entwicklung leicht verbesserte, was besonders beim Intelligenztest deutlich wurde (Sachdev et al. 2005). Vorteile für die motorische Entwicklung wurden nicht nachgewiesen (Sachdev et al. 2005). Der Anteil an Kindern mit Eisenmangel, besonders mit der manifesten Form der Anämie, scheint in Industrienationen eher gering (British Nutrition Foundation, Chapt. 15, 1995). Allerdings gibt es nur wenige Untersuchungen, die den Eisenstatus bei Kindern im Grundschulalter untersucht haben. Es gibt Hinweise, dass die konventionellen biochemischen Marker, besonders bei Personengruppen wie wachsenden Kindern, Schwangeren oder durch chronische Erkrankungen anämischen Patienten nicht sensitiv genug sind (Ferguson et al. 1992, ESPGHAN Committee on Nutrition, 2002). Für die Beurteilung von subklinischem Eisenmangel ohne bestehende Anämie wurden bisher Parameter wie das Serum-Ferritin sowie zur Differenzierung von Eisenmangel mit beginnender Erschöpfung von Gewebeisen weitere Parameter wie z. B. die Transferrin-Sättigung herangezogen (Means et al. 1999). In den letzten Jahren gewinnen in der Labordiagnostik jedoch die löslichen Transferrin-Rezeptoren (sTfR) im Serum als Indikator für einen Mangel an funktionellem Eisen in den Geweben zunehmend an Bedeutung (Worwood 1995, Cooper & Zlotkin 1996), da sie möglicherweise in der Identifizierung einer frühen Eisenverarmung der Gewebe verlässlicher sind als konventionelle Parameter (Cook 1994, ESPGHAN Committee on Nutrition 2002). STfR im Serum sind unabhängig von akutem Eisenmangel und werden im Gegensatz zum Serum-Ferritin (Indikator für Speichereisen) nicht durch chronische Erkrankungen oder Infektionen beeinflusst. Eine kombinierte Messung oder der daraus abzuleitende sTfR:Ferritin-Quotient (sTfR:Ferritin) führt möglicherweise zu einer eindeutigeren Differenzierung zwischen latentem Eisenmangel (Erschöpfung von Speichereisen) und sich entwickelnder Eisenmangel-Erythropoese (Verminderung von Funktionseisen) (Cooper & Zlotkin 1996, Baynes 1996a). Cook (1999b) sieht eine besondere Bedeutung des Quotienten in der Anwendung bei Ernährungserhebungen zur Charakterisierung des Eisenstatus in Populationen.

Ein Jodmangel mit dadurch verursachtem Mangel an den Schilddrüsenhormonen Thyroxin (T4) und Trijodthyronin (T3) kann bei Kindern neben der Kropfbildung zu einer verminderten geistigen Entwicklung und eingeschränkter Leistung auf motorischer, besonders aber auf neuropsychologischer Ebene in unterschiedlichem Ausmaß führen, den sogenannten Iodine deficiency disorders (IDD) (WHO 2004, Santiago-Fernandez et al. 2004, Delange 2000, Hetzel 2000). Das Spektrum des IDD erstreckt sich neben der sehr manifesten und irreversiblen Form des Kretinismus zu weniger ausgeprägten und teilweise reversiblen, aber dennoch beeinträchtigenden gesundheitlichen Konsequenzen wie z. B. geistige Beeinträchtigungen durch Schädigung des Gehirns, Entwicklungs- und Wachstumsverzögerungen, Hör- und Lerndefizite, reduzierte intellektuelle Fähigkeiten und somit auch schlechte schulische Leistungen (Stanbury 1994, Delange, 2000, Van den Briel et al. 2001, Santiago-Fernandez et al. 2004).

Schon Anfang des 19. Jahrhunderts waren endemische Jodmangelkröpfe und Schilddrüsenerkrankungen ein weit verbreitetes und bekanntes Gesundheitsproblem. Nachdem mit jodiertem Öl einige Erfolge (besonders in stark endemischen Gebieten vieler Entwicklungsländer) erzielt wurden, dieses aber teurer als jodiertes Salz war und zudem nicht alle Personen direkt erreicht werden konnten, erlangte zunehmend die Jodierung von Speisesalz an Bedeutung. Zu den Pionierländern mit Jodsalzprophylaxe-Programmen zählen die Schweiz (1922), die USA (1923), Schweden (1930), Finnland und Österreich (1948) sowie Australien (1947) (AK Jodmangel-Homepage), während in Deutschland erst Anfang der 80er Jahre erste Präventivmaßnahmen eingeführt wurden (Meng et al. 1994). Zur Bekämpfung des weltweiten Jodmangels verpflichteten sich 1990 in einer UN-Resolution 192 Länder, darunter auch Deutschland, den Jodmangel bis zum Jahre 2000 durch bedarfsgerechte Anreicherung des Speisesalzes zu beseitigen (AK Jodmangel-Homepage). Dieses Ziel wurde bis heute in vielen Ländern noch nicht erreicht (WHO-Bericht 2004). Zur Beurteilung der globalen und nationalen Jodversorgung bezieht sich die WHO vorwiegend auf die Daten der Jodurinausscheidung von Schulkindern im Alter zwischen 6 und 12 Jahren (WHO-Bericht 2004). Nach der WHO (2001) spiegelt die Versorgungslage der Kinder die Jodversorgung der allgemeinen Bevölkerung wieder. Für die Beurteilung kurzfristiger Veränderungen in der Jodzufuhr ist die Jodausscheidung ein sensitiver Parameter (WHO 2001). Die Bewertung des Einflusses der Salzjodierung auf die Jodversorgung ist anhand der Prävalenz der Kropfbildung nur begrenzt möglich, da sich die Prävalenz nach durchgeführten Maßnahmen zur Bekämpfung des Joddefizits in endemischen Gebieten nur über einen längeren Zeitraum normalisiert (WHO-Bericht 2004). Nach dem 2004 veröffentlichten WHO-Bericht

„Jodversorgung weltweit“ (WHO-Bericht 2004) gehört Deutschland inzwischen zu den Ländern in Europa, die mit einer ausreichenden Jodversorgung klassifiziert werden. Dieses Resultat basiert auf einer nationalen nicht repräsentativen Untersuchung von Hampel et al. (2001) an 3065 Schulkindern aus 128 Städten mit einer mittleren Urinausscheidung von 148 µg/l. Die Ergebnisse von Hampel et al. (2001) zeigen, dass immerhin noch 27 % der untersuchten 6-12jährigen Schulkinder eine unzureichende Jodversorgung (Jodurinausscheidung < 100 µg/l) aufweisen. Von der WHO nicht berücksichtigt wurden die Ergebnisse einiger regionaler deutscher Untersuchungen (Rendl et al. 2001, Liesenkötter et al. 1997), die bei Kindern im Alter zwischen 6-10 Jahren im Durchschnitt zwar eine deutlich verbesserte und ausreichende Jodversorgung beobachteten, ein größerer Teil der Kinder dennoch einen milden Jodmangel aufwies. Nach den Angaben des ICCIDD (International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders) (AK-Jodmangel-Homepage, ICCIDD 2003) besteht in Deutschland noch ein milder Jodmangel (Grad I).

Die hier dargestellte Untersuchung hat zum Ziel, die Versorgungslage mit den Mikronährstoffen Eisen und Jod bei 6-7jährigen Schulanfängern im Raum Erlangen zu dokumentieren. Neben der Erfassung der alimentären Jod- und Eisenzufuhr wird anhand von laborchemischen Parametern überprüft, wie die Versorgung ist. Des Weiteren werden familiäre Gewohnheiten im Hinblick auf den Verzehr von Jodsalz und mit Jodsalz hergestellten Brot und Backwaren betrachtet.

Bislang liegen nicht genügend Daten für die Beurteilung der Bedeutung der sTfR als Indikator für einen Eisenmangel bei Kindern vor (ESPGHAN Committee on Nutrition 2002). Deshalb wird die diagnostische Bedeutung der Rezeptoren zur Ermittlung der Prävalenz möglicher Eisendefizite in einer gesunden Population von Schulanfängern im Vergleich zu konventionellen Eisenparametern untersucht. Altersspezifische Referenzwerte werden sowohl für sTfR als auch für den Quotienten sTfR:Ferritin erstellt. Anhand dieser Eisenspeicher-Parameter kann möglicherweise sensitiver ein suboptimales Eisendefizit identifiziert und somit auch ein Beitrag zur Diagnose im klinischen Alltag sowie zu einer altersgerechten Entwicklung geleistet werden.

2 Methodik und Probanden

2.1 Studiendesign

Family Intervention Trial (FIT) – Erlangen ist eine dreiarmig kontrollierte prospektive Interventionsstudie. In einem interdisziplinär konzipierten Ansatz wurde der Ernährungs- und Gesundheitszustand von Erlanger Grundschülern und deren Familien erfasst. Die Basisdaten wurden durch eine Querschnittsuntersuchung, mit Teilnehmern aus allen 16 Erlanger Grundschulen im Schuljahr 1997/1998, erhoben.

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, wurden hierbei Daten zur Anthropometrie und zur Körperzusammensetzung sowie zum Lebensmittelverzehr und der daraus resultierenden Energie- und Nährstoffzufuhr erfasst. Im Blut wurden biochemische Marker des Eisen- und Jodstoffwechsels, der Homocystein- und Leptinspiegel, das Lipidprofil und einige Parameter des Vitaminstatus bestimmt. Zur Erfassung der körperlichen Aktivität wurden standardisierte motorische Leistungstests bezüglich der Variablen Ausdauer, Kraft, Beweglichkeit, Koordination und Schnelligkeit durchgeführt. Weiterhin wurden verschiedene Angaben zu Ernährungsgewohnheiten und Genussmittelkonsum, zur Krankengeschichte, zur Medikamenten- und Supplementeinnahme, zum Freizeit- und Aktivitätsverhalten sowie zu soziodemographischen und –ökonomischen Daten gewonnen.

Im Anschluss an die Eingangsuntersuchung wird angestrebt, ein auf zwei Jahre angelegtes Interventionsprogramm durchzuführen. Anhand von drei randomisierten Gruppen folgt diesem eine kontrollierte schul- und familienorientierte interdisziplinäre Gesundheitsförderung. Die 16 Schulen wurden nach sozioökonomischen Gesichtspunkten sowie nach Innenstadt- oder Stadtrandlage stratifiziert. Die drei gleichwertigen Gruppen wurden randomisiert je einem der Studienarme zugeordnet. Nach zwei Jahren wird analog zur Eingangsuntersuchung eine erneute Untersuchung zur Evaluierung des Interventionserfolges angestrebt.

Ziel der Studie ist es, den Ernährungszustand, die körperliche Fitness und vorhandene Gesundheitsrisiken bei Grundschülern und deren Familien zu dokumentieren. Besonderes Augenmerk liegt auf der Feststellung der Häufigkeit mangelhafter Eisen- und Jodversorgung bei Kindern sowie in der Definition von Risikogruppen mit besonders ungünstiger

Nährstoffversorgung. Anhand eines schulvermittelten und eines individuell ausgerichteten Interventionsprogrammes soll der Einfluss auf die Entstehung von Risikofaktoren und Endpunkten wissenschaftlich kontrolliert überprüft werden.

Das Forschungsvorhaben wurde von der Ethik-Kommission der Bayerischen Ärztekammer, München sowie vom Bayerischen Staatsministerium für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst, München geprüft; es wurden keine Einwände erhoben.

Tab. 1: Erhebungsparameter der FIT-Studie

Anthropometrische Daten	Körpergewicht und -größe, Taillen-, Hüft- und Oberarmumfang, Hautfaltendicke (Bizeps, Trizeps, subscapular, supriliacal)
Körperzusammensetzung	Fettmasse, Fettfreie Masse und Gesamtkörperwasser
Blutdruck	
Laborparameter:	
Eisenstoffwechsel	Blutbild mit MCV und Retikulozyten, Serum-Gesamteisen, Serum-Ferritin, Serum-Transferrin, lösliche Serum-Transferrinrezeptoren
Jodstoffwechsel	ft4 und TSH (Serum), Jod und Kreatinin im Spontanurin
Vitaminstatus	Folat und Vitamin B ₁₂ (Serum)
Homocystein	Homocystein im Plasma, Cystathin C im Serum
Leptin	Leptin im Serum
Lipidstatus	Gesamtcholesterin, HDL- und LDL-Cholesterin, Triglyceride, Apolipoprotein A1, Apolipoprotein B und Lipoprotein a aus Serum, Fettsäuremuster in Erythrozyten
DNA-Analytik	Leukozyten
Lebensmittelverzehr ¹	
Energie- und Nährstoffzufuhr ¹	Energie, Kohlenhydrate, Monosaccharide, Disaccharide, Polysaccharide, Ballaststoffe, Fett, gesättigte Fettsäuren, einfach ungesättigte Fettsäuren, mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Cholesterin, Protein, Alkohol, Wasser, Purin, Kochsalz, β-Carotin, Vitamin A, Vitamin B ₁ , Vitamin B ₂ , Vitamin B ₆ , Vitamin B ₁₂ , Vitamin C, Vitamin D, Vitamin E, Folsäure, Biotin, Niacin, Natrium, Kalium, Calcium, Phosphor, Magnesium, Eisen, Zink, Jod, Chlorid, Fluor
Ernährungsgewohnheiten ²	Informationsquellen ³ , Speisenauswahl/-zubereitung ³ , Ernährungsform, Mahlzeitenmuster, Außer-Haus-Mahlzeiten, Pausenverpflegung ⁴ , Verwendung von Speisesalz ³ , Verwendung von mit Jodsalz hergestellten Brot und Backwaren ³ , Verzehrs-häufigkeiten bestimmter Lebensmittel
Genussmittelkonsum ²	Alkoholkonsum ³ , Rauchverhalten ³
Krankengeschichte ²	Erkrankungen, Allergien, Erkrankungen der leiblichen Großeltern ³
Medikamenten- und Supplementeinnahme ²	
Freizeit-/Aktivitätsverhalten	Arbeitszeit ³ , berufliche körperliche Anstrengung ³ , Schlafdauer, Zeit sitzender Tätigkeit, Zeit körperlicher Freizeitaktivität ⁴ , Dauer und Häufigkeit verschiedener Sportarten
Soziodemographische und ökonomische Daten ²	Alter, Familienstand ³ , Kinderzahl ³ , Abstammung ³ , Bildungsniveau ³ , Einkommen

¹ mittels 3-Tage-Wiegeprotokoll² mittels Fragebogen³ nur Erwachsene⁴ nur Schulanfänger

2.2 Rekrutierung der Probanden

Anfang September 1997 wurde das bei FIT-Erlangen zugrunde liegende Konzept allen Rektoren und Lehrkräften der ersten Klassen aller 17 Erlanger Grundschulen schriftlich und bei einem persönlichen Gespräch vorgestellt. Mit Ausnahme der Waldorfschule erklärten sich alle übrigen 16 Schulen zur Teilnahme an dem Projekt bereit. Die Rekrutierung der Probanden erfolgte über die Schule. Dabei erhielten die Eltern der 1033 Schulanfänger des Jahrgangs 1997/98 zunächst ein Informationsschreiben, in dem ausführlich über Hintergrund, Zielsetzung und Durchführung der Studie sowie über die mit einer Teilnahme verbundenen Vorteile informiert wurde. Bei einem zusätzlichen Elternabend je Schule wurden das Projekt sowie die Untersuchungsmethoden nochmals detailliert dargestellt. Die Eltern hatten hierbei Gelegenheit noch offene Fragen, wie beispielsweise die zeitliche Belastung, zu klären. Die Teilnahme an FIT-Erlangen war freiwillig und jederzeit widerrufbar. Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie war die schriftliche Einverständniserklärung von mindestens einem Erziehungsberechtigten sowie die Erklärung über die Unterrichtung und des Einverständnisses des Kindes. Ausschlusskriterien für eine Studienteilnahme waren aufgrund des epidemiologischen Charakters der Studie nicht vorgesehen. Das Gesamtkollektiv umfasste somit 427 Schulanfänger im Alter von 6 bis 7 Jahren sowie 475 Mütter und Väter und 84 ältere Geschwister.

Die in der vorliegenden Arbeit dargestellten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die erhobenen Daten der Schulanfänger.

2.3 Studienablauf

Im Februar 1998 wurden bei den Schulanfängern, deren Eltern einer Teilnahme an FIT-Erlangen zustimmten, sportmotorische Tests durch speziell geschulte Sportpädagogen durchgeführt. Die Übungen fanden vormittags, soweit möglich innerhalb des vom Stundenplan vorgesehenen Sportunterrichts, in den Turnhallen der jeweiligen Grundschulen statt. Die Kinder, deren Eltern nicht am Projekt teilnahmen, erhielten außerdem einen speziell für FIT-Erlangen entwickelten Fragebogen, den sie zu Hause zur Beantwortung der Fragen abgeben sollten. Bei den interessierten Eltern und älteren Geschwistern der Schulanfänger wurden die Tests nach telefonischer Terminvereinbarung abends im Institut für Sportwissenschaft der Universität Erlangen durchgeführt. Im Rahmen dieser Untersuchung

erhielten die Eltern einen entsprechenden Eltern- und Kinderfragebogen mit nach Hause. Zudem wurden die Eltern, die sich bereit erklärt hatten ein 3-Tage-Wiegeprotokoll für sich und ihr/e Kind/er zu führen, durch geschultes Personal in das exakte Protokollieren eingewiesen. Die Ernährungsprotokolle wurden im März geführt und anschließend zusammen mit den ausgefüllten Fragebögen den Lehrkräften in der Schule übergeben. Diese reichten die verschlossenen Umschläge zur weiteren Auswertung weiter.

Im März 1998 erfolgten bei den teilnehmenden Schulanfängern die Messungen der anthropometrischen Größen sowie der Körperzusammensetzung. Diese fanden in den jeweiligen Grundschulen nach terminlicher Absprache mit den Lehrern in den ersten beiden Schulstunden von 8.00 bis 9.30 Uhr statt. Die jeweiligen Untersuchungen wurden immer von denselben geschulten Oecotrophologinnen durchgeführt, um interindividuelle Schwankungen auszuschließen. Da die Kinder für die Untersuchungen nüchtern kommen mussten, erfolgte parallel zur Untersuchung die Zubereitung eines Frühstücks nach den Gesichtspunkten einer gesunden Ernährung. Im Anschluss an das Frühstück folgte eine Schulstunde zum Thema „Gesunde Ernährung“. Diese wurde von Oecotrophologinnen des Landwirtschaftsamtes Höchstädt entsprechend für diese Altersstufe ausgearbeitet und durchgeführt.

Die Daten zur Anthropometrie sowie zur Körperzusammensetzung wurden bei den Eltern und älteren Geschwistern, ebenfalls nach terminlicher Vereinbarung, an vier verschiedenen Samstagen im Mai/Juni 1998 gewonnen. Gleichzeitig wurde an diesen vier Vormittagen sowohl bei den Eltern als auch bei den Schulanfängern und Geschwistern der Blutdruck gemessen sowie bei jedem Probanden 10 ml Blut durch einen Kinderarzt bzw. Kinderärztin entnommen. Alle Messungen erfolgten zwischen 7.00 und 10.30 Uhr nüchtern im Institut für Sportwissenschaft der Universität Erlangen. Die von den Probanden zur Untersuchung mitgebrachten Spontanurinproben des morgendlichen Urins sowie die entnommenen und auf Eis gekühlten Blutproben wurden in regelmäßigen Abständen zur weiteren Aufbereitung in die Kinderklinik der Universität Erlangen gefahren.

Den Probanden wurde im Anschluss an die Messungen ein kleines Frühstück bereitgestellt.

Die Ergebnisse aller Messungen wurden den Probanden zur Einschätzung ihres Gesundheits- und Ernährungszustandes schriftlich mitgeteilt. Weiterhin wurden auf Nährstoffdefizite sowie auf vorhandene Risikofaktoren für die Entstehung chronischer Erkrankungen und Blutwerte

ausserhalb der Norm hingewiesen, mit der Empfehlung sich in indizierten Fällen zu einer Nachkontrolle an den Haus- bzw. Kinderarzt zu wenden.

2.4 Ermittlung der Lebensmittelverzehrmengen sowie der Energie- und Nährstoffzufuhr

2.4.1 Wiegeprotokoll

Für die Ermittlung der Lebensmittelzufuhr führten die teilnehmenden Eltern für sich bzw. für ihr/e Kind/er ein häusliches Wiegeprotokoll an drei aufeinanderfolgenden Tagen. Um einheitliche Daten gewinnen zu können, wurden die Tage des Protokollierens mit Sonntag, Montag und Dienstag vorgegeben. Denjenigen Haushalten, die über keine bzw. keine exakte Küchenwaage verfügten, wurde eine Diätwaage der Firma Soehnle (Typ 8622.01.090) mit einer Messgenauigkeit von 2 g zur Verfügung gestellt. Zur Sicherstellung einer möglichst genauen Protokollierung des Lebensmittel- und Getränkeverzehrs, wurden die Eltern sorgfältig in einem persönlichem Gespräch angeleitet. Mit den benötigten Vordrucken erhielten sie zudem noch eine detaillierte schriftliche Anleitung zur Führung des Protokolls (s. Anhang).

Der Energie- und Nährstoffgehalt wurde einerseits aus der Summe protokollierter Lebensmittel ermittelt, zum anderen aus den einzelnen Lebensmittelgruppen mittels des Nährwertberechnungsprogramms Prodi 4.4 (Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart), auf Grundlage des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS) II.2 (Dehne 1997). Die Zuordnung der verzehrten Lebensmittel und somit bestimmter Nährstoffe wie Eisen und Jod erfolgte in Anlehnung an die von Prodi vorgegebenen Lebensmittelgruppen. Im Anschluss wurden die ermittelten Daten in ein SPSS zugängliches Format konvertiert, wodurch alle weiteren Auswertungen mit dem Statistikprogramm SPSS 6.1.3 erfolgen konnten.

Die Bewertung der Nährstoffzufuhr (Soll/Ist) erfolgte anhand der Referenzwerte der Deutschen, Österreichischen und Schweizer Gesellschaften für Ernährung (DACH 2000). Für die Berechnung des prozentualen Anteils der Hauptnährstoffe an der Energiezufuhr wurde der physiologische Brennwert der Kohlenhydrate mit 4,1 kcal/g (17,2 kJ/g), der Proteine mit 4,2 kcal/g (17,6 kJ/g) und der Fette mit 9,3 kcal/g (38,9 kJ/g) (Biesalski 1995) zugrundegelegt.

Für die Berechnung des bioverfügbaren Anteils an Hämeisen und Nicht-Hämeisen aus der zugeführten Nahrung ist die Kenntnis des Eisengehaltes der entsprechenden Lebensmittel notwendig. Die Bioverfügbarkeit von Eisen aus den verschiedenen Lebensmittelgruppen ist unterschiedlich. Dadurch entspricht die alimentär zugeführte Eisenmenge nicht der im Darm resorbierbaren Eisenmenge, die dem Organismus zur Verfügung steht. Gut resorbierbares Hämeisen in Fleisch und Fleischwaren und Fisch trägt zu etwa 40 % und geringer verfügbares anorganisches Nicht-Hämeisen zu etwa 60 % zum gesamten Eisengehalt bei. In pflanzlichen und anderen tierischen Lebensmittelgruppen (z.B. Milch und Milchprodukte, Eier) befindet sich ausschließlich anorganisches Nicht-Hämeisen. Um den Anteil resorbierbaren Eisens in der vorliegenden Untersuchung ermitteln zu können, wurde eine mittlere Resorptionrate des Hämeisens von ca. 25 % bei gefüllten Eisenspeichern vorausgesetzt. Nicht-Hämeisen wird dagegen bei einer ascorbinsäurereichen und fleischhaltigen Kost durchschnittlich nur zu 8 % aus dem Darm resorbiert (Oster 1994, Monsen et al. 1978). Der Einfluss anderer, v.a. inhibitorischer Nahrungsbestandteile auf die Resorption von Nicht-Hämeisen (z.B. Calcium, Phytate, Tannine) konnte nicht berücksichtigt werden. Im Mittel können knapp 10 % des aus gemischter Nahrung zugeführten Eisens als resorbierbares Eisen angesehen werden (DACH 2000, Oster 1994).

Beispiel:

Ein Proband nimmt 9,4 mg Eisen pro Tag über die Nahrung auf. Demnach können also bei einem mittleren resorbierbaren Anteil von ca. 10 % (DACH 2000, Oster 1994) 0,94 mg Eisen im Darm resorbiert werden. Von den 9,4 mg Eisen werden 22 % bzw. 2,07 mg des Eisens aus Brot zugeführt. Bei einer mittleren Resorptionsquote von 8 % sind 0,17 mg Nicht-Hämeisen aus Brot resorbierbar. Der Verzehr von Brot trägt somit mit 18 % zum resorbierbaren Eisen bei.

Für die Ermittlung des Lebensmittel- bzw. Getränkeverzehrs wurden 27 Lebensmittelgruppen gebildet und die entsprechend mit Prodi gewonnenen Daten in SPSS 6.1.3 (SPSS GmbH, München, Deutschland) zur weiteren Bearbeitung eingegeben.

Für die, aus den drei protokollierten Tagen, gewonnenen Daten des Lebensmittelverzehrs und der Nährstoffversorgung wurden die durchschnittlichen Zufuhrmengen berechnet.

2.4.1.1 Validierung durch CUT-OFF 2 nach Goldberg et al. (1991)

In Verzehrserhebungen muss mit dem systematischen Bias des „underreporting“ gerechnet werden, wobei die tatsächliche Energiezufuhr meist unterschätzt wird. Zur Identifikation nicht plausibler Protokolle bzw. zur Überprüfung der Validität des gewählten Ernährungserhebungsinstruments kann der Quotient aus protokollierter Energiezufuhr und individuell geschätztem Grundumsatz (EZ/GU) herangezogen werden. Der Grundumsatz wird nach alters- und geschlechtsspezifischen Formeln von Schofield (1985) unter Berücksichtigung von Körpergröße und Körpergewicht berechnet. Zur Bewertung von „underreporting“ wird nach Goldberg et al. (1991) für die Personen des jeweiligen Untersuchungskollektivs ein unterer Grenzwert (CUT-OFF 2) berechnet. Bei denjenigen Probanden mit einem EZ/GU unterhalb des ermittelten Grenzwertes, ist von einer fehlerhaften Protokollierung auszugehen. Die Energiezufuhr in der aktuellen Erhebungsperiode liegt somit unter dem berechneten minimalen physiologischen Energiebedarf.

Die Berechnung des Grenzwertes basiert auf der Annahme, dass sich der durchschnittliche tägliche Energiebedarf als Vielfaches des Grundumsatzes aus dem Quotienten des durchschnittlichen täglichen Gesamtenergisumsatzes und dem Grundumsatz darstellt. Dieser Faktor wird als körperlicher Aktivitätsindex (= physical activity level, PAL) bezeichnet und variiert in Abhängigkeit von beruflicher Tätigkeit und Freizeitverhalten. Der Index beträgt für Jungen der Altersgruppe 6-13 Jahre bei mäßiger körperlicher Aktivität durchschnittlich 1,55, bei den Mädchen gleichen Alters 1,50 (Torun, 1996). Vom unteren Wert des 95 % – Vertrauensbereiches für den durchschnittlichen körperlichen Aktivitätsindex wird unter Berücksichtigung der Variationen in der Energiezufuhr, des berechneten Grundumsatzes und im körperlichen Aktivitätsindex der Grenzwert abgeleitet (Goldberg 1991, DACH 2000).

In der vorliegenden Arbeit wurde der Grundumsatz (basal metabolic rate, BMR) für 3 – 10jährige Kinder nach Schofield (1985) berechnet:

$$\text{Jungen: } \text{BMR} = 0,082 \times \text{KG} + 0,545 \times \text{KH} + 1,736$$

$$\text{Mädchen: } \text{BMR} = 0,071 \times \text{KG} + 0,677 \times \text{KH} + 1,553$$

KG: Körpergewicht

KH: Körpergrösse

Folgende Formel wurde für die Berechnung der Grenzwerte verwendet:

$$\text{CUT-OFF 2} = \text{PAL} \times \exp \left[\text{SD}_{\min} \frac{(\text{CV}_{\text{IW}}^2 / k + \text{CV}_{\text{B}}^2 + \text{CV}_{\text{p}}^2)^{1/2}}{100 \times n^{1/2}} \right]$$

PAL: Durchschnittlicher körperlicher Aktivitätsindex (physical activity level, PAL) bei mäßiger körperlicher Aktivität (**1,55** bei 6-13jährigen Kindern)

SD_{\min} : Untere Standardabweichung für den PAL
(bei 95 % - Vertrauensbereich = **-2**)

CV_{IW} : Intraindividuelle Variation der Energiezufuhr (**23 %**)

k: Anzahl der Erhebungstage

CV_{B} : Variationen des geschätzten Grundumsatzes (**8 %**)

CV_{p} : Interindividuelle Variationen des PAL (**12,5 %**)

n: Anzahl der Probanden

Nach oben aufgeführter Formel berechnet sich somit für ein Untersuchungskollektiv von 168 Schulanfängern (= n) ein Grenzwert von 1,50, ausgehend von einem Erhebungszeitraum von drei Tagen (= k), einem Konfidenzintervall von 95 % (= $\text{SD}_{\min} = -2$), einem PAL von 1,55 und den verschiedenen Variationen. Für die Berechnung der Grenzwerte nach Geschlecht sowie der individuellen Grenzwerte wurde im Folgenden nur die jeweilige Stichprobengröße (n) bei den sonst gleichen anderen Parametern wie für das Gesamtkollektiv in der Formel variiert. Daraus folgt für die Stichprobe der Mädchen (n=95) ein Grenzwert von 1,44 und für die der Jungen (n=73) ein Grenzwert von 1,48. Auf individueller Ebene (n=1) werden nicht plausible Protokolle von Underreportern ab einem Grenzwert < 1,041 bei Jungen und < 1,007 bei Mädchen identifiziert. Bei allen Kindern, deren EZ/GU unterhalb der hier berechneten Grenzwerte liegen, kann von einer fehlerhaften Protokollierung der Wiegeprotokolle ausgegangen werden.

2.4.2 Duplikatmethode („duplicate portion technique“)

Eine weitere Methode der Erfassung der alimentären Eisen- und Jodzufuhr bietet die Duplikatmethode. Da diese die Möglichkeit einer sehr exakten und gezielten Erfassung der gewünschten Nährstoffe bietet, stellt sie zudem eine Referenzmethode zur Validierung des 3-Tage-Wiegeprotokolls dar. Da dieses eine zeit- und kostenintensive Methode ist, wurde die Doppelportionstechnik bei einer kleinen Stichprobe von Kindern, die an FIT-Erlangen teilnahmen, zusätzlich von Januar bis April 1999 durchgeführt.

2.4.2.1 Probanden

Voraussetzung für eine Teilnahme an der Duplikatmethode war die schriftliche Einverständniserklärung des/r Erziehungsberechtigten. Weiterhin sollte ein vollständig geführtes 3-Tage-Wiegeprotokoll von 1998 vorliegen. Ein weiteres Kriterium war eine verfügbare Jod-Urin-Konzentration des entsprechenden Kindes aus einer Spontan-Urinprobe sowie verfügbare Eisendaten aus einer Blutentnahme. Für das Subkollektiv der Duplikatmethode wurden somit aus 168 Grundschülern, die ein 3-Tage-Wiegeprotokoll geführt haben und die Einschlusskriterien erfüllten, insgesamt 28 Schulanfänger für die Untersuchung rekrutiert. Im Kollektiv waren Kinder aus allen Schulen und sozialen Schichten integriert. Die Teilnahme war freiwillig. Die Sammlung erfolgte durch die jeweiligen Eltern.

2.4.2.2 Methode

Vor Versuchsbeginn wurden die Eltern an einem speziellen Schulungsabend sowie durch eine detaillierte schriftliche Anleitung mit dem praktischen Verlauf vertraut gemacht und durch geschultes Personal in die Sammeltechniken unterwiesen. Im Anschluss an die Schulung erhielten die Teilnehmer drei Kühlbehälter mit Kühelementen und den entsprechenden Kunststoffbehältnissen zum Aufbewahren der gesammelten Nahrungsportionen. Die Sammlung der doppelten Portion des gesamten Tagesverzehrs (24 h) erfolgte an drei Tagen (Sonntag bis Dienstag). Dabei sammelten die Eltern die in Menge und Zusammensetzung identischen Mahlzeiten (Duplikat) und Getränke des Kindes in die dafür vorgesehenen Behälter. Die einzelnen Bestandteile der Mahlzeiten wurden so getrennt wie möglich gesammelt. Mit dem Pausenfrühstück, Süßigkeiten oder sonstigen Zwischenmahlzeiten wurde adäquat verfahren. Die Nahrungsduplikate wurden in den verschlossenen Behältern kühl

gelagert und am darauffolgenden Tag mit einem Kurierdienst zur Kinderklinik Erlangen zur weiteren Verarbeitung gebracht. Gleichzeitig zur Sammlung wurde ein Wiegeprotokoll angefertigt, in dem die exakt verzehrten Mengen- bzw. Portionsangaben, der Zeitpunkt der Mahlzeit und die genaue Bezeichnung der konsumierten Lebensmittel und Getränke aufgeführt wurden.

Im Labor der Kinderklinik wurden die einzelnen Tagesproben zur genauen Ermittlung der Lebensmittelmengen nach Lebensmitteln getrennt ausgewogen und die Gewichtsdaten in spezielle Gewichtsprotokolle eingetragen. Die Lebensmittel wurden bei – 20 °C eingefroren und nach Abschluss der Sammelmethode in die Landesanstalt für Ernährung (LfE), München gefahren. Im Labor der LfE wurden die gewogenen einzelnen Bestandteile der Ganztagesproben gemischt, homogenisiert und als Gesamt-Tagesproben eingefroren bzw. für die weitere Analytik gefriergetrocknet. Nicht verzehrbare Anteile, wie z.B. Knochen wurden entfernt.

Die Nährstoffzufuhr wurde mit dem Nährwertberechnungsprogramm Prodi 4.4 (BLS II.2) berechnet. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 6.1.3.

2.4.2.3 Analytik

Die laborchemische Bestimmung von Eisen und Jod wurde am Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik der Ludwig-Maximilian-Universität, München durchgeführt. Die Eisenanalytik erfolgte nach Mikrowellenaufschluss mittels Flammen-AAS (Gerät: Unicam 939). Jod wurde nach alkalischer Trochenveraschung mit KOH bis zu 600°C nach der Methode von Sandell und Kalthoff (Microdetermination of iodine by a catalytic method. Microchimica Acta 1: 9-25, 1937) analysiert.

2.5 Laborparameter

Von jedem Probanden wurde venös 8 ml Serum und 2,5 ml EDTA-Blut nüchtern vormittags im Institut für Sportwissenschaft der Universität Erlangen entnommen. Die Proben wurden sofort auf Eis gekühlt und in die Kinderklinik Erlangen transportiert. Von dort wurden sie nach entsprechender Aufbereitung und Portionierung gekühlt bzw. auf Trockeneis in die entsprechenden Labore (Kinderklinik Erlangen, Klinikum Großhadern München, Kinderpoliklinik München) zur weiteren Analyse gebracht bzw. bei -20°C gelagert. Die Spontanurinproben des Morgenurins (≥ 10 ml) wurden in der Kinderklinik Erlangen ebenfalls bis zur weiteren Analyse bei -20°C eingefroren.

2.5.1 Biochemische Marker des Eisenstoffwechsels

Die Bestimmung der Eisenstoffwechselparameter erfolgte nach standardisierten Analysenmethoden. Eine Ausnahme stellen die löslichen Transferrinrezeptoren (sTfR) dar, deren Analyse bislang weder national noch international standardisiert ist. Die hier verwendete Methodik wird aus diesem Grund ausführlich beschrieben.

Stoffwechsellabor der Kinderklinik der Universität Erlangen:

Rotes Blutbild aus EDTA-Vollblut: Hämatologie-Analysensystem, Celldyn 3500,
Firma Abbott, Wiesbaden

Retikulozyten aus EDTA-Vollblut: Optische Messung mittels Thiazinfarbstoff, Neues
Methylenblau N

Folsäure und Vitamin B12 aus Serum: Immunologisches Verfahren mittels Elektrochemi-
lumineszenz Analysensystem, Firma Roche, Basel

Institut für Klinische Chemie des Klinikums Großhadern:

Serum-Eisen: Ferrozine-Methode (komplexometrisch), Firma Roche Diagnostics

Serum-Ferritin: Turbidimetrie (Tina-Quant-Serie), Firma Roche Diagnostics

Serum-Transferrin: Turbidimetrie, Firma Roche Diagnostics

Lösliche Serum-Transferrin-Rezeptoren (sTfR):

Die zentrifugierten und abgeserten Proben wurden mittels partikelverstärktem Immuno-nephelometrischem Assay „N Latex sTfR“ der Firma Dade Behring, Marburg automatisch analysiert. Hierbei werden Polystyrol-Partikel, die mit einem monoklonalen Antikörper (Maus) gegen lösliche TfR beladen sind, bei Mischung mit löslichen TfR-haltigen Proben agglutiniert. Die Intensität des Streulichts im Nephelometer ist von der Höhe der sTfR abhängig (Dade Behring 1998). Die Standardisierung erfolgte aus humanem Plasmapool. Zur Erstellung der Referenzkurve für die löslichen TfR-Konzentration des N Protein-Standards SL wurden die erforderlichen Verdünnungen des Standards mit N Diluens von den Behring Nephelometern automatisch erstellt. Die Patientenproben werden automatisch mit 1:20 N Diluens verdünnt, wobei der Messbereich der N löslichen TfR-Bestimmung etwa 0,14 bis 4,4 mg/l beträgt. Die Empfindlichkeit liegt bei 0,04 mg/l. Die von Tag zu Tag ermittelten Variationskoeffizienten (VK) lagen dabei zwischen 0,8 und 1,2 %. Für die Präzision in der Serie wurden VK von 1,4 bis 2,1 % und für den Gesamt-VK 1,5 bis 2,1 % erhalten. Bei klinisch gesunden erwachsenen Patienten (n=99) lag der 95 % - Vertrauensbereich zwischen 0,83 und 1,76 mg/l (Dade Behring 1998).

2.5.2 Biochemische Marker des Jodstoffwechsels

Die Bestimmung der Jodstoffwechselparameter erfolgte im Stoffwechsellabor der Kinderklinik der Universität Erlangen.

Serum:

Die Analyse des Schilddrüsenhormons fT4 (freies Thyroxin) erfolgte mittels eines kompetitiven Tests (Elecsys ® FT4, Best.-Nr. 1 731 297) der Firma Boehringer Mannheim, Deutschland (Elecsys 2010 Elektrochemilumineszens-Analysen, Fa. Roche, Basel, Schweiz). Der Assay basiert auf dem immunologischen Prinzip des ELICA (ElektroChemilumineszens-ImmunoAssay).

Hierbei reagiert in einer ersten Inkubationsphase das Probenantigen (15 µl Serum) mit einem Ruthenium-Komplex markiertem T4 spezifischem Antikörper. In einer zweiten Inkubationsphase wird biotinyliertes T4 und mit Streptavidin beschichtete Mikropartikel zur Besetzung der noch freien Bindungsstellen dazugegeben. Der Antigen-Antikörperkomplex

bindet über die Biotin- Streptavidin Wechselwirkung an die Mikropartikel. Im Anschluss erfolgt die Messung mittels elektrochemischer Lumineszens. Der Messbereich liegt zwischen 0,023 – 7,77 ng/ml.

TSH (Thyroidea-stimulierendes Hormon) wurde mittels 1-Schritt-Sandwich-Test (Elecsys ® TSH, Best.-Nr. 1 731 459) der Firma Boehringer Mannheim, Deutschland (Elecsys 2010 Elektrochemilumineszens-Analyser, Fa. Roche, Basel, Schweiz) bestimmt. Dieser Test basiert ebenfalls auf dem ELICA-Prinzip (ElektroChemiLumineszensImmunoAssay). Bei der 1. Inkubation reagiert das Probenantigen (50 µl Serum) mit biotinyliertem, monoklonalem TSH-spezifischen Antikörper und mit einem Ruthenium-Komplex markiertem, monoklonalem TSH Antikörper zu einem Sandwich-Komplex. Vor der elektrochemischen Lumineszens-Messung bindet der Immunkomplex bei der 2. Inkubation über Biotin an Streptavidin beschichtete paramagnetische Mikropartikel. Der Messbereich beträgt 0,005 – 100 µlU/ml.

Spontanurin:

Die Analyse von Jod im Urin erfolgte mit dem Verfahren der Ionenpaarchromatographie (paired-ion reversed-phase HPLC) und elektrochemischer Detektion mittels Silberelektrode in Anlehnung an Rendl et al. (Clin. Chem. 40: 908-913, 1994). Wegen der hohen Selektivität und Spezifität wird mit der HPLC-Methode im Gegensatz zu den chemischen Methoden das freie, anorganische Jodid gemessen (Rauh et al. 2003).

Kreatinin im Urin wurde enzymatisch (PAP-Methode) am Hitachi 911 (Roche, Basel, Schweiz) bestimmt.

2.6 Anthropometrische Parameter

Körpergewicht, Körpergröße und Body Mass Index

Das Körpergewicht (KG) wurde mittels einer digitalen Waage, die in die Wiegeplattform des bioelektrischen Impedanz-Analysegerätes TBF 305 der Firma Tanita Corp. Sindelfingen, Deutschland integriert war, ermittelt. Das Körpergewicht wurde auf 0,2 kg genau bestimmt. Die Schulanfänger waren leicht bekleidet und wurden ohne Schuhe, Pullover und Hose, unter Abzug von 0,6 kg für die Restkleidung, gewogen.

Die Körpergröße (KH) wurde ohne Schuhe sowie in aufrechter Körperhaltung auf einem Brett stehend, mit nach vorne gerichtetem geradem Blick mittels einer Messlatte auf 0,5 cm genau gemessen.

Der Body Mass Index (BMI) wurde aus den Daten zum Körpergewicht und der Körpergröße rechnerisch ermittelt:

$$\text{BMI (kg/m}^2\text{)} = \text{Körpergewicht (kg) / Körpergröße (m}^2\text{)}$$

Sowohl die „Childhood Group“ der „International Obesity Task Force“ als auch die „European Childhood Obesity Group“ (Poskitt 1995) empfehlen den BMI als Beurteilungskriterium für die Prävalenz von kindlichem Übergewicht bzw. kindlicher Adipositas heranzuziehen. Obwohl bislang die alters- und geschlechtsspezifische Referenzwerte von Rolland-Cachera et al. (1991) für den europäischen Raum empfohlen (Bergström 1995) wurden, werden in der vorliegenden Untersuchung die kürzlich veröffentlichten deutschen alters- und geschlechtsspezifischen Referenzwerte von Kromeyer-Hauschild et al. (2001) zur Beurteilung der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas herangezogen. Dabei ist ein Kind übergewichtig respektive adipös, wenn der ermittelte BMI die in Tabelle 2 aufgeführte 90. Perzentile bzw. 97. Perzentile überschreitet. Die Referenzwerte von Rolland-Cachera et al. (1991) werden ergänzend in Tabelle 2a aufgeführt.

Tab. 2: BMI-Perzentiltabelle für Mädchen und Jungen nach Kromeyer-Hauschild et al. (2001)

Alter (Jahre)		50. Perz.	90. Perz.	97. Perz.
6	Jungen	15,45	17,86	19,44
	Mädchen	15,39	17,99	19,67
7	Jungen	15,66	18,34	20,15
	Mädchen	15,62	18,51	20,44

Tab. 2a: BMI-Perzentiltabelle für Mädchen und Jungen nach Rolland-Cachera et al. (1991)

Alter (Jahre)		50. Perz.	90. Perz.	97. Perz.
6	Jungen	15,44	17,09	17,95
	Mädchen	15,13	16,83	17,72
7	Jungen	15,53	17,31	18,25
	Mädchen	15,22	17,03	17,99

Quelle: Zwiauer. In: Wechsler JG (Hrsg). Adipositas (1998)

In Tabelle 2b werden die seit kurzem veröffentlichten internationalen alters- und geschlechtsspezifischen Referenzwerte von Cole et al. (2000) aufgeführt. Zur Ermittlung der BMI-Referenzwerte für übergewichtige oder adipöse Kinder wurden die cut-offs von 25 kg/m^2 für übergewichtige und von 30 kg/m^2 für adipöse Erwachsene herangezogen und für jede Perzentile in jedem Kindes- und Jugendalter extrapoliert.

Tab. 2b: Internationale BMI-Referenzwerte für Mädchen und Jungen in Anlehnung an die cut-offs von 25 kg/m^2 (Übergewicht) und 30 kg/m^2 (Adipositas) für Erwachsene nach Cole et al. (2000)

Alter (Jahre)		BMI (25 kg/m^2)	BMI (30 kg/m^2)
6	Jungen	17,55	19,78
	Mädchen	17,34	19,65
7	Jungen	17,92	20,63
	Mädchen	17,75	20,51

Berechnung des BMI Standard-Deviation-Score (SDS)

Alters- und geschlechtsabhängige BMI-Referenzwerte und die dazugehörigen berechneten L- und S-Werte nach der LMS-Methode von Cole (1990) werden in unten stehende Formel eingesetzt, dann erfolgt die Perzentilberechnung:

$$SDS_{LMS} = \frac{[BMI/M(t)]L(t)-1}{L(t) S(t)}$$

BMI = Individualwert des Kindes

M = Referenzmedian

S = Variationskoeffizient

L = Power (Box-Cox-Transformation → Normalverteilung)

t = Alter

Der SDS gibt an, um ein wie Vielfaches einer Standardabweichung ein individueller BMI ober- oder unterhalb des BMI-Medianwertes liegt. Dadurch kann ein Individualwert in die Verteilung der Referenzgruppe eingeordnet werden. Der SD Score (z-score) kann auch bei nicht normalverteilten Werten verwendet werden.

(Bsp.: SD -1 od. +1 = 16. bzw. 84. Perz. der Referenzgruppe

SD -2 od. +2 = 2,7. bzw. 97,3. Perz. der Referenzgruppe)

In der hier beschriebenen Studie wurden die entsprechend berechneten Daten von Kromeyer-Hauschild et al. (2001) für Berechnung des BMI SDS verwendet.

Taillenumfang, Hüftumfang, Oberarmumfang und Waist-Hip-Ratio

Der Taillen- und Hüftumfang wurde mit einem Maßband der Firma Prym mit einem Messbereich von 0 – 150 cm gemessen. Die Messungen erfolgten an der aufrecht stehenden, weitgehend entkleideten Person auf 0,5 cm genau.

Der Taillenumfang wurde an der engsten Körperstelle zwischen unterster Rippe und Beckenkamm gemessen. Der Hüftumfang wurde über der breitesten Körperstelle auf Höhe des Trochanter major bestimmt.

Der Waist-Hip-Ratio (WHR) wurde aus den Taillen- und Hüftumfang folgendermaßen berechnet:

$$\text{WHR} = \text{Taillenumfang (cm)} / \text{Hüftumfang (cm)}$$

Der Oberarmumfang wurde ebenfalls auf 0,5 cm genau auf der dominanten, meist rechten Körperseite in Oberarmmitte zwischen Acromeon und Olecranon ohne Kompression der Haut gemessen.

2.7 Körperzusammensetzung

Fettfreie Masse und Fettmasse mittels bioelektrischer Impedanzanalyse (BIA)

Die Messung der fettfreien Masse (FFM) und der Fettmasse (FM) erfolgte mit der bipedalen bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) unter Verwendung des Body Composition Analyzers TBF 305 der Firma Tanita Corp. Sindelfingen, Germany. Wie auch die herkömmliche tetrapolare BIA beruht die Methode auf der Annahme, dass elektrischer Strom im menschlichen Körper durch die im Körperwasser gelösten Elektrolyte geleitet wird. Dabei setzt die Fettmasse dem Strom einen Widerstand entgegen. Aus diesem Grund steht die Impedanz des Körpers in direktem Zusammenhang mit dem Körperwasser, dessen Menge wiederum von der fettfreien Masse abhängt (Chumlea und Baumgartner 1990, Kuhner 1992, Lukaski 1985, Segal et al. 1985).

Für die Messung der Körperzusammensetzung bei Kindern wird ein „Child“-Modus eingestellt. Hierbei dienen für die Berechnung der fettfreien Masse, der Fettmasse, des Gesamtkörperwassers und des bioelektrischen Widerstandes speziell für Kinder von der Firma Tanita entwickelte geschlechtsspezifische Formeln. Tanita entwickelte Formeln für die Messung der bioelektrischen Impedanz im Stehen auf Grundlage von komparativen DEXA-Messungen (dual-energy X-ray absorptionmetry) sowie Unterwasserwägung. Zudem wurden

entsprechende Formeln für die Berechnung der Körperdichte aus DEXA-Messungen abgeleitet. Die Kalkulation des Körperfettanteils basiert auf der Formel von Brozek et al. (1963).

Die fettfreie Masse wird aus dem Körperfettanteil und dem Körpergewicht abgeleitet.

$$\text{Körperdichte (body density, BD)} = k1 - k2 \times W \times R/Ht^2 + k3 \times R$$

$$\text{Fettmasse (\%)} = (4,57 / BD - 4,142) \times 100$$

k1, k2, k3: Korrelationskoeffizienten aus Vergleichsversuchen (Tanita intern)

W: Körpergewicht (kg)

Ht: Körpergröße (cm)

R: Widerstand (Ω)

Nach Eingabe des „Child“-Modus und der Körpergröße wird simultan das Körpergewicht sowie der bioelektrische Widerstand zwischen beiden Füßen bei einer Stromstärke von 800 μ A und einer Frequenz von 50 kHz gemessen. Bei dieser modifizierten Impedanzmessung steht der Proband mit bloßen Füßen aufrecht auf einer Wiegeplattform, in die vier Detektor-Elektroden integriert sind. Die Füße stehen parallel zueinander, wodurch jeweils zwei Messelektroden durch Fußballen und Ferse miteinander verbunden sind. Die Fersen bilden dabei einen Spannungsdetektor und die Zehen den Anschluss.

Die Durchführung der Messung wird ausführlich im Handbuch der Firma Tanita beschrieben.

Fettfreie Masse und Fettmasse mittels Hautfaltendicke-Messung

Die Hautfaltendicke wurde mit einem GPM Caliper; Schweiz auf 0,1 mm genau mit einem konstanten Druck von 10 g/mm² gemessen. Die Messung erfolgte an vier verschiedenen Körperstellen auf der dominanten, meist rechten Körperseite in aufrecht stehender Position. Die Bizeps- bzw. Trizeps-Hautfalten wurden auf der ventralen bzw. dorsalen Seite des Oberarmes in der Mitte zwischen Acromion und Olecranon gemessen. Die Messung der subscapularen Hautfalte erfolgte 1 cm kaudal und medial zum Scapular, während die suprailiacale Hautfalte 1 cm oberhalb des Beckenkammes bestimmt wurde. Alle Messungen wurden von derselben geschulten Person zweimal durchgeführt. Eine dritte Messung folgte,

wenn zwischen den ersten beiden Messdaten eine Differenz von mehr als 10 % auftrat. Zur weiteren Berechnung wurde der Mittelwert aus den beiden gültigen Messungen berechnet.

Der Körperfettanteil wurde nach den folgenden Formeln von Slaughter et al. (1988) für präpubertäre Kinder aus der Summe von zwei Haufalten ermittelt:

Trizeps (tric) + subscapular (subsc) \leq 35 mm:

$$\begin{aligned} \text{Jungen: Körperfett (\%)} &= 1.21 * (\text{tric} + \text{subsc}) - 0.008 * (\text{tric} + \text{subsc})^2 - 1.7 \\ \text{Mädchen: Körperfett (\%)} &= 1.33 * (\text{tric} + \text{subsc}) - 0.013 * (\text{tric} + \text{subsc})^2 - 2.5 \end{aligned}$$

Trizeps (tric) + subscapular (subsc) $>$ 35 mm:

$$\begin{aligned} \text{Jungen: Körperfett (\%)} &= 0.783 * (\text{tric} + \text{subsc}) + 1.6 \\ \text{Mädchen: Körperfett (\%)} &= 0.546 * (\text{tric} + \text{subsc}) + 9.7 \end{aligned}$$

Armfettanteil

Die Berechnung des prozentualen Armfettanteils (AF) erfolgte anhand der Trizeps-Hautfalte (TH) und dem Oberarmumfang (C) unter Verwendung der Formeln von Rolland-Cachera et al. (1997):

$$\text{TUA (total upper arm estimate)} = C^2/(4\Pi)$$

$$\text{UFE (upper arm fat area estimate)} = C * (\text{TH}/2)$$

$$\text{UME (upper arm muscle area estimate)} = \text{TUA} - \text{UFE}$$

$$\text{AF (\%)} = (\text{UFE}/\text{TUA}) * 100$$

2.8 Sportuntersuchungen

Die Ermittlung der motorischen Leistungsfähigkeiten der Schulanfänger erfolgte mittels standardisierter Tests.

2.8.1 Ausdauertests

Die Messung des Ausdauerleistungsvermögens wurde anhand der Harvard-Step-Tests durchgeführt. Die Kinder mussten hierbei auf eine 30 cm hohe Stufe über eine Zeit von 3 Minuten 30 mal pro Minute steigen. Der Takt von zwei Bewegungen pro Sekunde wurde von einem Metronom vorgegeben. Beim ersten Takt wurde das linke Bein auf den Kasten gestellt, beim zweiten Takt das rechte. Der Proband stand nun mit getreckten Beinen auf der Stufe. Anschließend wurde auf den dritten Takt das linke Bein auf den Boden zurückgesetzt und auf den vierten Takt das rechte Bein. Gemessen wurde die Zeit über die der vorgegebene Rhythmus gehalten werden konnte. Zusätzlich erfolgte die Messung des Vor- und Nachbelastungspulses mittels Herzfrequenzmesser (Fa. Polar). Der Nachbelastungspuls wurde unmittelbar nach Ende der Belastung, nach einer Minute, nach eineinhalb Minuten und nach zwei Minuten von dem Herzfrequenzmesser abgelesen. Die Reliabilität dieses Tests wird mit $r = 0,73 - 0,94$ angegeben (Montoye 1978).

Im Anschluss wurde aus der Leistung des Harvard-Step-Tests, in Anlehnung an die in der Literatur beschriebenen Formeln (Carver, Winsmann in Montoye 1978), ein Ausdauerscore berechnet. Dabei wird die im Test durchgeholtene Belastungsdauer in Sekunden durch das 5,5-fache der Herzfrequenz eine Minute nach Belastung dividiert. Je größer der Score, desto besser ist das Ausdauervermögen.

2.8.2 Krafttests

Im Rahmen der Krafttests wurden vier Muskelgruppen auf ihre Kraftfähigkeit untersucht (Weineck 1997). Bei den Arm- und Bauchmuskeltests wurde immer mit der schwierigsten Übung begonnen und bei Misserfolg die nächstleichtere ausgeführt.

- Handkraft: Die Messung der Handkraft erfolgte mittels eines geeichten Handdynamometers (Fa. Jamar, Bollington, USA), wobei die Hand bei nach unten gestrecktem Arm mit maximaler Kraft geschlossen werden sollte. Die Griffgröße wurde individuell angepasst.

- Armmuskelkraft: Die Armmuskelkraft wurde durch drei unterschiedlich schwierige Klimmzugtests (K) an einer Reckstange ermittelt, wobei das Kinn über die Stange gebracht werden musste (leichteste Übung 1: K aus Schrägliegehang; Übung 2: K aus Langhang mit Hüftgelenkswinkel 90°; schwierigste Übung 3: K aus Langhang). Die Armstrekkerkraft wurde anhand von Beugestützübungen mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad beurteilt, wobei das Gesäß beinahe Bodenkontakt bzw. die Schulterachse Holmenniveau erreichen und wieder in die Ausgangslage gebracht werden musste (Übung 1: Stützbeuge aus Schrägliegestütz rücklings an einem Kasten; Übung 2: s. Übung 1, jedoch mit aufgestellten Fersen auf einem Kasten gleicher Höhe; Übung 3: Beugestütz am Barren aus dem Stütz).
- Bauchmuskelkraft: Die Ermittlung der Bauchmuskelkraft erfolgte durch drei Sit-up-Varianten (Übung 1: Rückenlage mit Armschwungunterstützung in Sitzposition; Übung 2: s. Übung 1 ohne Armschwungunterstützung; Übung 3: Rückenlage mit Armen in Nackenhalte in Sitzposition).

2.8.3 Koordinationstests

Die Koordinationsfähigkeit wurde anhand von „Seilspringen“ und „Ballwerfen“ erfasst.

- „Seilspringen“ (Rhythmisierungs- und Kopplungsfähigkeit sowie die räumlich-zeitliche Orientierung): Innerhalb von 30 Sekunden mussten mit einem normalen Sprungseil eine möglichst große Zahl von Durchschlägen vorwärts ausgeführt werden. Die Anzahl der korrekten Wiederholungen in dieser Zeit wurde gewertet.
- „Ballwerfen“ (Geschicklichkeit): Aus einer Entfernung von zwei Metern sollte innerhalb von 30 Sekunden ein Basketball mit einer Hand möglichst oft gegen eine Wand geworfen werden. Die Ballkontakte an der Wand in dieser Zeit wurden gewertet.

2.8.4 Beweglichkeitstests

Zur Feststellung der Beweglichkeit bzw. der Dehnfähigkeit wurden zum einen „Rumpfbeugen vorwärts“ durchgeführt. Dabei stand der Proband mit geschlossenen Füßen auf einem Kasten und sollte mit gestreckten Beinen und ohne Wippen den Oberkörper nach vorne beugen und mit den Händen möglichst weit nach unten greifen. Gemessen wurde der tiefste, mit den Fingerspitzen erreichte Punkt. Werte oberhalb der Standfläche erhielten dabei ein negatives Vorzeichen (Fetz & Kornexl 1973).

Zum anderen wurden drei Muskeltests nach „Janda“ durchgeführt (Schmidt et al. 1983, Weineck 1997). Die Tests sollten Aufschluss über die Dehnfähigkeit der Wadenmuskulatur (M. triceps surae), der Oberschenkelmuskulatur auf der Vorderseite (M. rectus femoris) und der Muskulatur auf der Oberschenkelrückseite (Mm. ischiocrurales) geben.

- Wadenmuskulatur: Barfuß aus dem Stand in die tiefe Hocke gehen ohne umzufallen. Fersen mussten am Boden bleiben und das Gesäß bis zu den Unterschenkeln gesenkt werden.
- Oberschenkelvorderseite: In gestreckter Bauchlage Fersen so weit wie möglich dem Gesäß nähern. Tester muss beide Sprunggelenke mit leichtem Druck zum Gesäß drücken können.
- Oberschenkelrückseite: In Rückenlage ein gestrecktes Bein aktiv so weit wie möglich anheben, das andere Bein wird am Boden fixiert. Dabei musste ein Hüftwinkel von 90° erreicht werden.

2.8.5 Schnelligkeitstests

Die elementare zyklische Schnelligkeit („Frequenzschnelligkeit“, unabhängig von der Kraft und anthropometrischen Voraussetzungen) als nervale Voraussetzung für hohe Fortbewegungsgeschwindigkeit wurde anhand des sogenannten „Fußtappings“ sowie des „Handtappings“ ermittelt. Dabei saßen die Kinder auf einem Stuhl und tippten wechselseitig so schnell wie möglich mit dem rechten/linken Fuß bzw. schlugen abwechselnd mit der rechten/linken Hand auf die Unterlage (Tapping Apparatur, Werthner GmbH TDS-System, Österreich). Dabei sollte die Bewegungsamplitude so gering wie möglich gehalten werden. Für ein kurzes, schnelles Zeitprogramm (typisch für einen talentierten Läufer) stehen Werte über 12 Hz (=Bodenkontakte pro Sekunde), bei einer Bandbreite von 6,8 bis 16,56 Hz (Weineck 1997). „Zeitprogramm“ bedeutet hier die „Qualität neuromuskulärer Steuer- und Regelprozesse, die sich in einem bestimmten Innervationsmuster wiederspiegeln“ (Weineck 1997). Untersuchungen zeigen, dass das Fußtapping eine größere Bedeutung hat als das Handtapping (Weineck 1997).

2.9 Weitere Daten

In einem jeweiligen Eltern- und Kind-Fragebogen wurden weiterhin Informationen zum Ernährungsverhalten, zur Krankengeschichte, zur Medikamenteneinnahme und zum Aktivitätsverhalten erfasst. Die Eltern wurden zudem zu sozioökonomischen und soziodemographischen Daten sowie zum Einkaufsverhalten, zum Interesse an Ernährungsinformationen und zum Genussmittelkonsum befragt.

Da nicht alle Eltern bereit waren bei allen Fragen Auskunft zu erteilen, resultieren daraus im Vergleich zu den klinisch-chemischen Größen unterschiedliche Stichprobenzahlen.

2.10 Schicht-Index und soziale Einordnung

Der in der vorliegenden Arbeit erstellte Schicht-Index wird als Hilfsgröße zur Ermittlung der sozialen Schichtung des untersuchten Kollektivs herangezogen. Der hier ermittelte Index basiert auf dem von Scheuch (1970) erstellten und einem daraus modifizierten Schicht-Index wie er bei der Deutschen Herzkreislauf-Präventionsstudie (DHP) (Hoffmeister et al. 1992) und bei VERA (Herwig 1995) verwendet wurde. Für die Anwendung des Index bei FIT musste dieser der Datenstruktur angepasst und leicht modifiziert werden. Grundlage des Index sind die soziodemographischen Merkmale Bildung, berufliche Stellung und Einkommen, aus denen als additive Variablen der Schicht-Index konstruiert wird. Dafür werden die Merkmale in gleiche Kategorienzahlen mit gleichen Kategorienabständen unterteilt. Obwohl jede der einfließenden Variablen für sich gesehen einen Einfluss hat, scheint durch die Kombination zum einen die Aussagekraft und Interpretierbarkeit der Ergebnisse verbessert, zum anderen eine bessere Übersichtlichkeit gewährleistet zu werden (Herwig 1995).

Folgende Merkmale tragen zur Bildung des Schicht-Index bei:

- *Bildung*

In die Variable Bildung fliessen die Merkmale Schulbildung und Berufsausbildung ein.

	Punktwert
kein Schulabschluss/Hauptschule ohne Ausbildung	1
Realschule/Fachoberschule/Abitur ohne Ausbildung	2
Hauptschule/Realschule mit Abschluss Lehre, Fachschule oder Meister	3
Fachoberschule/Abitur mit Abschluss Lehre, Fachschule oder Meister	4
Fachoberschule/Abitur mit Fachhochschule	5
Abitur mit Hochschule	6

- *Berufliche Stellung*

In die Variable berufliche Stellung fliessen die Merkmale Arbeitssituation und Stellung im Beruf mit ein.

	Punktwert
nicht berufstätig	1
Auszubildender	2
Arbeiter	3
Angestellter	4
Beamter	5
Selbstständiger	6

- *Einkommen*

Bei der Variable Einkommen wird das monatliche Haushaltseinkommen (Nettoeinkommen aller Haushaltsmitglieder) herangezogen.

	Punktwert
unter 1023 Euro	1
1023 bis unter 1534 Euro	2
1534 bis unter 2045 Euro	3
2045 bis unter 2557 Euro	4
2557 bis unter 3068 Euro	5
über 3068 Euro	6

Im Anschluss erfolgt die Berechnung des Index aus den Punktwerten der drei neu erstellten Variablen. Für jedes Elternteil von FIT wird der entsprechende Punktwert des jeweiligen Merkmals ermittelt und eine Summe aus allen Punktwerten der drei Merkmale gebildet. Der Index kann somit einen Wert von 3 bis 18 Punkten umfassen. Die Punktwerte des Schicht-Index werden nochmals klassifiziert und einem Drei-Schicht-Modell (unten, mittel, oben)

zugeordnet. Probanden mit einem Punktewert zwischen 3 und 7 gehören demnach der unteren sozialen Schicht, mit einem Punktewert zwischen 8 und 12 der mittleren sozialen Schicht und mit einem Punktewert zwischen 12 und 18 der oberen sozialen Schicht an.

2.11 Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS, Version 6.1.3 und 12.0 (SPSS GmbH, München). Im Falle nicht normalverteilter Variablen wurde zur Evaluierung möglicher bestehender geschlechts- oder gruppenspezifischer Differenzen nichtparametrische Verfahren wie der Mann-Whitney U-Test für zwei unabhängige Stichproben bzw. der Kruskal-Wallis H-Test für mehrere unabhängige Stichproben angewandt. Mittels Wilcoxon Matched-Pairs Test wurden zwei abhängige (verbundene) Stichproben im Hinblick auf signifikante Unterschiede evaluiert. Bei normalverteilten Daten wurden parametrische Verfahren wie der Student t-Test bzw. die einfaktorielle ANOVA (Scheffé oder Bonferroni Post-Hoc-Test) herangezogen.

Ob bei mehreren Stichproben gleiche Häufigkeitsverteilungen für ein Merkmal vorliegen, wurde anhand des Chi²-Homogenitätstests untersucht.

Als statistische Kennzahlen wurde der Mittelwert mit Standardabweichung angegeben sowie der Median und der Interquartilrange IQR (25er und 75er Perzentile) zur Charakterisierung der Verteilung der Daten gewählt.

Boxplots werden zur graphischen Darstellung der Verteilung von Zufuhrdaten und der Darstellung von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Erhebungsdaten herangezogen. Die Boxplots geben den Median mit zugehöriger 25er und 75er Perzentile an sowie den kleinsten und größten beobachteten Wert, der keinen Ausreißer darstellt. Weiterhin werden Ausreißer (o) (= Fälle mit Werten, die 1,5 bis 3 Kastenlängen vom oberen oder unteren Kastenrand entfernt sind) und Extremwerte (*) (= Fälle mit Werten, die mehr als 3 Kastenlängen vom oberen oder unteren Kastenrand entfernt sind) angegeben.

Abbildung 10.5 Kommentiertes Schema eines Boxplots

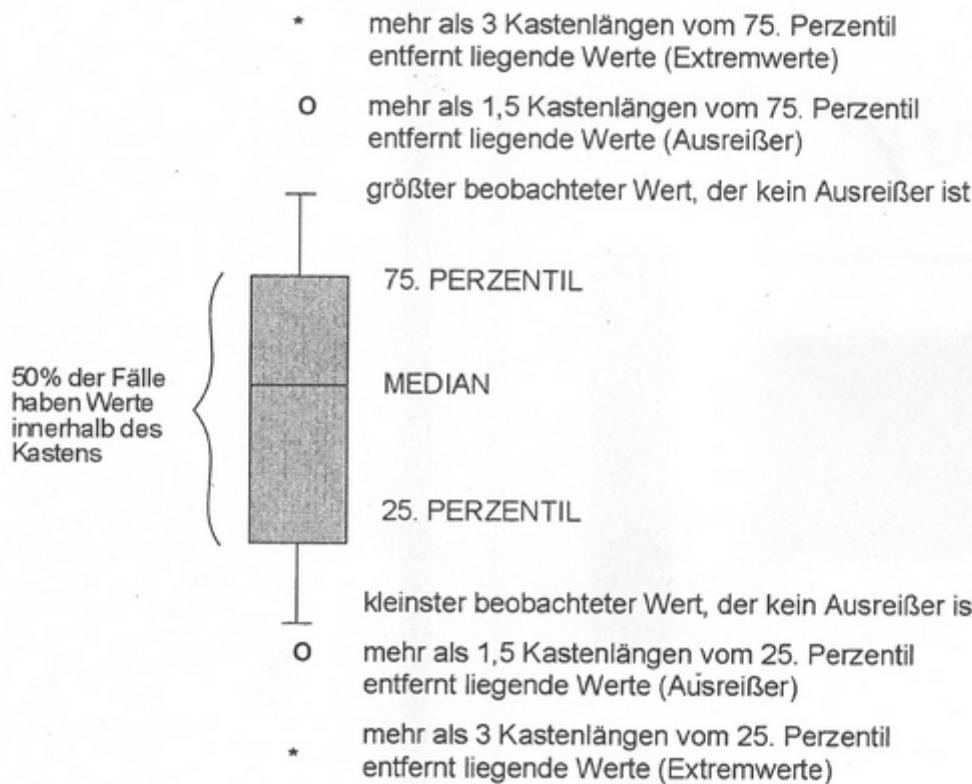


Abb. 1: Schema eines Boxplots (Quelle: Anwenderhandbuch für das Base System Version 6.0, SPSS GmbH Software, München, Deutschland, 1994)

Die Stärke des Zusammenhangs zwischen zwei Variablen wurde bei überwiegend nicht normalverteilten Daten mittels Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten (r) überprüft.

Mit einer schrittweisen multiplen linearen Regressionsanalyse wurden die Beziehungen zwischen einer abhängigen und mehreren unabhängigen Variablen (Prädiktoren) genauer untersucht. Zur statistischen Beurteilung der Regressionsgleichung werden im Ergebnisteil der vorliegenden Arbeit der Regressionskoeffizient (B) mit dem dazugehörigen Standardfehler (SE) und Signifikanzniveau (p) sowie der Konstante und das Bestimmtheitsmaß (r^2) angegeben.

Die statistische Signifikanz wurde bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p \leq 0,05$ anerkannt.

Normalverteilung

Die Überprüfung auf Normalverteilung erfolgte für das jeweilige Gesamtkollektiv und getrennt nach Geschlecht mittels Kolmogorov-Smirnoff-Test.

Bei der FIT-Studie weichen einige Variablen von der Normalverteilung ab. Bei den meisten nicht normalverteilten Parametern ist eine linksgipelige bzw. rechtschiefe Verteilung zu beobachten, von der Tendenz her auch bei einigen normalverteilten Daten. Eine Ausnahme stellen die sportmotorischen Tests dar, bei denen die meisten Parameter eine linksschiefe Verteilung aufweisen.

Anthropometrische Daten: Im Gesamtkollektiv weichen die meisten untersuchten Parameter signifikant von der Normalverteilung ab. Für das Arm-Muskel-Areal, den Waist-Hip-Ratio (WHR), den Fettanteil (BIA) und die fettfreie Masse (FFM) kann keine Abweichung von der Normalverteilung nachgewiesen werden.

Bei den Jungen sind alle Variablen außer dem Arm-Fettanteil, dem Taillenumfang, dem WHR, der Körpergröße, dem Fettanteil (BIA), der FFM und dem Gesamtkörperwasser nicht normal verteilt. Bei den Mädchen weisen dagegen nur der Arm-Fettanteil, das Arm-Muskel-Areal, der Hüftumfang, die WHR, das Körpergewicht, der Fettanteil (BIA), die FFM und das Gesamtkörperwasser Normalverteilung auf.

Sportdaten: Im Gesamtkollektiv weicht nur der Harvard-Step-Test-Score von der Normalverteilung ab, dagegen nicht bei Betrachtung der einzelnen Geschlechter. Die gemessenen Herzfrequenzen sind normalverteilt. Bei den weiteren sportmotorischen Tests unterliegt nur das Handtapping der Normalverteilung im gesamten Kollektiv, bei den Mädchen noch zudem das Tapping im Sitzen. Bei den Jungen weichen die Übungen zur Handkraft sowie die Rumpfbeugen vorwärts von der Normalverteilung ab. Die Sportdauer pro Woche zeigt sowohl im Gesamtkollektiv als auch bei Jungen und Mädchen keine Normalverteilung.

Lebensmittel: Von 21 sind nur 5 Lebensmittel- und Getränkegruppen (Brot, Gemüse, Milch, Nährmittel, Wasser) im Gesamtkollektiv normalverteilt. Bei den Mädchen zeigen dagegen 9 Lebensmittel- und Getränkegruppen (Brot, Gemüse, Kartoffel, Milch, Nährmittel, Obst, Speisefette, Süßwaren, Wasser) Normalverteilung, bei den Jungen zusätzlich noch der Fruchtsaft- und Wurstverzehr.

Nährstoffe: Im Gesamtkollektiv sowie bei den einzelnen Geschlechtern weicht die absolute Aufnahme der Makronährstoffe sowie die Energiezufuhr nicht von der Normalverteilung ab. Dagegen sind alle hier untersuchten Vitamine, außer dem Vitamin B6 und Vitamin C, im

Gesamtkollektiv nicht normal verteilt. Bei den Mineralstoffen unterliegen nur die Eisen- und Jodzufuhr keiner Normalverteilung. Hinsichtlich der Nährstoffdichte weichen das Jod, das Folsäure-Äquivalent, das Retinol-Äquivalent, Vitamin B12 und Vitamin C signifikant von der Normalverteilung ab.

Bei den Mädchen sind das Folsäure-Äquivalent, das Retinol-Äquivalent, Vitamin B12 nicht normal verteilt, die Mineralstoffe unterliegen keiner signifikanten Abweichung von der Normalverteilung. In Bezug auf die Nährstoffdichte sind das Jod, das Folsäure-Äquivalent sowie das Retinol-Äquivalent nicht normalverteilt. Dagegen weicht bei den Jungen nur das Folsäure-Äquivalent und das Vitamin E signifikant von der Normalverteilung ab, während die anderen untersuchten Vitamine, Mineralstoffe und die Nährstoffdichten der entsprechenden Nährstoffe der Normalverteilung unterliegen.

Eisenstoffwechsel-Parameter: Im Gesamtkollektiv sind alle Parameter des Eisenstoffwechsels normalverteilt, mit Ausnahme von Serum-Ferritin, dem Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotienten, dem Transferrin, den Retikulozyten und dem mittleren Zellhämoglobin (MCH). Bei den Mädchen weichen das Serum-Ferritin, der Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotient und die Retikulozyten signifikant von der Normalverteilung ab. Dagegen ist bei den Jungen nur das MCH nicht normalverteilt.

Parameter des Jodstoffwechsels: Im gesamten Kollektiv und bei den Jungen ist das Hypophysenhormon TSH (thyroidea-stimulierendes Hormon) nicht normalverteilt. Das freie Thyroxin (fT4) unterliegt in allen drei Gruppen der Normalverteilung.

Während die Kreatininausscheidung im Urin im gesamten Kollektiv normalverteilt ist, weicht die Jodausscheidung signifikant von der Normalverteilung ab. Bei den Mädchen sind alle Urin-Parameter normalverteilt, während bei den männlichen Schulanfängern die Kreatinin- und Jodausscheidung nicht normalverteilt sind.

Normalverteilung Duplikatsammlung

Die Überprüfung auf Normalverteilung erfolgte für das Kollektiv für die durchschnittliche Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr während der drei Sammeltage und für die einzelnen Sammeltage getrennt mittels Kolmogorov-Smirnoff-Test.

Lebensmittelzufuhr: Die aus dem Durchschnitt der drei Sammeltage ermittelten und verzehrten Lebensmittel- und Getränkegruppen sind normalverteilt, mit Ausnahme des Verzehrs von Eiern, Fisch, Fleisch und Speisefetten. Bei Betrachtung der einzelnen Sammeltage weicht die Zufuhr von Eiern, Fisch, Fleisch, Käse, Kartoffel, Speisefette, Tee, Süßwaren und Wurst bei jedem Sammeltag von der Normalverteilung ab.

Nährstoffe: Die durchschnittliche Energie- und Nährstoffzufuhr während der drei Sammeltage unterliegen der Normalverteilung, mit Ausnahme der Zufuhr von Cholesterin und Folsäure. Bei Betrachtung der einzelnen Sammeltage ist am ersten Tag nur die Kochsalzzufuhr nicht normal verteilt. Am Tag 2 weicht nur die Aufnahme von Folsäure von der Normalverteilung ab, während am dritten Sammeltag alle Zufuhrdaten normalverteilt sind.

Der laborchemisch bestimmte Eisen- und Jodgehalt der zugeführten Lebensmittel weicht bei der mittleren Aufnahme während der drei Sammeltage signifikant von der Normalverteilung ab, während sie bei Betrachtung der einzelnen Sammeltage normalverteilt sind.

Für die Auswertung des Lebensmittelverzehrs sowie für die Nährstoffanalyse wurden alle Verzehrsprotokolle ausgeschlossen, die weniger als 2,5 Tage geführt wurden.

Zur Berechnung der Prävalenzen niedriger Serumkonzentration der verschiedenen biochemischen Parameter und zur Bewertung der Prävalenz von Eisenmangel und Eisenmangelanämie sowie von Jodmangel bzw. Hypothyreose wurden nur komplette Datensätze herangezogen. Gründe für fehlende Daten sind, dass nur eine unzureichende Menge Blut abgenommen werden konnte, einige Kinder einer Blutentnahme nicht zustimmten oder das Blut hämolysiert war und somit nicht für eine Analyse zur Verfügung stand. Daraus resultieren die unterschiedlichen Stichprobenzahlen in den verschiedenen Tabellen und Abbildungen.

3 Ergebnisse

3.1 FIT-Kollektiv

3.1.1 Probanden

Im Schuljahr 1997/98 wurden 1033 Schulanfänger bzw. deren Erziehungsberechtigte aus 16 Erlanger Grundschulen angeschrieben und über das Projekt FIT-Erlangen informiert. Von diesen gaben insgesamt 41 % der Eltern (n = 427) das Einverständnis zur Teilnahme ihres Kindes an dem Projekt. Jedoch variierte die Teilnahmequote an den verschiedenen Untersuchungen erheblich, wie aus Tabelle 3 hervorgeht. Die Gründe für eine grundsätzliche Ablehnung der Teilnahme oder einer partiellen Verweigerung verschiedener Untersuchungen oder Angaben, wie z.B. der sportmotorischen Tests oder dem 3-tägigen-Wiegeprotokoll, waren unterschiedlich bzw. wurden nicht angegeben. Einige Eltern begründeten eine Nichtteilnahme mit einer zu großen zeitlichen Belastung, mangelndem Interesse, schon ausreichend vorhandenem medizinischem und ernährungswissenschaftlichem Wissen, schon erfolgter Untersuchung vom Kinderarzt oder mit der Befürchtung, dass der Datenschutz nicht gewährleistet ist. Hinsichtlich der Blutentnahmen war bei einigen Kindern eine Blutentnahme nicht möglich (z.B. Angst), das entnommene Blut hämolysierte oder die Blutmenge war nicht ausreichend für die Analyse aller laborchemischen Parameter. Einige Eltern fürchteten eine Traumatisierung ihrer Kinder. Bei der Beantwortung des Fragebogens waren einige Eltern generell nicht oder nur zum Teil bereit die aufgeführten Fragen zu beantworten. Bei einigen Kindern konnte keine Untersuchung durchgeführt werden, da sie am Untersuchungstag krank waren, nicht erschienen sind oder die Untersuchung verweigerten.

Da 12 % der Schüler des Jahrgangs 1997/98 ausländischer Herkunft sind, ist davon auszugehen, dass bei einem Teil der Eltern auch sprachliche sowie ethnische Barrieren eine Teilnahme der Kinder an „FIT“ verhinderten.

Tab. 3: Teilnahmehoquote der Schulanfänger an den verschiedenen Untersuchungen ausgehend von 427 Schulanfängern (= 100 %) als Fit-Kollektiv

Untersuchung/Datenerhebung	Anzahl Nichtteilnehmer (n) ¹	Teilnahmehoquote % (n)
Anthropometrie/Körperzusammensetzung	19	95,6 (408)
Fitness	21	95,1 (406)
Blutabnahme	242	43,3 (185)
Spontanurin	220	48,5 (207)
3-Tage-Wiegeprotokoll	250	41,5 (176) ²
Fragebogen	149	65,1 (278)

¹ Mehrfachnennungen

² Für die Auswertung der Lebensmittel- und Nährstoffzufuhr wurden nur die Protokolle der Schulanfänger berücksichtigt, die über mindestens 2,5 Tage geführt wurden. Somit wurden 168 Wiegeprotokolle ausgewertet und 8 Protokolle ausgeschlossen.

Der Anteil an Kindern bei denen ein bzw. beide Elternteile ausländischer Herkunft sind, betrug bei den anthropometrischen Messungen sowie bei den Sportuntersuchungen 11,8 % bzw. 21,4 %. Dagegen nahmen 12,4 % Kinder mit einem ausländischen Elternteil und nur 11,9 % Kinder, bei denen beide Eltern ausländischer Herkunft sind an der Blutentnahme teil bzw. führten ein Ernährungsprotokoll. Der Fragebogen war von 13 % der Kinder mit einem ausländischen Elternteil bzw. von 18,1 % der Kinder mit beiden Eltern ausländischer Abstammung verfügbar.

Ein Ausschluss von Probanden mit einer regelmäßigen (täglich oder mehrmals pro Woche) Einnahme von Eisen-, Jod- und/oder Hormonpräparaten erfolgte aufgrund der geringen Fallzahl (s. Kapitel 3.8.13) und der deskriptiv-epidemiologischen Fragestellung der vorliegenden Untersuchung nicht.

3.1.2 Soziodemographische Daten der Eltern

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, weist der größte Teil der Mütter und Väter eine Fach- oder Hochschulreife auf. 37 % der Frauen und ca. 52 % der Männer absolvierten die allgemeine Hochschulreife. Der Anteil an Frauen mit einer Fach- oder Hochschulreife ist im Vergleich zu

den Männern deutlich niedriger, während 20 % mehr Frauen als Männer einen Realschul- oder gleichwertigen Abschluss besitzen. Gut ein Fünftel der befragten Mütter und Väter beendeten die Schulausbildung nur mit einem Hauptschulabschluss, während immerhin noch 2,6 % der Mütter und Väter keinen Schulabschluss haben.

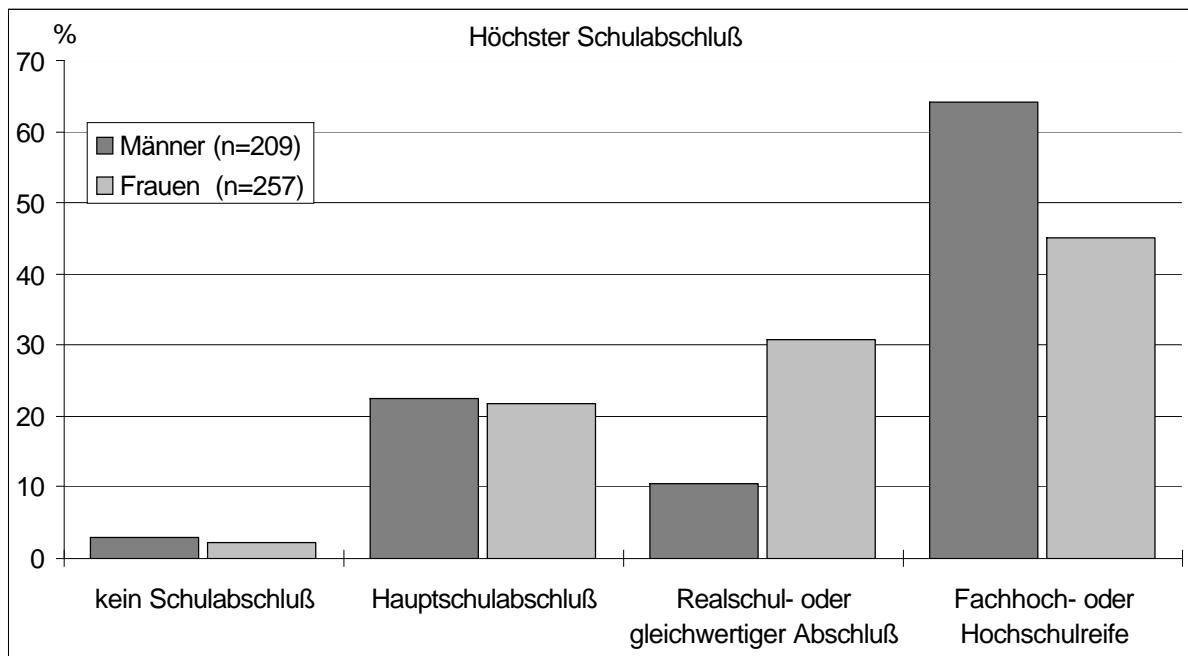


Abb. 2: Höchster Schulabschluß der Mütter und Väter

Die Angabe der beruflichen Tätigkeit (Abbildung 3) zeigt deutlich, dass eine vollzeitige Beschäftigung von 90 % der Männer und nur von ca. 13 % der Frauen ausgeübt wird. Frauen sind dagegen zu 38 % in Halbtätigkeiten zu finden oder arbeiten zu 44 % nicht, d.h. sie gehen überwiegend der Tätigkeit als Hausfrau nach oder befinden sich zu 5,8 % im Erziehungsurlaub. 3,1 % der Frauen und 2,4 % der Männer sind arbeitslos.

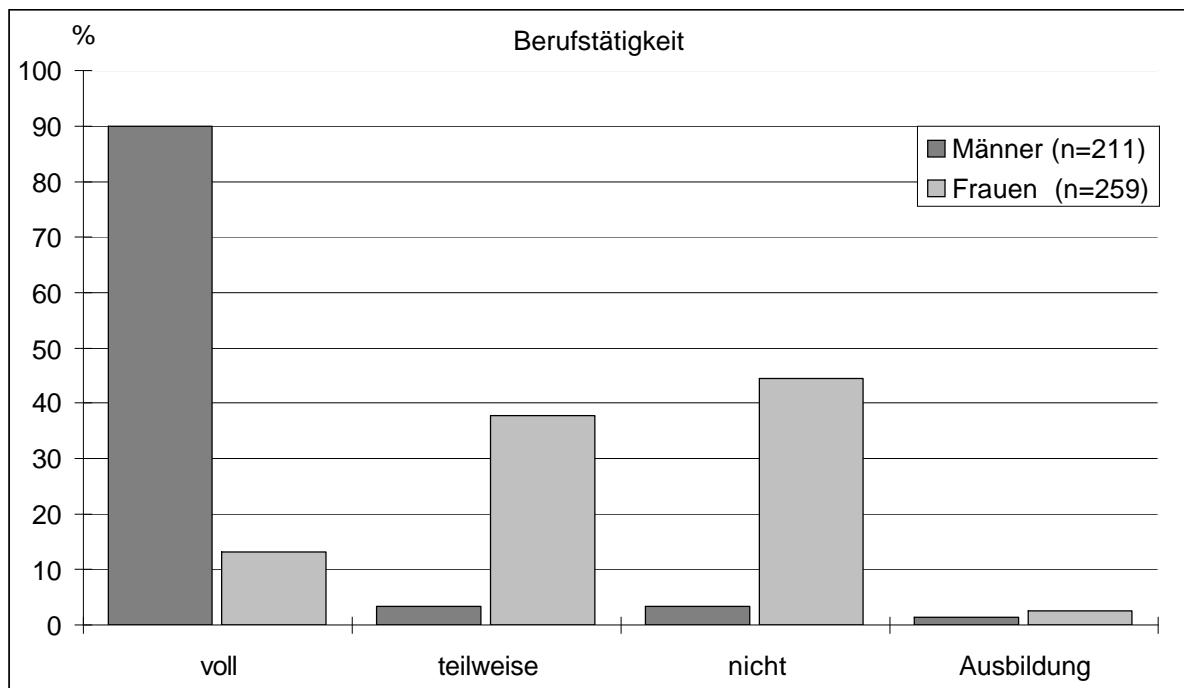


Abb. 3: Berufliche Tätigkeit der Mütter und Väter

Von den befragten Männern sind ca. 61 % im Angestelltenverhältnis. Von diesen sind 52 % akademische und 26 % leitende Angestellte. 18 % der männlichen Beschäftigten sind Arbeiter, 64 % davon gelernte Arbeiter. Gefolgt werden diese Berufe von Beamten (davon 82 % gehobener und höherer Dienst), Selbstständigen und Meistern.

Die Mütter bekleiden durchschnittlich niedrigere berufliche Positionen. 54 % der Frauen befinden sich im Angestelltenverhältnis. Von diesen sind 69 % einfache Angestellte, knapp 21 % akademische und 9,7 % leitende Angestellte. 22 % der Mütter haben die berufliche Stellung der Arbeiterin, wovon knapp 38 % gelernte Fachkräfte sind. Den Beruf der Beamtin im gehobenen und höheren Dienst führen 75 % der Frauen aus. Selbstständiger Arbeit gehen 6,7 % mehr Frauen als Männer nach (Abbildung 4).

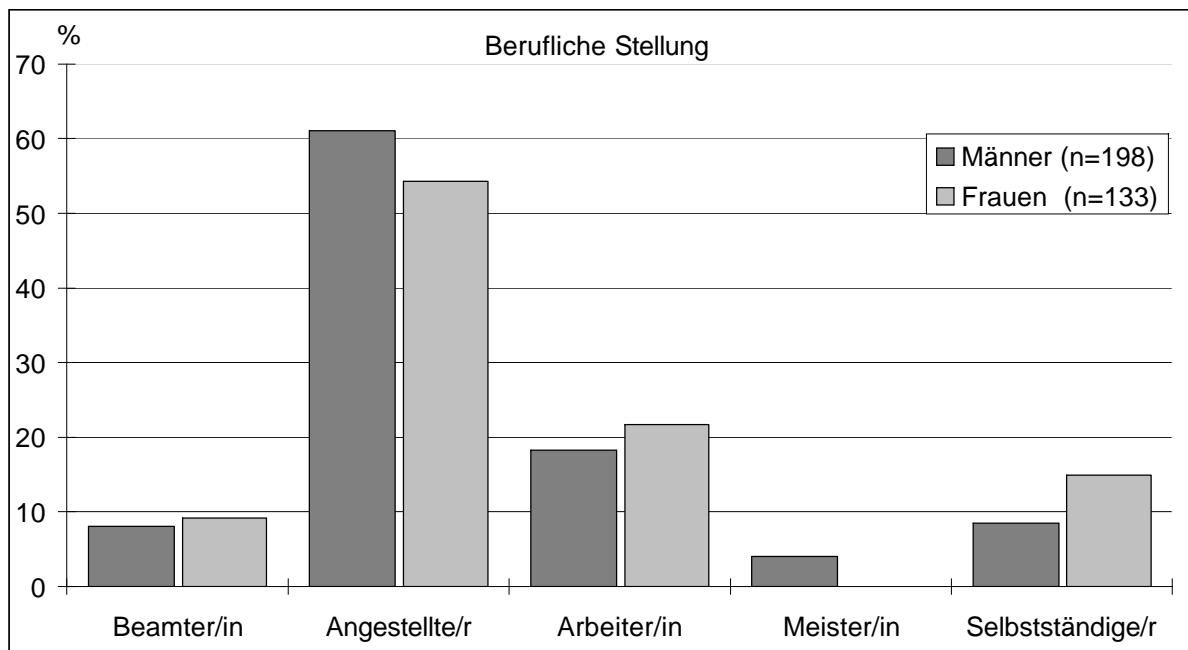


Abb. 4: Berufliche Stellung der Mütter und Väter

Da sich die soziale Schichtung anhand der beruflichen Stellung der Erlanger Familien durchschnittlich im mittleren bis gehobeneren Bereich ansiedeln lässt, stellt sich die Einkommenssituation ähnlich dar. 58 % der Haushalte haben ein monatliches Nettoeinkommen von mehr als 2045 Euro angegeben (Abbildung 5).

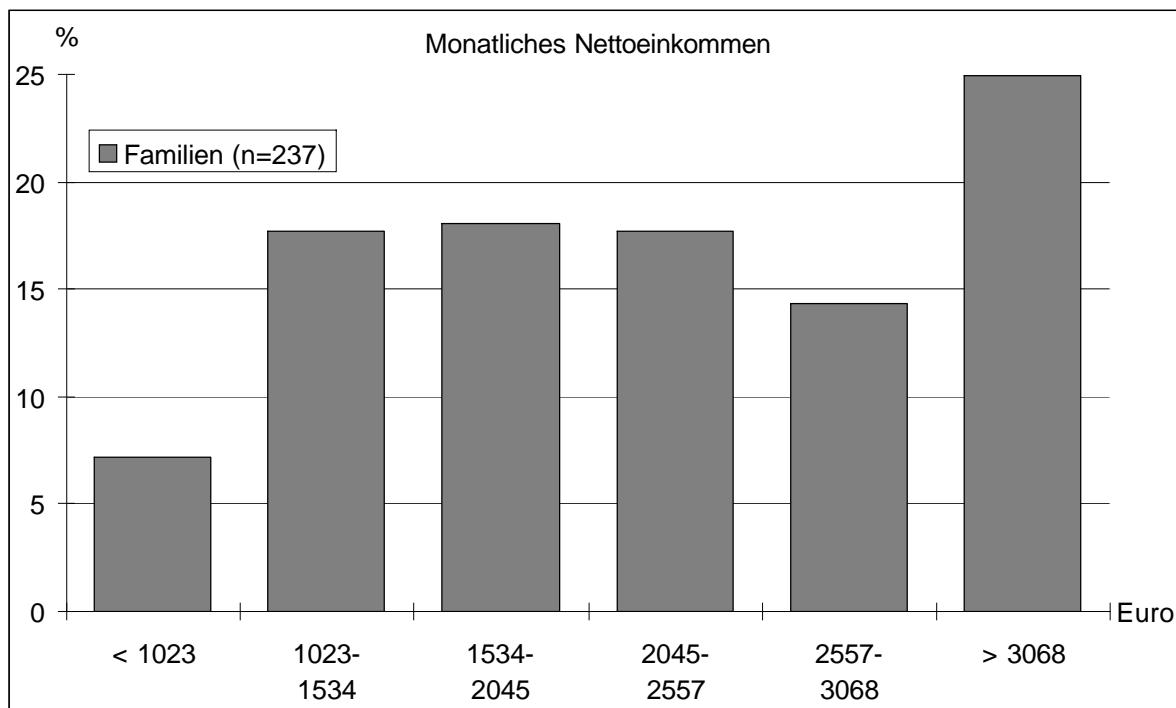


Abb. 5: Durchschnittliches prozentuales monatliches Nettoeinkommen der Familien

3.1.2.1 Schichtzugehörigkeit der Eltern nach Schicht-Index

Während die Ausprägungen der Einzelmerkmale, die in den Schicht-Index einfließen in Kapitel 3.1.2 beschrieben wurden, erfolgt im Weiteren die soziale Einstufung der Mütter und Väter bzw. beider Eltern gemeinsam anhand des ermittelten Schicht-Index (s. Kapitel 2.10).

Abbildung 6 stellt den sozialen Status der Mütter und Väter getrennt sowie den gemeinsamen Status der Eltern dar. Da nicht bei allen Müttern und Vätern entsprechende Angaben zum Partner verfügbar waren, ist die Fallzahl der gemeinsam betrachteten Mütter und Väter niedriger als bei separater Berücksichtigung der Elternteile.

Bei Betrachtung der gemeinsamen sozialen Einstufung der Frauen und Männer wird deutlich, dass knapp die Hälfte der Erlanger Familien der oberen Schicht und 42 % der mittleren Schicht angehören. Nur 11 % der Eltern haben aufgrund ihrer Bildung, beruflichen Stellung und ihres Einkommens einen niedrigen sozialen Status.

Abbildung 6 verdeutlicht weiterhin, dass fast doppelt so viele Mütter wie Väter der unteren sozialen Schicht zugehören. Auch der Mittelschicht gehören mit 56,3 % deutlich mehr Frauen an als Männer, von denen nur 32,6 % einen mittleren sozialen Status haben. Demgegenüber

sind 56 % der Erlanger Väter der oberen Schicht zugeordnet und nur 22,3 % der Mütter. Insgesamt gehören jedoch knapp 80 % der Frauen und knapp 90 % der Männer des untersuchten Kollektivs der mittleren bis oberen Schicht an.

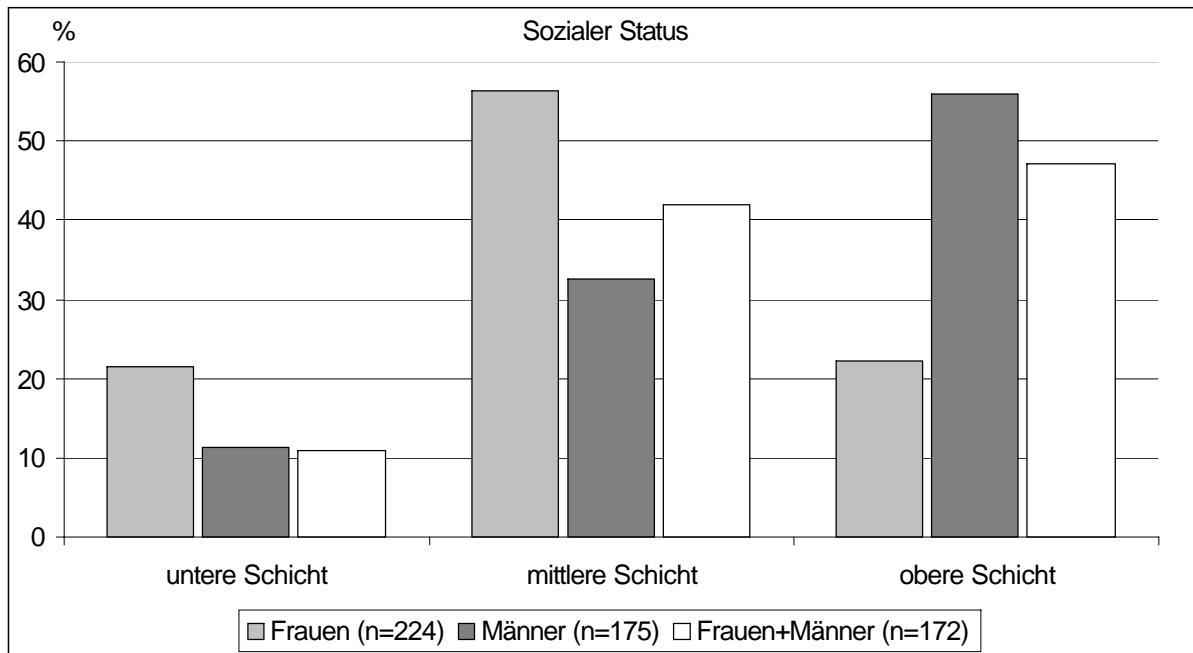


Abb. 6: Soziale Einstufung der Erlanger Mütter und Väter

3.1.3 Anthropometrie und Körperzusammensetzung der Schulanfänger

Tabelle 4 zeigt die anthropometrischen Daten der 6-7jährigen Schulanfänger. Die Jungen weisen ein um +0,9 kg signifikant höheres durchschnittliches Gewicht und eine um +1,2 cm signifikant höhere durchschnittliche Körpergröße auf als die gleichaltrigen Mädchen. Hinsichtlich des BMI und des BMI SDS gibt es dagegen keine geschlechtsabhängigen Unterschiede.

Tab. 4: Anthropometrische Daten der Schulanfänger (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	Mädchen (n=232)	Jungen (n=195)	p[§]	Gesamt (n=427)
Alter (Jahre)	6,6 \pm 0,5	6,7 \pm 0,5	n.s.	6,6 \pm 0,5
Körpergewicht (kg)	24,3 \pm 4,6 24,0/21,0 – 26,6	25,3 \pm 4,3 24,4/22,4 – 27,4	< 0,05	24,8 \pm 4,5 24,2/21,8 – 27,0
Körpergröße (cm)	124 \pm 6 124/120 – 128	125 \pm 5 125/122 - 129	< 0,05	124 \pm 6 125/121 – 129
BMI (kg/m ²)	15,8 \pm 2,1 15,4/14,4 – 16,6	16,1 \pm 2,0 15,6/14,7 – 16,9	n.s.	15,9 \pm 2,1 15,5/14,5 – 16,8
BMI SDS*	-0,03 \pm 1,0 -0,07/-0,65 – 0,57	0,11 \pm 0,98 0,04/-0,54 – 0,77	n.s.	0,03 \pm 1,0 -0,04/-0,63 – 0,63

[§]Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

*nach Kromeyer-Hauschild et al. (2001)

In Tabelle 5 wird die Körperzusammensetzung der Schulanfänger dargestellt. Parameter, die den Körperfettanteil angeben oder Rückschlüsse darauf zulassen, wie z.B. die Hautfaltendicke oder der Oberarm-Fettanteil, sind bei 6-7jährigen Mädchen signifikant höher als bei den Jungen. Die fettfreie Körpermasse und somit auch das Gesamtkörperwasser sind dagegen bei 6-7jährigen Mädchen niedriger (p < 0,001) als bei den Jungen. Während der Hüftumfang zwischen den Geschlechtern unwesentlich differiert, ist dagegen der Taillenumfang und somit auch die Waist-Hip-Ratio der Jungen signifikant höher.

Tab. 5: Körperzusammensetzung der Schulanfänger (MW±SD; Median/25–75er Perzentile)

	Mädchen (n=224)	Jungen (n=188)	p[§]	Gesamt (n=412)
Fettfreie Masse ¹ (kg)	19,0 ± 2,3 19,0/17,2 – 20,4	21,5 ± 2,3 21,2/19,8 – 22,8	< 0,001	20,1 ± 2,6 20,0/18,2 – 21,8
Gesamtkörperwasser ¹ (kg)	13,9 ± 1,7 14,0/12,6 – 15,0	15,7 ± 1,6 15,4/14,4 – 16,6	< 0,001	15,0 ± 5,7 14,6/13,4 – 16,0
Körperfettmasse ¹ (kg)	5,5 ± 2,8 5,0/3,6 – 6,4	3,9 ± 2,4 3,4/2,4 – 4,8	< 0,001	4,8 ± 2,7 4,2/3,0 – 5,8
Körperfettanteil ¹ (%)	21,1 ± 5,7 20,7/17,8 – 23,7	14,4 ± 6,0 13,5/10,7 – 17,4	< 0,001	18,1 ± 6,7 18,0/13,1 – 22,1
Körperfettanteil ² (%)	15,6 ± 4,9 14,3/11,9 – 17,6	14,1 ± 5,1 12,8/10,6 – 15,7	< 0,001	15,0 ± 5,0 13,7/11,4 – 17,2
Bizeps-Hautfalte (mm)	5,5 ± 2,3 5,0/4,0 – 6,3	4,9 ± 2,0 4,4/3,5 – 5,5	< 0,001	5,2 ± 2,2 4,7/3,8 – 5,9
Trizeps-Hautfalte (mm)	10,0 ± 3,2 9,2/7,6 – 11,4	8,8 ± 3,2 8,0/6,6 – 9,9	< 0,001	9,4 ± 3,3 8,8/7,2 – 11,0
Subscapular-Hautfalte (mm)	6,8 ± 3,4 5,7/4,7 – 7,2	5,9 ± 2,9 4,9/4,3 – 6,1	< 0,001	6,4 ± 3,2 5,3/4,5 – 6,8
Suprailiacal-Hautfalte (mm)	6,1 ± 3,7 4,8/3,8 – 6,6	5,0 ± 2,9 3,9/3,3 – 5,5	< 0,001	5,6 ± 3,4 4,4/3,6 – 6,1
Summe 4 Hautfalten (mm)	28,3 ± 11,8 25,0/20,5 – 31,6	24,7 ± 10,2 21,5/18,2 – 26,9	< 0,001	26,7 ± 11,2 23,2/19,2 – 29,7
Taillenumfang (cm)	54,5 ± 5,0 54,0/51,0 – 56,5	56,1 ± 4,8 55,5/52,5 – 58,5	< 0,001	55,2 ± 5,0 54,5/51,8 – 57,5
Hüftumfang (cm)	66,1 ± 5,7 65,5/62,0 – 69,0	67,0 ± 5,1 66,0/63,5 – 69,0	n.s.	66,5 ± 5,4 66,0/63,0 – 69,0
Waist-Hip-Ratio (WHR)	0,83 ± 0,05 0,82/0,79 – 0,86	0,84 ± 0,04 0,83/0,81 – 0,86	< 0,01	0,83 ± 0,05 0,83/0,80 – 0,86

¹ Bioelektrische Impedanz Analyse² Berechnet nach den Formeln von Slaughter et al. (1988)[§] Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

Tab. 5 (Fortsetzung): Körperzusammensetzung der Schulanfänger
(MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	Mädchen (n=224)	Jungen (n=188)	p[§]	Gesamt (n=412)
Oberarm-Umfang (cm)	18,7 \pm 2,1 18,5/17,5 – 20,0	18,7 \pm 2,0 18,5/17,5 – 19,5	n.s.	18,7 \pm 2,1 18,5/17,5 – 20,0
Oberarm-Muskel-Areal (cm ²) ³	19,5 \pm 3,6 19,5/17,1 – 21,6	20,4 \pm 3,6 20,1/18,2 – 22,2	< 0,01	19,9 \pm 3,6 19,8/17,6 – 22,0
Oberarm-Fett-Areal (cm ²) ³	8,7 \pm 3,8 7,6/6,2 – 10,1	7,8 \pm 3,6 6,7/5,4 – 8,8	< 0,001	8,3 \pm 3,7 7,4/5,8 – 9,7
Oberarm-Fettanteil (%) ³	32,9 \pm 7,5 31,8/27,3 – 37,0	29,1 \pm 7,7 27,9/23,6 – 32,7	< 0,001	31,2 \pm 7,8 29,9/25,8 – 35,4

³ Berechnet nach den Formeln von Rolland-Cachera et al. (1997)

[§] Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

3.1.3.1 Anteil übergewichtiger Schulanfänger

Die Prävalenz von Übergewicht bzw. Adipositas bei Kindern wurde einerseits nach den aktuellen alters- und geschlechtsspezifischen BMI-Referenzwerten von Kromeyer-Hauschild et al. (2001), andererseits nach den internationalen Referenzwerten von Cole et al. (2000) berechnet (s. Kapitel 2.6). Die ermittelten Anteile übergewichtiger bzw. adipöser Kinder am Gesamtkollektiv gehen somit aus den Abbildung 7 und 7.1 hervor. Nach Kromeyer-Hauschild et al. (2001) weisen von 427 Schulanfängern insgesamt 48 Kinder (11,2 %) einen zu hohen BMI für diese Altersstufe auf und werden demnach als übergewichtig klassifiziert. Mit 8,7 % sind mehr Jungen als Mädchen (5,7 %) übergewichtig, während 4,7 % der Mädchen und 3,6 % der Jungen als adipös einzustufen sind. Während somit nach den deutschen Referenzwerten jedes neunte eingeschulte Kind in Erlangen ein marginales bis starkes Gewichtsproblem hat, lässt sich dies nach den französischen Referenzwerten für jedes fünfte Kind ermitteln. Bei Vergleich der deutschen mit den französischen Referenzwerten (Rolland-Cachera et al. 1991) liegt nach den französischen Referenzwerten besonders der Anteil adipöser Kinder mit 13,3 % um ca. 7 % deutlich höher. Der Anteil an übergewichtigen Kindern bleibt jedoch mit 7,3 % annähernd gleich.

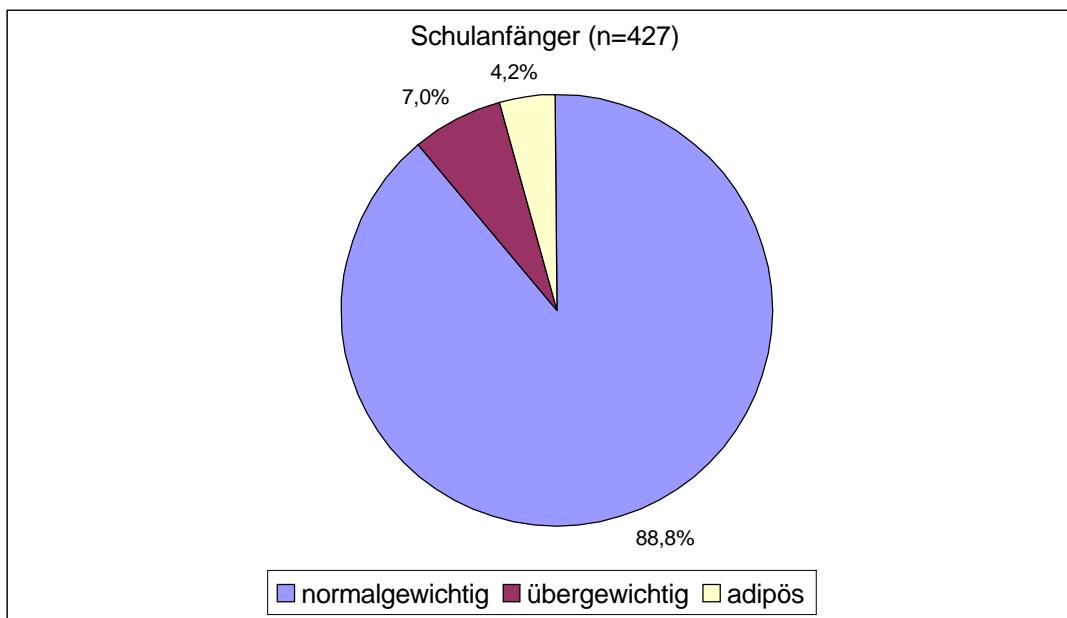


Abb. 7: Anteil übergewichtiger und adipöser Schulanfänger nach Kromeyer-Hauschild et al. (2001)

Von 168 Schulanfängern, die ein 3-tägiges Wiegeprotokoll geführt haben, sind nach Kromeyer-Hauschild et al. (2001) 91,7 % (n=154) als normalgewichtig und 5,4 % (n=9) als übergewichtig einzuordnen. Im Vergleich zum gesamten Kollektiv sind nur 3 % (n=5) der Kinder adipös. Somit haben vergleichsweise weniger übergewichtige und adipöse als normalgewichtige Kinder ihren Lebensmittelverzehr dokumentiert. Dies lässt sich besonders bei den Jungen feststellen, da von keinem der adipösen Jungen ein Verzehrsprotokoll vorliegt.

Nach den Referenzwerten von Cole et al. (2000) haben insgesamt 67 Schulanfänger (knapp 16 %) einen zu hohen BMI für das entsprechende Alter und Geschlecht. Dabei weisen mit 16,9 % mehr Jungen einen zu hohen BMI auf als Mädchen, von denen nur 14,6 % als übergewichtig eingestuft werden. Allerdings ist der Anteil adipöser Mädchen mit 4,7 % höher als der der Jungen mit 3,6 %, wohingegen 13,3 % der Jungen gegenüber 9,9 % der Mädchen als übergewichtig klassifiziert werden.

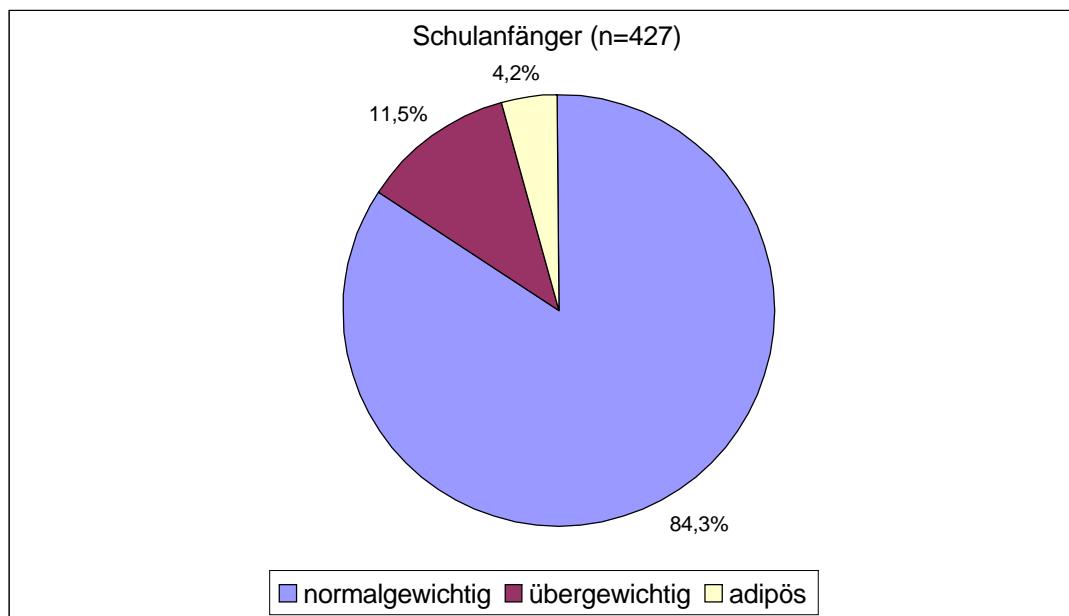


Abb. 7.1: Anteil übergewichtiger und adipöser Schulanfänger nach Cole et al. (2000)

Wird der Anteil der Kinder mit einem zu hohen BMI wiederum nur von denjenigen Kindern berechnet, die ein 3-Tage-Wiegeprotokoll geführt haben (n=168), liegt dieser mit knapp 12 % (n=20) unter dem des gesamten Kollektivs. 8,9 % der Kinder werden als übergewichtig und 3 % als adipös klassifiziert. Während 5,4 % der Mädchen, die ein Verzehrsprotokoll geführt haben, adipös eingestuft werden, liegt auch hier von keinem stark übergewichtigen Jungen ein Wiegeprotokoll vor.

3.1.4 Sportmotorische Tests und körperliche Aktivität

3.1.4.1 Körperliche Aktivität in der Freizeit

Im Fragebogen gaben 274 Schulanfänger Auskunft darüber, ob sie Sport betreiben und welche Sportarten sie regelmäßig pro Woche in ihrer Freizeit ausüben. Zwei Schulstunden Sport pro Woche in der Schule wird für jedes Kind vorausgesetzt und nicht in die Bewertung miteinbezogen.

In Abbildung 8 wird dargestellt, wie viele der 6-7jährigen Kinder sportlich aktiv sind und wie viel Zeit sie durchschnittlich für Sport in der Woche aufbringen. Mit 34,7 % ist der größte Teil der Kinder bis zu zwei Stunden pro Woche im Mittel aktiv, während noch weitere 23 % bis zu vier Stunden Sport pro Woche betreiben. 15,3 % der Jungen und Mädchen betätigen sich außerhalb der Schule nicht weiter sportlich, wobei deutlich mehr Mädchen inaktiv sind. Demgegenüber sind 16,4 % der Kinder mehr als sechs Stunden pro Woche durchschnittlich körperlich aktiv. Besonders die Jungen scheinen wesentlich mehr Zeit für Sport pro Woche aufzubringen als die Mädchen. Auffallend ist, dass 10 % mehr Jungen als Mädchen mehr als acht Stunden pro Woche Sport betreiben.

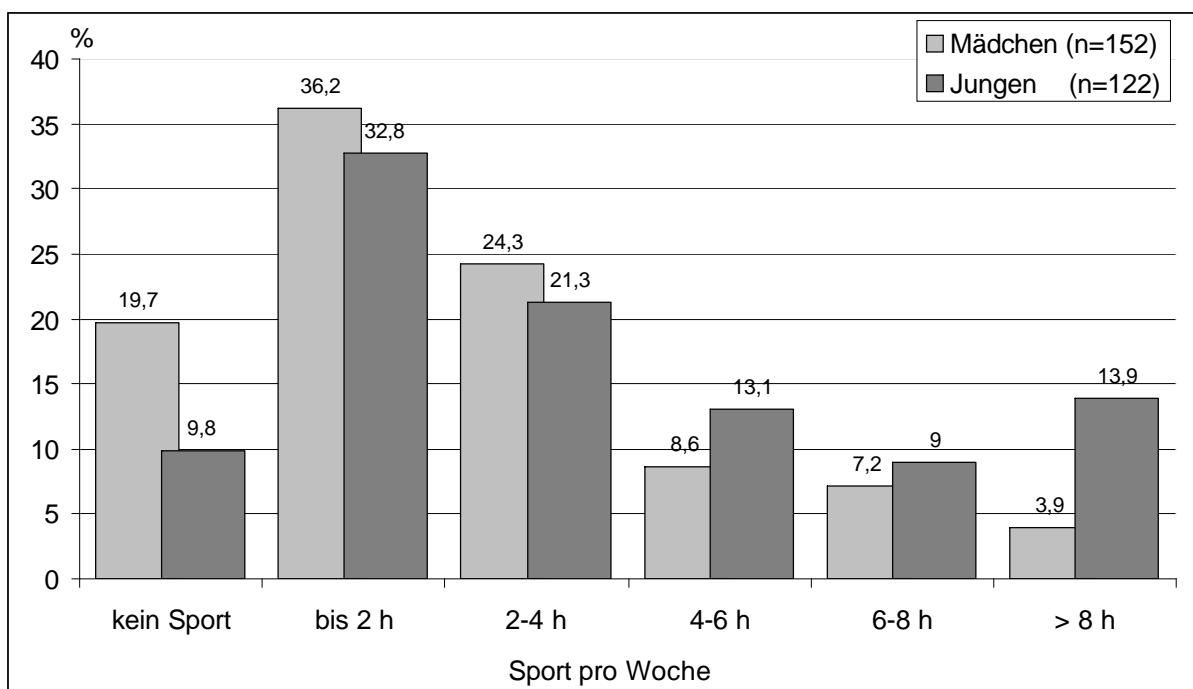


Abb. 8: Anteil sportlich aktiver Mädchen und Jungen nach Sportdauer pro Woche

Hinsichtlich ausgewählter anthropometrischer Parameter (Körpergewicht, Körpergröße, BMI, Fettfreie Masse, Körperfettanteil, WHR) und der körperlichen Aktivität pro Woche (kein Sport, bis 4 h Sport, mehr als 4 h Sport) besteht kein signifikanter Unterschied in den mittleren gemessenen bzw. berechneten Werten zwischen den Gruppen (s. Tabelle A1 Anhang). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der körperlichen Aktivität pro Woche und den anthropometrischen Parametern kann nach dem Spearmanschen Rangkorrelationskoeffizienten (r) für die Stichprobe ($n = 259$) nicht gezeigt werden. Zwischen der wöchentlichen sportlichen Betätigung von mehr als 4 h und dem Körperfettanteil wird jedoch eine negative Beziehung ($r = -0,32$, $p < 0,01$) beobachtet.

Wie viele der Schulanfänger verschiedene Sportarten betreiben und mit welchem zeitlichen Aufwand wird in Tabelle 6 dargestellt.

Die am häufigsten betriebenen Sportarten sind Ausdauersportarten wie Radfahren und Schwimmen. Dabei fahren 17,4 % mehr Mädchen als Jungen mit dem Fahrrad und 21,2 % mehr Mädchen gehen jede Woche ins Schwimmbad. Auch Kraftausdauersportarten wie Turnen (vorwiegend im Turnverein) und Gymnastik sowie das Inline skating liegen bei den Kindern auf der Skala der bevorzugten Sportarten weit vorne. Während annähernd gleich viele Mädchen und Jungen zum Inline skaten, gehen mit 67,2 % mehr Mädchen zum Turnen als vergleichsweise ihre gleichaltrigen männlichen Mitschüler mit nur 32,8 %. Spielsportarten wie z. B. Fussball oder Handball werden von 24,1 % der 6-7jährigen Kinder ausgeübt. Diese Mannschaftssportarten werden mit 83,3 % von deutlich mehr Jungen als Mädchen betrieben, von denen sich nur 16,7 % dafür interessieren. Die Spielsportarten werden mit ca. 77 % vor allem vom Fussball dominiert, der fast ausschliesslich von Jungen gespielt wird. Im Gegensatz zu den Spielsportarten sind mit 96,3 % fast ausschliesslich Mädchen bis zu einer Stunde pro Woche in den Kraftausdauersportarten wie Tanzen oder Ballett aktiv, während Kampfsport mit 73,3 % wiederum von mehr Jungen als Mädchen mit nur 26,7 % bevorzugt werden. Die weiteren angegebenen Sportarten werden nicht weiter ausgeführt, da sie nur vereinzelt ausgeübt werden.

Tab. 6: Anzahl an Kindern nach verschiedenen Sportarten und Zeitaufwand
(Stunden/Woche)

Sportarten ¹	n (%) ²	Schulanfänger (n=274)					
		(Stunden/Woche)					
		b. 1 h	1-2 h	2-4 h	4-6 h	6-8 h	> 8 h
Sportarten ¹	n (%) ²	n	n	n	n	n	n
Radfahren	121 (44,2)	44	37	23	13	3	1
Schwimmen	71 (25,9)	46	19	5	1	--	--
Turnen	67 (24,5)	45	13	7	2	--	--
Fuss-, Hand-, Basketball, Hockey	66 (24,1)	22	18	15	4	2	5
Inline skating, Eislauft	56 (20,4)	24	14	11	6	--	1
Tanzen, Ballett, Bauchtanz	27 (9,9)	20	7	--	--	--	--
Karate, Judo, Taekwondo, Kickboxing	15 (5,5)	4	8	3	--	--	--
Gymnastik, Jazztanz, Rhythmische Gymnastik	7 (2,6)	3	3	1	--	--	--
Tennis, Tischtennis	6 (2,2)	4	2	--	--	--	--
Joggen, Walking	6 (2,2)	2	--	1	2	1	--
Reiten	6 (2,2)	5	1	--	--	--	--
Leichtathletik	6 (2,2)	4	1	1	--	--	--
Krafttraining	1 (0,4)	1	--	--	--	--	--
Klettern	1 (0,4)	--	1	--	--	--	--
Sonstige (Seil, Ball, Roller, Spazieren)	6 (2,2)	1	3	1	--	--	1

¹ Mehrfachnennungen

² Anteil von 274 Kindern (= 100 %)

Nach dem Spearmanschen Rangkorrelationskoeffizienten kann ein positiv signifikanter Zusammenhang zwischen einigen anthropometrischen Parametern und den Kraftausdauersportarten Tanzen und Ballett (Körpergewicht $r = 0,47$ ($p < 0,05$), BMI $r = 0,5$ ($p < 0,05$), Fettfreie Masse $r = 0,46$ ($p < 0,05$), Körperfettanteil $r = 0,44$ ($p < 0,05$)) sowie zum Ausdauersport Schwimmen (Körpergewicht $r = 0,28$ ($p < 0,05$), BMI $r = 0,31$ ($p < 0,05$), Körperfettanteil $r = 0,25$ ($p < 0,05$)) gezeigt werden. Einen etwas stärkeren Zusammenhang weisen die Kampfsportarten zum Körpergewicht ($r = 0,54$, $p < 0,05$) und zum BMI ($r = 0,72$ ($p < 0,01$)) auf. Zu den anderen Sportarten besteht kein Zusammenhang.

3.1.4.2 Sportmotorische Tests

3.1.4.2.1 Ausdauertest (Harvard-Step-Test)

Tabelle 7 beschreibt den Anteil der Kinder, die den Test auf ihr Ausdauervermögen geschafft bzw. nicht geschafft haben. 92,8 % der 6-7jährigen Schulanfänger schafften den Harvard-Step-Test (s. Kapitel 2.8.1). Allerdings hatten 2,5 % (n = 10) der Kinder Koordinations-schwierigkeiten mit dem Abwechseln der Beine, wovon mehr Jungen (n = 7) als Mädchen (n = 3) betroffen waren. Signifikant mehr Jungen als Mädchen schafften den Ausdauertest nicht.

Der Test wurde im Mittel in 2:92 Minuten ausgeführt, wobei die Mädchen mit durchschnittlich 2:95 Minuten signifikant länger durchgehalten haben als die Jungen mit 2:90 Minuten (Mann Whitney U-Test: $p < 0,05$).

Tabelle 7: Ergebnisse des Harvard-Step-Tests (%)

	Harvard-Step-Test	
	geschafft (%)	nicht geschafft (%)
Mädchen (n=220)	95,5	4,5
Jungen (n=183)*	89,6	10,4
Gesamt (n=403)	92,8	7,2

Chi-Quadrat-Test: * $p < 0,05$

Im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen der Ausdauer und einigen ausgewählten anthropometrischen Parametern (Körpergewicht, Körpergröße, BMI, Fettfreie Masse, Körperfettanteil, WHR), wird bei den Kindern, die den Harvard-Test nicht bestanden haben (n = 25) ein im Mittel um +3,4 kg höheres Körpergewicht ($p < 0,01$) sowie ein signifikant höherer BMI (+1,6 kg/m², $p < 0,01$) beobachtet als bei den Kindern, die den Test bestanden haben (n = 352) (s. Tabelle A2 Anhang).

In Abbildung 9 wird die Herzfrequenz dargestellt, die anhand eines Herzfrequenzmessers zu verschiedenen Zeitpunkten des Harvard-Step-Tests abgelesen wurde. Hierbei zeigen Jungen und Mädchen einen annähernd gleichen Verlauf der Herzfrequenz. Unmittelbar nach Belastung steigt bei den Schulanfängern die Herzfrequenz auf durchschnittlich 171 Schläge

pro Minute an und fällt eine Minute nach Belastung wieder auf durchschnittlich 118 Schläge pro Minute ab. Die gemessene Herzfrequenz ist bei den Mädchen zu allen Zeitpunkten höher, mit Ausnahme der Herzfrequenz vor Belastung, unterscheidet sich jedoch nicht signifikant von den Jungen (Student t-Test).

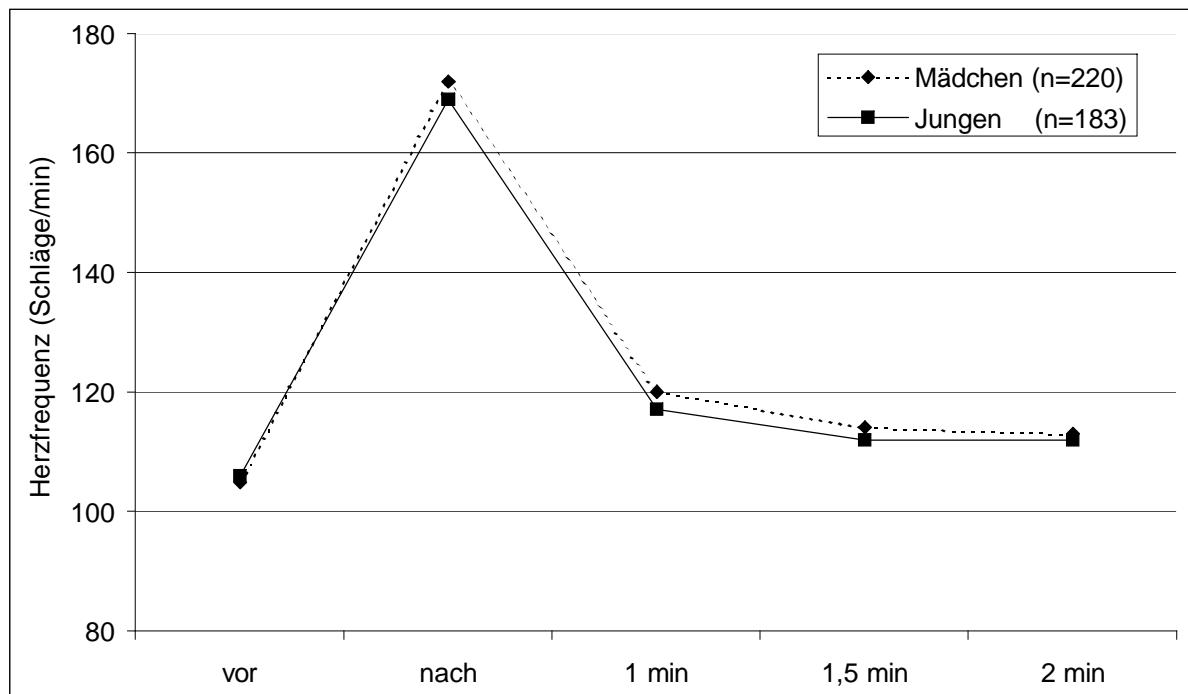


Abb. 9: Gemessene Herzfrequenz der Schulanfänger (n=403) zu ausgewählten Zeitpunkten des Harvard-Step-Tests

Der aus der Leistung des Harvard-Step-Tests berechnete Ausdauerscore (s. Kapitel 2.8.1), dargestellt in Tabelle 8, unterscheidet sich zwischen Mädchen und Jungen nicht signifikant (Student t-Test).

Tab. 8: Mittlerer Score nach dem Harvard-Step-Tests (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

Harvard-Step-Test-Score	
Mädchen (n = 220)	$27,6 \pm 5,2$ 27,0/24,4-30,9
Jungen (n = 183)	$27,7 \pm 5,2$ 28,0/24,8-30,9
Gesamt (n = 403)	$27,7 \pm 5,2$ 27,5/24,5-30,9

Ein schwach negativer Zusammenhang wird nur zwischen dem Harvard-Step-Test Score und dem BMI ($r = -0,14$, $p < 0,01$) sowie dem Körperfettanteil ($r = -0,13$, $p < 0,05$) festgestellt ($n = 370$).

Bei der Überprüfung des Einflusses verschiedener Sportarten (s. Tabelle 6) auf die Ausdauer wird eine signifikant negative Korrelation zwischen dem Harvard-Step-Test Score und den Kraftausdauersportarten wie Kampfsport ($r = -0,64$, $p < 0,01$) und Inline Skating, Eislaufen ($r = -0,31$, $p < 0,01$) beobachtet. Zu den anderen Sportarten besteht kein Zusammenhang.

3.1.4.2.2 Krafttests

Im Folgenden werden die Ergebnisse der standardisierten Krafttests beschrieben, anhand derer die Kraftfähigkeiten der Schulanfänger hinsichtlich ihrer Fingerbeuger, der Armbeuger und Armstrekker sowie der Bauchmuskelkraft ermittelt wurden.

Da das Messgerät zur Handkraftmessung vorübergehend defekt war, konnte die Handkraft nur bei 228 Kindern gemessen werden (Tabelle 9). Die mittlere Handkraft der Jungen ist der mittleren Handkraft der Mädchen beidseitig signifikant überlegen. Weiterhin haben sowohl die Mädchen als auch die Jungen in der rechten Hand signifikant mehr Kraft als in der linken Hand. 89 % der Kinder sind rechtshändig, 8,8 % linkshändig und 2,2 % beidhändig.

Tab. 9: Handkraft der Schulanfänger (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	Mädchen (n=125)	Jungen (n=103)	p[§]	Gesamt (n=228)
Handkraft links (kg)	$9,6 \pm 5,8$ 11,0/7,5–14,0	$10,9 \pm 6,3$ 12,0/9,0–15,0	< 0,05	$10,2 \pm 6,1$ 12,0/8,0–14,0
Handkraft rechts (kg)	$10,3 \pm 5,9\$$ 12,0/8,0–14,5	$11,7 \pm 6,3\$$ 14,0/8,0–16,0	< 0,05	$10,9 \pm 6,2\$$ 12,0/8,0–15,0

[§] Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

§ Wilcoxon Matched-Pairs Test zwischen den jeweiligen Handkräften der entsprechenden Gruppen: $p < 0,001$

In Bezug auf anthropometrische Daten zeigt Tabelle A3 im Anhang eine um +2,5 kg signifikant höhere fettfreie Körpermasse ($p < 0,001$) der Jungen (21,6 kg) im Gegensatz zu den Mädchen (19,1 kg). Der Körperfettanteil der Mädchen liegt dagegen mit 21,2 % um +7 % signifikant höher ($p < 0,001$) als der Körperfettanteil der Jungen (14,2 %). Ein signifikant

positiver Zusammenhang zwischen der Handkraft und den ausgewählten anthropometrischen Parametern (s. oben) wird sowohl zwischen der linken als auch zwischen der rechten Handkraft und der Körpergröße (links: $r = 0,22$, $p < 0,01$; rechts: $r = 0,21$, $p < 0,01$), dem Körpergewicht (links: $r = 0,26$, $p < 0,001$; rechts: $r = 0,24$, $p < 0,001$), dem BMI (links: $r = 0,19$, $p < 0,01$; rechts: $r = 0,16$, $p < 0,05$) und der fettfreien Masse (links: $r = 0,27$, $p < 0,001$; rechts: $r = 0,26$, $p < 0,001$) beobachtet.

Der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient (r) zeigt für die untersuchte gesamte Stichprobe ($n = 217$) sowie bei geschlechtsabhängiger Betrachtung keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Handkraft links oder rechts und den verschiedenen Sportarten (s. Tabelle 6).

In Tabelle 10 wird der prozentuale Anteil der Schulanfänger dargestellt, die keine der Übungen (Stufe 0) oder die jeweiligen Übungen in den Schwierigkeitsgraden I, II oder III geschafft haben. Bei den Krafttests der Armbeuger ist eine deutliche Überlegenheit der Jungen gegenüber den Mädchen ersichtlich, wobei keine statistische Signifikanz mehr erreicht wird ($p = 0,052$). Es fällt auf, dass 5 % mehr Mädchen als Jungen nicht in der Lage sind einen Klimmzug auszuführen, während knapp 11 % mehr Jungen einen Klimmzug der schwierigsten Stufe schaffen. Über die Hälfte der Kinder absolvieren einen Klimmzug der Schwierigkeitsstufe II, während 9,2 % der Kinder keine der Übungen durchführen können.

Bei den Übungen der Armstrekker ist die Diskrepanz von ausgeführten bzw. nicht ausgeführten Tests zwischen Jungen und Mädchen nicht so ausgeprägt wie bei den Armbeugertests. Dennoch können 3,2 % mehr Mädchen als Jungen keine Variante der Beugestützübungen ausführen. Bei Betrachtung der gesamten Population schaffen gut Dreiviertel der Schulanfänger den Beugestütz mit Schwierigkeitsgrad II und noch knapp 18 % der Kinder die anspruchsvollste Variante.

Auch bei den Bauchmuskeltests besteht kein signifikanter Unterschied zwischen Mädchen und Jungen. Im Vergleich zum Anteil der Schulanfänger, die bei den Armkrafttests keine der Übungen schaffen ist mit 17,5 % der Anteil der Kinder, die keine der Bauchmuskelkrafttests ausführen können deutlich größer und insgesamt als sehr hoch anzusehen. Des Weiteren kann mit 17 % der Schüler ein deutlich höherer Anteil der Kinder nur die leichteste Bauchmuskelkraftübung vollziehen, während mehr Kinder die Übung 2 und 3 bei den Armkrafttests ausführen können. Dagegen schaffen bei den Übungen zur Bauchmuskelkraft mehr Kinder die schwierigste Übung als die anspruchsvollste Übung bei den Armkrafttests.

Tab. 10: Häufigkeiten der bewältigten der Krafttests (%)

Krafttests	Schwierigkeitsstufe	Keine	Übung 1	Übung 2	Übung 3
		Übung	0	I	II
Armbeuger (Klimmzug)	Mädchen (n=209)	11,5	12,4	56,9	19,1
	Jungen (n=170)	6,5	10,6	52,9	30,0
	Gesamt (n=379)	9,2	11,6	55,1	24,0
Armstrekker (Beugestütz)	Mädchen (n=208)	3,8	3,4	75,5	17,3
	Jungen (n=170)	0,6	2,9	78,2	18,2
	Gesamt (n=378)	2,4	3,2	76,7	17,7
Bauchmuskulatur (Sit-up)	Mädchen (n=222)	18,0	18,0	37,4	26,6
	Jungen (n=209)	16,9	15,8	38,8	28,4
	Gesamt (n=405)	17,5	17,0	38,0	27,4

Zwischen den vier Gruppen mit Krafttests in verschiedenen Schwierigkeitsstufen und ausgewählten anthropometrischen Parametern (s. oben) bestehen nach der einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA; Bonferroni post hoc Test) signifikante Unterschiede zwischen den Armbeugerkrafttests und dem Körpergewicht, dem BMI und dem Körperfettanteil in unterschiedlichen Gruppenkombinationen (s. Tabelle A4 Anhang). Weiterhin bestehen signifikante Differenzen für Körpergewicht, Körpergröße, BMI, fettfreie Masse und Körperfettanteil zwischen den unterschiedlich schwierigen Gruppen II und III des Armstreckers (s. Tabelle A4a Anhang). Auch bei der Bauchmuskulatur sind signifikante Unterschiede für Körpergewicht, Körpergröße und fettfreie Masse zwischen den Gruppen 0 und I sowie den Gruppen 0 und III zu erkennen (s. Tabelle A4b Anhang).

Signifikante Unterschiede zwischen den Krafttests und der körperlichen Aktivität pro Woche (kein Sport, bis 4 h Sport, mehr als 4 h Sport) bestehen nicht.

3.1.4.2.3 Verschiedene sportmotorische Tests

Tabelle 11 zeigt verschiedene sportmotorische Tests zur Einschätzung der Koordination, der Schnelligkeit und der Beweglichkeit bei 6-7jährigen Schülern. Dabei wurde die Koordination anhand von Seilspringen und Ballwerfen untersucht. Es wird deutlich, dass die weiblichen

Kinder im Mittel signifikant mehr Seilsprünge pro 30 Sekunden absolvieren als ihre männlichen Mitschüler, während die Jungen beim „Ballwerfen“ signifikant mehr Wiederholungen pro 30 Sekunden aufweisen als die Mädchen. Sowohl beim „Seilspringen“ als auch beim „Ballwerfen“ liegt der Minimumwert bei den Mädchen bei keinem Durchschlag bzw. Wurf, während bei den Jungen nur beim „Seilspringen“ als Minimum kein Durchschlag vorliegt. Beim „Ballwerfen“ liegt die geringste Wiederholung bei 4 Würfen pro 30 Sekunden. Der Maximumwert liegt beim „Seilspringen“ bei den Mädchen bei 51, bei den Jungen bei 35 Durchschlägen pro halber Minute. Beim „Ballwerfen“ schaffen die Mädchen maximal 27, die Jungen dagegen 18 Würfe pro 30 Sekunden.

Nach Überprüfung der Schnelligkeit mittels Tapping wird deutlich, dass die Jungen sowohl beim Handtapping als auch beim sitzenden Tapping die Übung im Durchschnitt signifikant schneller ausführen als die Mädchen. Die Minima liegen beim Handtapping bei den Mädchen und Jungen bei 3,4 bzw. bei 3,8 Tappings pro Sekunde, beim sitzenden Tapping dagegen bei 1,6 bzw. 2,6 Tappings pro Sekunde. Die besten Werte beim Handtapping liegen bei den Mädchen bei 10 und bei den Jungen dagegen bei 11,2 Tappings pro Sekunde. Auch beim Schnelligkeitstest im Sitzen schneidet das beste Mädchen mit 8,4 Tappings pro Sekunde schlechter ab als der schnellste Junge mit 9,6 Tappings pro Sekunde.

Im Hinblick auf die Beweglichkeit bzw. die Dehnfähigkeit erreichen weder die Mädchen noch die Jungen das Standniveau, wobei letztere mit durchschnittlich $-2,1$ cm einen signifikant größeren Abstand zum Boden aufweisen als die weiblichen Schülerinnen. Das Minimum liegt bei den Mädchen bei -19 , bei den Jungen bei -22 . Dagegen ist der beste Beweglichkeitswert 18 bei den Mädchen und 15 bei den Jungen.

Tab. 11: Verschiedene sportmotorische Tests der Schulanfänger (MW \pm SD; Median/25–75er Percentile)

	Mädchen		Jungen		p [§]	Gesamt	
	n	n	n	n		n	n
Seilsprünge/30 Sek.	212	15,8 \pm 10,9 12,0/8,0–23,8	176	10,6 \pm 5,8 10,0/6,0–14,0	< 0,001	13,4 \pm 9,3 11,0/7,0–16,0	388
Ballwürfe/30 Sek.	201	10,0 \pm 3,3 10,0/8,5–12,0	163	12,4 \pm 2,8 13,0/11,0–14,0	< 0,001	11,1 \pm 3,3 11,0/9,0–13,0	364
Handtapping/ Sek..	219	6,2 \pm 1,1 6,4/5,6–7,0	182	7,0 \pm 1,4 7,0/6,0–7,9	< 0,001	6,6 \pm 1,3 6,6/5,6–7,3	401
Fußtapping sitzend/ Sek.	207	5,4 \pm 1,3 5,6/4,6–6,4	173	6,2 \pm 1,2 6,4/5,6–7,0	< 0,001	5,8 \pm 1,3 5,8/5,0–6,6	380
Rumpfbeugen vorwärts (Bodenabstand in cm)	218	-0,4 \pm 6,8 0,0/-3,0–3,0	181	-2,1 \pm 6,1 0,0/-6,0–2,0	< 0,05	-1,2 \pm 6,5 0,0/-5,0–3,0	399

[§] Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

Die weiteren Tests zur Ermittlung der Dehnfähigkeit der Waden- und vorderen Oberschenkelmuskulatur bei den Schulanfängern nach Janda (Tabelle 12) zeigen nur eine signifikant bessere Dehnfähigkeit der Muskulatur der rechten und linken Oberschenkelrückseite der Mädchen gegenüber den Jungen. Die Dehnung der Wadenmuskulatur bzw. die des vorderen Oberschenkels können mit insgesamt 82,2 % bzw. 92,3 % die Mehrzahl der Schulanfänger erfolgreich ausführen. Dagegen können nur 56,6 % (linkes Bein) und 54,1 % (rechtes Bein) der Kinder die Muskulatur der Oberschenkelrückseite ausreichend dehnen bzw. ihr Bein in die senkrechte Lage bringen.

Tab. 12: Ergebnisse der Jandatests

		Jandatests	
		geschafft (%)	nicht geschafft (%)
Triceps surae (Wadenmuskulatur)	Mädchen (n=220)	85,5	14,5
	Jungen (n=179)	78,2	21,8
	Gesamt (n=399)	82,2	17,8
Rectus femoris (Musk. gerader Kniestrecker)	Mädchen (n=221)	93,2	6,8
	Jungen (n=182)	91,2	8,8
	Gesamt (n=403)	92,3	7,7
Ischiocrurales links§ (Musk. Oberschenkelrückseite li.)	Mädchen (n=221)	68,8	31,2
	Jungen (n=182)	41,8	58,2
	Gesamt (n=403)	56,6	43,4
Ischiocrurales rechts§ (Musk. Oberschenkelrückseite re.)	Mädchen (n=221)	66,1	33,9
	Jungen (n=182)	39,6	60,4
	Gesamt (n=403)	54,1	45,9

Chi-Quadrat-Test: § p < 0,001

3.2 Ergebnisse der Validierung des Ernährungserhebungsinstruments

3.2.1 Probanden

Zur Überprüfung der Validität des in der vorliegenden Untersuchung gewählten Ernährungserhebungsinstruments, dem 3-Tage-Wiegeprotokoll, werden die Daten von 168 Schulanfängern herangezogen. Von diesen liegen sowohl Daten zur Energiezufuhr, als auch zur Anthropometrie vor, so dass die Validierung der Energiezufuhr möglich ist. Die deskriptive Beschreibung der Probanden wird in Tabelle 13 dargestellt.

Tab. 13: Anthropometrische Daten der 6-7jährigen Schulanfänger, bei denen die Validität der Energiezufuhr überprüft wird (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	Mädchen (n=95)	Jungen (n=73)	p [§]	Gesamt (n=168)
Körpergröße (cm)	124 \pm 5 125/121 - 128	125 \pm 5 125/122 - 129	n.s.	124 \pm 5 125/121 – 128
Körpergewicht (kg)	24,3 \pm 4,2 24,0/21,4 – 26,6	24,6 \pm 3,5 24,4/22,4 – 26,4	n.s.	24,4 \pm 3,9 24,2/21,9 – 26,4
BMI (kg/m ²)	15,8 \pm 2,1 15,3/14,4 – 16,5	15,7 \pm 1,4 15,5/14,7 – 16,5	n.s.	15,7 \pm 1,8 15,4/14,5 – 16,5
BMI SDS*	-0,03 \pm 0,96 -0,08/-0,65 – 0,48	-0,02 \pm 0,82 -0,07/-0,57 – 0,57	n.s.	-0,03 \pm 0,90 -0,07/-0,63 – 0,53

[§]Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Student t-Test)

*nach Kromeyer-Hauschild et al. (2001)

3.2.2 Energiezufuhr und Grundumsatz

Tabelle 14 zeigt die durchschnittliche Energiezufuhr, die aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnet wurde sowie den geschätzten Grundumsatz der Schulanfänger. Dieser wurde nach den Formeln von Schofield (1985) (s. Kapitel 2.4.1.1) ermittelt. Im untersuchten Kollektiv nehmen die Kinder im Mittel das 1,55fache des Grundumsatzes an Energie auf, wobei sich das Verhältnis zwischen Energiezufuhr und Grundumsatz zwischen Jungen und Mädchen nicht signifikant unterscheidet.

Tab. 14: Energiezufuhr (EZ) und Grundumsatz (GU) der 6-7jährigen Schulanfänger (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	Mädchen (n=95)	Jungen (n=73)	p [§]	Gesamt (n=168)
Energiezufuhr (kJ/d)	6321 \pm 1190 6254/5510 – 7073	6853 \pm 1374 6745/6016 – 7666	< 0,01	6552 \pm 1296 6461/5643 – 7360
Grundumsatz (kJ/d)	4116 \pm 322 4097/3911 – 4287	4429 \pm 312 4424/4232 – 4590	< 0,001	4252 \pm 353 4232/3997 – 4468
EZ/GU	1,54 \pm 0,27 1,55/1,36 – 1,69	1,55 \pm 0,30 1,53/1,35 – 1,74	n.s.	1,54 \pm 0,29 1,55/1,36 – 1,72

[§]Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Student t-Test)

In der folgenden Tabelle 15 ist der Anteil an Underreportern (Personen mit einer nicht plausiblen unterschätzten EZ) und adäquaten Reportern (Personen mit einer berechneten angemessenen EZ) aufgeführt. Die Plausibilität der EZ auf individueller Ebene wurde anhand des EZ/GU-Quotienten überprüft. Für die Gruppeneinteilung wurde speziell für die vorliegende Untersuchung der Grenzwert nach Goldberg et al. (1991) berechnet (s. Kapitel 2.4.1.1). Es muss davon ausgegangen werden, dass Kinder mit einer EZ von weniger als 1,007 (Mädchen) bzw. 1,041 (Jungen) mal dem GU ihre EZ unterschätzen.

Von 168 Schulanfängern unterschätzen anhand der ermittelten Grenzwerte für Jungen und Mädchen insgesamt 3 % der Kinder ihre EZ und werden somit als Underreporter identifiziert. Dabei unterschätzen mehr Jungen als Mädchen ihre EZ. Aufgrund der kleinen Stichprobengröße der Underreporter wurde bei den Tabellen 16 und 17 auf eine getrennte Darstellung nach Geschlecht verzichtet.

Tab. 15: Anteil der Underreporter und der adäquaten Reporter

	Underreporter		Adäquate Reporter	
	absolut	%	absolut	%
Mädchen	2	2,1	93	97,9
Jungen	3	4,1	70	95,9
Gesamt	5	3,0	163	97,0

Die Underreporter haben im Vergleich zu den adäquaten Reportern eine um durchschnittlich 35 % signifikant niedrigere EZ und somit auch einen signifikant niedrigeren Energiezufuhr-Grundumsatz-Quotienten. Der berechnete GU liegt aufgrund der höheren Körpergröße und des höheren Körpergewichts der Underreporter (Tabelle 16) deutlich, obgleich nicht signifikant, höher als bei den adäquaten Reportern.

Tab. 16: Energiezufuhr und Grundumsatz der Underreporter und der adäquaten Reporter (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	Underreporter (n=5)	Adäquate Reporter (n=163)	p [§]
Energiezufuhr (kJ/d)	4202 \pm 372 4207/3832 – 4570	6624 \pm 1246 6495/5715 – 7385	< 0,001
Grundumsatz (kJ/d)	4519 \pm 324 4626/4192 – 4792	4244 \pm 351 4230/3996 – 4464	n.s.
EZ/GU	0,93 \pm 0,03 0,92/0,91 – 0,95	1,56 \pm 0,27 1,55/1,37 – 1,73	< 0,001

[§]Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

Von den Kindern, die als Underreporter identifiziert werden, ist auf Grundlage des BMI nach der Einteilung von Kromeyer-Hauschild et al. (2001) (s. Tabelle 2) kein Kind übergewichtig oder adipös. Wie auch aus Tabelle 17 hervorgeht, unterscheidet sich der mittlere BMI sowie der durchschnittliche Fettanteil der Underreporter nicht signifikant von den adäquaten Reportern. Dennoch weisen die Kinder mit nicht plausiblen Ernährungsprotokollen eine signifikant höhere Körpergröße und ein höheres Körpergewicht auf als diejenigen Schulanfänger, die ihre Energiezufuhr richtig einschätzen.

Tab. 17: Anthropometrie der Underreporter und der adäquaten Reporter (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	Underreporter (n=5)	Adäquate Reporter (n=163)	p [§]
Körpergröße (cm)	129 \pm 3 130/127 – 132	124 \pm 5 125/121 – 128	< 0,05
Körpergewicht (kg)	26,8 \pm 2,1 26,6/25,1 – 28,5	24,3 \pm 3,9 24,2/21,8 – 26,2	n.s.
BMI (kg/m ²)	16,0 \pm 0,7 15,9/15,4 – 16,6	15,7 \pm 1,9 15,4/14,5 – 16,5	n.s.
Fettmasse (BIA) (%)	18,1 \pm 4,1 17,7/14,4 – 22,0	17,6 \pm 6,6 17,6/13,2 – 21,7	n.s.

[§]Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

Unter Ausschluss der 3 % nicht plausiblen Protokolle ist hinsichtlich der Energie-, Eisen- und Jodzufuhr kein bedeutender Unterschied zu den Zufuhrdaten des gesamten Kollektivs zu erkennen (Tabelle 18). Da in der vorliegenden Arbeit die Eisen- und Jodversorgung bei Schulanfängern einen Schwerpunkt darstellt, werden die übrigen Nährstoff- und Verzehrsdaten nicht aufgeführt.

Tab. 18: Energie-, Eisen- und Jodzufuhr des untersuchten Kollektivs unter Ein- bzw. unter Ausschluss der nicht plausiblen Protokolle (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	mit Underreporter (n=168)	ohne Underreporter (n=163)
Energiezufuhr (kJ/d)	6552 \pm 1296 6461/5643 – 7360	6624 \pm 1246 6495/5715 – 7385
Eisenzufuhr (g/d)	9,4 \pm 2,6 9,0/7,7 – 10,6	9,5 \pm 2,6 9,0/7,9 – 10,6
Jodzufuhr (g/d)	67,9 \pm 25,3 62,6/51,1 – 79,7	68,5 \pm 25,4 63,0/51,7 – 79,9

3.3 Ernährungsgewohnheiten

In Abbildung 10 wird dargestellt, inwieweit sich die Eltern der Schulanfänger an Themen mit gesundheitlicher oder ernährungsbezogener Fragestellung interessieren. Bei den Männern wird deutlich, dass 80 % der Väter an Fragen der Ernährung und Gesundheit Interesse zeigen, sich aber auch ein Fünftel nicht mit diesen Themen befassen. Die Mütter interessieren sich dagegen fast alle, doch auch nur knapp die Hälfte der Frauen befassen sich intensiver mit ernährungs- und gesundheitsspezifischen Themen.

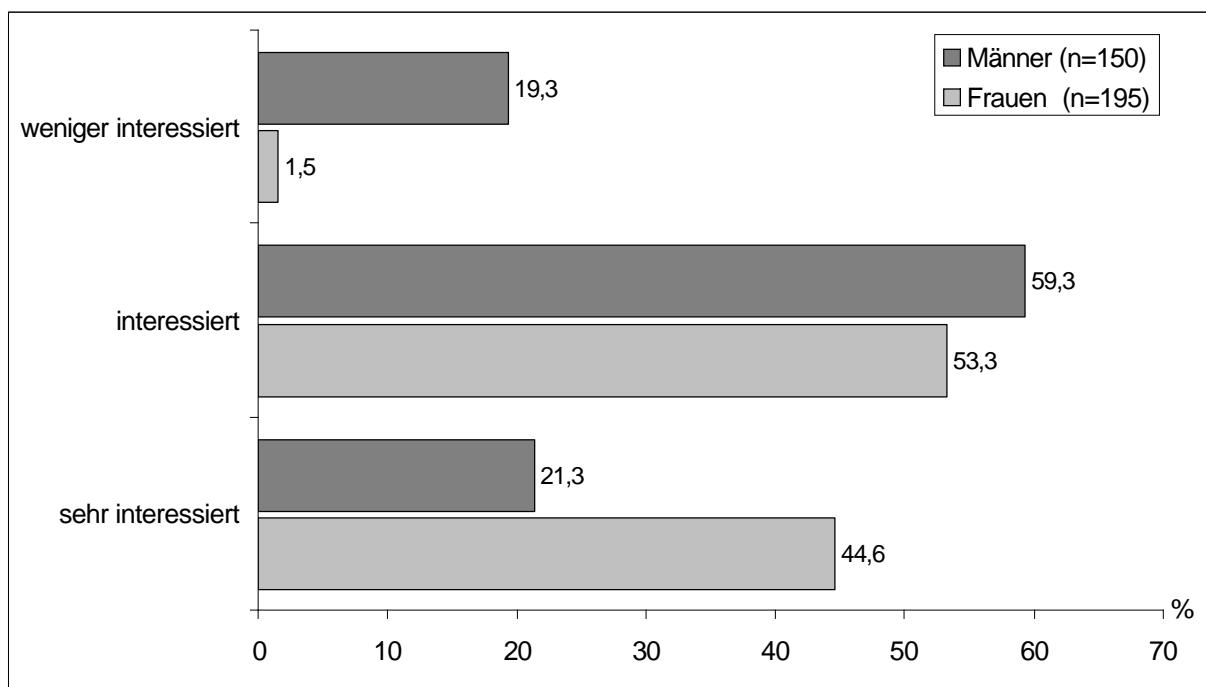


Abb. 10: Interesse an Themen der Ernährung und Gesundheit

In Abbildung 11 sind die wichtigsten Bezugsquellen aufgeführt, aus denen die Eltern Informationen über Themen der Gesundheit und Ernährung beziehen. Für die interessierten Mütter stellen somit mit knapp 60 % Zeitungen und Zeitschriften, Fernsehen und Rundfunk, Broschüren sowie Fach- und Kochbücher die vorrangigen Informationsquellen dar. Auch der Freundes- und Bekanntenkreis sowie die Schule werden von knapp der Hälfte der Frauen als wichtige Quelle für Informationen über Gesundheit und Ernährung angegeben. Auch für knapp 50 % der Väter bedeuten die Zeitung und Zeitschriften sowie Rundfunk und Fernsehen die Hauptinformationsquellen. Knapp ein Viertel der Männer beziehen beispielsweise

Informationen aus dem Freundes-/Bekanntenkreis, aus Broschüren oder aus Fach-/Kochbüchern, während ein Fünftel der Väter keine Informationen suchen.

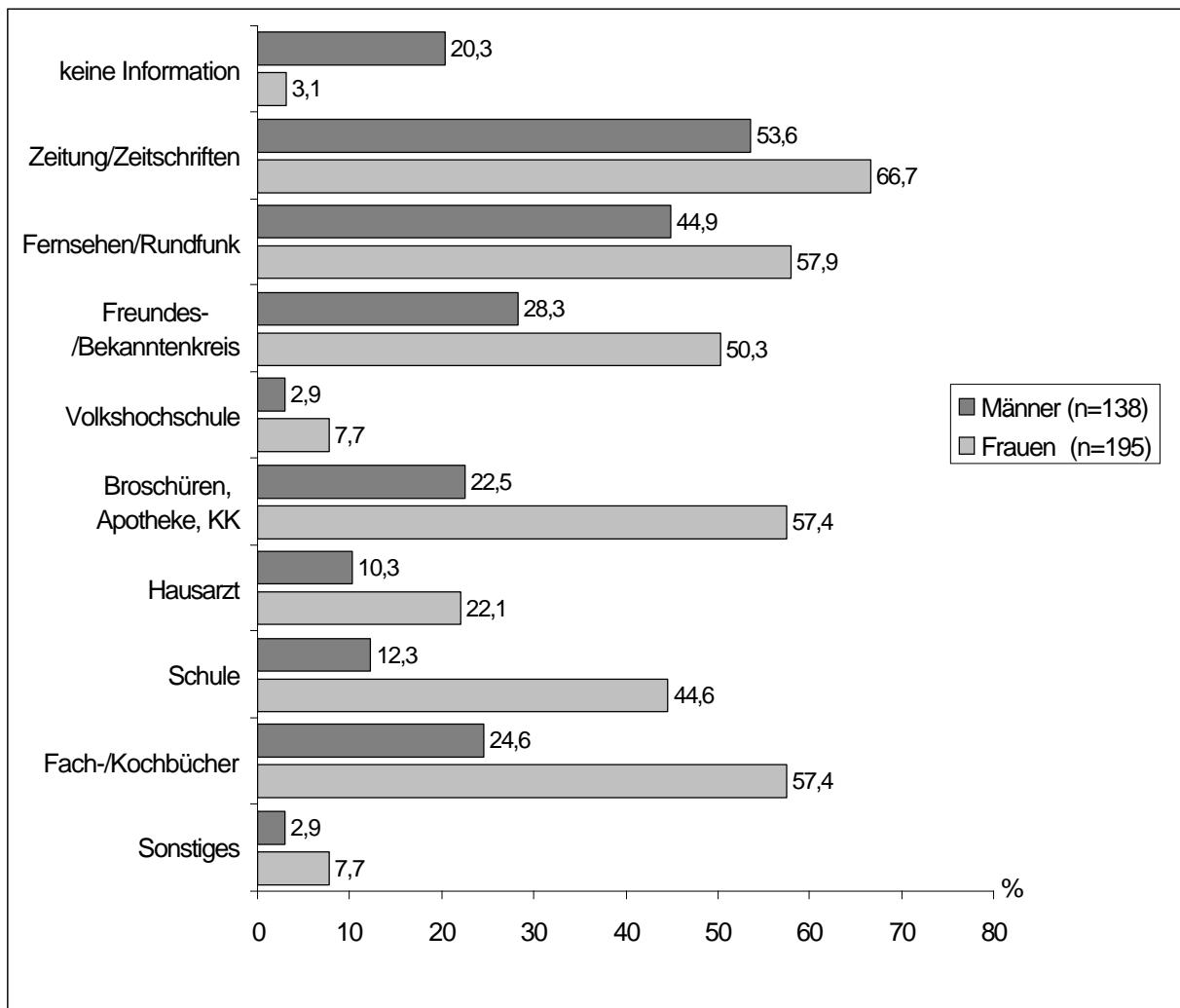


Abb. 11: Informationsquellen über Fragen zur Gesundheit und Ernährung
(Mehrfachnennungen sind möglich)

Kriterien für die Speisenauswahl bzw. die Speisenzubereitung sind in Abbildung 12 dargestellt. Dabei spielt der Geschmack als ein Kriterium mit „sehr starkem“ Einfluss auf Auswahl und Zubereitung bei 87 % der Väter und Mütter die größte Rolle. Die Gesundheit stellt dagegen nur bei 50 % der Eltern ein starkes Entscheidungskriterium dar, wobei 20 % mehr Mütter als Väter auf eine gesunde Ernährungsweise Wert legen. Die Werbung scheint nur bei knapp 0,7 % der Eltern Einfluss auf die tägliche Auswahl und Zubereitung der Speisen zu haben.

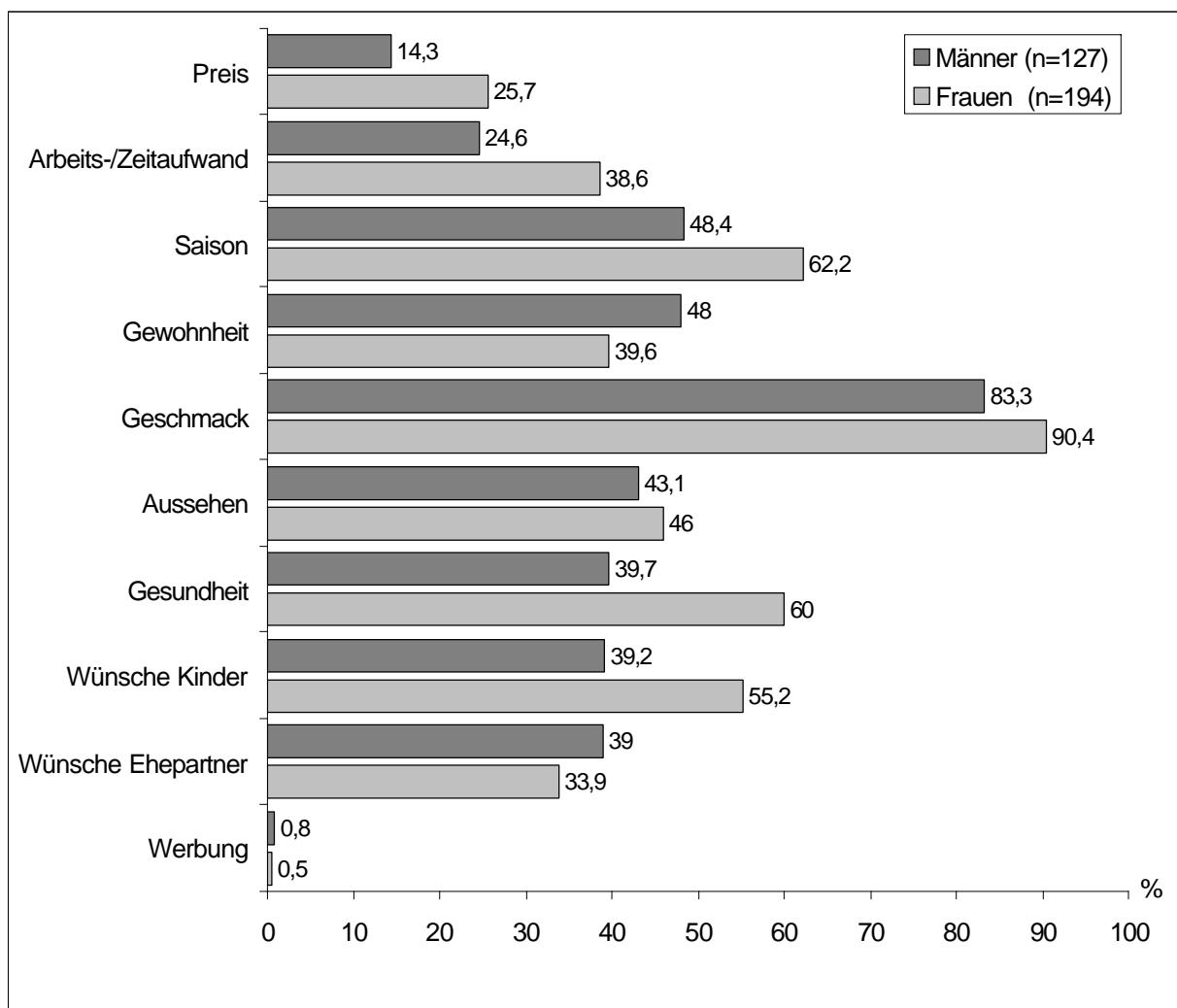


Abb. 12: Kriterien für die Speisenauswahl bzw. Speisenzubereitung (Mehrfachnennungen sind möglich)

Abbildung 13 zeigt die tägliche Mahlzeiteneinnahme von 6-7jährigen Schulanfängern. Das Mittagessen wird von knapp 97 % und das Abendessen von ca. 98 % der Kinder regelmäßig eingenommen, dabei essen 23,9 % der Kinder regelmäßig außer Haus (z.B. im Hort, bei der Oma) zu Mittag. Knapp 7 % der Schulanfänger verzichten auf ihr tägliches Frühstück. Während knapp 97 % der 6-7jährigen Schulkinder vormittags eine Zwischenmahlzeit verzehren, nehmen am Nachmittag dagegen nur gut die Hälfte der Kinder eine Zwischenmahlzeit ein. Die Spätmahlzeit spielt eine untergeordnete Rolle.

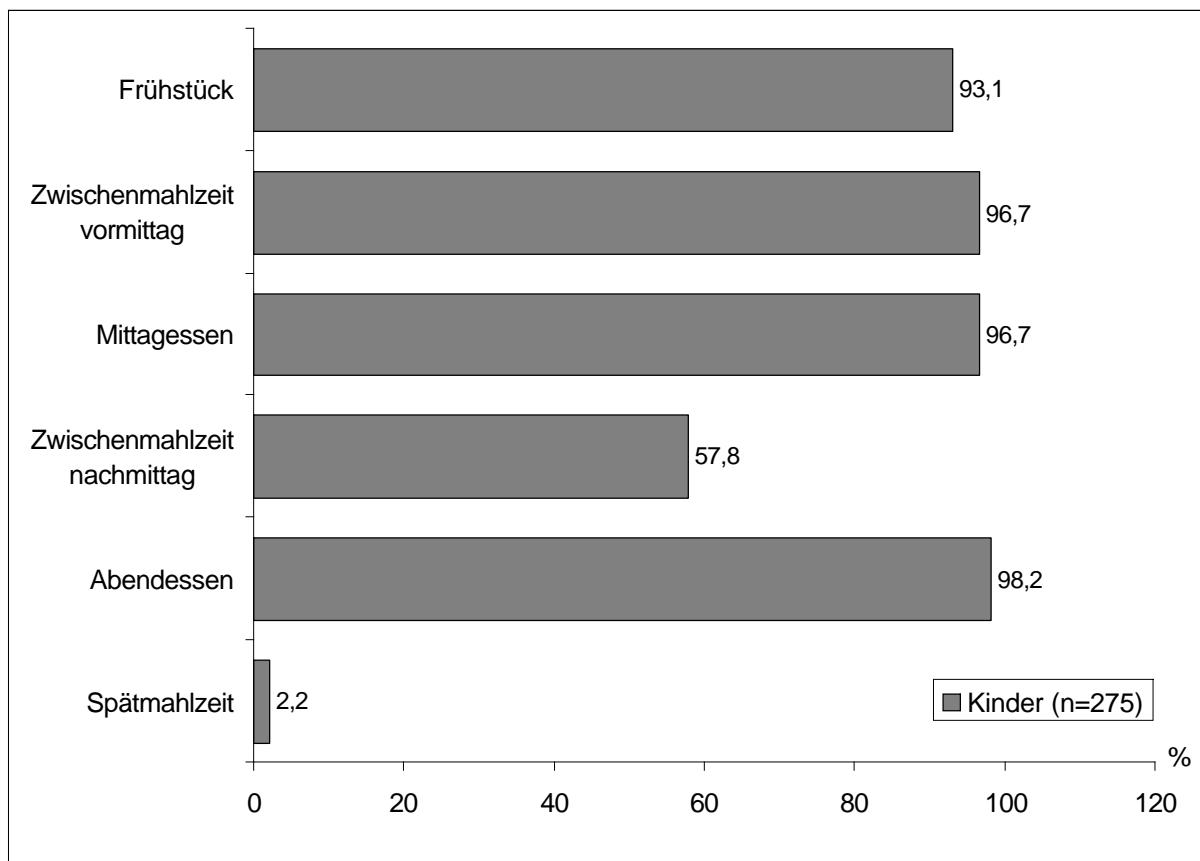


Abb. 13: Tägliche Mahlzeiteneinnahme bei Schulanfängern

Die Pausenverpflegung besteht bei den meisten Schülern regelmäßig aus einer mitgebrachten Brotzeit von zu Hause. 3,3 % der Schüler verzehren dagegen täglich Süßigkeiten oder kaufen beim Schulkiosk. 6,5 % wechseln zwischen Selbstverpflegung und Süßigkeiten oder Schulkiosk ab (Abbildung 14).

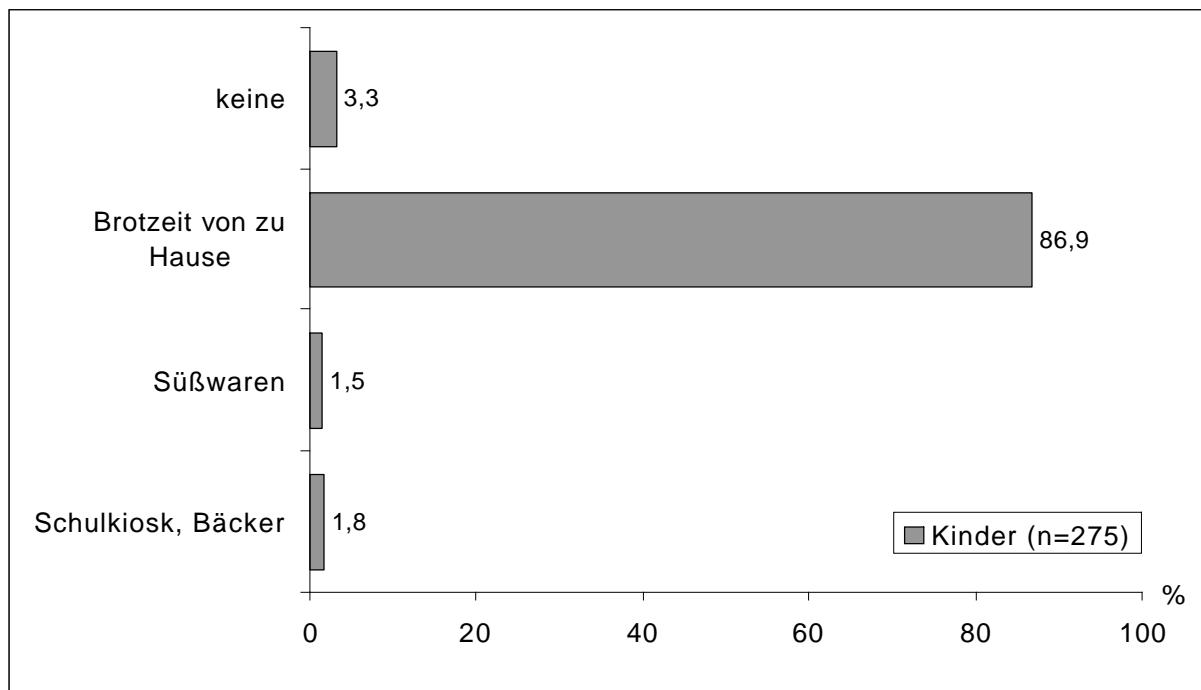


Abb. 14: Pausenverpflegung der Schulanfänger (Mehrfachnennungen sind möglich)

Abbildung 15 zeigt die Ernährungsform der Schulanfänger. Ein geringer Teil der Kinder richtet seine Ernährungsgewohnheiten nach einer bestimmten Ernährungsform. 1,8 % der Kinder geben an sich ovolaktovegetabil zu ernähren, keines der Kinder ernährt sich nach deren auskunftsgebenden Eltern rein veganisch. 97,5 % der Kinder haben Fleisch und Fleischprodukte sowie Fisch und Fischprodukte auf dem Speiseplan stehen.

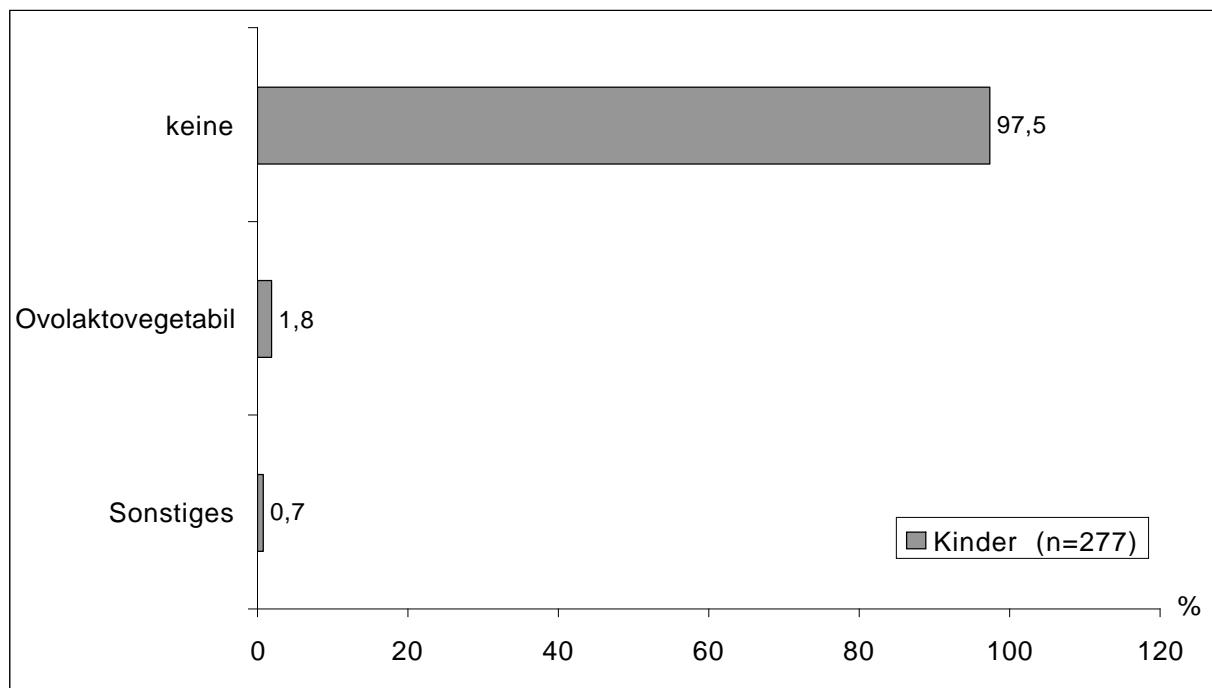


Abb. 15: Ernährungsform der Schulanfänger

In den Abbildungen 16 und 17 ist der Verzehr von Fisch, Wurst, Fleisch, Geflügel und Innereien dargestellt.

Die Verzehrshäufigkeit von Fisch und Fischprodukten ist bei Mädchen und Jungen ähnlich. 36,8 % der Erstklässler essen 1-3 mal/Woche Fisch. Mit 41,8 % verzehren allerdings 9,1 % mehr Jungen 1-3 mal/Woche Fisch im Gegensatz zu 32,7 % Mädchen. Rund 53 % der Schulanfänger haben nur 1-3 mal/Monat Fisch auf dem Speiseplan, knapp 9 % der Kinder sogar nie.

Die Verzehrshäufigkeit von Wurstwaren zeigt, dass 73 % der Mädchen und 68 % der Jungen bis 1-6 mal wöchentlich Wurst verzehren und somit einen in etwa gleich häufigen Verzehr aufweisen. 23 % der Jungen verzehren täglich Wurst, wohingegen nur 16,4 % Mädchen jeden Tag Wurst essen. 9,9 % der Kinder geben an nie oder nur 1-3 mal pro Monat Wurst zu essen.

Beim Fleischverzehr zeigt die geschlechtsspezifische Verteilung der Verzehrshäufigkeit bei den 6-7jährigen Kindern eine gute Übereinstimmung. In knapp 65 % der Fälle wird bei den Schulanfängern 1-3 mal/Woche Fleisch verzehrt. 1-3 mal/Monat wird dagegen bei ca. 20 % der Kinder Fleisch verzehrt und nur ca. 2,7 % der befragten Kinder essen kein Fleisch.

Auch beim Geflügelverzehr sind die Verzehrsgewohnheiten zwischen den Geschlechtern ähnlich. In 49 % der Fälle wird nur 1-3 mal/Monat Geflügel gegessen, in ca. 44 % 1-3 mal/Woche. 4,9 % der Schulanfänger geben an kein Geflügel zu verzehren.

Auf den Verzehr von Innereien verzichten ca. 86 % der Kinder, wohingegen knapp 13 % der Schulanfänger 1-3 mal/Monat Innereien verzehren.

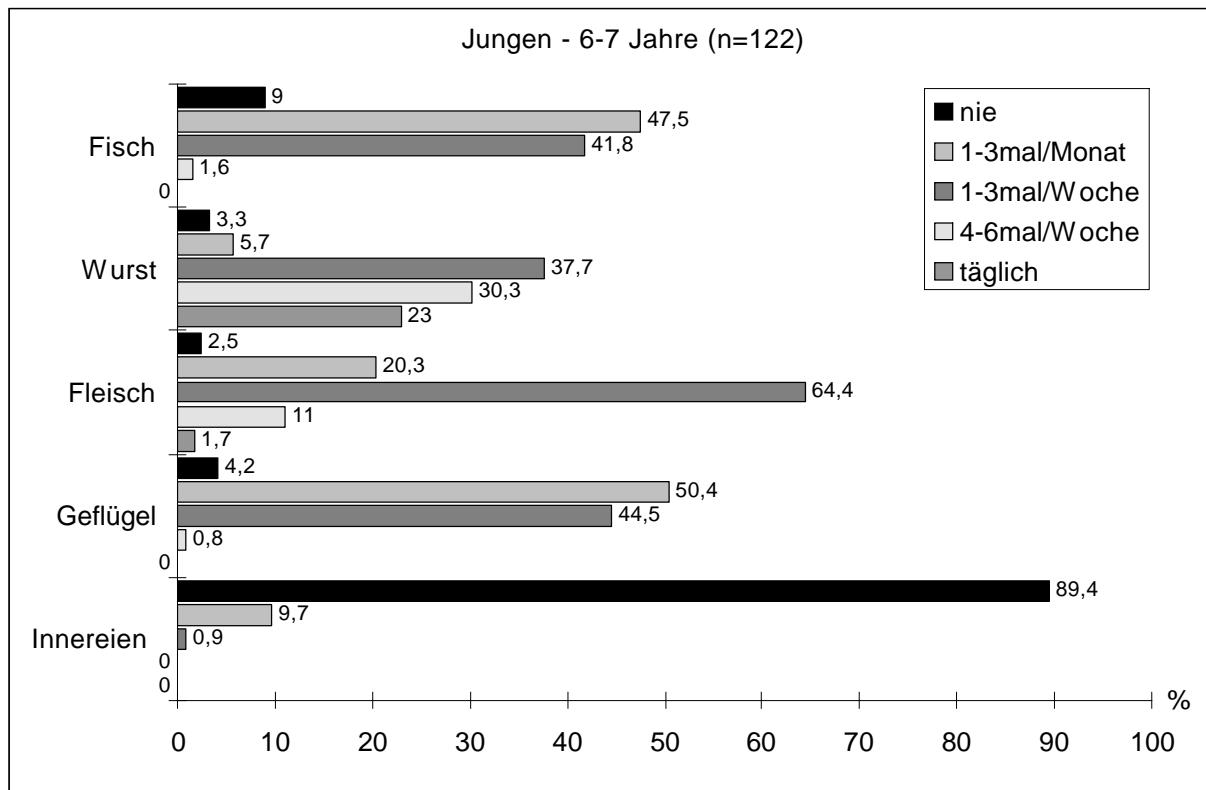


Abb. 16: Prozentuale Verzehrshäufigkeit verschiedener Lebensmittelgruppen von 6-7jährigen Jungen (Fragebogen)

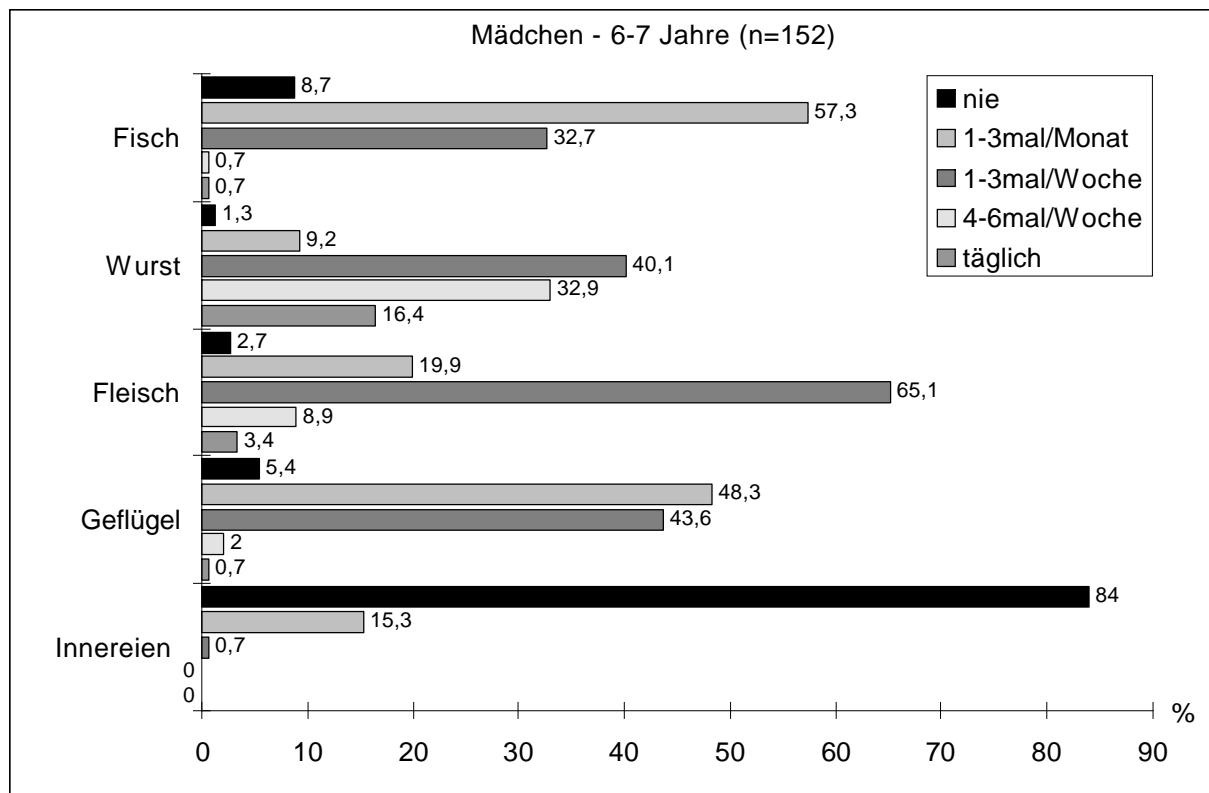


Abb. 17: Prozentuale Verzehrshäufigkeit verschiedener Lebensmittelgruppen von 6-7jährigen Mädchen (Fragebogen)

Bei den Erlanger Familien verwenden knapp 96 % jodiertes Speisesalz (Abbildung 18), hingegen verzehren nur knapp 32 % der befragten und auskunftgebenden Haushalte fast immer Brot- und Backwaren, die mit jodiertem Speisesalz hergestellt wurden. 44,1% der Familien wissen nicht, ob das von ihnen gekaufte und verzehrte Brot oder Gebäck Jodsalz enthält. Ein Viertel der Familien scheint zu wissen, dass sie fast nie oder nicht immer mit Jodsalz verarbeitete Lebensmittel verzehren, kauft sie trotzdem nicht regelmäßig (Abbildung 19).

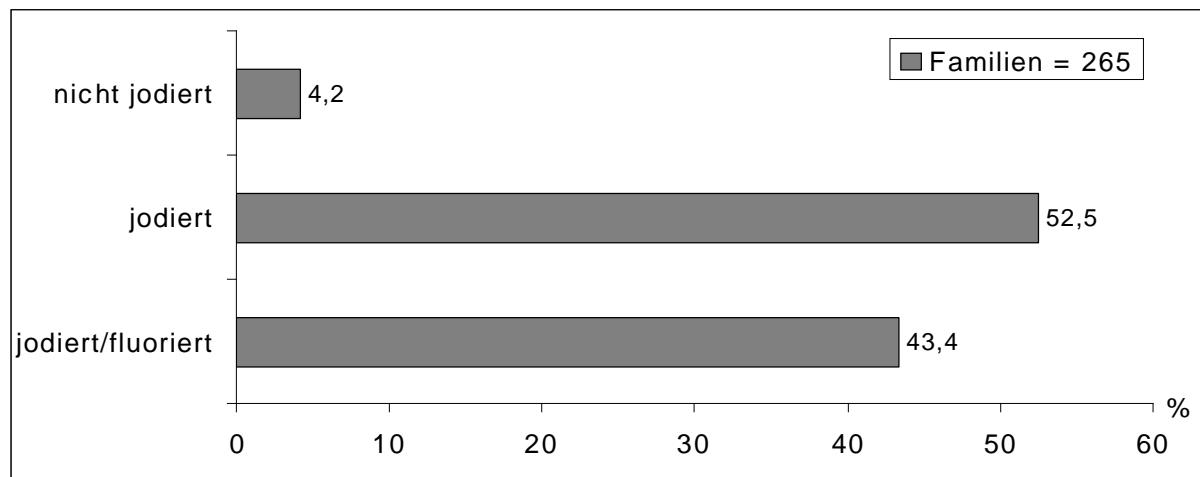


Abb. 18: Verwendung von jodiertem Speisesalz in Erlanger Haushalten

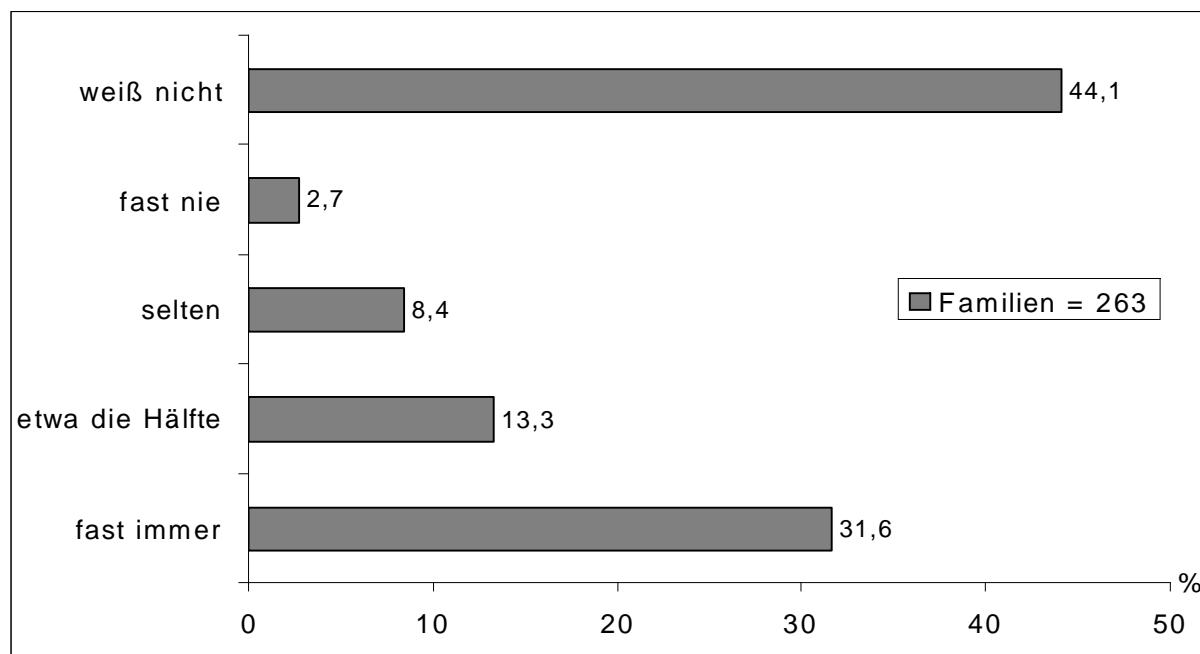


Abb. 19: Prozentuale Anzahl von Haushalten, die mit jodiertem Speisesalz hergestellte Brot und Backwaren verzehren

3.4 Lebensmittelverzehr während des 3-Tage-Wiegeprotokolls

Abbildung 20 zeigt die mittleren Zufuhrdaten ausgewählter Lebensmittelgruppen von Schulanfängern. Der Fischverzehr wurde nicht in die graphische Darstellung aufgenommen, da mehr als die Hälfte der Probanden keinen Fisch verzehrten und der Median somit bei Null liegt. Die Höhe des Fischverzehrs und des Verzehrs weiterer Lebensmittelgruppen (3-Tage-Wiegeprotokoll) wird in Tabelle A5 im Anhang aufgeführt.

Die 6-7jährigen Jungen verzehren im Vergleich zu den gleichaltrigen Mädchen signifikant mehr Zucker-, Gewürze und Speisefette, wobei die Differenz bei den Fetten besonders auf den höheren Verzehr von Butter zurückzuführen ist (s. Tabelle A5 Anhang). Hinsichtlich der mittleren täglichen Aufnahme von Brot und Backwaren, Nährmitteln, Fleisch und Fleischwaren, Milch und Milchprodukten, Obst und Obstprodukten, Gemüse und Gemüseprodukten, Kartoffel und Kartoffelprodukten sowie Süßwaren besteht kein signifikanter Unterschied zwischen Geschlechtern. Mit Ausnahme des Verzehrs von Fleisch, Kartoffel und Kartoffelprodukten und besonders von Gemüse und Gemüseprodukten, liegt die durchschnittliche Lebensmittelzufuhr der Jungen leicht über der Zufuhr der Mädchen (s. Tabelle A5 Anhang).

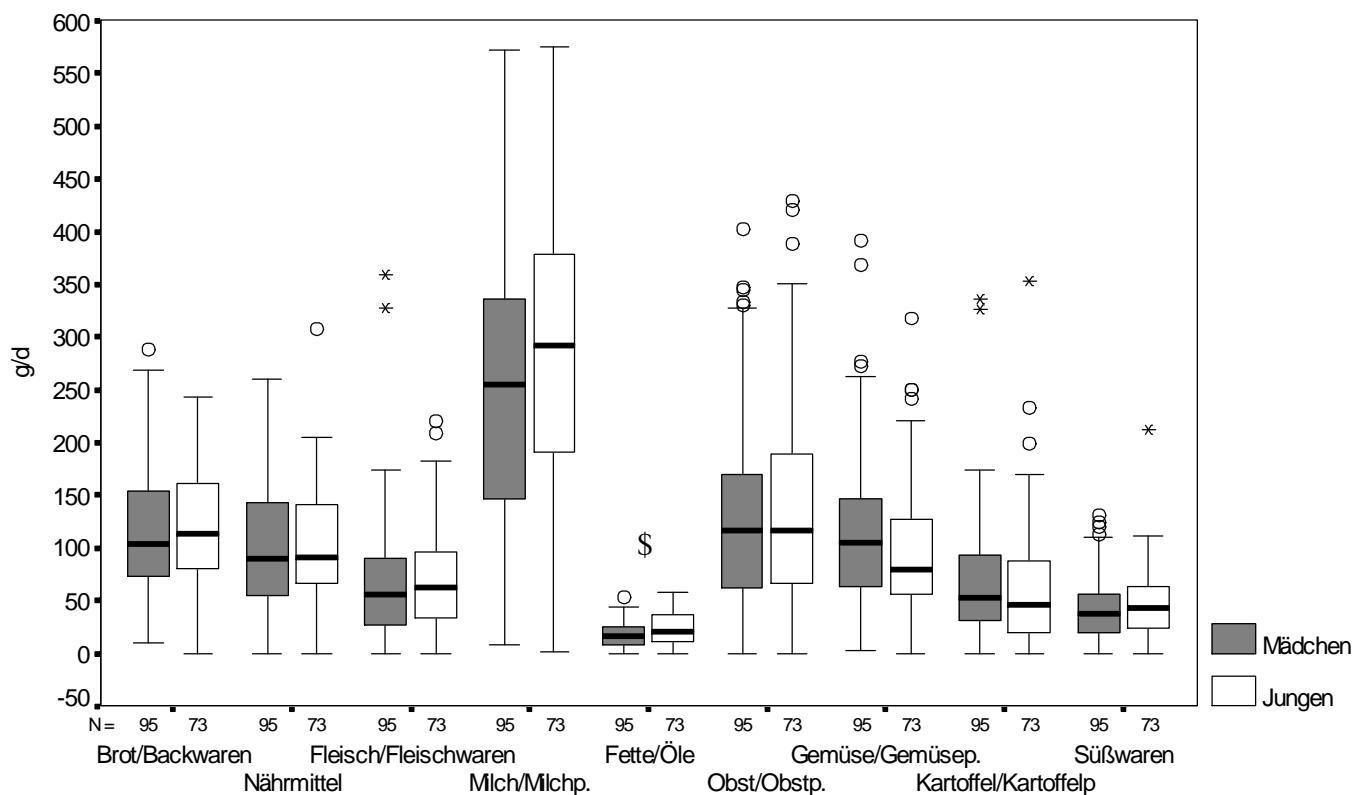


Abb. 20: Verzehrmengen ausgewählter Lebensmittelgruppen von 6-7jährigen Jungen und Mädchen (n=168) (Durchschnittsmengen in g/Tag). (Mann-Whitney U-Test zwischen den Geschlechtern: \$ p<0,05)

Abbildung 21 zeigt hinsichtlich des durchschnittlichen Verzehrs von Erfrischungsgetränken, Fruchtsäften, Leitungs- und Mineralwasser sowie von Kräuter- und Früchtetees keine signifikanten Unterschiede zwischen den 6-7jährigen Jungen und Mädchen (s. Tabelle A5a Anhang).

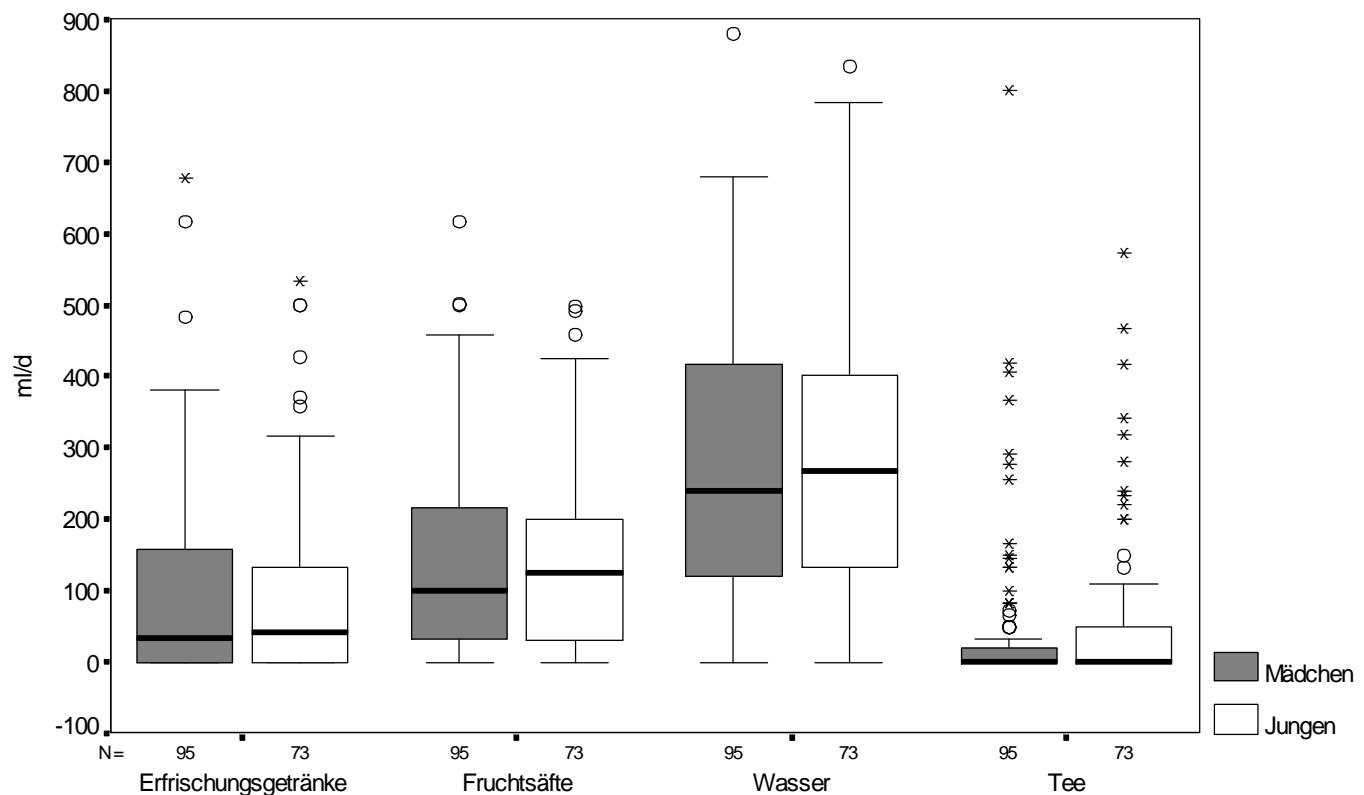


Abb. 21: Verzehrmengen ausgewählter Getränke von 6-7jährigen Jungen und Mädchen (n=168) (Durchschnittsmengen in ml/Tag)

3.4.1 Lebensmittelverzehr während des 3-Tage-Wiegeprotokolls in Abhängigkeit vom Body Mass Index

Der Vergleich der verschiedenen Lebensmittelgruppen zwischen normal-, über- und stark übergewichtigen Schulanfängern in Abbildung 22 zeigt nur bei der Aufnahme von Fleisch und Fleischwaren signifikante Unterschiede. Dabei verzehren sowohl die übergewichtigen als auch die adipösen Kinder 72 % bzw. 59 % mehr Fleisch und Fleisch- und Wurstwaren als die normalgewichtigen Kinder (s. Tabelle A6 Anhang).

Die übergewichtigen und stark übergewichtigen Kinder nehmen im Mittel ca. 44 % mehr Brot und Backwaren auf als die gleichaltrigen normalgewichtigen Kinder. Auch von Kartoffeln und Kartoffelprodukten werden von über- und stark übergewichtigen Kinder durchschnittlich ca. 15 % bzw. knapp 36 % mehr verzehrt, wobei neben Salzkartoffeln häufig Kartoffelknödel, Pommes frites und Kartoffelchips auf dem Speiseplan stehen. Auch von Milch und den Milchprodukten verzehren vor allem die adipösen Schulanfänger knapp 32 % mehr als die normalgewichtigen Kinder. Übergewichtige und stark übergewichtige Kinder konsumieren gegenüber den Kindern ohne erhöhtes Gewicht zudem ca. 55 % mehr Nährmittel (z.B. Frühstückscerealien). Durch einen vor allem niedrigeren Verzehr von Butter liegt der Gesamtfettverzehr der übergewichtigen und adipösen Kindern um knapp 15 % bzw. 36 % unterhalb des Verzehrs der normalgewichtigen Kinder. Der Verzehr von sonstigen Speisefetten und Ölen (außer Butter) liegt bei den übergewichtigen und adipösen Schulanfängern jedoch um knapp 22 % bzw. 12 % über dem der normalgewichtigen Mitschüler (s. Tabelle A6 Anhang).

Während die übergewichtigen Kinder durchschnittlich 35 % mehr Süßwaren konsumieren als die Kinder mit einem im Referenzbereich liegenden BMI, verzehren adipöse Kinder um knapp 17 % weniger Süßwaren. Der Verzehr von Gemüse und Gemüseprodukten liegt dagegen bei den übergewichtigen um knapp 35 % und bei den adipösen Erstklässlern um knapp 4 % unterhalb der Gemüsezufuhr der normalgewichtigen Kinder. Dagegen wird vor allem aber auch von den stark übergewichtigen Kindern knapp 25 % mehr Obst gegenüber den normalgewichtigen Kindern verzehrt (s. Tabelle A6 Anhang).

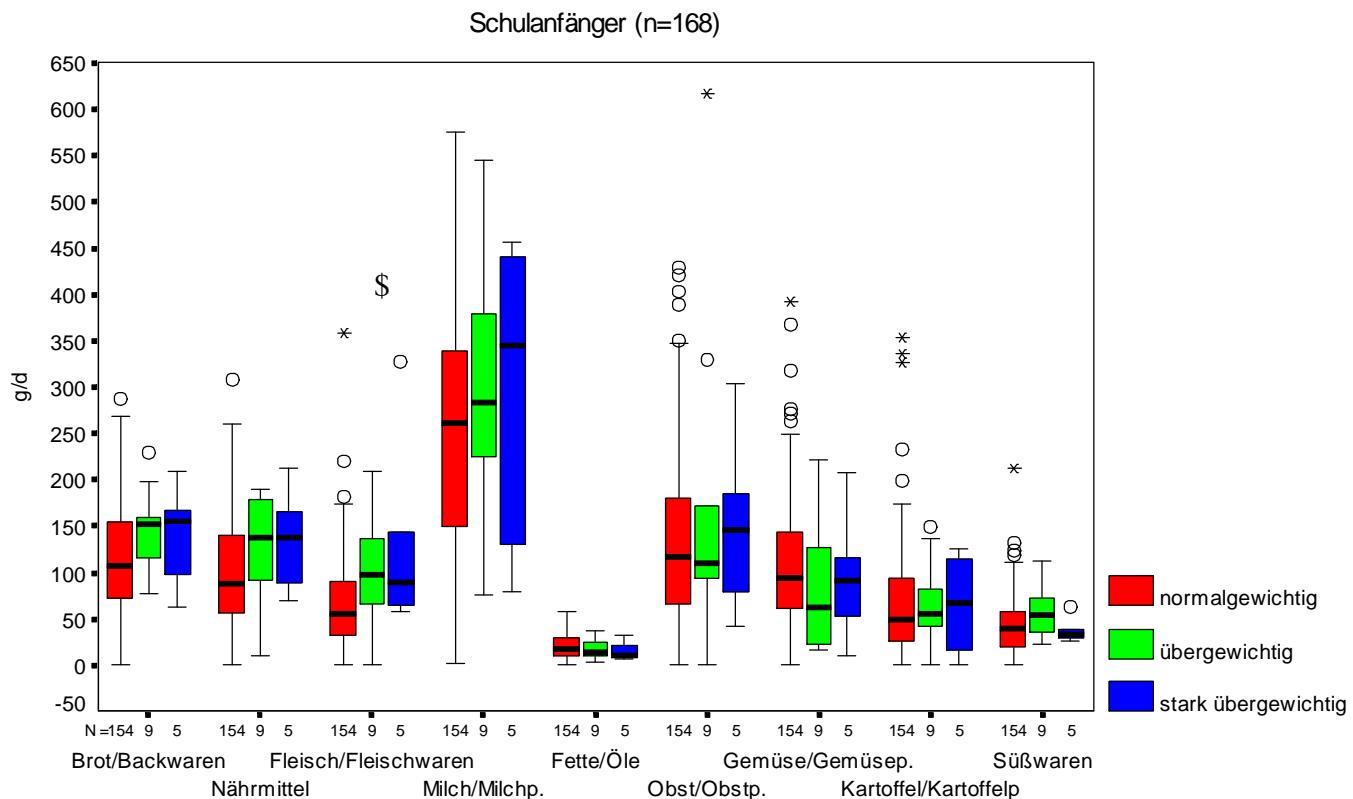


Abb. 22: Verzehrmengen ausgewählter Lebensmittelgruppen von Schulanfängern (n = 168) in Abhängigkeit vom BMI (Durchschnittsmengen in g/Tag); (Kruskal-Wallis H-Test zwischen Gewichtsgruppen: \$ p< 0,05); (normalgewichtig: n=154, übergewichtig: n=9, adipös: n=5)

Die in Abbildung 23 dargestellte Getränkezufuhr zeigt keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit vom BMI. Dennoch konsumieren stark übergewichtige Kinder durchschnittlich 300 % mehr Erfrischungsgetränke ($p = 0,055$) als die normalgewichtigen Kinder. Auch der Konsum von Fruchtsäften liegt bei den übergewichtigen Schulanfängern um 109 % und bei den adipösen Schulanfängern um 53 % über dem mittleren Verzehr der normalgewichtigen Kinder. Leitungs- bzw. Mineralwasser wird von den stark übergewichtigen Kindern dagegen um etwa 33 % weniger getrunken (s. Tabelle A6a Anhang).

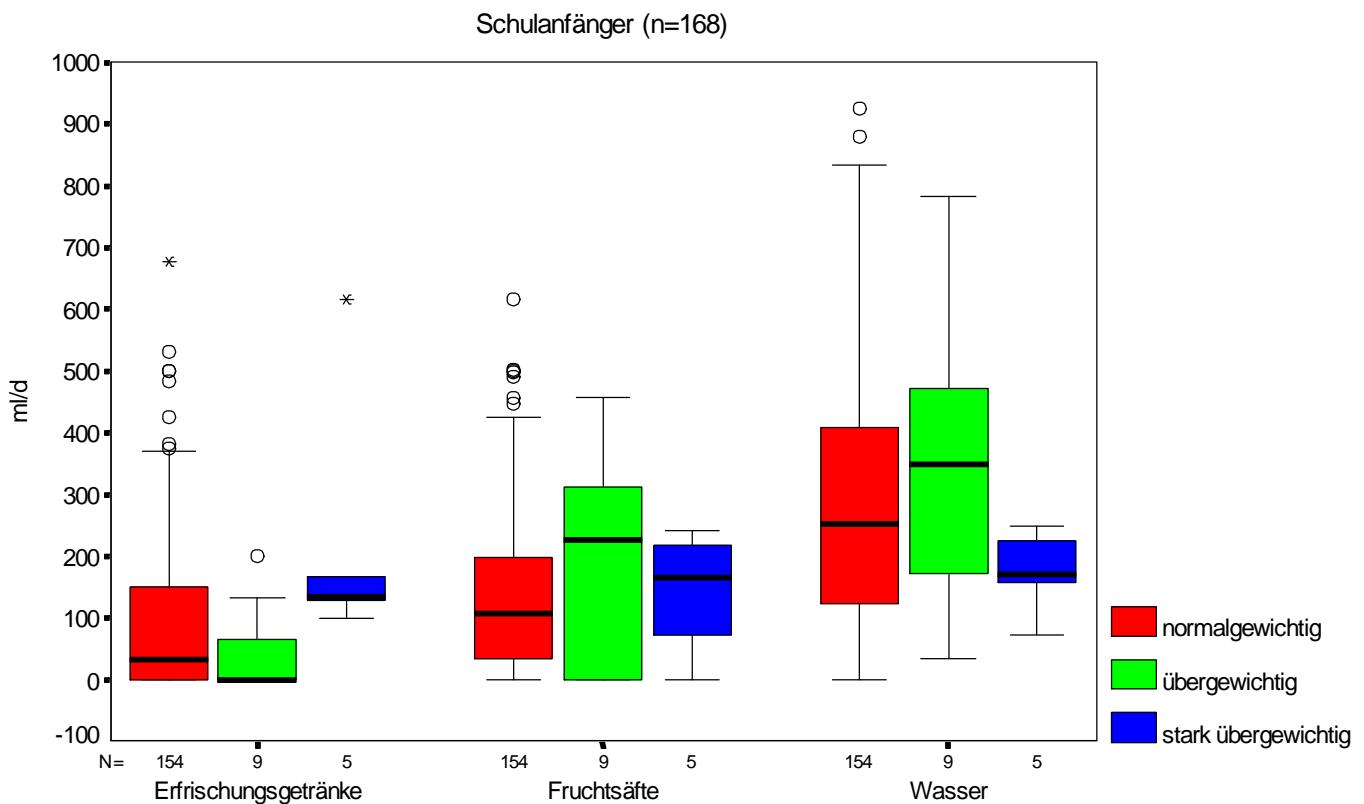


Abb. 23: Mittlere Verzehrmengen ausgewählter Getränke von Schulanfängern (n = 168) in Abhängigkeit vom BMI (Durchschnittsmengen in ml/Tag);
(normalgewichtig: n=154, übergewichtig: n=9, adipös: n=5)

Nach Überprüfung, ob der Lebensmittel- und Getränkeverzehr einen Einfluss auf den BMI bzw. den BMI SDS hat, konnte nach dem Spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten (r) jedoch nur ein schwach signifikanter Zusammenhang zwischen dem BMI bzw. dem BMI SDS und der täglichen Zufuhr von Brot und Backwaren mit $r = 0,20$ ($p < 0,05$) bzw. $r = 0,19$ ($p < 0,05$) und der Zufuhr von Fleisch und Fleischwaren mit $r = 0,19$ ($p < 0,05$) bzw. $r = 0,17$ ($p < 0,05$) beobachtet werden.

Nach Unterteilung der Schulanfänger in die beiden Gruppen normal- und übergewichtig, zeigte sich nur bei den 14 übergewichtigen Kindern ein stark signifikanter Zusammenhang des BMI und des BMI SDS zur Aufnahme von Erfrischungsgetränken mit $r = 0,6$ ($p < 0,05$) bzw. $r = 0,73$ ($p < 0,01$). Für die anderen Lebensmittelgruppen wurde weder bei den normal-, noch bei den übergewichtigen Schülern eine Korrelation zum BMI bzw. zum BMI SDS festgestellt.

3.5 Eisen- und Jodzufuhr aus verschiedenen Lebensmittelgruppen ermittelt aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll

3.5.1 Alimentäre Eisenzufuhr

Die Zuordnung der verzehrten Lebensmittel und somit die Berechnung der prozentualen nutritiven Eisenzufuhr erfolgte in Anlehnung an die von dem Nährwertberechnungsprogramm Prodi 4.4 vorgegebenen Lebensmittelgruppen (s. Tabellen A7 Anhang, Abbildung 24).

Bei den Erlanger Schulanfängern erfolgt die tägliche Eisenzufuhr zu ca. 20 % aus tierischen und zu ca. 80 % aus pflanzlichen Lebensmitteln. In Abbildung 24 wird deutlich, dass die Summe an alimentär aufgenommenem Eisen, gebildet aus den Gruppen der Brot und Backwaren, Teigwaren und Eierprodukten sowie Getreideprodukten, mit 45 % den größten Anteil der täglichen Eisenzufuhr bei den Kindern darstellt. Obst und Gemüse sowie Gerichte aus überwiegend pflanzlichen Komponenten tragen mit 32 % zur täglichen Eisenzufuhr bei. 13 % des Eisens wird aus Fleisch und Wurstwaren sowie Gerichten aus überwiegend tierischen Komponenten geliefert. Eisen aus Milch und Milchprodukten (2 %), Kartoffeln (0,7 %) oder Fisch (0,3 %) spielt für die Zufuhrmenge eine untergeordnete Rolle. Im Gegensatz dazu tragen die Süßwaren noch 5 % zur Eisenversorgung aus der Nahrung bei.

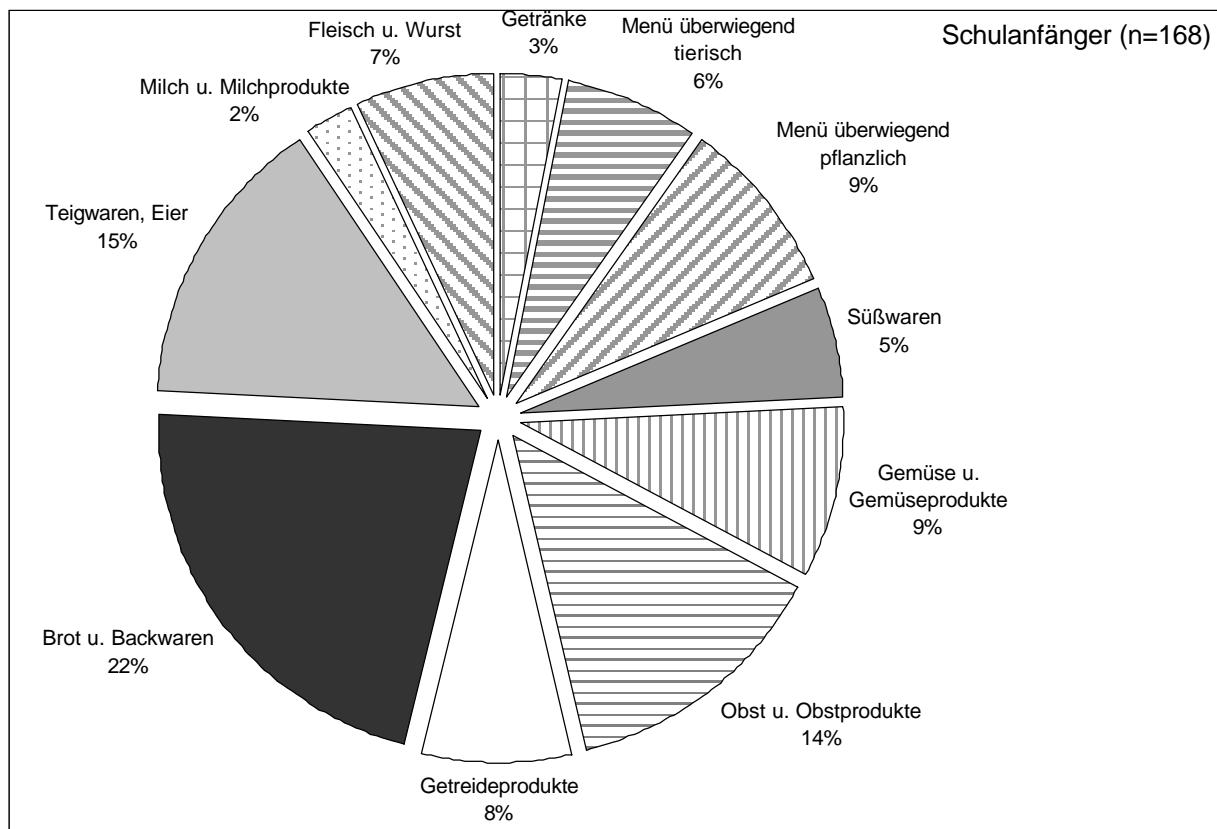


Abb. 24: Prozentuale alimentäre Eisenzufuhr aus verschiedenen Lebensmittelgruppen bei 6-7jährigen Schülern

3.5.1.1 Anteil von bioverfügbarem Eisen aus alimentär zugeführtem Eisen

Die Vorgehensweise zur Berechnung des Anteils an resorbierbarem Eisen aus der Nahrung wurde in Kapitel 2.4.1 beschrieben. Im untersuchten Kollektiv von Schulanfängern errechnet sich somit eine mittlere Resorptionsquote an resorbierbarem Eisen aus tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln von 0,84 mg pro Tag. Im Mittel können 9,5 % des aus der gemischten Nahrung zugeführten Eisens als resorbierbares Eisen angesehen werden. Bei den 6-7jährigen Erlanger Kindern wird zum resorbierbaren Eisen durchschnittlich 21 % (0,18 mg) als Hämeisen und 79 % (0,66 mg) als Nicht-Hämeisen beigetragen.

Abbildung 25 stellt die prozentualen Anteile des resorbierbaren Eisens aus den verschiedenen Lebensmittelgruppen dar. Hieraus wird ersichtlich, dass bei den Schulanfängern Fleisch und Wurstwaren sowie Gerichte mit überwiegend tierischen Komponenten zusammen im Mittel 22 % zur täglichen Eisenversorgung beitragen und somit zusammen mit den Brot und Backwaren (20 %) die wichtigsten Quellen für das für den Organismus verfügbare Eisen

bedeuten. Diesen folgen Teigwaren und Eier (13 %) sowie Gemüse und Gemüseprodukte zusammen mit Gerichten mit überwiegend pflanzlichen Komponenten (16 %).

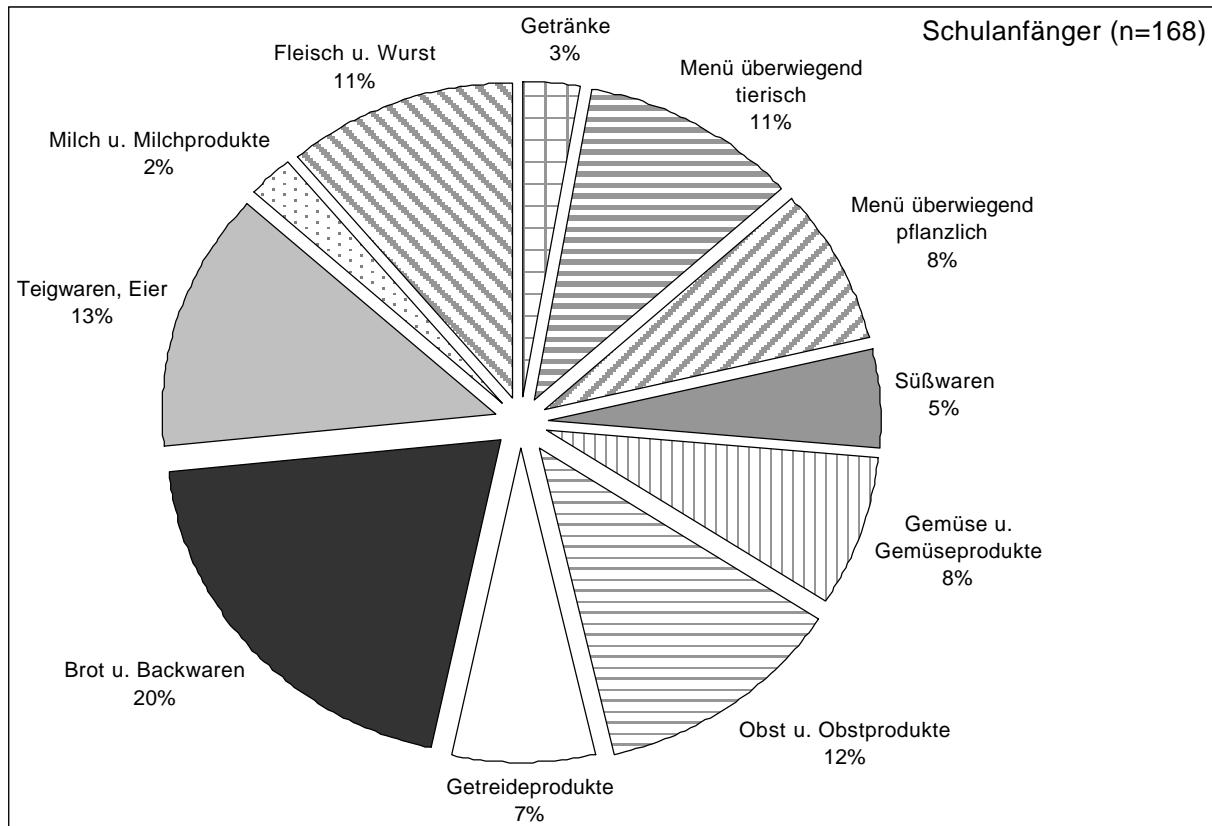


Abb. 25: Prozentuale resorbierbare Eisenanteile aus verschiedenen Lebensmittelgruppen bei 6-7jährigen Schülern (durchschnittlich 0,84 mg resorbierbares Eisen pro Tag)

3.5.2 Alimentäre Jodzufuhr

In Abbildung 26 wird die tägliche Jodzufuhr aus verschiedenen Lebensmittelgruppen anteilig dargestellt. Der Bedarf an Jod wird bei den Schulanfängern zu fast einem Drittel aus Milch und Milchprodukten gedeckt. Auch die Teigwaren bzw. Eier und Eierprodukte leisten mit 11 % einen deutlichen Beitrag zur alimentären Jodzufuhr, ebenso wie die Gruppe der Getränke (Erfrischungsgetränke, Fruchtsäfte, Tees, Wasser) mit 12 %. Auch die Menüs tragen mit 20 % deutlich zur Jodversorgung bei. Brot und Backwaren, Gemüse, Obst, Gewürze, Fleisch und Wurstwaren sind dagegen für die Bedarfsdeckung von geringerer Bedeutung. Fisch und Fischwaren tragen unwesentlich zur Jodversorgung bei (s. Tabelle A8 Anhang).

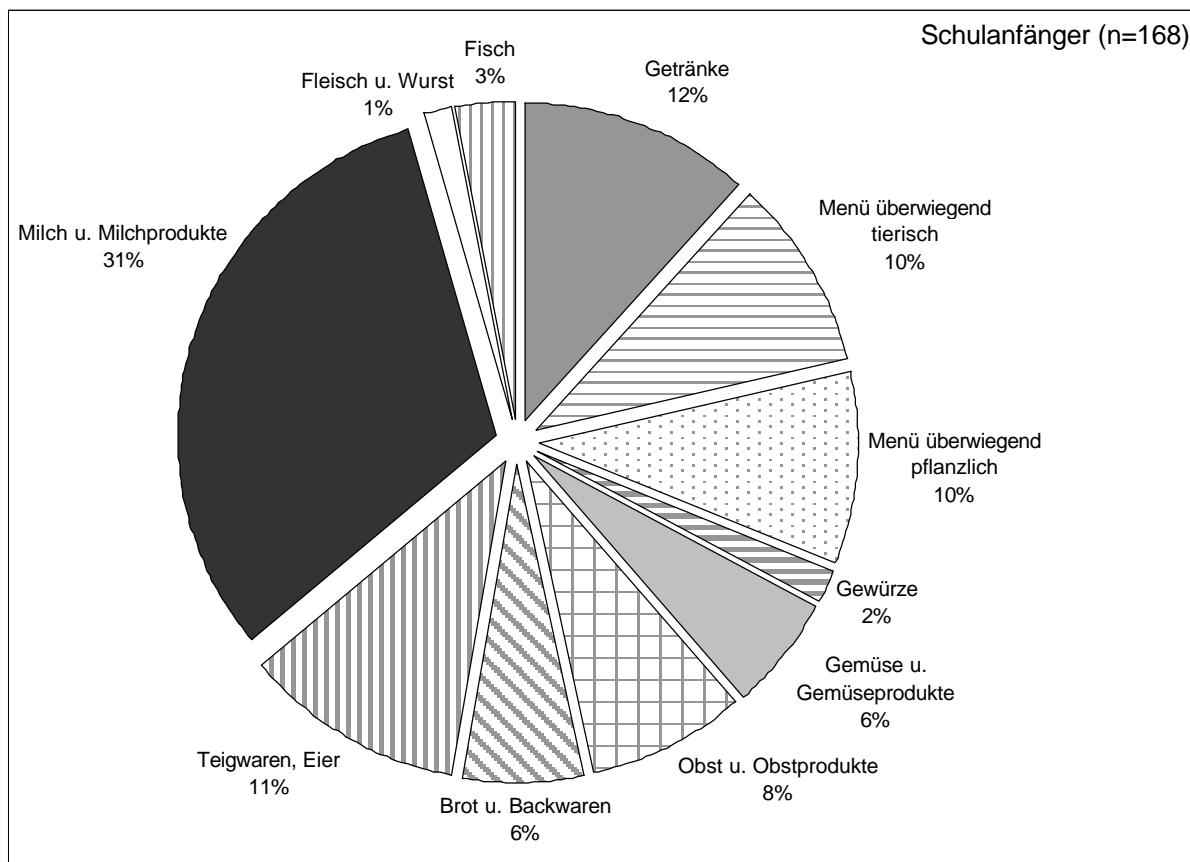


Abb. 26: Prozentuale alimentäre Jodzufuhr aus verschiedenen Lebensmittelgruppen bei Schulanfängern

3.6 Energie- und Nährstoffzufuhr während des 3-Tage-Wiegeprotokolls

Aus Tabelle 19 geht die durchschnittliche Energie- und Hauptnährstoffzufuhr der Probanden hervor. Während die 6-7jährigen Jungen um 8,1 % (121 kcal/d oder 491 kJ/d) mehr Energie, um 11,7 % (6,8 g/d) mehr Fett und um 7,6 % (14 g/d) mehr Kohlenhydrate als die Mädchen aufnehmen, zeigt sich dagegen bei der Proteinzufluss kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern. Der prozentuale Anteil der Kohlenhydrate, Fette und Proteine an der Energieaufnahme unterscheidet sich ebenfalls nicht signifikant zwischen Jungen und Mädchen.

Tab. 19: Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Energie- und Hauptnährstoffzufuhr der Schulanfänger (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	Mädchen (n=95)	Jungen (n=73)	p[§]	Gesamt (n=168)
Energie (kcal/d)	1509 \pm 284 1493/1316-1688	1636 \pm 328 1613/1439–1831	<0,05	1564 \pm 310 1543/1347-1754
(kcal/kg KG/d)	63,3 \pm 12,9 64,1/46,0-70,7	67,5 \pm 14,3 66,2/59,0–76,5	n.s.	65,1 65,0/56,9-73,4
(kJ/d)	6321 \pm 1190 6254/5510-7073	6853 \pm 1374 6745/6016–7666	<0,05	6552 \pm 1296 6461/5643-7360
(KJ/kg KG/d)	265 \pm 54 269/234-296	283 \pm 60 278/248–320	n.s.	273 \pm 57 272/238-307
Protein (g/d)	50,3 \pm 12,9 49,0/42,2-55,4	52,7 \pm 13,1 49,7/44,3–60,8	n.s.	51,3 \pm 13,0 49,2/42,9-58,0
(Protein/kg KG/d)	2,1 \pm 0,5 2,0/1,7-2,5	2,2 \pm 0,5 2,1/1,8-2,4	n.s.	2,1 \pm 0,5 2,1/1,8-2,4
(E %)	14,0 \pm 2,5 13,9/12,6-14,8	13,6 \pm 2,3 13,2/11,9–14,5	n.s.	13,8 \pm 2,4 13,6/12,4-14,8
Fett (g/d)	59,2 \pm 15,8 57,9/47,7-69,0	65,9 \pm 17,9 64,7/54,6–74,3	<0,05	62,1 \pm 17,0 60,6/49,8-71,1
(E %)	36,4 \pm 6,1 36,5/32,5-40,9	37,3 \pm 5,8 37,6/32,7–41,5	n.s.	36,8 \pm 5,9 37,1/32,5-41,0
Kohlenhydrate (g/d)	189 \pm 40 185/158-210	203 \pm 44,6 199/177–228	<0,05	195 \pm 43 193/165-272
(E %)	51,4 \pm 6,3 50,8/47,3-56,0	50,9 \pm 5,8 50,5/46,1–54,6	n.s.	51,2 \pm 6,1 50,8/46,9-55,0

[§]Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

Tabelle 20 beschreibt die mittlere tägliche Zufuhr ausgewählter Vitamine und Mineralstoffe sowie die Aufnahme weiterer Nährstoffe wie Ballaststoffe, Cholesterin und Kochsalz. Zwischen den Jungen und Mädchen bestehen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Zufuhr der aufgeführten Nahrungsinhaltsstoffe. Eine Ausnahme stellt jedoch die Aufnahme von Kochsalz dar, die zwischen den Geschlechtern signifikant verschieden ist. Im Nährwertberechnungsprogramm Prodi wird nicht jodiertes Speisesalz (1 g enthält ca. 0,2 µg Jodid) für die Berechnung des Salzkonsums (z.B. in vorgegebenen Menükomponenten) verwendet. Somit ist davon auszugehen, dass vorwiegend nicht angereichertes Salz für die Berechnung der Jodaufnahme aus Kochsalz zugrunde liegt und daher Salz hier bei den Mädchen nur 0,79 µg Jod/d und bei den Jungen 0,84 µg Jod/d zur täglichen Jodzufuhr beiträgt. Dies ist in der Jodzufuhr beinhaltet.

Tab. 20: Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Nährstoffzufuhr der Schulanfänger (MW±SD; Median/25–75er Perzentile)

	Mädchen (n=95)	Jungen (n=73)	p[§]	Gesamt (n=168)
Retinol-Äquivalent (mg/d)	$0,95 \pm 0,68$ 0,78/0,38-1,22	$0,85 \pm 0,42$ 0,78/0,5-1,1	n.s.	$0,90 \pm 0,52$ 0,78/0,51-1,15
Vitamin E (mg/d)	$6,9 \pm 2,5$ 6,3/5,0-8,3	$7,3 \pm 4,0$ 6,6/5,3-8,1	n.s.	$7,1 \pm 3,3$ 6,6/5,0-8,3
Folat-Äquivalent (µg/d)	241 ± 271 159/132-216	191 ± 98 164/134-201	n.s.	219 ± 215 162/133-213
Thiamin (mg/d)	$0,97 \pm 0,3$ 0,94/0,76-1,1	$1,0 \pm 0,3$ 0,98/0,82-1,2	n.s.	$1,0 \pm 0,3$ 0,97/0,8-1,1
Riboflavin (mg/d)	$1,2 \pm 0,3$ 1,2/1,0-1,4	$1,3 \pm 0,4$ 1,2/1,0-1,4	n.s.	$1,3 \pm 0,4$ 1,2/1,0-1,4
Vitamin B ₆ (mg/d)	$1,2 \pm 0,3$ 1,2/0,97-1,4	$1,3 \pm 0,4$ 1,2/0,99-1,5	n.s.	$1,3 \pm 0,4$ 1,2/1,0-1,4
Vitamin B ₁₂ (µg/d)	$3,1 \pm 1,5$ 2,8/2,2-3,6	$3,2 \pm 1,4$ 3,0/2,4-3,6	n.s.	$3,1 \pm 1,5$ 2,9/2,3-3,6
Vitamin C (mg/d)	$81,1 \pm 39,5$ 74,2/51,0-100	$91,1 \pm 48,9$ 83,6/61,9-111	n.s.	$85,5 \pm 44,0$ 79,3/55,9-105
Eisen (mg/d)	$9,2 \pm 2,3$ 9,0/7,7-10,4	$9,7 \pm 3,0$ 8,9/7,8-11,1	n.s.	$9,4 \pm 2,6$ 9,0/7,7-10,6
Jod (µg/d)	$65,7 \pm 22,1$ 62,5/51,7-74,2	$70,9 \pm 28,8$ 62,7/50,5-85,7	n.s.	$67,9 \pm 25,3$ 62,6/51,1-79,7
Calcium (mg/d)	703 ± 197 689/564-835	747 ± 228 747/582-841	n.s.	722 ± 211 699/565-837
Phosphor (mg/d)	947 ± 207 947/795-1067	1023 ± 268 1032/870-1139	n.s.	980 ± 238 961/830-1084
Zink (mg/d)	$7,2 \pm 1,6$ 7,2/6,0-8,3	$7,6 \pm 2,1$ 7,4/6,4-8,5	n.s.	$7,4 \pm 1,8$ 7,3/6,2-8,4
Ballaststoffe (g/d)	$14,4 \pm 3,7$ 14,1/12,2-16,3	$15,7 \pm 5,4$ 14,5/12,0-17,5	n.s.	$15,0 \pm 4,5$ 14,4/12,1-16,8
Cholesterin (mg/d)	234 ± 92 219/175-281	232 ± 73 241/183-275	n.s.	233 ± 84 225/180-278
NaCl (g/d)	$4,2 \pm 1,7$ 3,9/2,9-4,8	$4,6 \pm 1,5$ 4,2/3,5-5,3	< 0,05	$4,3 \pm 1,6$ 4,1/3,2-5,1

[§]Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

In Tabelle 21 ist die mittlere tägliche Nährstoffdichte ausgewählter Vitamine und Mineralstoffe dargestellt. Bei Betrachtung der energiebezogenen Aufnahme der Vitamine und Mineralstoffe zeigen sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede.

Tab. 21: Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Nährstoffdichte ausgewählter Vitamine und Mineralstoffe (MW±SD; Median/25–75er Perzentile)

	Mädchen (n=95)	Jungen (n=73)	p[§]	Gesamt (n=168)
Retinol-Äquivalent (mg/MJ)	0,15 ± 0,09 0,13/0,09-0,18	0,13 ± 0,07 0,11/0,08-0,15	n.s.	0,14 ± 0,08 0,12/0,08-0,17
Vitamin E (mg/MJ)	1,1 ± 0,4 1,1/0,81-1,36	1,0 ± 0,4 0,91/0,80-1,23	n.s.	1,1 1,0/0,8-1,3
Folat-Äquivalent (µg/MJ)	37,9 ± 40,4 26,7/21,4-33,3	28,0 ± 13,0 25,4/21,8-29,3	n.s.	33,6 ± 31,9 25,9/21,4-32,0
Thiamin (mg/MJ)	0,15 ± 0,04 0,15/0,13-0,18	0,15 ± 0,04 0,14/0,12-0,17	n.s.	0,15 ± 0,04 0,15/0,12-0,18
Riboflavin (mg/MJ)	0,19 ± 0,04 0,19/0,17-0,22	0,19 ± 0,04 0,19/0,16-0,21	n.s.	0,19 ± 0,04 0,19/0,16-0,21
Vitamin B ₆ (mg/MJ)	0,19 ± 0,04 0,20/0,16-0,22	0,19 ± 0,05 0,19/0,15-0,22	n.s.	0,19 ± 0,04 0,19/0,16-0,22
Vitamin B ₁₂ (µg/MJ)	0,49 ± 0,21 0,46/0,36-0,57	0,47 ± 0,17 0,44/0,36-0,53	n.s.	0,48 ± 0,19 0,45/0,36-0,56
Vitamin C (mg/MJ)	13,1 ± 6,5 12,1/8,3-16,3	13,5 ± 6,5 11,8/8,9-15,9	n.s.	13,3 ± 6,5 11,8/8,8-16,2
Eisen (mg/MJ)	1,46 ± 0,25 1,45/1,31-1,60	1,41 ± 0,28 1,39/1,25-1,53	n.s.	1,44 ± 0,27 1,44/1,26-1,60
Jod (µg/MJ)	10,6 ± 3,7 9,7/8,1-12,0	10,4 ± 3,5 10,0/7,8-12,5	n.s.	10,5 ± 3,6 9,7/7,9-12,1
Calcium (mg/MJ)	113 ± 29 113/88,2-132	110 ± 26 108/92,7-124	n.s.	111 ± 28 112/90,4-128
Ca/P-Verhältnis	0,74 ± 0,14 0,74/0,63-0,83	0,73 ± 0,13 0,75/0,69-0,80	n.s.	0,74 ± 0,14 0,75/0,66-0,81
Zink (mg/MJ)	1,2 ± 0,2 1,2/1,0-1,3	1,1 ± 0,2 1,1/1,0-1,2	n.s.	1,1 ± 0,2 1,1/1,0-1,3

[§]Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

Tabelle 22 zeigt die durchschnittliche Energie- und Hauptnährstoffzufuhr der Probanden in Abhängigkeit vom Body Mass Index. Die absolute Energiezufuhr unterscheidet sich signifikant zwischen normal- und übergewichtigen Schulanfängern. Obwohl die Energieaufnahme bezogen auf das Körpergewicht mit zunehmendem BMI abnimmt, besteht kein signifikanter Unterschied. Auch die absolute Protein- und Kohlenhydratzufuhr unterscheidet sich signifikant zwischen den normal- und übergewichtigen Schulanfängern, während kein Unterschied bei der Aufnahme von Fett zu beobachten ist. Der prozentuale Anteil von Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen an der Energieaufnahme unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den normal- und übergewichtigen Kindern.

Tab. 22: Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Energie- und Hauptnährstoffzufuhr von normal- und übergewichtigen Schulanfängern (MW \pm SD; Median/25-75er Perzentile)

	normalgewichtig (n=154)	übergewichtig (n=9)	stark übergewichtig (n=5)	p ^{\$}
Energie (kcal/d)	1539 \pm 282 1526/1344-1724	1869 \pm 378 1805/1572-2220	1799 \pm 599 1778/1272-2337	<0,05
(kcal/kg KG/d)	65,8 \pm 13,2 65,8/58,2-73,5	60,8 \pm 16,5 57,7/52,0-64,7	53,4 \pm 19,9 43,2/38,5-73,4	n.s.
(kJ/d)	6446 \pm 1183 6395/5634-7216	7828 \pm 1585 7562/6579-9305	7539 \pm 2507 7455/5330-9790	<0,05
(KJ/kg KG/d)	276 \pm 55 275/245-308	254 \pm 69 242/218-271	224 \pm 83 181/162-308	n.s.
Protein (g/d)	50,2 \pm 12,1 48,6/42,8-56,6	60,9 \pm 10,3 60,6/51,1-69,5	68,3 \pm 25,5 63,8/46,5-92,3	<0,01
(Protein/kg KG/d)	2,1 \pm 0,5 2,1/1,8-2,4	2,0 \pm 0,5 1,9/1,6-2,1	2,0 \pm 0,8 1,5/1,4-2,9	n.s.
(E %)	13,8 \pm 2,4 13,5/12,3-14,6	13,9 \pm 2,3 13,0/12,1-15,8	15,8 \pm 1,7 16,4/14,1-17,2	n.s.
Fett (g/d)	61,3 \pm 15,7 60,2/49,6-70,7	74,1 \pm 20,1 69,4/58,2-89,3	66,6 \pm 38,4 48,1/40,6-102	n.s.
(E %)	36,9 \pm 5,9 37,2/32,7-41,4	36,7 \pm 4,5 38,3/32,4-38,9	32,8 \pm 7,5 30,4/27,1-39,7	n.s.
Kohlenhydrate (g/d)	192 \pm 40 192/161-211	235 \pm 53,0 234/190-281	226 \pm 49 238/176-271	n.s.
(E %)	51,1 \pm 6,1 50,7/46,8-54,9	51,4 \pm 4,5 51,0/47,3-55,1	53,3 \pm 8,2 53,6/45,7-60,7	n.s.

^{\$} Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Body Mass Index (Kruskal-Wallis H-Test)

3.6.1 Energie- und Nährstoffzufuhr während des 3-Tage-Wiegeprotokolls in Abhängigkeit vom Body Mass Index

In Tabelle 23 wird die mittlere tägliche Zufuhr ausgewählter Vitamine und Mineralstoffe sowie die Aufnahme weiterer Nährstoffe wie Ballaststoffe, Cholesterin und Kochsalz dargestellt. Bei den Kindern mit einem erhöhten Körpergewicht ist die Zufuhr von Vitamin B12 und den Spurenelementen Calcium, Phosphor und Zink signifikant höher als bei den normalgewichtigen Schulanfängern. Darüber hinaus bestehen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Zufuhr der ausgewählten Vitamine und Mineralstoffe.

Tab. 23: Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Nährstoffzufuhr von normal- und übergewichtigen Schulanfängern (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	normalgewichtig (n=154)	übergewichtig (n=9)	stark übergewichtig (n=5)	p [§]
Retinol-Äquivalent (mg/d)	0,91 \pm 0,53 0,78/0,51-1,2	0,83 \pm 0,48 0,67/0,47-1,2	0,81 \pm 0,47 0,65/0,44-1,3	n.s.
Vitamin E (mg/d)	7,0 \pm 3,3 6,5/4,9-8,1	7,3 \pm 2,8 8,0/4,5-9,3	7,9 \pm 2,4 7,0/6,2-10,1	n.s.
Folat-Äquivalent (μ g/d)	218 \pm 220 160/132-206	190 \pm 74 157/143-252	301 \pm 241 221/165-478	n.s.
Thiamin (mg/d)	0,98 \pm 0,3 0,97/0,78-1,1	1,2 \pm 0,6 0,91/0,82-1,5	1,3 \pm 0,6 1,1/0,89-1,8	n.s.
Riboflavin (mg/d)	1,2 \pm 0,4 1,2/0,99-1,4	1,5 \pm 0,5 1,3/1,2-1,9	1,4 \pm 0,6 1,3/0,9-2,0	n.s.
Vitamin B ₆ (mg/d)	1,2 \pm 0,4 1,2/0,97-1,4	1,5 \pm 0,6 1,2/1,1-2,0	1,5 \pm 0,5 1,5/1,0-1,9	n.s.
Vitamin B ₁₂ (μ g/d)	3,0 \pm 1,4 2,9/2,3-3,5	3,9 \pm 1,2 4,3/2,9-4,8	4,3 \pm 2,2 4,2/2,2-6,3	<0,05
Vitamin C (mg/d)	85,6 \pm 44,4 78,0/55,9-102	82,6 \pm 38,8 82,4/49,6-113	87,6 \pm 49,0 93,0/37,3-135	n.s.

[§] Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Body Mass Index (Kruskal-Wallis H-Test)

Tab. 23: (Fortsetzung)

Eisen (mg/d)	9,3 ± 2,6 9,0/7,7-10,5	10,9 ± 3,6 9,9/8,4-14,0	10,2 ± 2,8 9,4/7,8-12,9	n.s.
Jod (µg/d)	67,7 ± 25,9 62,0/51,0-77,4	72,7 ± 16,8 72,6/60,0-84,5	68,4 ± 21,3 81,5/45,2-85,0	n.s.
Calcium (mg/d)	712 ± 213 692/562-832	854 ± 82 845/782-923	792 ± 256 844/540-1018	<0,05
Phosphor (mg/d)	967 ± 230 954/827-1076	1104 ± 145 1119/955-1227	1161 ± 470 1357/681-1543	<0,05
Zink (mg/d)	7,3 ± 1,7 7,2/6,1-8,2	8,5 ± 1,8 8,5/7,5-9,5	9,3 ± 3,1 9,6/6,6-12,0	<0,05
Ballaststoffe (g/d)	14,9 ± 4,4 14,4/12,1-16,9	16,2 ± 7,1 14,1/12,4-17,1	13,7 ± 2,8 14,1/11,3-15,9	n.s.
Cholesterin (mg/d)	230 ± 84 223/175-277	263 ± 81 250/217-276	269 ± 102 270/171-366	n.s.
NaCl (g/d)	4,2 ± 1,5 4,0/3,2-5,0	5,3 ± 2,0 4,8/4,1-6,6	5,7 ± 3,3 4,7/3,3-8,7	n.s.

[§] Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Body Mass Index (Kruskal-Wallis H-Test)

Tabelle 24 zeigt die mittlere tägliche Nährstoffdichte ausgewählter Vitamine und Mineralstoffe bei normal-, über- bzw. stark übergewichtigen Schulanfängern. Bei Betrachtung der energiebezogenen Aufnahme der Vitamine und Mineralstoffe zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen normal- und übergewichtigen Kindern.

Tab. 24: Aus den 3-Tage-Wiegeprotokollen berechnete mittlere tägliche Nährstoffdichte ausgewählter Vitamine und Mineralstoffe in Abhängigkeit vom Body Mass Index (MW \pm SD; Median/25-75er Perzentile)

	normalgewichtig (n=154)	übergewichtig (n=9)	stark übergewichtig (n=5)	p ^{\$}
Retinol-Äquivalent (mg/MJ)	0,14 \pm 0,08 0,12/0,09-0,17	0,11 \pm 0,09 0,09/0,07-0,12	0,12 \pm 0,07 0,10/0,05-0,19	n.s.
Vitamin E (mg/MJ)	1,1 \pm 0,4 1,0/0,81-1,3	0,95 \pm 0,4 0,90/0,61-1,3	1,1 \pm 0,3 1,0/0,85-1,4	n.s.
Folat-Äquivalent (μ g/MJ)	33,7 \pm 32,0 25,9/21,4-32,2	23,8 \pm 6,1 23,9/18,9-28,5	48,1 \pm 51,4 27,9/18,9-87,4	n.s.
Thiamin (mg/MJ)	0,15 \pm 0,04 0,15/0,13-0,17	0,15 \pm 0,05 0,13/0,11-0,17	0,17 \pm 0,04 0,17/0,14-0,2	n.s.
Riboflavin (mg/MJ)	0,19 \pm 0,04 0,19/0,16-0,21	0,20 \pm 0,05 0,18/0,16-0,24	0,18 \pm 0,03 0,19/0,15-0,21	n.s.
Vitamin B ₆ (mg/MJ)	0,19 \pm 0,04 0,19/0,16-0,22	0,18 \pm 0,05 0,17/0,14-0,23	0,20 \pm 0,06 0,20/0,16-0,25	n.s.
Vitamin B ₁₂ (μ g/MJ)	0,47 \pm 0,19 0,45/0,36-0,54	0,51 \pm 0,18 0,49/0,38-0,70	0,54 \pm 0,12 0,56/0,42-0,65	n.s.
Vitamin C (mg/MJ)	13,4 \pm 6,5 12,3/8,9-16,5	10,7 \pm 5,3 10,9/6,7-12,2	12,1 \pm 8,0 11,4/5,9-18,7	n.s.
Eisen (mg/MJ)	1,45 \pm 0,27 1,44/1,26-1,60	1,39 \pm 0,29 1,33/1,11-1,66	1,37 \pm 0,11 1,42/1,25-1,47	n.s.
Jod (μ g/MJ)	10,6 \pm 3,7 9,9/8,0-12,2	9,7 \pm 3,4 8,2/6,9-13,4	9,2 \pm 1,6 9,2/7,6-10,8	n.s.
Calcium (mg/MJ)	111 \pm 29 111/91-130	112 \pm 24 112/93-119	106 \pm 22 113/84-125	n.s.
Ca/P-Verhältnis	0,74 \pm 0,14 0,74/0,65-0,81	0,78 \pm 0,09 0,76/0,70-0,87	0,71 \pm 0,09 0,74/0,61-0,79	n.s.
Zink (mg/MJ)	1,1 \pm 0,2 1,1/1,0-1,3	1,1 \pm 0,2 1,1/0,9-1,3	1,3 \pm 0,2 1,2/1,1-1,4	n.s.

^{\$} Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Body Mass Index (Kruskal-Wallis H-Test)

3.6.2 Energie- und Nährstoffzufuhr während des 3-Tage-Wiegeprotokolls im Vergleich zu den Referenzwerten der Deutschen, Österreichischen und Schweizer Gesellschaften für Ernährung (DACH) 2000

Inwieweit die Referenzwerte der DACH hinsichtlich der Energie und einiger ausgewählter Nährstoffe erreicht werden, wird in den Abbildungen 27 (s. auch Tabelle A9 Anhang) und 28 dargestellt.

Die aktuellen Richtwerte der DACH (2000) für die tägliche Energiezufuhr für die Altersgruppe der 4- bis unter 10jährigen Kinder betragen 7,2 MJ (1700 kcal) für die Jungen und 6,5 MJ (1550 kcal) für die Mädchen. Somit unterschreiten sowohl die 6-7jährigen Jungen die empfohlene Energiezufuhr um durchschnittlich -6,3 %, als auch die Mädchen um -3,9 %. Weiterhin führen die Jungen und Mädchen im Mittel 35 % der Energie in Form von Fett zu, während die mittlere Kohlenhydratzufuhr bei einem Richtwert von 55 % im Mittel um knapp -12 % unterhalb der empfohlenen Zufuhr liegt. Die Eiweisszufuhr wird dagegen bei einer Sollzufuhr von 10 % der Energie von den Schulanfängern im Mittel um knapp 28 % überschritten (Abbildung 27).

Abbildung 28 zeigt, dass 41,1 % der 6-7jährigen Mädchen und 32,9 % der Jungen eine tägliche Energiezufuhr über den Richtwerten von 6,5 und 7,2 MJ/d aufweisen.

Die Eisenaufnahme der Schulanfänger entspricht im Mittel den Referenzwerten (Abbildung 27). 51 % der Mädchen und Jungen liegen jedoch unterhalb der täglichen Eisen-Sollzufuhr (Abbildung 28). Von den Kindern, die die empfohlene Eisenzufuhr nicht erreichen, haben 21,2 % der Kinder (11 Mädchen, 7 Jungen) eine Eisenzufuhr zwischen 4,5 mg und 6,75 mg Eisen pro Tag (= 50 - 75 % der Sollzufuhr). 78,8 % der Schulanfänger (36 Mädchen, 31 Jungen) liegen bezüglich ihrer Eisenaufnahme bei mehr als 75 % der empfohlenen 9 mg pro Tag.

Der Sollwert der täglichen Jodzufuhr wird im Mittel nur zu 48 % erreicht (Abbildung 27). 3 % der Kinder liegen über einer täglichen Sollzufuhr von 130 µg Jod (Abbildung 28). Von den Kindern, die eine Jodzufuhr unterhalb den Referenzwerten aufweisen, nehmen 58,3 % (55 Mädchen, 40 Jungen) höchstens 65 µg Jod pro Tag (< 50 % der Sollzufuhr) auf. 34,4 % (35 Mädchen, 21 Jungen) der Schulanfänger liegen hinsichtlich ihrer Jodaufnahme zwischen 50 und 75 % (65 – 97,5 µg/d) der Sollzufuhr und nur 7,5 % (3 Mädchen, 9 Jungen) nehmen mehr als 75 % der empfohlenen Jodzufuhr auf.

Bei der Calciumaufnahme liegen 63 % der Jungen und 69,5 % der Mädchen unterhalb der Referenzwerte (Abbildung 28). Die durchschnittliche Aufnahme von Calcium weicht vor allem bei den Mädchen um knapp -14 % von der empfohlenen Zufuhr ab (Abbildung 27). Die Empfehlungen für Vitamin B12 werden von den Schulanfängern um durchschnittlich 72 % überschritten (Abbildung 27). 10 % der Kinder nehmen ungenügend Cobalamin über die Nahrung auf (Abbildung 28). Bei der durchschnittlichen Zufuhr von Folat-Äquivalenten ist dagegen festzustellen, dass 86,3 % der Mädchen und 90,5 % der Jungen unterhalb der täglichen Zufuhrempfehlung liegen (Abbildung 28). Die mittlere Abweichung der Folat-Äquivalentzufuhr liegt um knapp -46 % unterhalb der empfohlenen Zufuhr (Abbildung 27). Die mittlere Vitamin C-Versorgung liegt bei den Jungen um 11 %, bei den Mädchen dagegen um 1 % oberhalb der Sollzufuhr (Abbildung 27). Knapp 52 % der 6-7jährigen Mädchen und knapp 43 % der gleichaltrigen Jungen treffen dennoch die Empfehlungen der DACH nicht (Abbildung 28).

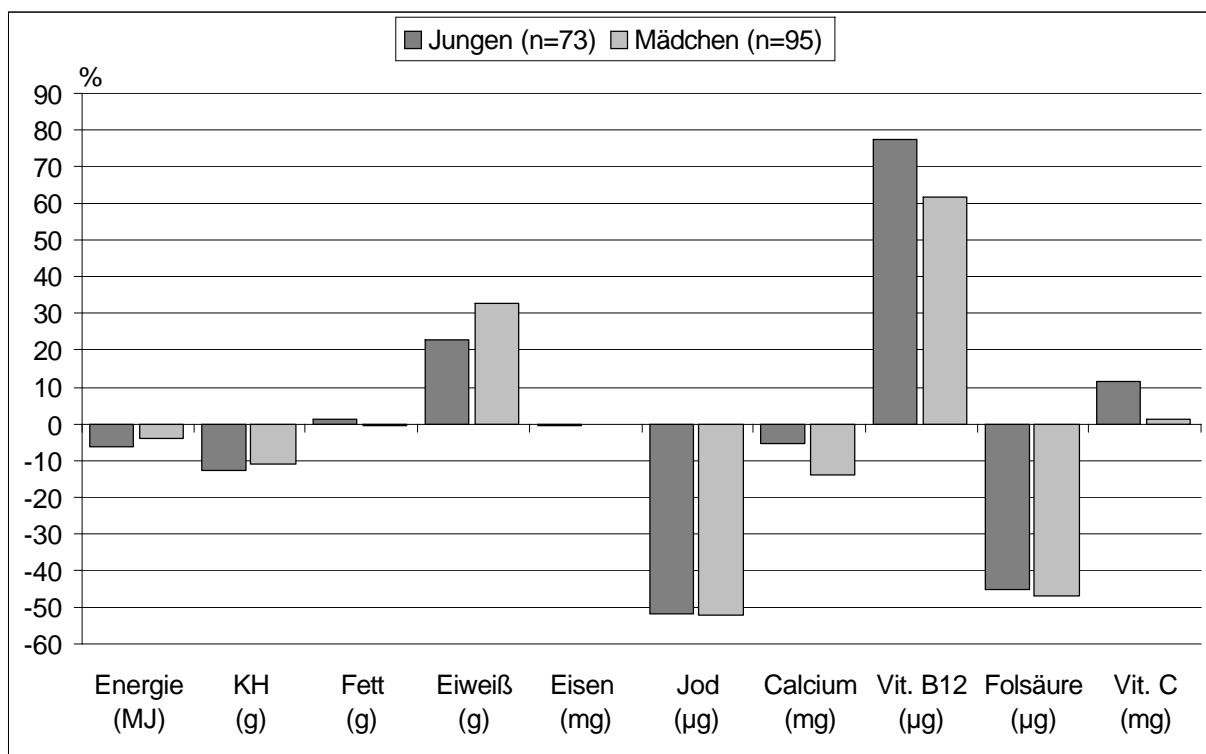


Abb. 27: Prozentuale Abweichung der Energie und ausgewählter Nährstoffe von den empfohlenen Referenzwerten der DACH (2000) bei Jungen und Mädchen im Alter von 6-7 Jahren (0 % = empfohlene Zufuhr)

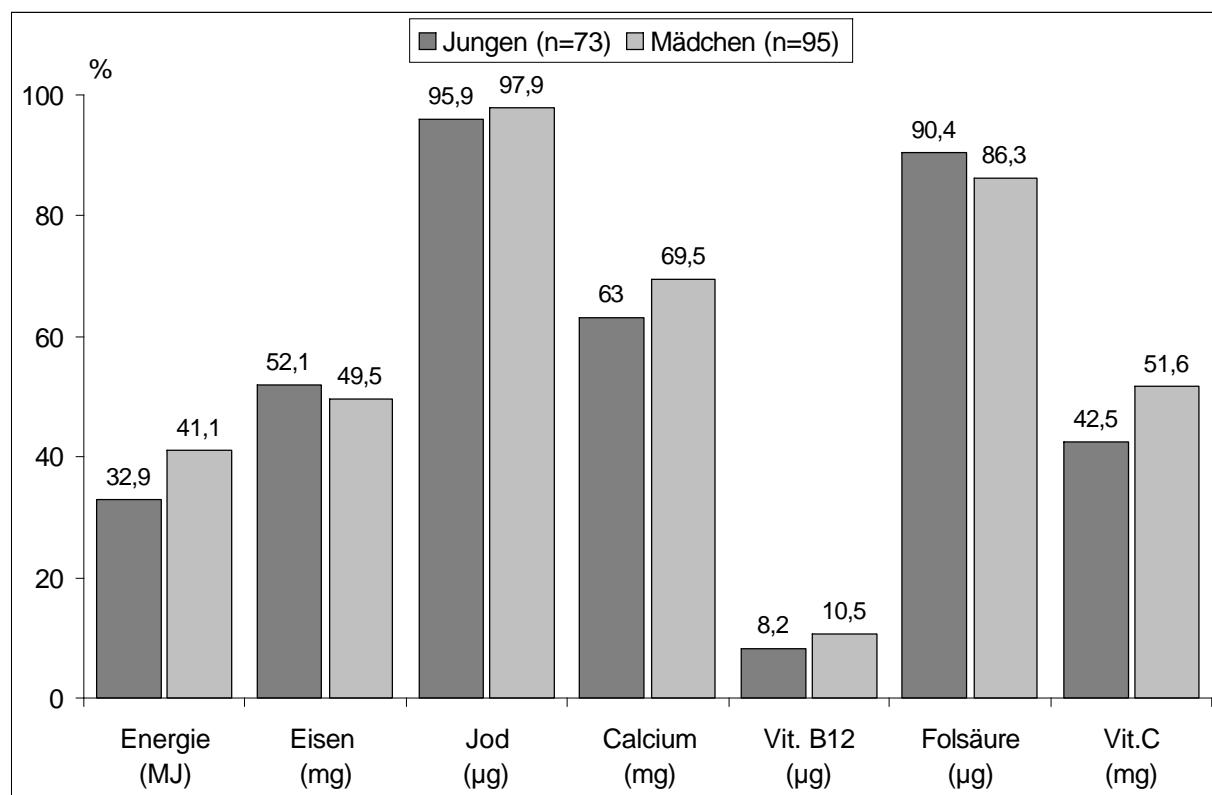


Abb. 28: Prozentualer Anteil 6-7jähriger Jungen und Mädchen oberhalb der empfohlenen Energiezufuhr bzw. unterhalb der Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr der DACH (2000)

3.7 Duplikatmethode („duplicate portion technique“)

Die 13 Mädchen und 15 Jungen, die an der Duplikatmethode teilnehmen, sind seit der Durchführung des Wiegeprotokolls 1998 inzwischen ein Jahr älter und besuchen die zweite Klasse. Das Alter der Kinder beträgt somit im Mittel $7,6 \pm 0,57$ (MW \pm SD) Jahre.

3.7.1 Lebensmittelverzehr während der Duplikatsammlung

Der mittlere Gesamtverzehr der Kinder beträgt während der 3-tägigen Duplikatsammlung 1750 ± 335 g (1746/1664–1913 g) (MW \pm SD (Median/25–75er Perzentile)). Die gesamte Aufnahme aller Lebensmittel und Getränke unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den drei Sammeltagen. Nach Trocknung der gesammelten Lebensmittel und Getränke wird eine tägliche durchschnittliche Trockensubstanz (TrS) von 369 ± 69 g (370/320–421 g) ermittelt, was einem mittleren Anteil von 21 ± 3 % (21/19,0–22,8 %) TrS am Gesamtverzehr entspricht.

In Tabelle 25 ist der mittlere Lebensmittel- und Getränkeverzehr pro Tag bei einem Subkollektiv von 28 Kindern während der Duplikatsammlung dargestellt. Die Höhe des Verzehrs der verschiedenen Lebensmittel und Getränke zeigt zwischen den drei Sammeltagen keine signifikanten Unterschiede. Auf eine tabellarische Darstellung mit den Verzehrmengen der einzelnen Tage wird daher verzichtet.

Tab. 25: Mittlerer Lebensmittel- und Getränkeverzehr (g/d) eines Subkollektivs von Kindern während der Duplikatsammlung (MW \pm SD; Median/25–75er Percentile)

	Gesamt (n=28)
Fleisch (Schwein, Rind, Kalb, Lamm, Geflügel)	$30,2 \pm 43,4$ 25,5/0,0–44,3
Fleisch- und Wurstwaren	$21,9 \pm 16,8$ 19,0/8,0–30,0
Fisch und Fischwaren	$10,1 \pm 14,0$ 0,0/0,0–26,3
Eier	$7,9 \pm 11,9$ 0,0/0,0–18,5
Milch und Milchprodukte	302 ± 179 320/210–369
Käse und Quark	$36,2 \pm 43,3$ 23,0/1,3–58,5
Butter	$8,7 \pm 8,1$ 7,0/1,3–17,0
Speisefette	$2,4 \pm 4,0$ 0,5/0,0–3,8
Brot und Backwaren	139 ± 49 143/98,3–177
Nährmittel	123 ± 72 119/60,3–167
Kartoffel und Kartoffelprodukte	$49,0 \pm 43,7$ 40,5/26,8–68,5
Obst und Obstprodukte	$120 \pm 93,9$ 95,0/35,8–201
Gemüse und Gemüseprodukte	116 ± 77 101/57,3–150
Zucker (Süßwaren, Marmelade, Honig, Nougatcreme)	$49,9 \pm 41$ 36,0/18,5–67,8
Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte	266 ± 234 216/67,0–447
Leitungs-/Mineralwasser	324 ± 240 292/90,0–509
Tee	146 ± 216 40,0/0,0–213

3.7.2 Energie- und Nährstoffzufuhr während der Duplikatsammlung

Tabelle 26 zeigt die mittlere tägliche Energie- und Hauptnährstoffzufuhr bei einem Subkollektiv von Kindern während der Duplikatsammlung. Hinsichtlich der Zufuhrdaten bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Sammeltagen.

Tab. 26: Mittlere tägliche Energie- und Hauptnährstoffzufuhr eines Subkollektivs von Kindern während der Duplikatsammlung (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	Gesamt
	(n=28)
Energie (kcal/d)	1596 ± 321 1531/1348-1897
(kcal/kg KG/d)	$64,4 \pm 11,5$ 64,6/55,8-73,1
(kJ/d)	6685 ± 1343 6416/5648-7941
(KJ/kg KG/d)	$270 \pm 48,3$ 271/224-306
Protein (g/d)	$51,1 \pm 12,2$ 51,2/40,8-62,9
(Protein/kg KG/d)	$2,0 \pm 0,4$ 2,0/1,7-2,4
(E %)	$13,5 \pm 2,3$ 13,9/11,9-15,1
Fett (g/d)	$59,9 \pm 15,3$ 58,9/50,6-66,2
(E %)	$34,8 \pm 4,8$ 35,6/31,3-38,4
Kohlenhydrate (g/d)	$208 \pm 46,1$ 194/177-233
(E %)	$53,5 \pm 5,2$ 53,8/48,6-57,4

Aus Tabelle 27 geht die mittlere tägliche Zufuhr ausgewählter Vitamine und Mineralstoffe sowie die Aufnahme weiterer Nährstoffe wie Ballaststoffe, Cholesterin und Kochsalz hervor. Auch hier werden keine signifikanten Unterschiede bei der Zufuhr zwischen den drei Sammeltagen beobachtet.

Bei der mit Prodi berechneten Kochsalzzufuhr ist von nicht jodiertem Speisesalz auszugehen, so dass dem Organismus hier bei einer verzehrten Menge von 4,3 g Speisesalz nur 0,86 µg Jodid pro Tag zugeführt werden.

Tab. 27: Mittlere tägliche Nährstoffzufuhr (ausser Eisen und Jod) eines Subkollektivs von Kindern während der Duplikatsammlung (MW ± SD; Median/25–75er Perzentile)

	Gesamt (n=28)
Retinol-Äquivalent (mg/d)	$0,84 \pm 0,34$ 0,83/0,55-0,98
Vitamin E (mg/d)	$8,0 \pm 3,7$ 8,9/4,8-11,0
Folat-Äquivalent (µg/d)	210 ± 70 200/156-251
Thiamin (mg/d)	$1,0 \pm 0,3$ 0,97/0,79-1,2
Riboflavin (mg/d)	$1,4 \pm 0,4$ 1,3/1,1-1,7
Vitamin B ₆ (mg/d)	$1,4 \pm 0,4$ 1,4/1,1-1,6
Vitamin B ₁₂ (µg/d)	$3,0 \pm 1,2$ 2,9/2,2-3,8
Vitamin C (mg/d)	106 ± 58 98,3/55,5-135
Calcium (mg/d)	867 ± 276 834/674-1056
Phosphor (mg/d)	1069 ± 283 1074/840-1235
Zink (mg/d)	$7,7 \pm 2,0$ 7,9/6,2-9,3
Ballaststoffe (g/d)	$17,0 \pm 5,6$ 15,6/12,9-20,4
Cholesterin (mg/d)	216 ± 90 201/156-243
NaCl (g/d)	$4,6 \pm 2,0$ 4,3/3,3-5,3

3.7.2.1 Eisen- und Jodzufuhr aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll während der Duplikat-sammlung im Vergleich zu den laborchemisch ermittelten Zufuhrdaten

Tabelle 28 zeigt zum einen die alimentäre Eisen- und Jodzufuhr berechnet mit dem Nährwertberechnungsprogramm Prodi 4.4 (BLS II.2), zum anderen die laborchemische Bestimmung von Eisen und Jod aus den einzelnen drei Gesamt-Tagesproben. Sowohl die berechnete Zufuhr von Eisen und Jod aus dem Wiegeprotokoll der Duplikatmethode (WPD), als auch die im Labor analysierten Eisen- und Jodkonzentrationen aus den gesammelten Proben (LAD) zeigen zwischen den einzelnen Sammeltagen keine signifikanten Unterschiede. Bei Vergleich der jeweiligen Sammeltage der beiden Methoden, wie z.B. WPD1 (Wiegeprotokoll Duplikat Tag 1) mit LAD1 (Laboranalyse Duplikat Tag 1), ist dagegen bei allen drei Tagen die Zufuhr von Eisen und Jod nach der Analyse signifikant höher als die berechnete Zufuhr aus den Wiegeprotokollen.

Tab. 28: Vergleich der aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll berechneten Eisen- und Jodzufuhr mit den laborchemisch bestimmten Zufuhrdaten der drei einzelnen Sammeltage (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

(n=28)	3-Tage-Wiegeprotokoll (WPD ¹)*			Laboranalyse (LAD ¹)*		
	WPD1	WPD2	WPD3	LAD1§	LAD2§	LAD3§
Eisen (mg/kg TrS)	--	--	--	36,9 \pm 9,1 36,2/ 29,9-43,9	36,3 \pm 9,4 36,2/ 31,9-42,0	39,3 \pm 10,7 37,0/ 32,3-47,6
Eisen (mg/d)	9,4 \pm 3,5 8,9/ 7,0-11,0	10,1 \pm 3,1 9,5/ 8,5-11,6	10,7 \pm 3,7 10,3/ 7,6-14,1	13,4 \pm 4,4 12,6/ 9,7-17,6	13,7 \pm 4,7 13,7/ 11,3-17,2	14,2 \pm 5,4 13,1/ 10,6-15,9
Jod (μ g/kg TrS)	--	--	--	459 \pm 114 461/ 401-520	502 \pm 145 492/ 421-558	477 \pm 123 452/ 387-549
Jod (μ g/d)	74,0 \pm 29,5 74,1/ 47,6-94,0	89,3 \pm 49,5 77,9/ 60,4-105	84,3 \pm 48,0 68,8/ 58,1-98,3	167 \pm 54,5 175/ 126-210	190 \pm 65,7 177/ 140-231	173 \pm 59,2 179/ 116-211

¹ WPD = Wiegeprotokoll Duplikat, LAD = Laboranalyse Duplikat; 1, 2, 3 entsprechen den drei Tagen der Duplikatsammlung, z. B. Tag 1 = WPD1 oder LAD 1

§ Wilcoxon Matched-Pairs Test zwischen WPD und LAD der jeweiligen Sammeltage: p<0,001; * keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Sammeltagen der jeweiligen Methode (H-Test nach Kruskal-Wallis)

Aus Tabelle 29 geht die durchschnittliche Eisen- und Jodkonzentration der Gesamt-Tagesproben der Duplikatmethode hervor, berechnet aus dem Durchschnitt der drei Sammeltage (LAD gesamt) sowie die berechnete mittlere tägliche Eisen- und Jodaufnahme nach dem 3-Tage-Wiegeprotokoll (WPD gesamt). Die Laboranalyse zeigt, dass sowohl die mittlere Eisenzufuhr als auch die mittlere Jodzufuhr um 26,3 % bzw. um 52,8 % signifikant höher war als die berechnete Zufuhr aus WPD.

Tab. 29: Vergleich der aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll berechneten Eisen- und Jodzufuhr mit den laborchemisch bestimmten Zufuhrdaten aus dem Durchschnitt der drei Sammeltage (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	3-Tage-Wiegeprotokoll (n=28)	Laboranalyse (LAD gesamt)	Differenz (%)
Eisen (mg/kg TrS)	—	37,5 \pm 6,2 36,5/32,3-40,8	—
Eisen (mg/d)	10,0 \pm 2,5 9,9/8,1-12,0	13,7 \pm 3,7 13,0/10,3-16,0	25,0 \pm 14,7 \ddagger 26,3/13,5-37,2
Jod (μ g/kg TrS)	—	479 \pm 110 464/397-534	—
Jod (μ g/d)	82,5 \pm 24,9 76,8/67,6-103	176 \pm 52 173/145-217	51,2 \pm 15,8 \ddagger 52,8/47,0-63,4

§ Wilcoxon Matched-Pairs Test zwischen WPD und LAD: p < 0,001

Bei Vergleich der berechneten Eisenzufuhr aus dem WPD mit den Referenzwerten der DACH (2000) für 7-10jährige Kinder (10 mg/d) liegt die mittlere tägliche Eisenzufuhr der Probanden um knapp –1,1 % unterhalb der Soll-Zufuhr. Nach der Laboranalyse von alimentär zugeführtem Eisen ist dagegen eine mittlere tägliche Zufuhr um 30 % oberhalb der Referenzwerte zu verzeichnen.

Der Vergleich der berechneten Aufnahme von Jod aus dem WPD mit der Laboranalyse zeigt ähnliche Tendenzen mit einer wesentlich größeren Differenz zwischen den beiden Untersuchungsmethoden. Demnach liegt die mittlere tägliche Jodzufuhr nach dem WPD –45 % unterhalb des DACH-Referenzwertes für 7-10jährige Kinder (140 μ g/d), während durch die exakte Laboranalyse eine mittlere tägliche Zufuhr von 23 % oberhalb der Referenzwerte ermittelt wurde.

Die Berechnungen beziehen sich sowohl für Eisen als auch für Jod aufgrund nicht normalverteilter Daten auf den Median.

Abbildung 29 zeigt den Anteil der Kinder, der nach der jeweils verwendeten Methode zur Bestimmung der Eisen- und Jodzufuhr (Wiegeprotokoll Duplikat vs. Laboranalyse Duplikat) unterhalb der entsprechenden Referenzwerte der DACH (2000) liegt. Hierbei wird deutlich, dass bei einer Analyse mittels Nährwertberechnungsprogramm der Anteil der Kinder unterhalb der Referenzwerte deutlich höher liegt als nach der laborchemischen Analyse von Eisen und Jod ermittelt. Demnach weisen nach WPD 50 % der Kinder eine unzureichende Eisenversorgung auf, dagegen nur 7,1 % der Schulanfänger nach laborchemischer Analyse der verzehrten Lebensmittel. Nach LAD haben sogar 78,5 % Kinder eine bessere Jodversorgung als nach WPD angenommen.

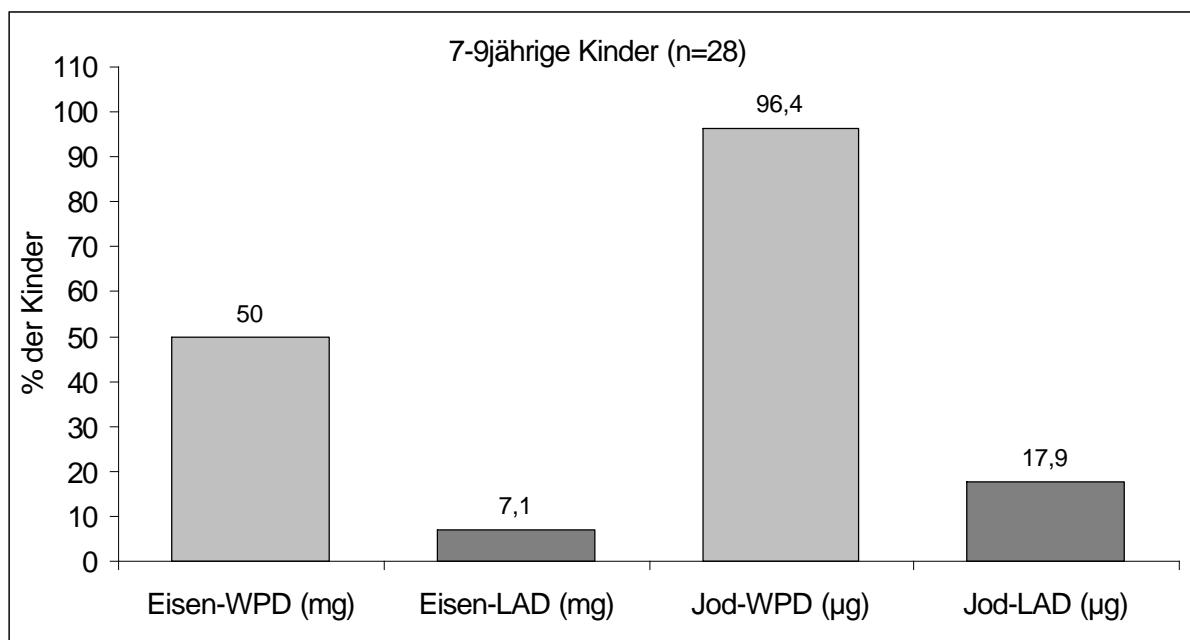


Abb. 29: Prozentualer Anteil von Jungen und Mädchen unterhalb der Nährstoffempfehlungen der DACH (2000) für Eisen und Jod in Abhängigkeit der methodischen Bestimmung

3.7.2.2 Eisen- und Jodzufuhr aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll während der Duplikatsammlung im Vergleich zum 3-Tage-Wiegeprotokoll von 1998

Bei Vergleich der Aufnahme von Eisen und Jod nach dem 3-Tage-Wiegeprotokoll während der Duplikatsammlung (WPD) und der Aufnahme nach dem 3-Tage-Wiegeprotokoll (WP) von 1998 zeigt sich hinsichtlich der Jodzufuhr ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Protokollperioden (Tabelle 30). Die mittlere Jodaufnahme mit der Nahrung während der Duplikatsammlung ist um 13,3 % höher als bei der protokollierten Zufuhr ein Jahr vorher. Die durchschnittliche Eisenzufuhr lässt zwischen den beiden Protokollperioden keine signifikante Differenz erkennen.

Tab. 30: Vergleich der aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll der Duplikatsammlung berechneten Eisen- und Jodzufuhr mit den Zufuhrdaten aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll von 1998 (MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

(n = 28)	3-Tage-Wiegeprotokoll 1998 (WP)	3-Tage-Wiegeprotokoll Duplikat (WPD)	Differenz (%)
Eisen (mg/d)	$9,7 \pm 2,4$ 9,7/7,7-11,3	$10,0 \pm 2,5$ 9,9/8,1-12,0	$6,3 \pm 26,1$ 4,9/-9,3-16,4
Jod (μ g/d)	$66,8 \pm 21,4$ 63,0/50,2-79,7	$82,5 \pm 24,9$ 76,8/67,6-103	$31,9 \pm 54,4$ 13,3/-7,4-63,4§

§ Wilcoxon Matched-Pairs Test zwischen WP und WPD: p < 0,05

Im Anhang (s. Tabellen A10 und A10a) ist eine vergleichende Betrachtung der durchschnittlichen Energiezufuhr und der Zufuhr weiterer Nährstoffe berechnet aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll während der Duplikatsammlung (WPD) und dem 3-Tage-Wiegeprotokoll (WP) von 1998 aufgeführt. Weiterhin wird der Lebensmittel- und Getränkeverzehr zwischen beiden Protokollperioden für die betrachtete Subpopulation der Kinder im Anhang (s. Tabelle A11 Anhang) verglichen und ebenfalls tabellarisch dargestellt.

3.7.3 Zusammenhang zwischen der ermittelten Eisen- und Jodzufuhr nach Wiegeprotokoll und Laboranalyse und der Lebensmittelzufuhr nach Wiegeprotokoll während der Duplikatmethode

Der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient (r) zeigt zwischen dem berechneten Jod aus WPD und dem analysierten Jod aus LDA eine signifikant positive Korrelation von $r = 0,52$ ($p < 0,01$). Hinsichtlich der ermittelten Eisenzufuhr ist die Beziehung zwischen beiden Methoden bei einem Rangkorrelationskoeffizienten von $r = 0,74$ ($p < 0,001$) deutlich stärker.

Das aus WPD berechnete Eisen korreliert signifikant mit dem Verzehr von Brot und Backwaren ($r = 0,49$, $p < 0,01$), Gemüse ($r = 0,42$, $p < 0,05$), Nährmittel ($r = 0,55$, $p < 0,01$) und Erfrischungsgetränken ($r = 0,42$, $p < 0,05$) während der Duplikatsammlung. Dagegen ist bei der laborchemisch bestimmten Eisenaufnahme nur eine signifikante Beziehung zur Nährmittelaufnahme ($r = 0,60$, $p < 0,001$) und dem Verzehr von Erfrischungsgetränken ($r = 0,52$, $p < 0,01$) zu verzeichnen.

Bezüglich der Jodaufnahme aus WPD korreliert die Zufuhr nur signifikant mit dem Verzehr von Fisch und Fischprodukten ($r = 0,58$, $p < 0,001$). Analysiertes Jod weist dagegen einen Spearmanschen Rangkorrelationskoeffizienten von $r = 0,46$ ($p < 0,05$) zum Verzehr von Nährmittel und von $r = 0,51$ ($p < 0,01$) zum Obstverzehr auf. Keine signifikante Beziehung besteht zum Fischverzehr.

3.8 Eisen- und Jodstoffwechsel

Von 181 Schulanfängern (103 Mädchen, 78 Jungen) wurden biochemische Marker des Eisen- und Jodstoffwechsels bestimmt. Anhand dieser wird die Prävalenz eines Eisen- bzw. Jodmangels untersucht und ein Zusammenhang zu verschiedenen möglichen Prädiktoren des Eisen- respektive des Jodstoffwechsels überprüft.

3.8.1 Konzentrationen verschiedener biochemischer Parameter des Eisenstoffwechsels

In Tabelle 31 sind die Konzentrationen verschiedener Parameter des Eisenstoffwechsels bei 6-7jährigen Jungen und Mädchen dargestellt. Die mittleren Konzentrationen liegen nicht unterhalb physiologischer Grenzwerte wie die aufgeführten Referenzwerte in Tabelle A12 im Anhang zeigen. Bei keinem der bestimmten Biomarker des Eisenstoffwechsels bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

Tab. 31: Biochemische Parameter des Eisenstoffwechsels von Schulanfängern
(MW \pm SD; Median/25–75er Perzentile)

	Mädchen (n=103)	Jungen (n=78)	p§	Gesamt (n=181)
Serum				
Gesamteisen ($\mu\text{mol/l}$)	$15,7 \pm 4,6$ 15,3/10,6-19,2	$16,2 \pm 6,4$ 15,9/11,8-19,4	n.s.	$15,9 \pm 7,1$ 15,4/10,7-19,3
Ferritin (ng/ml)	$31,9 \pm 15,7$ 31,0/20,0-37,0	$31,5 \pm 12,3$ 30,0/22,8-38,3	n.s.	$31,7 \pm 14,3$ 30,0/21,0-37,5
Transferrin (g/l)	$2,9 \pm 0,4$ 2,9/2,6-3,2	$3,0 \pm 0,4$ 2,9/2,6-3,2	n.s.	$3,0 \pm 0,4$ 2,9/2,6-3,2
Transferrin-Sättigung (%) ¹	$24,1 \pm 11,9$ 23,1/17,1-29,3	$24,7 \pm 10,3$ 23,5/17,5-30,8	n.s.	$24,4 \pm 11,2$ 23,1/17,3-29,9
sTfR (mg/l) ^{2,*}	$1,45 \pm 0,28$ 1,44/1,26-1,63	$1,46 \pm 0,26$ 1,42/1,28-1,63	n.s.	$1,46 \pm 0,27$ 1,43/1,27-1,63
sTfR:Ferritin-Quotient*	$60,4 \pm 45,9$ 48,3/37,8-66,5	$55,3 \pm 27,8$ 49,6/33,5-69,1	n.s.	$58,2 \pm 39,0$ 48,9/36,1-67,1
log sTfR:Ferritin-Quotient*	$1,70 \pm 0,25$ 1,68/1,58-1,82	$1,69 \pm 0,21$ 1,70/1,53-1,84	n.s.	$1,70 \pm 0,23$ 1,69/1,56-1,83

Tab. 31: (Fortsetzung)

Folat (ng/ml)	10,8 ± 3,4 10,5/8,5-13,4	11,4 ± 3,5 11,4/8,4-14,3	n.s.	11,1 ± 3,4 10,8/8,5-13,7
Vitamin B ₁₂ (pg/ml)	781 ± 253 755/584-890	737 ± 228 712/564-877	n.s.	762 ± 243 723/577-884
Vollblut				
Hämoglobin (g/dl)	13,4 ± 0,8 13,4/12,9-13,8	13,4 ± 0,8 13,3/12,9-13,9	n.s.	13,4 ± 0,8 13,3/12,9-13,8
Hämatokrit (%)	40,0 ± 2,5 40,1/38,6-41,1	40,0 ± 2,3 40,0/38,7-41,1	n.s.	40,0 ± 2,4 40,0/38,7-41,1
Erythrozyten (10 ⁶ /µl)	4,77 ± 0,32 4,77/4,57-4,95	4,81 ± 0,35 4,82/4,63-4,94	n.s.	4,78 ± 0,33 4,79/4,59-4,95
Retikulozyten (%)	1,84 ± 0,54 1,70/1,44-2,08	1,71 ± 0,43 1,60/1,51-1,91	n.s.	1,78 ± 0,50 1,66/1,47-1,96
MCH (pg) ³	28,2 ± 1,1 28,1/27,5-28,8	27,9 ± 1,5 28,1/27,4-28,6	n.s.	28,0 ± 1,3 28,1/27,4-28,7
MCV (fl) ⁴	84,0 ± 2,8 83,9/82,0-86,0	83,4 ± 3,6 83,7/82,1-85,7	n.s.	83,8 ± 3,2 83,8/82,1-85,8

¹ Berechnet aus Serumeisen (µg/dl)/Transferrin (mg/dl) x 1,25

² Lösliche Transferrin-Rezeptoren

³ Mittlerer absoluter Hämoglobingehalt der Erythrozyten

⁴ Mittleres Erythrozytenvolumen

§ Keine signifikanten geschlechtsabhängigen Unterschiede (U-Test nach Mann-Whitney)

* Mädchen (n = 100), Jungen (n = 77)

3.8.2 Erstellung von Referenzwerten für die löslichen Transferrinrezeptoren und den Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotienten

Die Abbildungen 30 und 31 zeigen die Verteilungen der löslichen Transferrinkonzentrationen (sTfR) sowie die der Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotienten (sTfR:Ferritin). Da sTfR:Ferritin eine linksgipelige Verteilung aufweist, erfolgte die Berechnung des Referenzintervalls und die weiteren Auswertungen nach logarithmischer Transformation. Der 95 %- Referenzintervall für die beiden Konzentrationen wurde anhand des Mittelwertes (MW) \pm 1,96 SD berechnet. Da keine geschlechtsspezifischen Differenzen ersichtlich sind, wurde der Normbereich für die gesamte Population der Erlanger Schulanfänger ermittelt:

sTfR (mg/l): MW \pm SD: 1,46 \pm 0,27 (95 %-Referenzintervall: 0,93 – 1,98)

log sTfR:Ferritin: MW \pm SD: 1,70 \pm 0,23 (95 %-Referenzintervall: 1,25 – 2,15
≈ nicht logarithmiert: 17,6 - 142)

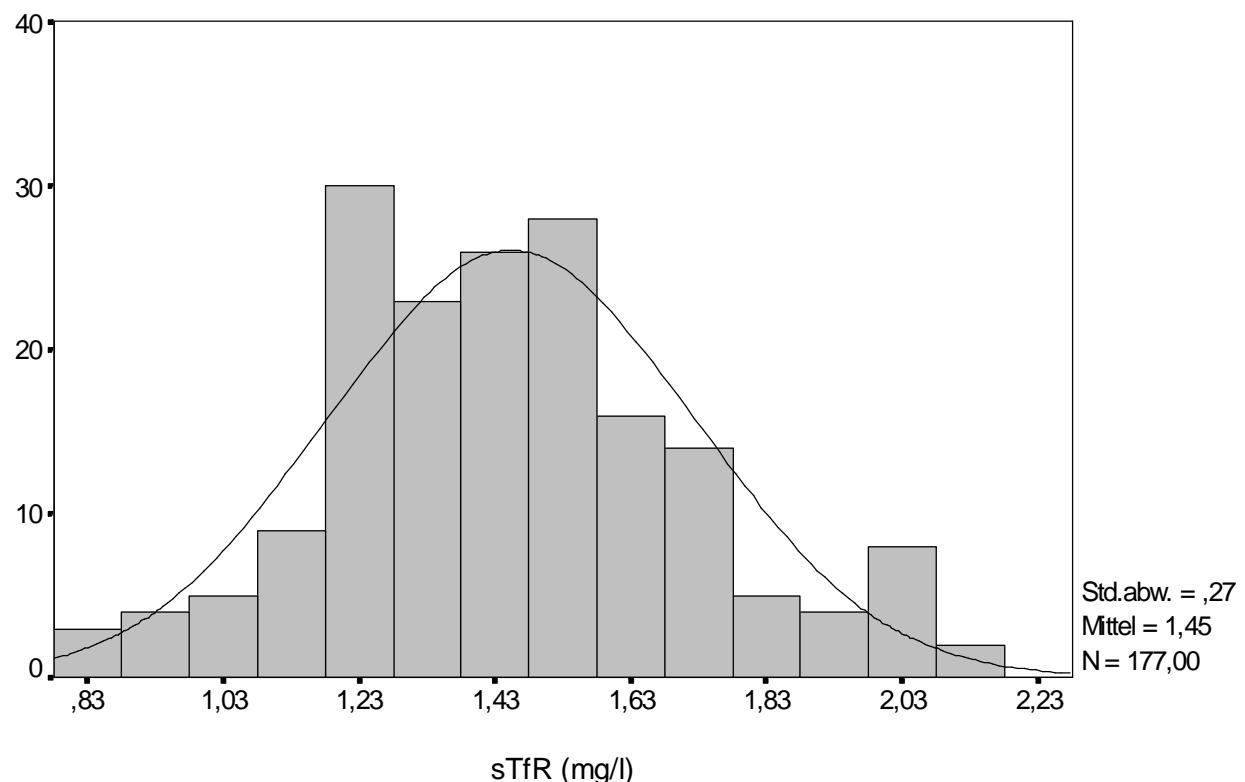


Abb. 30: Verteilung der Schulanfänger nach der Konzentration der löslichen Transferrinrezeptoren (sTfR)

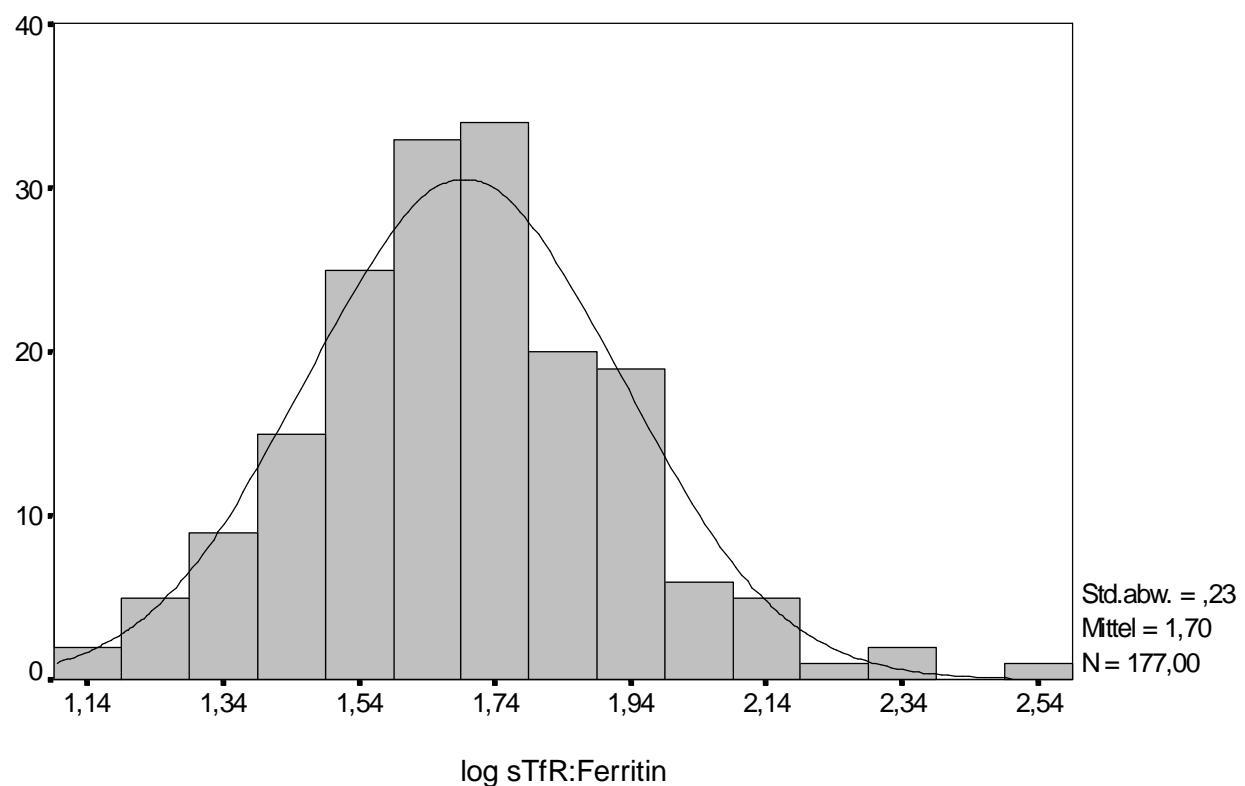


Abb. 31: Verteilung der Schulanfänger nach dem log Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotienten (sTfR:Ferritin)

3.8.3 Prävalenz von Eisenmangel und Eisenmangelanämie anhand verschiedener Parameter des Eisenstoffwechsels

Zur Bestimmung der Prävalenz eines möglicherweise vorhandenen Eisenmangels bzw. einer Eisenmangelanämie wurden nur die Datensätze von den Kindern mit komplett vorliegendem Eisenstatus berücksichtigt. Die Abbildung 32 zeigt bei isolierter Betrachtung der wichtigsten hämatologischen Parameter den Anteil von Kindern, die unterhalb der Referenzwerte (s. Tabelle A12 Anhang) der jeweilig aufgeführten biochemischen Marker liegen. Geschlechtsspezifische Differenzen bestehen bei fast allen Parametern, wenn auch meist nicht stark ausgeprägt. Die 6-7jährigen Mädchen weisen bei allen aufgeführten hämatologischen Parametern, außer bei MCV, Folat und Vitamin B12, eine höhere Prävalenz auf als die Jungen.

Wird Serum-Ferritin (SF) als diagnostischer Parameter für einen Eisenmangel (EM) ohne bestehende Anämie herangezogen, haben von 174 Schulanfängern 23,6 % (25 Mädchen, 16 Jungen) einen Ferritinwert unterhalb des Grenzwertes von 20 ng/ml. Bei diesen ist eine marginale Eisenversorgung mit Entleerung der Eisenspeicher prävalent. 2,9 % der Schulanfänger (4 Mädchen, 1 Junge) haben einen Ferritinwert unterhalb des Grenzwertes von 12 ng/ml und weisen somit erschöpfte Eisenspeicher bzw. einen latenten Eisenmangel auf.

Eine niedrige Transferrin-Sättigung (TS) von weniger als 10 % haben insgesamt 5,2 % (n = 9) der Kinder. Zur Differenzierung zwischen einem Eisenmangel und beginnender Eisenmangel-Erythropoese (EME) werden häufig multiple Kriterien herangezogen, so z.B. das SF in Kombination mit der TS. In der vorliegenden Untersuchung hat keines der Kinder einen SF-Wert von ≤ 12 ng/ml und < 10 % TS. Ein SF von ≤ 20 ng/ml und TS < 10 % haben dagegen vier (2,3 %) Kinder. Ein 6jähriges Mädchen hat eine SF-Konzentration von 26 ng/ml und eine TS von 9,2 %. Vier weitere Kinder haben Serm-Ferritinkonzentrationen zwischen 41 und 75 ng/ml und eine TS < 10 %. Wird als weiteres Kriterium $sTfR > 1,98$ zugrundegelegt, liegt kein Kind unter ≤ 20 ng Ferritin/ml und < 10 % TS. Dagegen weisen bei $sTfR:\text{Ferritin} > 142$ (log 2,15) zwei Kinder (1,2 %) einen SF-Wert von 13 bzw. 11 ng/ml und eine TS von 8,7 bzw. 10,1 % auf.

Einen SF-Wert von 95 ng/ml hat dagegen ein 7 Jahre altes Mädchen, wobei das Gesamteisen mit 7,2 $\mu\text{mol/l}$ und TS mit 11 % am unteren Normbereich liegen. Alle anderen hämatologischen Marker liegen im Normbereich.

Bei einzelner Betrachtung von sTfR liegen dagegen 5,7 % (6 Mädchen, 4 Jungen) der Kinder oberhalb des ermittelten oberen Grenzwertes, während nach sTfR:Ferritin 5,1 % (n = 5) der Mädchen und 1,3 % (n = 1) der Jungen oberhalb des in der vorliegenden Untersuchung berechneten Grenzwertes (s. Kapitel 3.8.2) zu finden sind.

Einen Hämoglobinwert (Indikator für eine bestehende Anämie) von unter 11,5 g/dl (s. Tabelle A12 Anhang) haben nur 1,7 % der Schulanfänger (1 Mädchen, 2 Jungen). Die Hämoglobinbeladung der Erythrozyten (MCH) und das Erythrozytenvolumen (MCV) befinden sich im Normalbereich. Die SF-Werte sind im unteren Referenzbereich angesiedelt, fallen aber noch nicht unter 20 ng/ml.

Unter den von der World Health Organisation (WHO) festgelegten und in vielen Studien bei Kindern, vorwiegend unter fünf Jahren, verwendeten Hb-Grenzwert < 11 g/dl für eine bestehende Anämie (British Nutrition Foundation, Chapt. 15, 1995), fällt keines der Erlanger Kinder.

Eine megaloblastäre Anämie durch Folsäure- oder Vitamin B12-Mangel hervorgerufen, ist in der untersuchten Population nicht prävalent. Die Folat- bzw. die Vitamin B12-Konzentrationen liegen bei keinem der 6-7jährigen Schulanfänger außerhalb der Normbereiche (s. Tabelle A12 Anhang). Eine Ausnahme stellt ein 7 Jahre alter Junge mit einer Folatkonzentration von 3,03 ng/ml dar. Bei diesem liegen jedoch die anderen hämatologischen Parameter innerhalb normaler Bereiche, so dass eine makrozytäre Anämie (die Zahl der Erythrozyten und die Hämoglobinkonzentration ist stark herabgesetzt) aufgrund von Vitaminmangel auch hier ausgeschlossen werden kann.

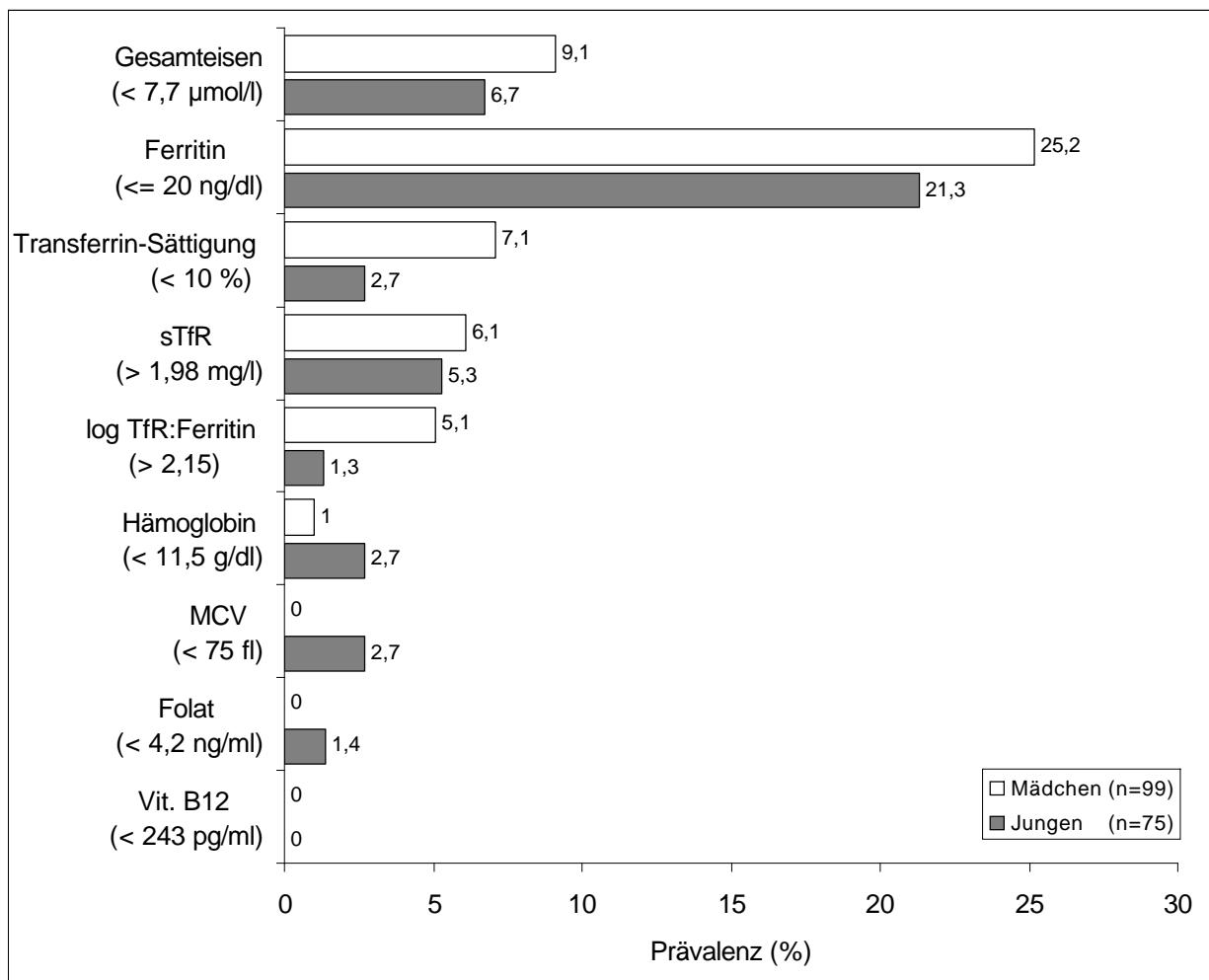


Abb. 32: Prävalenzen niedriger Serumkonzentrationen (relative Häufigkeit unter- bzw. oberhalb der angegebenen Referenzwerte) von verschiedenen biochemischen Parametern zur Eisenversorgung und von ausgewählten Vitaminen bei Schulanfängern

3.8.3.1 Lösliche Transferrinrezeptoren und Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotient in Abhängigkeit der Definition von Eisenmangel nach Serum-Ferritin

Da nur drei Kinder einen Hb-Wert von weniger als 11,5 g/dl aufweisen (Abbildung 33) und ein manifester Eisenmangel ausgeschlossen werden kann, ist hier die Differenzierung zwischen EM und einer beginnenden Eisenmangelanämie durch sTfR nicht möglich. Dies wird auch dadurch deutlich, dass sich die mittlere Konzentration von sTfR bei den drei Kinder nicht wesentlich von den übrigen 171 Schulanfängern ($1,39 \pm 0,08$ vs. $1,46 \pm 0,02$) unterscheidet.

Serum-Ferritin und der sTfR:Ferritin-Quotient scheinen bei den Kindern auch keine Prädiktoren für eine Eisenmangelanämie zu sein, da weder eine Korrelation zwischen dem Hämoglobin und dem SF oder dem sTfR:Ferritin noch zwischen MCV und SF oder sTfR:Ferritin besteht. Zwischen den löslichen TfR und dem MCV ist ebenfalls keine Korrelation festzustellen.

Eine schwach positive Korrelation besteht zwischen den löslichen TfR und den Erythrozyten ($r = 0,26$, $p < 0,001$) sowie zu den Retikulozyten ($r = 0,31$, $p < 0,001$). Die positive Korrelation der sTfR zur Hb-Konzentration ($r = 0,23$, $p < 0,01$) ist dagegen unerwartet.

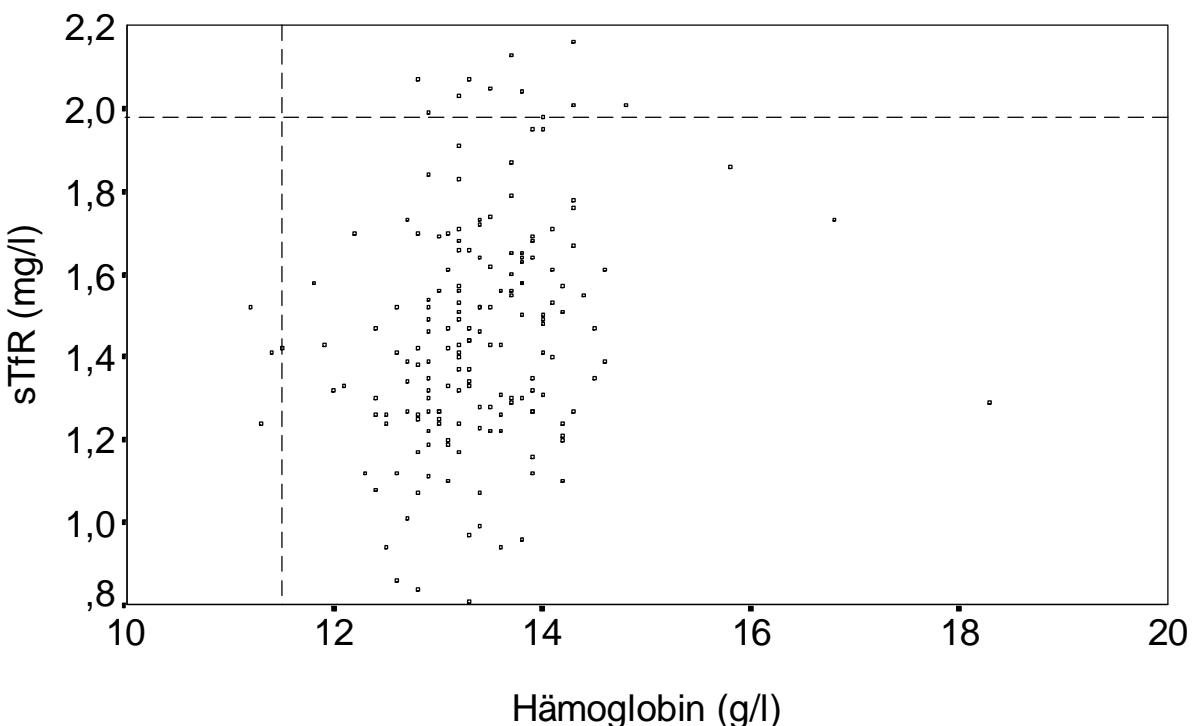


Abb. 33: Plot von löslichen TfR gegenüber Hämoglobin mit entsprechenden Referenzlinien für obere (sTfR) bzw. untere Normwerte (Hb)

Tabelle 32 stellt die Veränderungen der mittleren hämatologischen Konzentrationen in Abhängigkeit der Entleerung der Eisenspeicher dar. Eisenspeicher mit einer SF-Konzentration von weniger als 12 ng/ml sind als erschöpft anzusehen und es muss mit einer erhöhten EME gerechnet werden.

Bei Vergleich der Gruppe von Schulanfängern, die mit den mittleren biochemischen Parametern im Normbereich liegen (normal) und den beiden anderen Gruppen (SF1, SF2), lässt sich mit zunehmender Entleerung der Eisenspeicher auch eine zunehmende Abnahme

bzw. Zunahme der durchschnittlichen Konzentrationen der aufgeführten Parameter erkennen. Dies ist besonders bei den Parametern zu sehen, die ein Maß für Speichereisen sowie funktionellem Eisen darstellen. Bei Hämoglobin aus Vollblut und MCV, die bei mikrozytärer Anämie bedingt durch Eisenmangel unterhalb des Normbereiches liegen, ist allerdings keine wesentliche Abnahme der mittleren Konzentrationen mit zunehmender Entleerung der Eisenspeicher festzustellen.

Eine deutliche, wenn auch nicht signifikante Abnahme der mittleren Konzentrationen von Serumeisen (SE) und TS, besteht zwischen SF1 und SF2. Dagegen ist eine signifikante mittlere Zunahme von Transferrin (TF) schon zwischen der Gruppe „Normal“ und SF1 zu beobachten ($p < 0,01$). Zwischen SF1 und SF2 erhöht sich die Differenz von TF kaum.

Im Hinblick auf die löslichen TfR ist zwischen der Gruppe der normal versorgten Kinder und der Gruppe mit marginaler bis prälatenter Eisenversorgung (SF1) kein bedeutender Unterschied in der durchschnittlichen Konzentration ersichtlich, wobei die Maximumwerte in beiden Gruppen oberhalb des ermittelten Referenzwertes liegen. Die mittlere Differenz der sTfR zwischen der Gruppe „Normal“ und SF2 ist dagegen signifikant ($p < 0,05$) verschieden. Die mittlere Konzentration bei SF2 liegt jedoch noch unterhalb des oberen Referenzwertes für sTfR, wobei sich der Maximumwert knapp an der oberen Grenze befindet.

Die deutlichste Veränderung in Bezug auf eine zunehmende Entleerung der Eisenspeicher zeigt der sTfR:Ferritin-Quotient. Hier ist schon die mittlere Differenz zwischen der Gruppe „Normal“ und der Gruppe der 6-7jährigen mit einer SF-Konzentration ≤ 20 ng/ml signifikant verschieden ($p < 0,001$), während die mittlere Differenz zwischen SF1 und SF2 sogar noch stärker steigt ($p < 0,001$). Die durchschnittliche Konzentration von \log sTfR:Ferritin sowie auch schon der Minimumwert bei SF2 bzw. der Maximumwert bei SF1 liegen deutlich über dem ermittelten Referenzwert (s. Kapitel 3.8.2). Weiterhin ist ein signifikanter Anstieg des Transferrins nur zwischen der Gruppe „Normal“ und SF1 zu beobachten ($p < 0,01$).

Abbildungen 35 und 37 zeigen, dass sechs Schulanfänger mit einem Ferritinwert von 13 ng/ml im Grenzbereich zum latenten Eisenmangel liegen und im Mittel mit einem sTfR:Ferritin 121 (vier Kinder liegen über 130) einen deutlich höheren Mittelwert sowie auch Maximumwert aufweisen als die Kinder der Gruppe mit einem ermittelten mittleren Ferritinwert > 20 ng/ml. 28 % der Kinder, die einen Ferritinwert zwischen 13 und 20 ng/ml haben, liegen mit sTfR:Ferritin zwischen 100 und 147.

Tab. 32: Serumkonzentrationen verschiedener Parameter des Eisenstoffwechsels von Schulanfängern nach Grad der Entleerung der Eisenspeicher anhand vom Serum-Ferritin (MW \pm SD/Median, Minimum-Maximum)

	Normal (n=133)	SF1¹ (n=36)	SF2² (n=5)
Gesamteisen (μ mol/l) ⁴	$15,9 \pm 7,4/15,6$ (3,2-65,7)	$16,4 \pm 6,7/15,7$ (5,8-29,4)	$12,0 \pm 4,5/9,3$ (8,26-18,0)
Transferrin (g/l) ³	$2,9 \pm 0,4/2,8$ a** (2,0-3,9)	$3,1 \pm 0,4/3,2$ (2,3-4,2)	$3,2 \pm 0,6/3,3$ (2,4-3,9)
Transferrin-Sättigung (%) ³	$24,8 \pm 11,7/23,7$ (4,7-97,6)	$23,7 \pm 10,0/22,8$ (8,0-44,2)	$17,1 \pm 6,5/15,3$ (10,1-24,9)
sTfR (mg/l) ³	$1,44 \pm 0,27/1,41$ (0,81-2,16)	$1,47 \pm 0,27/1,44$ (1,07-2,13)	$1,76 \pm 0,14/1,73$ b* (1,63-1,99)
sTfR:Ferritin-Quotient ⁴	$43,5 \pm 15,7/42,4$ a*** (14,0-95,7)	$91,2 \pm 22,0/91,4$ c*** (54,0-147)	$218 \pm 76,0/204$ b*** (155-346)
log sTfR:Ferritin-Quotient ³	$1,61 \pm 0,17/1,63$ a*** (1,15-1,98)	$1,95 \pm 0,10/1,96$ c*** (1,73-2,17)	$2,32 \pm 0,14/2,31$ b*** (2,19-2,54)
Hämoglobin (g/dl) ³	$13,4 \pm 0,9/13,3$ (11,6-18,3)	$13,3 \pm 0,8/13,3$ (11,3-15,8)	$13,1 \pm 0,5/12,9$ (12,7-13,8)
MCH (pg) ⁴	$28,0 \pm 1,3/28,1$ (19,8-30,6)	$28,0 \pm 1,2/28,1$ (23,1-30,1)	$27,7 \pm 0,9/27,8$ (26,6-28,9)
MCV (fl) ³	$83,8 \pm 3,3/83,9$ (63,0-90,4)	$83,6 \pm 3,2/83,5$ (72,6-88,8)	$82,7 \pm 1,8/82,1$ (80,9-85,6)

¹ Serum-Ferritin \leq 20 ng/ml, ² Serum-Ferritin \leq 12 ng/ml

³ **a** Signifikanz zwischen Gruppe „Normal und SF1“, **b** „Normal und SF2“, **c** „SF1 und SF2“ (ANOVA): * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ (Scheffé post hoc)

⁴ **a** Signifikanz zwischen Gruppe „Normal und SF1“, **b** „Normal und SF2“, **c** „SF1 und SF2“: *** $p < 0,001$ (U-Test)

Abbildung 34 macht eine Überlappung von sTfR-Konzentrationen in Bezug auf Serum-Ferritin deutlich. Der Scatterplot zwischen sTfR und Ferritin zeigt nur einen Probanden mit latentem Eisenmangel (Ferritin = 12 ng/ml, sTfR = 1,99 mg/l), wohingegen vier Schul-anfänger zwar Ferritinwerte \leq 12 ng/ml aufweisen, jedoch deutlich unterhalb des ermittelten sTfR-Referenzwertes von 1,98 mg/l liegen und somit falsch negativ klassifiziert werden. Andererseits befinden sich neun weitere Probanden oberhalb des Referenzbereiches von sTfR. Somit wären bei diesen Kindern mit sTfR als Indikator für beginnende EME ebenfalls sich entleerende bzw. sogar depletierte Eisenspeicher zu erwarten. In einer einfachen linearen Regression besteht nur eine schwach inverse Korrelation ($r = -0,17$, $p < 0,05$) mit log Ferritin (Abbildung 34). Die breite Streuung zeigt keinen eindeutigen cut-off, ab dem ein niedriges Serum-Ferritin mit erhöhten sTfR-Konzentrationen assoziiert werden kann.

Abbildung 36 stellt die Verteilung der sTfR-Konzentrationen in Abhängigkeit der Höhe der Eisenspeicherentleerung dar. Hierbei ist zu erkennen, dass die Probanden mit einer Serum-Ferritin-Konzentration \leq 20 ng/ml eine ähnliche Verteilung der sTfR-Konzentration aufweisen wie die Gruppe der Kinder, die über 20 ng/ml Serum-Ferritin liegen. Weiterhin wird deutlich, dass sich von neun Kindern, deren sTfR-Konzentrationen oberhalb des berechneten Grenzwertes von $> 1,98$ mg/l liegen, nur drei Kinder im Grenzbereich von 20 ng Ferritin pro ml Serum befinden. Bei diesen könnte eine marginale Eisenversorgung vorliegen, da auch sTfR:Ferritin deutlich höhere Werte gegenüber den „normal“ versorgten Kindern aufweist. Bei einem Kind liegt möglicherweise mit einer SF-Konzentration von 35 ng/ml ein maskierter Eisenmangel vor, da SE und TS an den entsprechenden unteren Grenzwerten (s. Tabelle A12 Anhang) liegen, sTfR dagegen leicht erhöht ist. Weitere Parameter, die eine definitive Infektion oder entzündliche Erkrankung nachweisen, sind in der vorliegenden Untersuchung nicht verfügbar. Bei den übrigen fünf Probanden mit Ferritinwerten zwischen 23 und 38 ng/ml, könnte ebenfalls ein maskierter Eisenmangel bestehen, wobei SE und TS im Normalbereich liegen. Einen weiteren Hinweis auf einen maskierten Eisenmangel bei einem Teil der Kinder liefert möglicherweise die signifikant ($p < 0,05$) höhere Transferrinkonzentration sowie eine leicht erhöhte Erythropoese (signifikant höhere Retikulozytenzahl ($p < 0,05$)), die zwischen der Gruppe der Kinder mit sTfR-Werten $\leq 1,98$ mg/l ($n = 165$) und $> 1,98$ mg/l ($n = 10$) beobachtet wird.

Der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient zeigt eine schwach negative Beziehung zwischen sTfR und SE ($r = -0,16$, $p < 0,05$) und sTfR und TS ($r = -0,24$, $p < 0,001$) sowie

einen direkten Zusammenhang zum Transferrin ($r = 0,30$, $p < 0,001$) und zu den Retikulozyten ($r = 0,31$, $p < 0,001$).

In der vorliegenden Untersuchung ist der sTfR-Mittelwert der 10 Kinder oberhalb des Referenzwertes um das 1,5-fache höher im Vergleich zum Mittelwert der Kinder im ermittelten Normbereich.

Abbildung 37 sowie der Scatterplot zwischen log sTfR:Ferritin und log Ferritin (Abbildung 35) zeigen dagegen eindeutig, dass sich oberhalb des oberen Referenzwertes von TfR:Ferritin sechs Probanden befinden, die gleichzeitig auch erschöpfte Eisenspeicher aufweisen. Ein Schüler liegt zwar im Grenzbereich mit einem SF-Wert von 13 ng/ml, hat jedoch auch eine Transferrin-Sättigung $< 10\%$. Somit ist hier von erschöpften Eisenspeichern mit sich entwickelnder EME auszugehen. Ein Zusammenhang ist hier ebenso bei Betrachtung aller Schulanfänger zu erkennen, da eine schwach inverse Korrelation von log sTfR:Ferritin mit TS ($r = -0,16$, $p < 0,05$) sowie eine direkte Korrelation mit Transferrin ($r = 0,34$, $p < 0,001$) festzustellen ist. Eine eindeutig lineare Beziehung besteht zwischen log Ferritin und log sTfR:Ferritin ($r = -0,94$, $p < 0,001$), während sTfR einen schwächeren Einfluss auf log sTfR:Ferritin ($r = 0,50$, $p < 0,001$) aufzeigt. Abbildung 35 zeigt einen cut-off bei Ferritin ≤ 12 ng/ml, auch Abbildung 37 macht dies deutlich. Des Weiteren ist die Verteilung von sTfR:Ferritin in Abhängigkeit der Höhe der Eisenspeicher bei den Probanden mit einer Serum-Ferritin- Konzentration ≤ 20 ng/ml weniger gestreut im Vergleich zu den Werten der Kinder, die über 20 ng/ml Serum-Ferritin liegen (Abbildung 37). Dies ist weniger eindeutig bei sTfR (Abbildung 36). Die Überlappung der Werte ist geringer und die Mittelwerte zwischen den Gruppen mit unterschiedlich hohen Eisenspeichern differieren signifikant (Tabelle 32). Weiterhin ist zwischen den sechs Probanden, die über dem log sTfR:Ferritin Grenzwert von 2,15 und den 168 Kindern, die darunter liegen ein signifikanter Abfall ($p < 0,05$) beim mittleren SE (Median 15,7 $\mu\text{mol/l}$ vs. 9,1 $\mu\text{mol/l}$) sowie eine gerade nicht mehr signifikante Differenz ($p = 0,057$) bei der mittleren TS (Median 23,6 % vs. 14,0 %) zu verzeichnen. Die Differenzen zwischen den Kindern, die ober- ($n = 164$) und unterhalb ($n = 10$) des oberen Referenzwertes für sTfR liegen, sind dagegen sowohl beim SE (Median 15,7 vs. 14,6 $\mu\text{mol/l}$) als auch bei der TS (Median 23,6 % vs. 18,7 %) nicht signifikant.

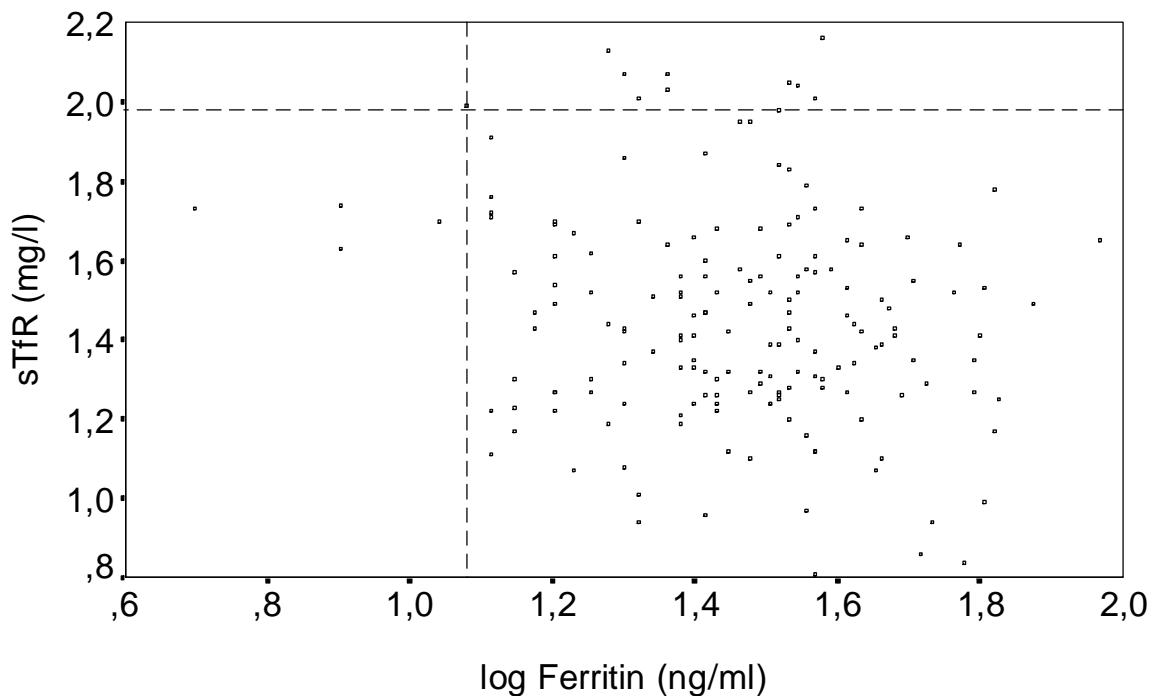


Abb. 34: Plot von löslichen sTfR gegenüber Serum-Ferritin mit entsprechenden Referenzlinien für obere ($sTfR > 1,98 \text{ mg/l}$) bzw. untere Referenzwerte ($\log \text{Ferritin} \leq 1,08 \approx \leq 12 \text{ ng/ml}$ nicht logarithmiert)

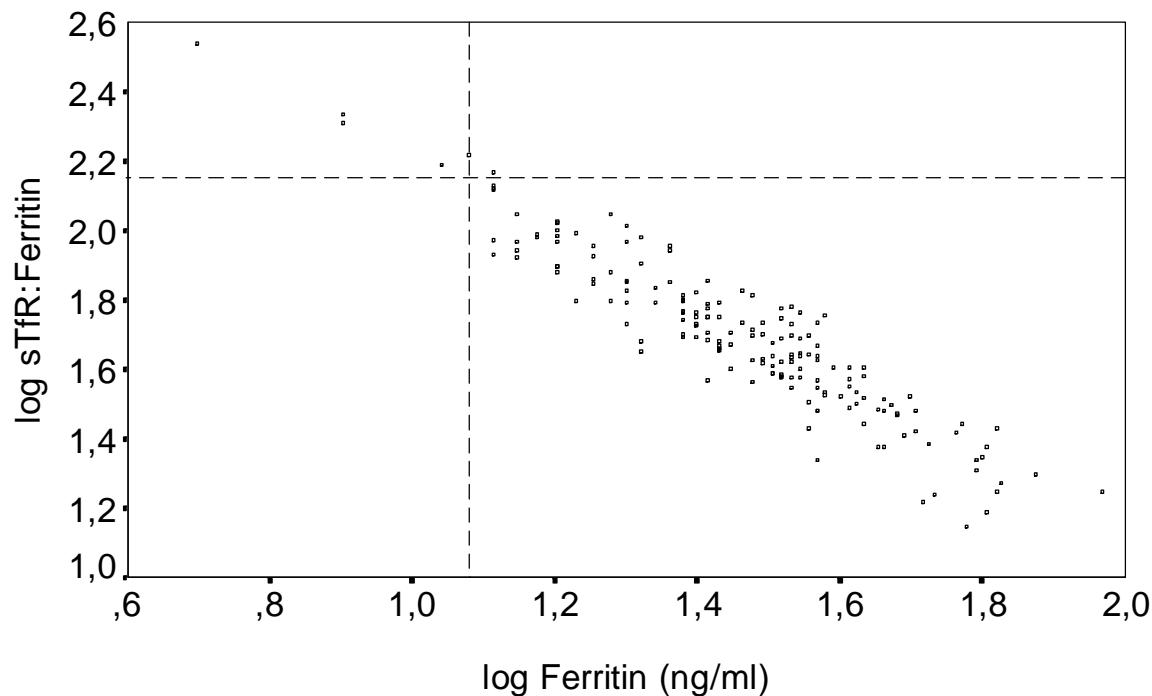


Abb. 35: Plot von $\log sTfR:\text{Ferritin}$ gegenüber Ferritin mit entsprechenden Referenzlinien für obere ($sTfR:\text{Ferritin} > 2,15$) bzw. untere Referenzwerte ($\log \text{Ferritin} \leq 1,08 \approx \leq 12 \text{ ng/ml}$ nicht logarithmiert)

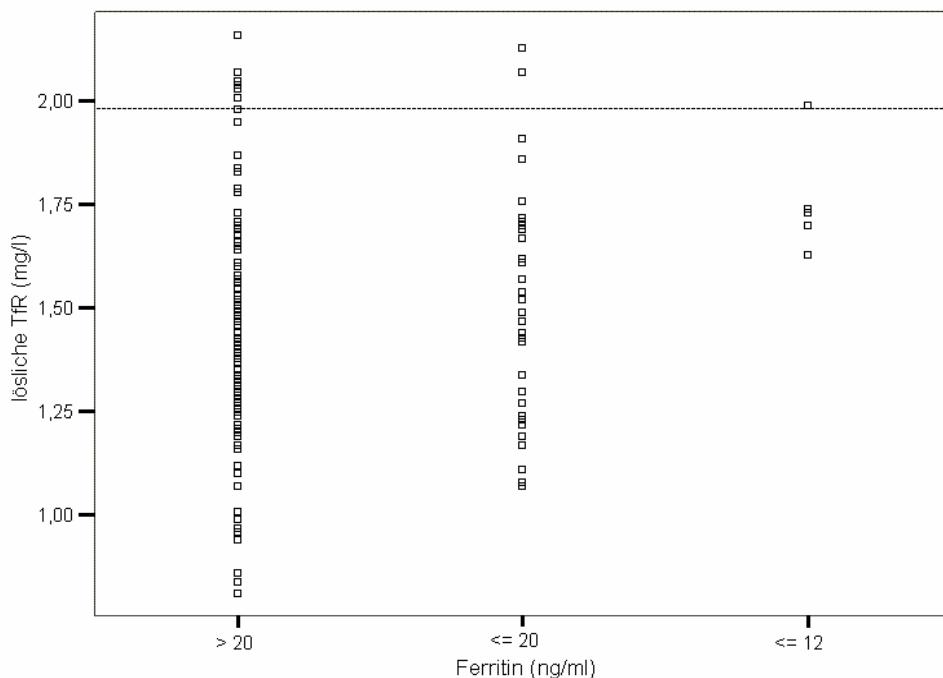


Abb. 36: Verteilung von sTfR in Abhängigkeit der Eisenspeicher (Referenzlinie für oberen TfR Referenzwert $> 1,98 \text{ mg/l}$)

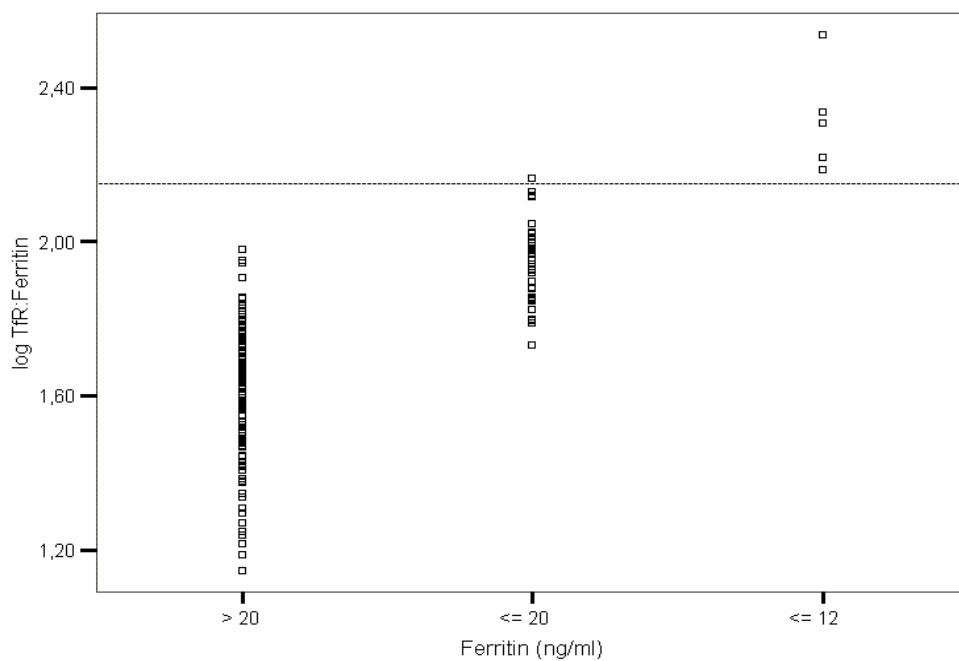


Abb. 37: Verteilung von sTfR:Ferritin in Abhängigkeit der Eisenspeicher (Referenzlinie für oberen log sTfR:Ferritin Referenzwert $> 2,15$)

3.8.4 Zusammenhang zwischen Eisenzufuhr, Body Mass Index, körperlicher Aktivität und sozialem Status

Im Verlauf des Kapitels wird der Zusammenhang zwischen der ermittelten Eisenzufuhr aus dem 3-Tage-Wiegprotokoll und dem Body Mass Index, der körperlichen Aktivität sowie dem sozialem Status betrachtet.

3.8.4.1 Eisenzufuhr und Body Mass Index (BMI)

Im Gesamtkollektiv von 168 Schulanfängern mit verwendbarem Ernährungsprotokoll und bei einzelner Betrachtung der weiblichen Population ($n = 95$) zeigt sich eine signifikant positive Korrelation zwischen der Eisenaufnahme sowie dem Anteil an berechnetem resorbierbarem Eisen und dem BMI (s. Abbildungen Anhang A1, A1a, A2, A2a). Der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient beträgt hinsichtlich der Eisenaufnahme bei den Mädchen $r = 0,23$ ($p < 0,05$) und im Gesamtkollektiv $r = 0,20$ ($p < 0,01$). In Bezug auf den Anteil an resorbierbarem Eisen beträgt der Korrelationskoeffizient bei den Mädchen $r = 0,26$ ($p < 0,05$) und im Gesamtkollektiv $r = 0,26$ ($p < 0,001$). Weiterhin ist im Gesamtkollektiv ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Aufnahme von Nicht-Hämeisen ($r = 0,16$, $p = 0,048$) und Hämeisen ($r = 0,27$, $p < 0,001$) und dem BMI zu beobachten (s. Abbildungen Anhang A3, A4). Bei den weiblichen Schulanfängern korreliert die Aufnahme von Hämeisen mit $r = 0,29$ ($p < 0,01$) signifikant mit dem BMI, eine Beziehung zum Nicht-Hämeisen besteht nicht (s. Abbildungen Anhang A3a, A4a).

Bei den Jungen ($n = 73$) korreliert gerade noch der Anteil an ermitteltem resorbierbarem Eisen mit dem BMI signifikant ($r = 0,23$, $p = 0,048$). Zur absoluten Eisenzufuhr, zur Zufuhr von Hämeisen und Nicht-Hämeisen besteht kein Zusammenhang (s. Abbildungen Anhang A1a, A2a, A3a, A4a).

Abbildung 38 zeigt die mittlere Eisenzufuhr in Abhängigkeit vom BMI eingeteilt in Tertilen. Wenn auch gerade nicht mehr signifikant ($p = 0,0517$) nimmt die Eisenzufuhr jedoch tendenziell mit zunehmendem BMI zu, besonders vom ersten bis zum zweiten Tertil. Die Referenzwerte für die Eisenzufuhr werden im Mittel von den Kindern im ersten BMI-Tertil nicht erreicht. Auch bei getrennter Betrachtung der Eisenzufuhr von Jungen und Mädchen zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Tertilen.

Wie in Tabelle A13 im Anhang zu sehen ist, nimmt der Verzehr einiger Lebensmittelgruppen, wie z. B. von Fleisch und Wurst, Brot und Backwaren, Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften, tendenziell mit zunehmendem BMI zu, wenn auch nicht signifikant.

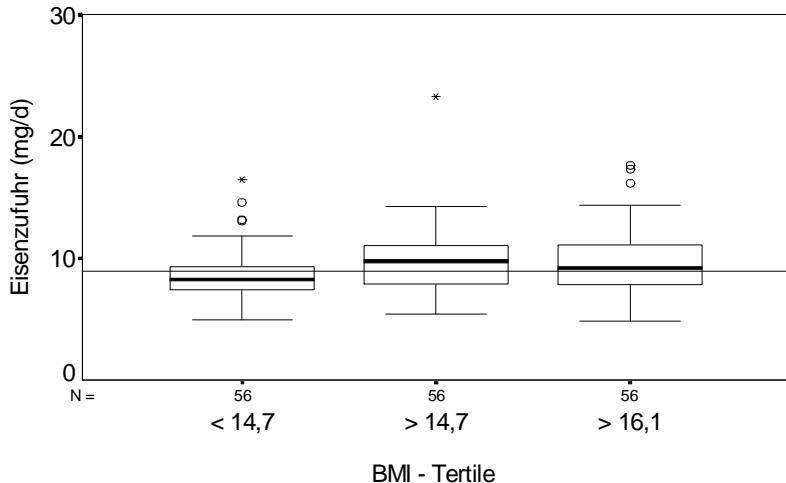


Abb. 38: Mittlere Eisenzufuhr (mg/d) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom BMI (Linie für den Referenzwert der Eisenzufuhr von 9 mg/d)

Wird die Eisenzufuhr auf die zugeführte Energie bezogen, ist hinsichtlich der Nährstoffdichte kein signifikanter Unterschied vom ersten bis zum dritten Tertil zu erkennen (Abbildung 39). Die Referenzwerte für die Eisenzufuhr (DACH 2000) werden im Mittel von allen drei Gruppen erreicht. Auch bei geschlechtsabhängiger Betrachtung der Nährstoffdichte zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Tertilen.

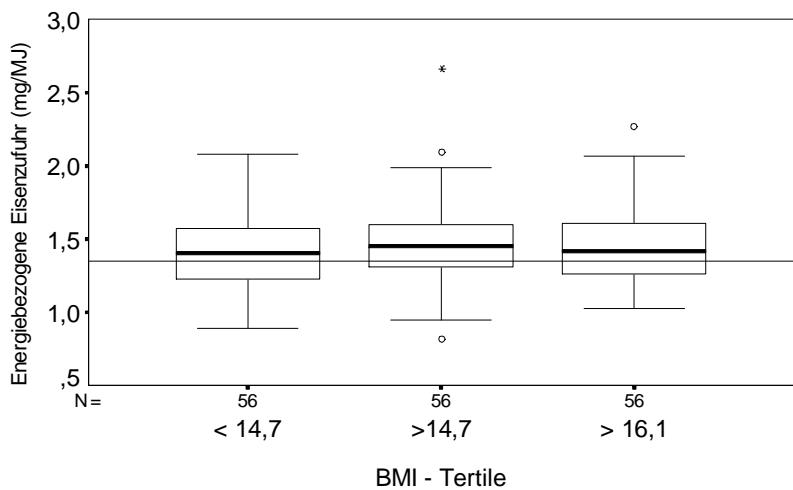


Abb. 39: Mittlere energiebezogene Eisenzufuhr (mg/MJ) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom BMI (Referenzlinie für die als Referenz angegebene Nährstoffdichte von 1,35 mg Eisen/MJ)

3.8.4.2 Eisenzufuhr und sportliche Aktivität

Von den Schulanfängern mit ermittelter Eisenaufnahme haben 164 Eltern im Fragebogen freiwillig Auskunft über Dauer und Art der sportlichen Betätigung ihres Kindes pro Woche gegeben. Die Angaben beziehen sich nur auf den Freizeitsport der Kinder. Da jedes Schulkind zwei Schulstunden Sport pro Woche hat, bleibt der Schulsport hier unberücksichtigt.

In beiden Geschlechtern und im Gesamtkollektiv zeigt sich kein Zusammenhang zwischen der Eisenaufnahme und der täglichen sportlichen Aktivität der Kinder.

Abbildung 40 stellt die durchschnittliche Eisenzufuhr pro Tag dar, unter Berücksichtigung der wöchentlichen sportlichen Aktivität der Kinder in ihrer Freizeit. Die 6-7jährigen Schulanfänger, die sich in ihrer Freizeit nicht körperlich betätigen, nehmen signifikant weniger Eisen auf als die Kinder, die Sport betreiben. Bei geschlechtsabhängiger Betrachtung kann keine Signifikanz festgestellt werden kann.

Zwischen der Gruppe der Kinder, die bis 4 h Stunden pro Woche körperlich aktiv sind und den Kindern, die mehr als 4 h pro Woche Sport ausüben ist jedoch kein Unterschied bei der

durchschnittlichen Eisenaufnahme zu beobachten. Die Kinder, die keinen Sport betreiben, liegen hinsichtlich der Eisenzufuhr unterhalb des Referenzwertes, während die sportlichen Kinder im Mittel den Referenzwert treffen.

Bei Betrachtung der Lebensmittelzufuhr in Abhängigkeit der sportlichen Aktivität (s. Tabelle A14 Anhang) fällt auf, dass mit zunehmender Sportdauer ebenfalls eine Zunahme des Verzehrs an alkoholfreien Getränken, Nährmitteln, Gemüse, Brot und Backwaren und in geringerem Maße auch ein leicht gesteigerter Fleisch und Wurstverzehr zu beobachten ist. Der Obstverzehr nimmt dagegen ab. Eine statistische Signifikanz zwischen den sporttreibenden Gruppen und der inaktiven Gruppe von Kindern liegt nicht vor.

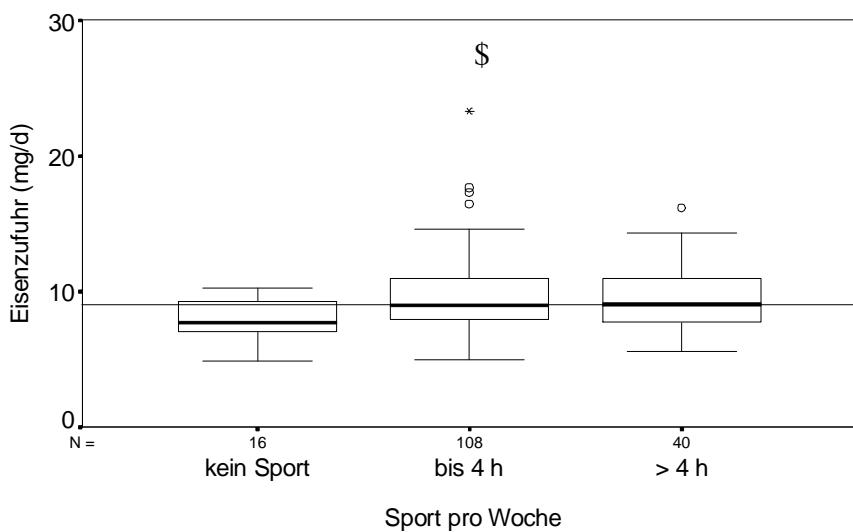


Abb. 40: Mittlere Eisenzufuhr der Schulanfänger in Abhängigkeit der Sportaktivität pro Woche in der Freizeit (Linie für den Referenzwert der Eisenzufuhr von 9 mg/d); Kruskal-Wallis H-Test: \$ $p < 0,05$

Wird die Eisenzufuhr auf die Energiezufuhr bezogen, ist zwischen den sportlich inaktiven Kindern und den Kindern mit sportlicher Betätigung kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die mittleren Nährstoffdichten festzustellen (Abbildung 41). Bei Betrachtung der einzelnen Geschlechter lässt sich dies ebenfalls nicht beobachten.

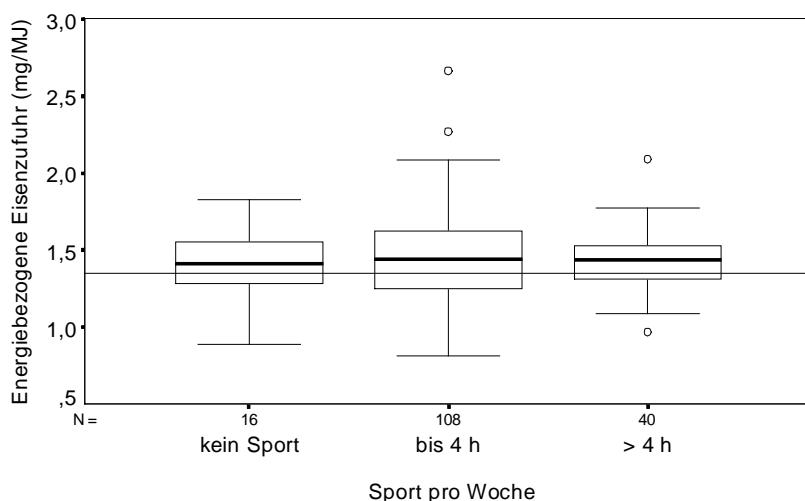


Abb. 41: Mittlere energiebezogene Eisenzufuhr (mg/MJ) der Schulanfänger in Abhängigkeit der Sportaktivität pro Woche in der Freizeit (Linie für den Referenzwert der Nährstoffdichte von 1,35 mg Eisen/MJ)

3.8.4.3 Eisenzufuhr und sozialer Status

146 Mütter und 115 Väter der Schulanfänger mit verfügbaren Zufuhrdaten gaben Auskunft über ihre Schul- und Ausbildung, ihre berufliche Stellung und über ihr Nettoeinkommen. Daraus wurde der Schicht-Index gebildet und der soziale Status der Familien ermittelt (s. Kapitel 2.10). In der folgenden Auswertung war eine weitere Differenzierung in arbeitslos vs. nicht arbeitslos oder alleinerziehend vs. nicht alleinerziehend aufgrund zu niedriger Fallzahlen oder nicht verfügbarer Daten (alleinerziehend wurde nicht erfasst) statistisch nicht sinnvoll bzw. durchführbar.

In beiden Geschlechtern und im Gesamtkollektiv zeigt sich keine Korrelation zwischen der Eisenzufuhr und der sozialen Einstufung.

In Abbildung 42 (s. auch Tabelle A15 im Anhang) wird die mittlere tägliche Eisenzufuhr aller Schulanfänger in Abhängigkeit der Schichtzugehörigkeit dargestellt. Die Schichtzugehörigkeit wurde aus dem Durchschnitt der Schichtzugehörigkeit der jeweiligen Mutter und des jeweiligen Vaters ermittelt.

Bei Berücksichtigung der sozialen Einstufung beider Eltern ist kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Schichtzugehörigkeit und der mittleren Eisenzufuhr des Kindes ersichtlich (Abbildung 42). Tendenziell lässt sich eine niedrigere Eisenzufuhr bei den Kindern aus Familien der unteren bzw. der oberen Schicht als bei den Kindern aus der mittleren Schicht beobachten. Die Eisenaufnahme beider Gruppen liegt zudem unterhalb der Referenzwerte, während die Kinder der Mittelschicht eine im Mittel optimale Eisenversorgung aufweisen.

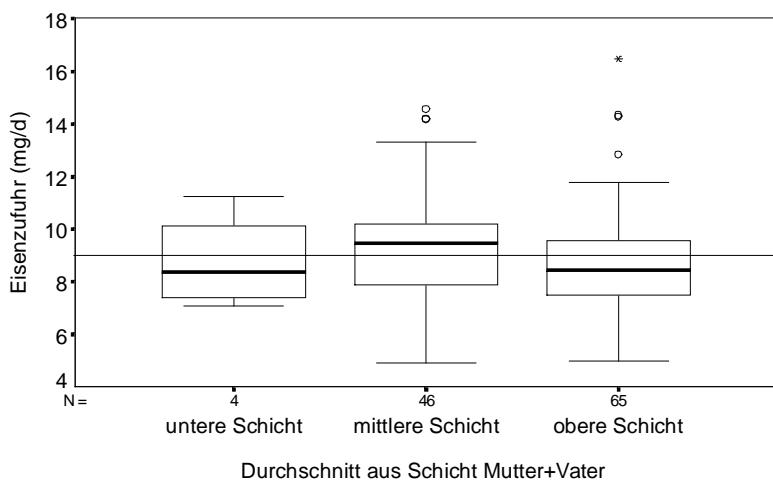


Abb. 42: Mittlere Eisenzufuhr (mg/d) der Schulanfänger ($n = 115$) in Abhängigkeit der Schichtzugehörigkeit aus dem Durchschnitt der Schichtzugehörigkeit von Mutter und Vater (Linie für den Referenzwert der Eisenzufuhr von 9 mg/d)

3.8.4.4 Zusammenfassende Betrachtung möglicher Einflussfaktoren auf die Eisenzufuhr

In einer schrittweisen multiplen linearen Regressionsanalyse werden neben der Energie-, Protein-, Fett-, und Kohlenhydratzufuhr, der Einfluss des Body Mass Index, der täglichen sportlichen Aktivität, der Schichtzugehörigkeit sowie des Alters und des Geschlechts als mögliche Einflussfaktoren auf die abhängige Variable der Eisenzufuhr untersucht (Tabelle 33). Im Gesamtkollektiv ist der größte Anteil der Variationen der täglichen Eisenzufuhr mit 59 % auf die Energie- und Fettaufnahme zurückzuführen. Durch die Energiezufuhr allein können 54 % der Varianzen in der Eisenzufuhr erklärt werden. Die anderen Variablen stellen in der zusammenfassenden Betrachtung keine signifikanten Prädiktoren der Eisenaufnahme

dar. Eine geschlechtsspezifische Differenzierung der Prädiktoren auf die Eisenzufuhr wurde aufgrund der geringen Fallzahl nicht vorgenommen.

Tab. 33: Multiple lineare Regression zur Ermittlung des Einflusses verschiedener Prädiktoren auf die Eisenzufuhr (mg/d)¹

Schulanfänger (n = 109)			
Prädiktoren	B	SE	p
Konstante	0,24	0,75	0,75
Energiezufuhr (kJ/d)	0,008	0,0008	0,0000
Fettzufuhr (g/d)	- 0,056	0,016	0,0005
Bestimmtheitsmaß	$r^2 = 0,59$		
	F-Wert = 75,4; p = 0,0000		

B = Regressionskoeffizient (Schätzer)

SE = Standardfehler von B

¹ Keine der anderen hinzugefügten Variablen waren im Regressionsmodell signifikant zur Eisenaufnahme

3.8.5 Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern des Eisenstoffwechsels, Nährstoffzufuhr, Body Mass Index und körperlicher Aktivität

Im Verlauf des Kapitels wird der Zusammenhang zwischen den biochemischen Parametern des Eisenstatus und ausgewählten Lebensmittel- bzw. Nährstoffdaten, dem Body Mass Index und der körperlichen Aktivität betrachtet. Weiterhin wird untersucht, ob und in welchem Maß die genannten Parameter Prädiktoren der biochemischen Marker darstellen.

3.8.5.1 Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und dem Lebensmittelverzehr

Von insgesamt 115 Schulanfängern liegen gleichzeitig komplettete Daten über die laborchemisch bestimmten Parameter des Eisenstoffwechsels sowie Daten über den Lebensmittelverzehr aus dem 3-tägigen Wiegeprotokoll vor.

Der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman zeigt für das untersuchte Gesamtkollektiv ($n = 115$) mit $r = 0,21$ ($p < 0,05$) nur einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen der Zufuhr aller getreidehaltigen Lebensmittel (wie Brot und Backwaren, Nährmittel) und dem Serum-Ferritin. Für die Jungen ($n = 52$) ergeben sich keine Zusammenhänge zwischen dem Lebensmittelverzehr und den hämatologischen Parametern wie SE, SF, TS, sTfR, Hb und MCV. Bei der weiblichen Population ($n = 63$) besteht ein schwach positiver Zusammenhang zwischen SE bzw. TS und dem Gemüseverzehr mit $r = 0,27$ ($p < 0,05$) respektive $r = 0,29$ ($p < 0,05$). Eine gerade noch signifikante Korrelation ist zwischen dem Verzehr von Brot und Backwaren und dem SF ($r = 0,25$, $p = 0,05$) zu erkennen. Weiterhin korreliert bei den Mädchen die Hb-Konzentration schwach positiv mit dem Obstverzehr ($r = 0,29$, $p < 0,05$). Eine Korrelation zwischen der Eisenzufuhr aus tierischen Nahrungsmitteln zu den untersuchten biochemischen Markern besteht ebenfalls nicht.

3.8.5.2 Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und der Nährstoffzufuhr

3.8.5.2.1 Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und der Eisenzufuhr

Von insgesamt 115 Schulanfängern liegen gleichzeitig komplettete Daten über die laborchemisch bestimmten Parameter des Eisenstoffwechsels sowie Daten über die Eisenzufuhr aus dem 3-tägigen Wiegeprotokoll vor.

Sowohl bei den 6-7jährigen Jungen ($n = 52$) als auch im Gesamtkollektiv zeigt der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient (r) keinen Zusammenhang zwischen der Eisenzufuhr und dem SE, dem SF, der TS, den sTfR sowie dem Hb. Bei den Jungen besteht hinsichtlich des Erythrozyten-Indizes MCV ebenfalls keine Korrelation (s. Abbildungen Anhang A5a, A6a, A7a). Dagegen ist im Gesamtkollektiv jedoch eine positive Beziehung zwischen der gesamten Eisenzufuhr, der möglichen resorbierbaren Eisenzufuhr und der Zufuhr vom gesamten resorbierbaren Nicht-Hämeisen zum MCV mit $r = 0,30$ ($p = 0,001$), $r = 0,27$ ($p < 0,01$) bzw. $r = 0,31$ ($p = 0,001$) ersichtlich (s. Abbildungen Anhang A5, A6, A7). Auch bei den 6-7jährigen Mädchen ($n = 63$) wird eine signifikant positive Korrelation zwischen der gesamten Eisenzufuhr, dem möglichen berechneten resorbierbaren Eisen und der Zufuhr vom Nicht-Hämeisen aus tierischen und vorwiegend pflanzlichen Lebensmitteln zum MCV mit $r = 0,42$ ($p = 0,001$), $r = 0,33$ ($p < 0,01$) bzw. $r = 0,45$ ($p < 0,001$) beobachtet

(s. Abbildungen Anhang A5a, A6a, A7a). Eine Beziehung zum ermittelten resorbierbaren Anteil von Hämeisen aus tierischen Lebensmitteln zu den hämatologischen Parametern ist nicht zu erkennen (s. Abbildung Anhang A8).

Bei den Mädchen zeigt sich weiterhin eine signifikant positive Korrelation nach Spearman zwischen der gesamten Eisenzufuhr, dem möglichen resorbierbaren Eisenanteil und der Zufuhr vom gesamten resorbierbaren Nicht-Hämeisen zur TS mit $r = 0,28$ ($p < 0,05$), $r = 0,26$ ($p < 0,05$) bzw. $r = 0,28$ ($p < 0,05$). Eine signifikant negative Beziehung wird zwischen der gesamten Eisenzufuhr und der Zufuhr vom gesamten resorbierbaren Nicht-Hämeisen zu den sTfR mit $r = -0,28$ ($p < 0,05$) respektive $r = -0,30$ ($p < 0,05$) deutlich.

Zwischen den weiteren bestimmten hämatologischen Parametern und der Eisenaufnahme bestehen bei den Mädchen und Jungen sowie im Gesamtkollektiv keine Korrelationen.

In Abbildung 43 wird die Eisenzufuhr der Schulanfänger in zwei Gruppen eingeteilt, in Anlehnung an die Referenzwerte der DACH von 9 mg pro Tag für diese Altersgruppe. Kinder, die weniger als 9 mg Eisen pro Tag aufnehmen erreichen dabei nicht die als Referenz angegebene Zufuhr. Anschließend wird die SF-Konzentration dargestellt. Hierbei wird deutlich, dass die mittlere SF-Konzentration bei den Kindern, die nach der Definition zu wenig Eisen pro Tag aufnehmen eine leicht höhere Konzentration aufweist als die Kinder mit einer adäquaten Eisenaufnahme. Statistisch signifikante Unterschiede sind jedoch weder im Gesamtkollektiv noch bei den einzelnen Geschlechtern zu erkennen.

Von den 55 Kindern, die weniger als 9 mg Eisen pro Tag aufnehmen, weisen 17 Schüler (ca. 31 %) eine SF-Konzentration ≤ 20 ng/ml auf, davon 2 Kinder eine SF-Konzentration ≤ 12 ng/ml. Bei den 60 Kindern mit einer ausreichenden Eisenzufuhr haben 9 Kinder (15 %) SF-Konzentrationen ≤ 20 ng/ml, davon 2 Kinder eine SF-Konzentration ≤ 12 ng/ml.

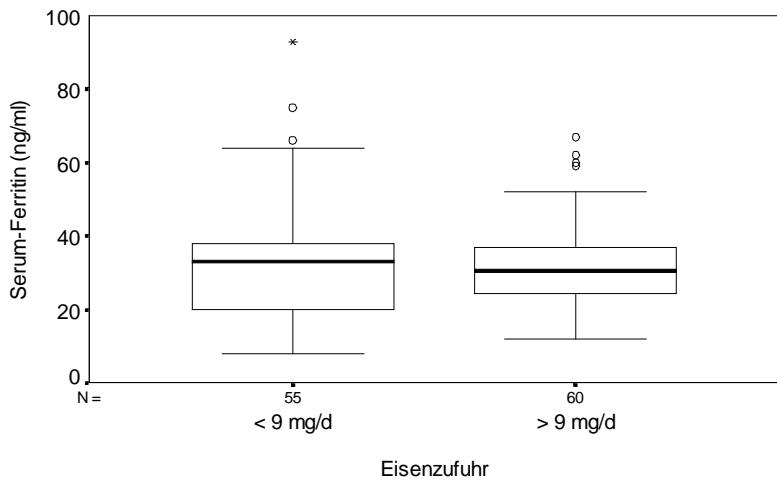


Abb. 43: Mittlere Serum-Ferritinkonzentration (ng/ml) der Schulanfänger (n=115) in Abhängigkeit Referenzwert für die Eisenzufuhr (DACH 2000)

Wie Abbildungen 44 und 46 zeigen, ist bei den Kindern mit einer Eisenzufuhr > 9 mg/d eine signifikant höhere mittlere TS sowie ein höheres mittleres MCV zu verzeichnen als bei den Kindern, die unterhalb des Referenzwertes liegen. Bei getrennter Betrachtung der Geschlechter wird dies ebenfalls bei den Mädchen beobachtet. Bei den Jungen besteht für die mittlere TS sowie die mittlere MCV kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

Die mittlere sTfR-Konzentration ist dagegen im Gesamtkollektiv leicht niedriger bei den besser versorgten Kindern, jedoch nicht signifikant (Abbildung 45). Gerade noch signifikant niedriger ($p = 0,049$) ist die mittlere sTfR-Konzentration der Mädchen mit einer Eisenzufuhr oberhalb des Referenzwertes, während bei den Jungen keine statistische Signifikanz besteht.

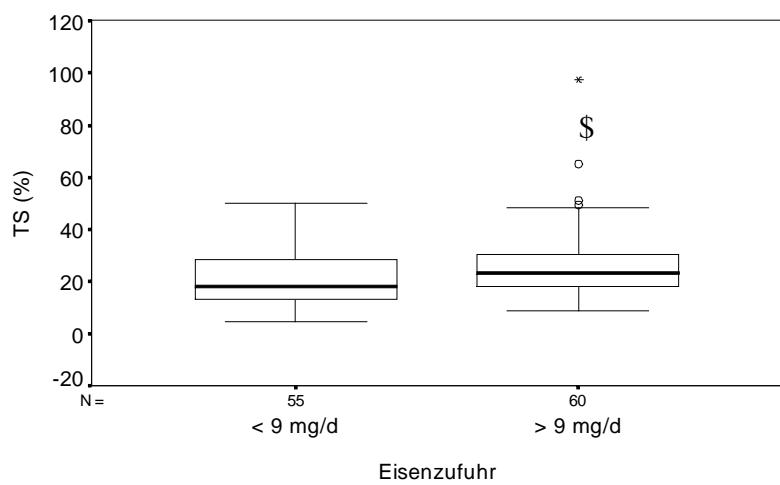


Abb. 44: Mittlere Transferrin-Sättigung (%) der Schulanfänger (n = 115) in Abhängigkeit der Referenzwerte für die Eisenzufuhr (DACH 2000); Mann Whitney U-Test: \$ $p < 0,05$

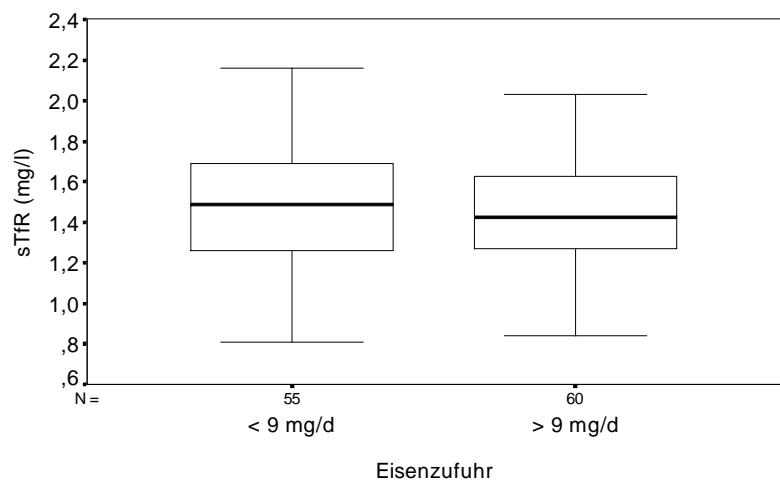


Abb. 45: Mittlere Serum-Konzentration der löslichen Transferrinrezeptoren (mg/l) der Schulanfänger (n = 115) in Abhängigkeit der Referenzwerte für die Eisenzufuhr (DACH 2000)

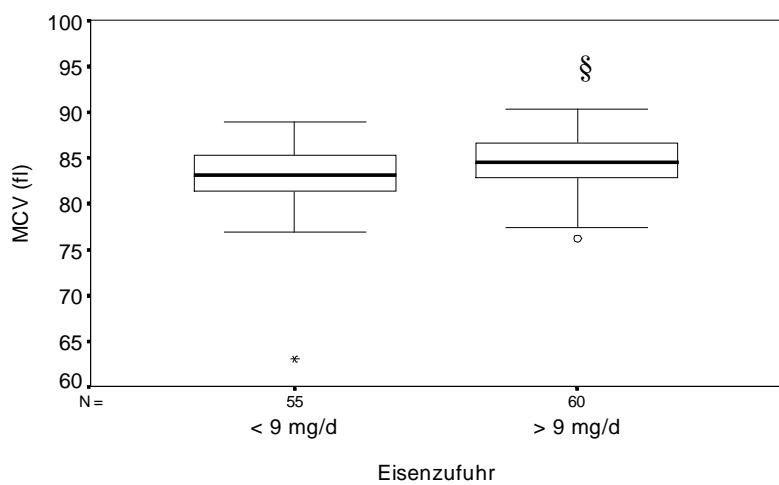


Abb. 46: Mittleres Zellvolumen (MCV) der Schulanfänger (n = 115) in Abhängigkeit der Referenzwerte für die Eisenzufuhr (DACH 2000); Mann Whitney U-Test:
§ p < 0,01

3.8.5.2.2 Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und der Aufnahme von Vitamin C und Calcium

Sowohl im Gesamtkollektiv als auch bei getrennter Betrachtung der Geschlechter lassen sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Zufuhr von Vitamin C oder Calcium auf die analysierten Parameter des Eisenstoffwechsels erkennen.

3.8.5.2.3 Eisen-, Vitamin C- und Calciumzufuhr in Abhängigkeit von der Serum-Ferritin-konzentration

In Tabelle 34 wird die mittlere Eisen-, Vitamin C- und Calciumzufuhr der Schulanfänger in Abhängigkeit von der Serum-Ferritinkonzentration dargestellt. Nur bei Betrachtung des gesamten Kollektivs wird im Vergleich zu den Kindern mit ausreichend gefüllten Eisenspeichern eine signifikant niedrigere Eisenzufuhr bei den Kindern beobachtet, bei denen nach Definition mit einer SF-Konzentration ≤ 20 ng/ml von einem prälatenten bis latenten Eisenmangel auszugehen ist. Bei differenzierter Betrachtung der einzelnen Geschlechter zeigt sich dagegen kein wesentlicher Unterschied bei der Eisenaufnahme zwischen den Kindern mit sich erschöpfenden Eisenspeichern und den Kindern mit gefüllten Eisenspeichern.

Die mittlere Vitamin C-Zufuhr unterscheidet sich weder im Gesamtkollektiv noch bei den Mädchen oder Jungen signifikant zwischen den Schulanfängern mit ausreichenden oder niedrigen Serum-Ferritinkonzentrationen.

Die mittlere Calciumzufuhr unterscheidet sich weder im Gesamtkollektiv noch bei den Mädchen oder Jungen signifikant zwischen den Schulanfängern mit ausreichenden oder niedrigen Serum-Ferritinkonzentrationen.

Eine weitere Differenzierung zwischen prälatentem ($SF \leq 20$ ng/ml) und latentem ($SF \leq 12$ ng/ml) Eisenmangel wurde aufgrund der geringen Fallzahl von Kindern ($n = 4$) mit latentem Eisenmangel nicht vorgenommen.

Eine Korrelation zwischen dem Serum-Ferritin und der Eisen-, der Vitamin C- oder Calciumzufuhr besteht weder bei den Mädchen und Jungen, noch im Gesamtkollektiv. Auch bei den Kindern mit einer SF-Konzentration ≤ 20 ng/ml besteht nach dem Spearmanschen Rangkorrelationskoeffizienten in keiner der Gruppen eine Korrelation zwischen dem Serum-Ferritin und der Eisen-, der Vitamin C- oder Calciumzufuhr.

Tab. 34: Mittlere Eisen- und Vitamin C-Zufuhr in Abhängigkeit von der Serum-Ferritinkonzentration; MW \pm SD (Median/25er – 75er Perzentile)

	Serum-Ferritin	n	Eisen (mg/d)	Vitamin C (mg/d)	Calcium (mg/d)
Mädchen	≤ 20 ng/ml	17	$8,6 \pm 1,5$ (8,7/7,6-9,5)	$83,3 \pm 49,4$ (72,8/55,5-87,7)	699 ± 208 (700/585-808)
	> 20 ng/ml	46	$9,5 \pm 2,5$ (9,3/7,8-11,0)	$78,8 \pm 35,9$ (73,9/50,6-99,2)	725 ± 178 (697/564-865)
Jungen	≤ 20 ng/ml	9	$8,8 \pm 1,6$ (8,6/7,7-10,2)	$92,1 \pm 27,4$ (95,4/66,1-111)	740 ± 229 (784/542-882)
	> 20 ng/ml	43	$10,1 \pm 3,2$ (9,3/8,0-11,4)	$100 \pm 57,2\$$ (93,2/65,3-125)	792 ± 247 (762/641-869)
Gesamt	≤ 20 ng/ml	26	$8,7 \pm 1,5$ (8,6/7,6-9,4)	$86,3 \pm 42,7$ (77,4/60,5-97,1)	713 ± 212 (730/595-820)
	> 20 ng/ml	89	$9,8 \pm 2,9^*$ (9,3/8,0-11,3)	$89,2 \pm 48,3$ (81,4/58,1-111)	758 ± 216 (746/577-864)

* $p < 0,05$ (Student t-Test); \\$ $p < 0,05$ zwischen den Geschlechtern (Student t-Test)

In Tabelle 35 wird der Anteil von Schulanfängern mit erniedrigten Serum-Ferritinkonzentrationen ≤ 20 ng/ml dargestellt und mit einer Eisen- und Vitamin C-Zufuhr oberhalb bzw. unterhalb der Referenzwerte der DACH in Beziehung gesetzt.

Bei 10 (29,4 %) der Kinder mit einer Eisenaufnahme unterhalb den Empfehlungen und einer SF-Konzentration ≤ 20 ng/ml ist auch eine zu niedrige Vitamin C-Zufuhr zu verzeichnen. Sieben (33,3 %) Schulanfänger haben mit einer ausreichenden Vitamin C- und niedriger Eisenzufuhr ebenfalls niedrige SF-Konzentrationen. Demgegenüber haben 6 von 42 Kindern mit ausreichender Eisen- und Vitamin C-Aufnahme SF-Konzentrationen ≤ 20 ng/ml.

Bei geschlechtsspezifischer Betrachtung ist auffallend, dass 7 (33,3 %) der Mädchen mit einer Eisenzufuhr < 9 mg pro Tag und einer Vitamin C- Aufnahme < 75 mg pro Tag eine Serum-Ferritinkonzentration ≤ 20 ng/ml aufweisen im Gegensatz zu 3 (23,1 %) der Jungen. Bei gleichzeitiger Eisenzufuhr und Vitamin C-Aufnahme oberhalb der Sollzufuhr haben gleich viele Mädchen (n=3, 23,1 %) wie Jungen (n=3, 13,6 %) eine SF-Konzentration ≤ 20 ng/ml. Bei ausreichender Eisenzufuhr und einer Vitamin C-Aufnahme unterhalb von 75 mg pro Tag lässt sich bei 3 (23,1 %) der Mädchen und bei keinem der Jungen eine SF-Konzentrationen ≤ 20 ng/ml beobachten.

Tab. 35: Zusammenhang zwischen den Referenzwerten für die Eisen- und Vitamin C-Zufuhr (mg/d) und dem Anteil der Schulanfänger mit einer Serum-Ferritinkonzentration ≤ 20 ng/ml

	< 9 mg Eisen/d	> 9 mg Eisen/d
Vitamin C < 75 mg/d		
n	34	18
davon Kinder ≤ 20 ng SF/ml (%)	10 (29,4)	3 (16,7)
Vitamin C > 75 mg/d		
n	21	42
davon Kinder ≤ 20 ng SF/ml (%)	7 (33,3)	6 (14,3)

In Tabelle 36 wird der Anteil von Schulanfängern mit erniedrigten Serum-Ferritinkonzentrationen ≤ 20 ng/ml dargestellt und mit einer Eisen- und Calciumzufuhr oberhalb bzw. unterhalb der Referenzwerte der DACH in Beziehung gesetzt.

Bei 5 (38,5 %) der Kinder mit einer Eisenaufnahme unterhalb den Empfehlungen und einer SF-Konzentration ≤ 20 ng/ml, ist eine Calciumzufuhr über den Referenzwerten zu

verzeichnen. Demgegenüber haben 2 Kinder (6,5 %) mit einer ausreichenden Calcium- und Eisenzufuhr ebenfalls niedrige SF-Konzentrationen.

Bei geschlechtsspezifischer Betrachtung stellen sich die Ergebnisse ähnlich dar.

Tab. 36: Zusammenhang zwischen den Referenzwerten für die Eisen- und Calciumzufuhr (mg/d) und dem Anteil der Schulanfänger mit einer Serum-Ferritinkonzentration ≤ 20 ng/ml

	< 9 mg Eisen/d	> 9 mg Eisen/d
Calcium < 800 mg/d		
n	42	29
davon Kinder ≤ 20 ng SF/ml (%)	12 (28,6)	7 (24,1)
Calcium > 800 mg/d		
n	13	31
davon Kinder ≤ 20 ng SF/ml (%)	5 (38,5)	2 (6,5)

3.8.5.3 Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und dem Body Mass Index (BMI)

Von insgesamt 174 Schulanfängern liegen gleichzeitig komplett Daten über die laborchemisch bestimmten Parameter des Eisenstoffwechsels sowie Daten zur Körpergröße und zum Körpergewicht und somit zum BMI vor.

Während im untersuchten Gesamtkollektiv sowie bei den weiblichen Schulanfängern ($n = 99$) die SF-Konzentration mit dem BMI signifikant positiv korreliert, ist bei den Jungen ($n = 75$) kein Zusammenhang zu beobachten. Bei den Mädchen beträgt der Spearman Rangkorrelationskoeffizient $r = 0,25$ ($p < 0,05$) und im Gesamtkollektiv $r = 0,24$ ($p < 0,05$). Nur im Gesamtkollektiv ist eine schwach negative Korrelation von $r = -0,16$ ($p < 0,05$) zwischen dem BMI und dem sTfR:Ferritin-Quotienten ersichtlich.

Zwischen den weiteren bestimmten biochemischen Parametern und dem BMI bestehen bei den Mädchen und Jungen sowie im Gesamtkollektiv keine Korrelationen.

In Abbildung 47 wird die Serum-Ferritinkonzentration in Abhängigkeit von BMI-Tertilen dargestellt. Es zeigt sich eine signifikante Zunahme der mittleren SF-Konzentration von der ersten bis zur dritten Tertilgruppe. Eine signifikante Zunahme der SF-Konzentration lässt sich ebenfalls bei den Mädchen beobachten ($p < 0,05$), während sich bei den Jungen für die Differenz der mittleren SF-Konzentrationen zwischen den Tertilen keine Signifikanz verzeichnen lässt.

Von 158 normalgewichtigen Kindern haben 35 Schulanfänger (22,2 %) eine SF-Konzentration ≤ 20 ng/ml bzw. 5 Kinder (3,2 %) eine SF-Konzentration ≤ 12 ng/ml. Von 14 übergewichtigen Kindern (nach Kromeyer-Hauschild et al. (2001)) hat nur ein Kind (7,1 %) eine SF-Konzentration ≤ 20 ng/ml. Dagegen haben zwei adipöse Kinder eine ausreichende SF-Konzentration.

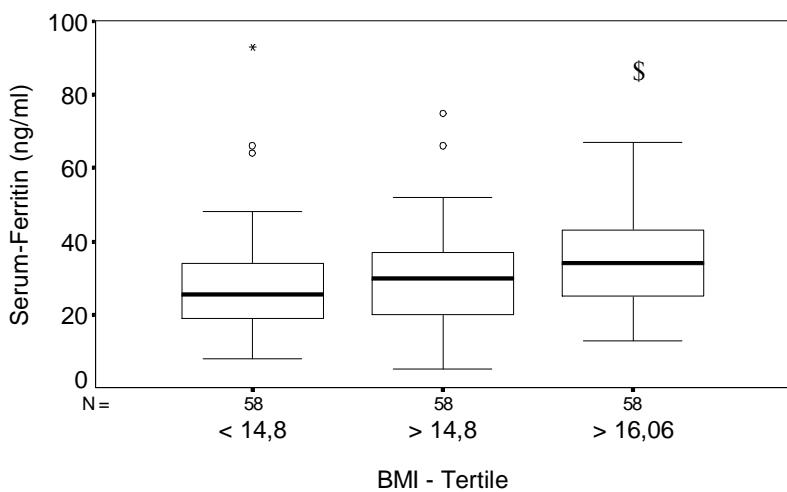


Abb. 47: Mittlere Serum-Ferritinkonzentration (ng/ml) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom BMI; Mann Whitney U-Test: \\$ $p < 0,05$

In Abbildung 48 wird die sTfR-Konzentration in Abhängigkeit von BMI-Tertilen dargestellt. Hinsichtlich der mittleren sTfR-Serumkonzentrationen besteht weder im Gesamtkollektiv noch bei geschlechtsabhängiger Betrachtung zwischen den Tertilgruppen statistische Signifikanz.

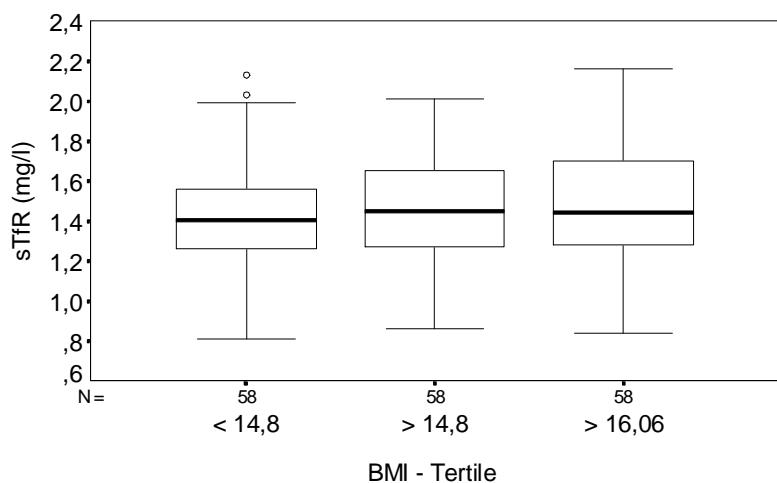


Abb. 48: Mittlere Serumkonzentration der löslichen Transferrinrezeptoren (mg/l) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom BMI

3.8.5.4 Zusammenhang zwischen klinisch-chemischen Parametern und der körperlichen Aktivität

Von den Schulanfängern mit vollständig bestimmtem Eisenstatus haben 146 Eltern freiwillig Angaben zur Dauer und Art der sportlichen Betätigung ihres Kindes pro Woche im Fragebogen gemacht.

Während bei den 6-7jährigen Mädchen (n = 82) die Sportdauer pro Tag mit der SF-Konzentration signifikant negativ korreliert ($r = -0,34$, $p < 0,01$), zeigt der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient mit $r = 0,26$ ($p < 0,05$) bei den Jungen (n=64) einen schwach positiven Zusammenhang. Im Gesamtkollektiv lässt sich kein Zusammenhang beobachten. Der sTfR:Ferritin-Quotient zeigt bei den Mädchen mit $r = 0,28$ ($p < 0,05$) eine signifikant positive Korrelation zur körperlichen Aktivität. Im Gegensatz dazu ist der Zusammenhang bei den Jungen mit $r = -0,25$ ($p < 0,046$) gerade noch signifikant negativ. Im Gesamtkollektiv besteht ebenfalls kein Zusammenhang. Eine signifikant negative Korrelation ist im Gesamtkollektiv und bei den Mädchen zwischen der täglichen sportlichen Aktivität und der Hb-Konzentration zu verzeichnen. Der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman beträgt bei den Mädchen $r = -0,36$ ($p = 0,001$) und im Gesamtkollektiv $r = -0,18$ ($p < 0,05$). Bei den Jungen korrelieren dagegen die beiden Faktoren nicht miteinander.

Zwischen den weiteren analysierten hämatologischen Parametern und der sportlichen Betätigung bestehen bei den Mädchen und Jungen sowie im Gesamtkollektiv keine Korrelationen.

In Abbildung 49 wird der Freizeitsport der Kinder hinsichtlich der Anzahl der wöchentlichen Stunden ihrer körperlichen Aktivität in drei Gruppen eingeteilt. Dabei wird zwischen inaktiven, aktiven und sehr aktiven Kindern differenziert. Im Anschluss wird die SF-Konzentration gegenübergestellt. Im gesamten Kollektiv zeigen hierbei die mittleren SF-Konzentrationen zwischen den inaktiven und sportlich aktiven Kindern keinen signifikanten Unterschied. Bei Betrachtung der einzelnen Geschlechter wird dagegen bei den Mädchen mit einer körperlichen Aktivität von mehr als vier Stunden pro Woche eine signifikant niedrigere mittlere SF-Konzentration beobachtet als bei den Mädchen die bis 4 h wöchentlich aktiv sind oder keinen Sport betreiben. Bei den Jungen weisen die sehr aktiven Jungen eine höhere mittlere SF-Konzentration auf als die anderen beiden Gruppen mit Kindern, die sich nicht oder bis 4 h pro Woche betätigen. Eine statistische Signifikanz besteht jedoch nicht.

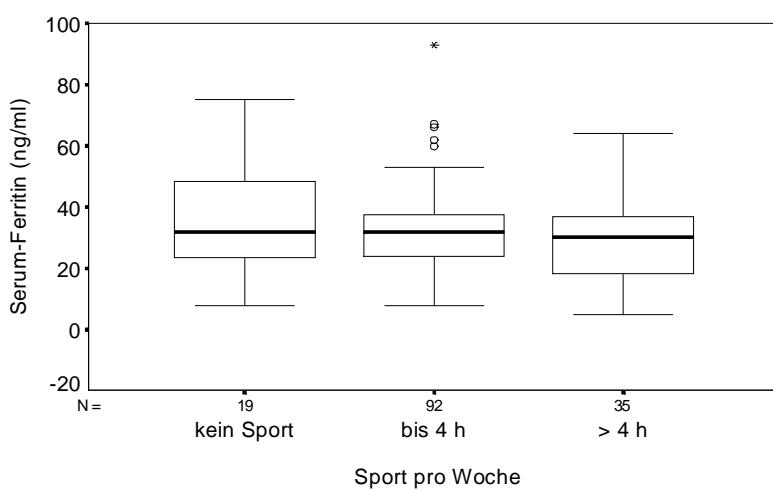


Abb. 49: Mittlere SF-Konzentration (ng/ml) der Schulanfänger (n=146) in Abhängigkeit der Sportaktivität pro Woche in der Freizeit

In Abbildung 50 wird der Freizeitsport der Kinder hinsichtlich der Anzahl der wöchentlichen Stunden ihrer körperlichen Aktivität in drei Gruppen eingeteilt. Dabei wird wiederum zwischen inaktiven, aktiven und sehr aktiven Kindern differenziert. Im Anschluss wird die

sTfR-Konzentration gegenübergestellt. Dabei zeigen die mittleren sTfR-Konzentrationen sowohl im gesamten Kollektiv als auch bei Betrachtung der einzelnen Geschlechter keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kindern, die sich nicht sportlich betätigen und den sportlich aktiven Schulanfängern.

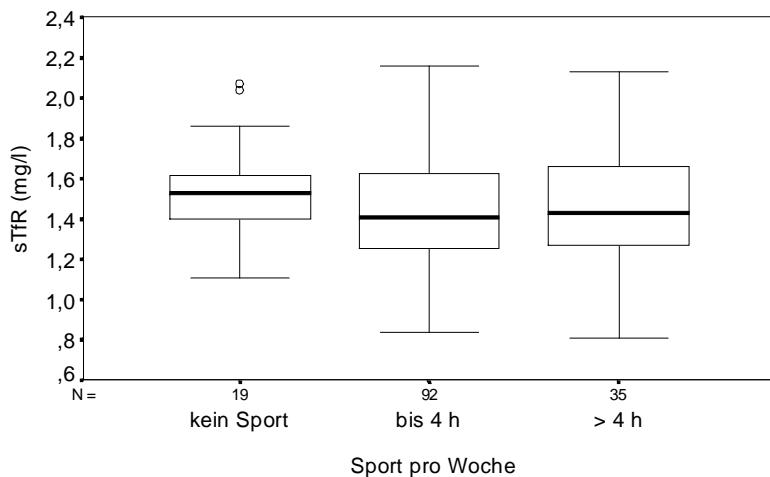


Abb. 50: Mittlere Konzentration der löslichen Transferrinrezeptoren (mg/l) der Schulanfänger (n=146) in Abhängigkeit der Sportaktivität pro Woche in der Freizeit

In Abbildung 51 wird der Freizeitsport der Kinder hinsichtlich der Anzahl der wöchentlichen Stunden ihrer körperlichen Aktivität in drei Gruppen eingeteilt und zwischen inaktiven, aktiven und sehr aktiven Kindern unterschieden. Im Anschluss wird die Hb-Konzentration gegenübergestellt. Dabei zeigen die mittleren Hb-Konzentrationen sowohl im gesamten Kollektiv als auch bei Betrachtung der einzelnen Geschlechter keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kindern, die sich nicht sportlich betätigen und den sportlich aktiven Schulanfängern.

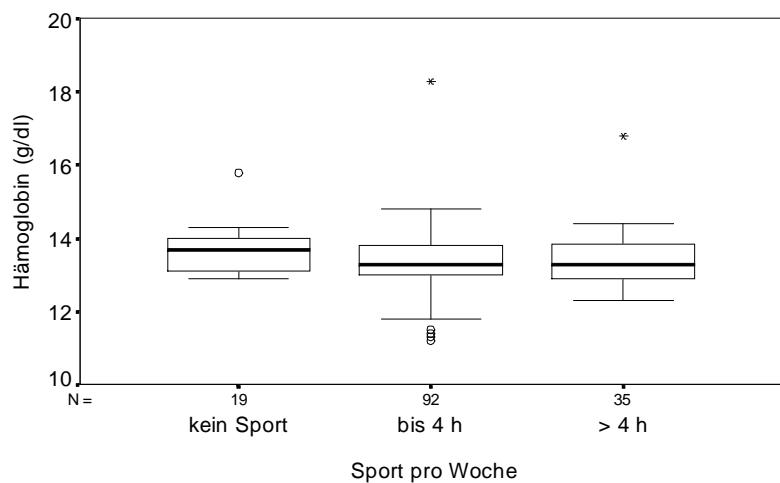


Abb. 51: Mittlere Hämoglobin-Konzentration der Schulanfänger (n=146) in Abhängigkeit der Sportaktivität pro Woche in der Freizeit

3.8.5.5 Zusammenfassende Betrachtung klinischer Kenngrößen des Eisenstoffwechsels und möglicher Einflussfaktoren

In einer schrittweisen multiplen linearen Regressionsanalyse wird der Einfluss verschiedener Faktoren auf ausgewählte abhängige Variablen des Eisenstatus untersucht. Hierbei fliessen Einflussgrößen ein, die weitgehend unabhängig von den abhängigen Variablen sind und von denen ein Einfluss auf die biochemischen Parameter in der Literatur diskutiert bzw. dokumentiert ist. Neben der Zufuhr von Eisen, dem berechneten resorbierbaren Anteil von alimentär zugeführtem Eisen, dem resorbierbaren Anteil von Nicht-Hämeisen und Hämeisen, der Energie-, Vitamin C - und Calciumzufuhr, dem Body Mass Index und der täglichen körperlichen Aktivität werden das Alter und das Geschlecht als mögliche Einflussfaktoren auf die abhängigen Variablen herangezogen. In Tabelle 37 werden nur die biochemischen Parameter aufgeführt, bei denen signifikante Prädiktoren ermittelt wurden. Das Regressionsmodell zeigt, dass sich im gesamten Kollektiv nur der ermittelte Anteil an resorbierbarem Eisen als einziger signifikanter Prädiktor des Serum-Ferritins sowie des sTfR:Ferritin-Quotienten erweist. Jedoch können nur 4,4 bzw. 4,2 % der Variationen der beiden genannten Parameter durch den resorbierbaren Anteil des zugeführten Eisens erklärt werden. Hinsichtlich des mittleren zellulären Volumens lassen sich die tägliche sportliche Betätigung sowie die Energiezufuhr als signifikante Einflussgrößen ermitteln. Auf die beiden Prädiktoren sind insgesamt 10 % der Variabilität des mittleren Zellvolumens zurückzuführen.

Im Weiteren scheinen die untersuchten Prädiktoren im vorliegenden Kollektiv keinen Einfluss auf die anderen Parameter des Eisenstoffwechsels wie der Transferrin-Sättigung, dem Hämoglobin und den löslichen Transferrinrezeptoren darzustellen. Eine geschlechtsspezifische Differenzierung der Prädiktoren auf die hämatologischen Parameter wurde aufgrund der geringen Fallzahl nicht vorgenommen.

Tab. 37: Multiple lineare Regression zur Ermittlung des Einflusses verschiedener Prädiktoren auf ausgewählte Parameter des Eisenstatus¹

Schulanfänger (n=107)									
Prädiktoren	SF ²			MCV			sTfR:Ferritin		
	B	SE	p	B	SE	p	B	SE	p
Konstante	1,3	0,07	0,0000	80,4	1,80	0,0000	1,9	0,08	0,0000
Eisen _{resorb} (mg/d)	0,17	0,08	0,0299	—	—	—	- 0,19	0,09	0,0354
Sportdauer (min/d)	—	—	—	- 0,024	0,008	0,0047	—	—	—
Energiezufuhr (kJ/d)	—	—	—	0,0006	0,0003	0,023	—	—	—
Bestimmtheitsmaß	$r^2 = 0,04$			$r^2 = 0,10$			$r^2 = 0,04$		
	F-Wert = 4,8 (p = 0,0299)			F-Wert = 5,9 (p = 0,0037)			F-Wert = 4,5 (p = 0,0354)		

B = Regressionskoeffizient (Schätzer)

SE = Standardfehler von B

¹ Keine der anderen hinzugefügten Variablen waren im Regressionsmodell zur Transferrin-Sättigung, zum Hämoglobin oder zu den löslichen Transferrin-Rezeptoren signifikant

² Logarithmiertes Serum-Ferritin, da nicht normalverteilt

3.8.6 Serumkonzentrationen verschiedener Hormone des Jodstoffwechsels sowie die Jod-Urin-Konzentration

Tabelle 38 stellt die Serumkonzentrationen des freien Anteils des Schilddrüsenhormons Tyroxin (fT4) und des aus der Hypophyse stammenden thyroidea-stimulierenden Hormons (TSH) dar. Weiterhin wird die Jodid- und die Kreatininausscheidung im Urin aufgeführt sowie die berechnete Jodidausscheidung pro g Kreatinin. Die durchschnittlich ermittelten Konzentrationen der Hormone fT4 und TSH zeigen keine pathologischen Abweichungen zu den Referenzwerten (s. Tabelle A12 Anhang). Mit Ausnahme der TSH-Konzentration besteht bei den laborchemisch bestimmten Parametern des Jodstoffwechsels kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern.

Tab. 38: Serumkonzentrationen verschiedener Hormone des Jodstoffwechsels sowie die Jod-Urin-Konzentration von Schulanfängern; MW \pm SD (Median/25er – 75er Perzentile)

	Mädchen (n=104)	Jungen (n=76)	p§	Gesamt (n=180)
Serum				
fT4 ¹ (pg/ml)	13,4 \pm 1,3 13,3/12,5-14,2	13,2 \pm 1,84 13,4/12,5-14,3	n.s.	13,3 \pm 1,52 13,3/12,5-14,2
TSH ² (μ U/ml)	2,13 \pm 0,82 2,07/1,49-2,72	2,73 \pm 2,08 2,30/1,84-3,12	< 0,05	2,39 \pm 1,51 2,23/1,63-2,81
Urin				
	(n=118)	(n=89)		(n=207)
Jod (μ mol/l)	0,96 \pm 0,56 0,89/0,56-1,28	1,04 \pm 0,63 0,89/0,63-1,28	n.s.	1,0 \pm 0,59 0,89/0,58-1,27
Jod (μ g/dl)	12,1 \pm 7,1 11,2/7,0-16,1	13,1 \pm 8,0 11,2/7,9-16,1	n.s.	12,6 \pm 7,5 11,2/7,3-16,0
Kreatinin (mg/dl)	107 \pm 46 105/71-135	108 \pm 45 102/76-135	n.s.	108 \pm 45 103/72-134
Jod (μ g/g Kreatinin)	121 \pm 68 108/77,1-153	126 \pm 63 111/81,7-145	n.s.	123 \pm 66 110/79,7-152

¹ Freies Thyroxin

² Thyroidea-stimulierendes-Hormon (Hypophyse)

§ Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (U-Test nach Mann-Whitney)

3.8.7 Prävalenz von Jodmangel bei Schulanfängern nach der Jod-Urin-Konzentration

Als ein Maß für die Höhe der Jodidzufuhr über die Nahrung wird die Jodausscheidung über den Urin pro g Kreatinin herangezogen. Die Prävalenz von Jodmangel wird anhand der WHO-Klassifikation (1994, 2001) für unterschiedliche Jodmangel-Schweregrade ermittelt.

Die durchschnittlich ermittelte Jodausscheidung ist bei den 6-7jährigen Schulanfängern 110 µg Jodid pro g Kreatinin und Tag (Median, s. Tabelle 38) und liegt somit bei der Erlanger Population von Kindern im Mittel in Grad 0 der WHO-Einteilung. Signifikante geschlechtspezifische Unterschiede bestehen nicht.

In Abbildung 52 ist eine differenzierte Einteilung der Jungen und Mädchen in die entsprechenden Jodmangelschweregrade dargestellt. Hierbei wird deutlich, dass insgesamt 44 % der Mädchen und knapp 41 % der Jungen unter der wünschenswerten Grenze von 100 µg Jodid pro g Kreatinin und Tag liegen. 6,7 % der Mädchen und Jungen sind als Grad II und III einzustufen.

32,4 % der Kinder haben einen Jodmangel Grad 0 mit einer Jodausscheidung von über 100 µg Jodid pro g Kreatinin. Ein Viertel der Kinder weisen eine tägliche Ausscheidung von über 150 µg Jodid pro g Kreatinin auf.

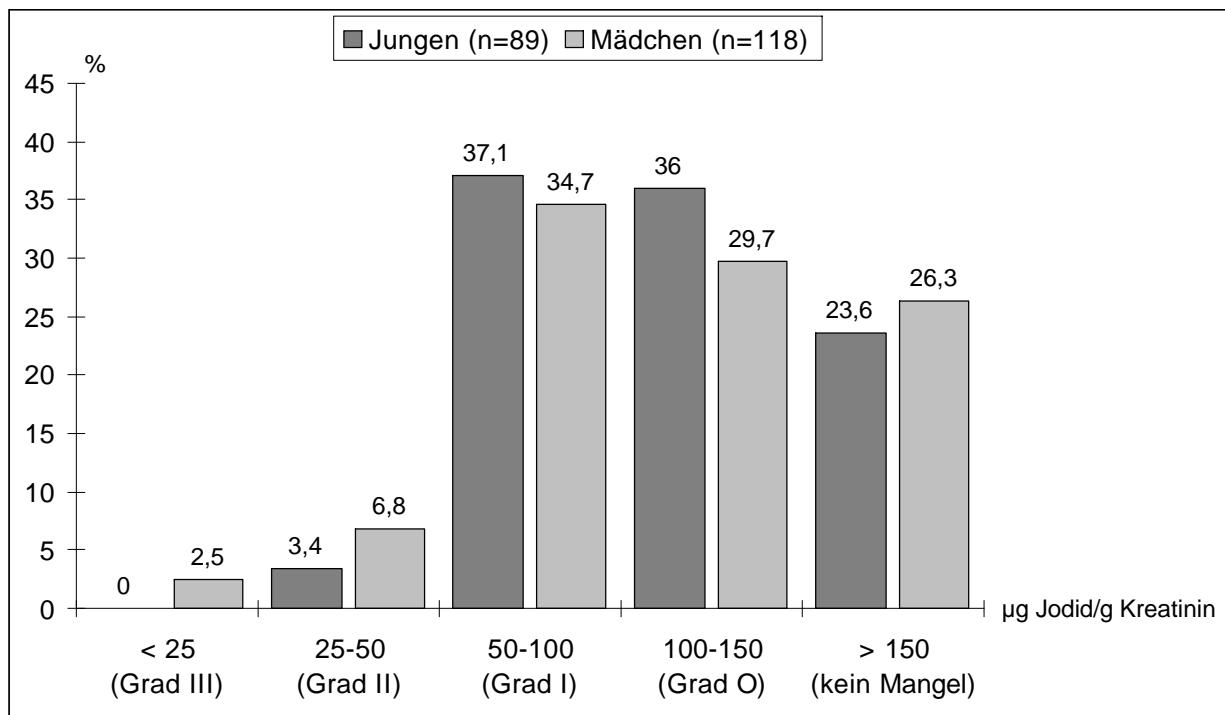


Abb. 52: Relative Häufigkeit der Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin) im Urin von 6-7jährigen Jungen und Mädchen

Da die Kreatininausscheidung bei Kindern im Wachstumsalter nicht immer konstant ist, wird zusätzlich anhand der Jodkonzentration im Spontanurin untersucht, ob ein milder, mäßiger oder schwerer Jodmangel vorliegt (Abbildung 53). Nach der WHO-Klassifikation (WHO 1994, WHO 2001, Delange 1997, Hetzel & Dunn 1989) liegen die entsprechenden cut-offs bei ≤ 20 , ≤ 50 und $\leq 100 \mu\text{g}/\text{l}$ bzw. $\leq 0,16$, $\leq 0,39$ und $\leq 0,79 \mu\text{mol}/\text{l}$. Demnach weisen 2,9 % der Schulanfänger von FIT einen schweren Jodmangel ($\leq 20 \mu\text{g}/\text{l}$), 9,2 % einen mäßigen ($\leq 50 \mu\text{g}/\text{l}$) und 31,9 % der Kinder einen milden Jodmangel ($\leq 100 \mu\text{g}/\text{l}$) auf. 56 % der Schulanfänger scheinen ausreichend versorgt zu sein. Die Jodversorgung der Mädchen scheint besonders im unteren Bereich schlechter zu sein als die der Jungen, da etwa 3 % mehr Mädchen einen schweren und 4,3 % mehr Mädchen als Jungen einen mäßig ausgeprägten Jodmangel haben.

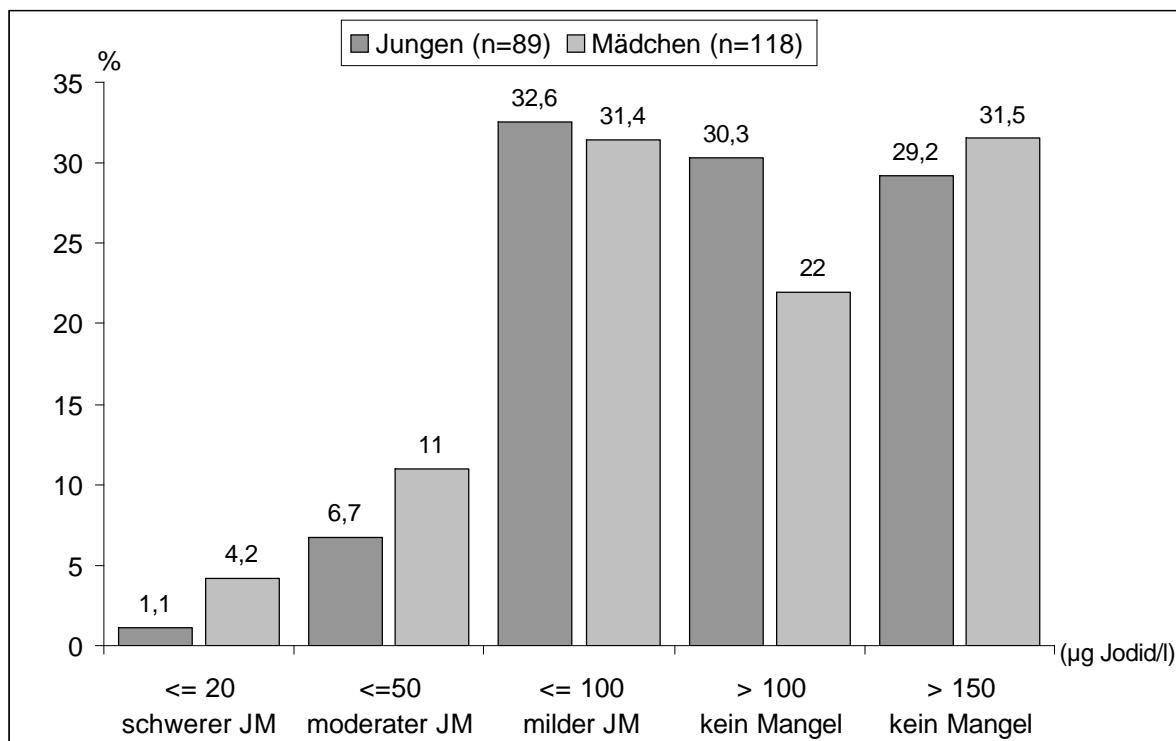


Abb. 53: Relative Häufigkeit der Jodidkonzentration ($\mu\text{g}/\text{l}$) im Urin von 6-7jährigen Jungen und Mädchen

Bei Betrachtung der gesamten untersuchten Population entspricht das in etwa den Anteilen der Kinder berechnet nach der Jodausscheidung pro g Kreatinin (s. Abbildung 52), wobei nach der Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{dl}$) ein größerer Teil Kinder einen mäßigen bis schweren Jodmangel haben. Bei geschlechtsspezifischer Differenzierung tritt ein Jodmangel nach der Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{dl}$) bei den Mädchen und Jungen mit mäßigem (11,0 % Mädchen, 6,7 % Jungen) bis schwerem (4,2 % Mädchen, 1,1 % Jungen) Jodmangel ebenfalls häufiger auf als nach der Jodausscheidung bezogen auf das Kreatinin (s. Abbildung 52). Dagegen scheint ein milder Jodmangel (31,4 % Mädchen, 32,6 % Jungen) nach der Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{dl}$) weniger ausgeprägt.

In keiner der nach der WHO definierten Jodmangelgruppen besteht ein Zusammenhang zwischen der Jodurinkonzentration und dem TSH oder dem fT4 oder auch der Jodausscheidung pro g Kreatinin und den Serumparametern.

Nach dem Spearman Rangkorrelationskoeffizient (r) ist mit $r = -0,18$ ($p < 0,05$) eine schwach negative Korrelation zwischen dem Serum-TSH und Serum-fT4 nur in der Gesamtpopulation

(n=170) ersichtlich, nicht aber bei Trennung nach Geschlecht oder bei differenzierter Betrachtung der einzelnen Jodmangelgruppen.

In der Gesamtpopulation (n=207) besteht ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Jod- ($\mu\text{g/l}$) und der Kreatininausscheidung (mg/dl) ($r = 0,57$, $p < 0,001$). Dies lässt sich bei differenzierter Betrachtung der Jodmangelgruppen für die Kinder mit ausreichender Jodversorgung ($r = 0,38$, $p < 0,001$) und für die Kinder mit einer Jodausscheidung zwischen 50 und 100 $\mu\text{g/l}$ ($r = 0,30$, $p < 0,05$) beobachten, während für Kinder mit einer Jodkonzentration $\leq 50 \mu\text{g/l}$ bzw. $\leq 20 \mu\text{g/l}$ kein Zusammenhang nach dem Spearman Rangkorrelationskoeffizient (r) festgestellt werden konnte.

Während zwischen der Jodurinkonzentration bezogen pro g Kreatinin und der Kreatininkonzentration in der Gesamtpopulation ein schwach negativ signifikanter Zusammenhang beobachtet wurde ($r = -0,15$, $p < 0,05$), war kein statistischer Zusammenhang bei getrennter Betrachtung der Geschlechter erkennbar.

3.8.7.1 Jodausscheidung und Verzehr von jodiertem Speisesalz sowie mit jodiertem Salz hergestellte Brot und Backwaren

Von 164 Kindern liegen sowohl die Jodkonzentrationen aus dem Spontanurin vor als auch Angaben im Fragebogen über die Verwendung von jodiertem bzw. nicht jodiertem Speisesalz durch deren Familien sowie über den Verzehr von Brot und Backwaren, die mit Jodsalz hergestellt werden.

In Abbildung 54 wird die Jodausscheidung ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin) dem Verzehr von jodiertem Speisesalz bzw. der Nichtverwendung von jodiertem Speisesalz gegenübergestellt.

Es zeigt sich, dass die 2,4 % der Schulanfänger aus den Familien, die kein jodiertes Speisesalz zur Zubereitung ihrer Speisen verwenden im Mittel 25,2 μg weniger Jod pro g Kreatinin ausscheiden als die Kinder aus den Familien, die jodiertes Speisesalz verzehren. Hinsichtlich ihrer durchschnittlichen Jodausscheidung ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin) sind sie dem Jodmangelgrad I zuzuordnen. Ein signifikanter Unterschied besteht jedoch nicht.

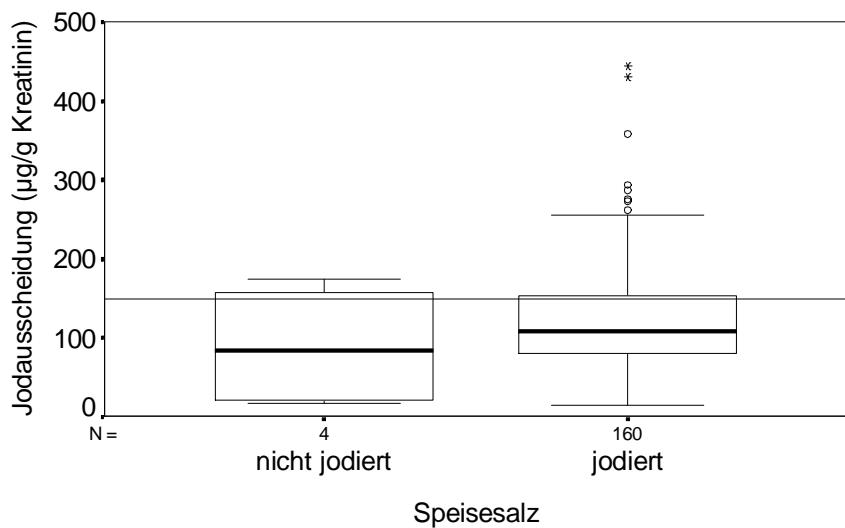


Abb. 54: Jodausscheidung ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom Verzehr von jodiertem bzw. nicht jodiertem Speisesalz (Referenzlinie für $150 \mu\text{g}$ Jodid/g Kreatinin = kein Mangel)

In Abbildung 55 wird die Jodausscheidung ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin) dem Verzehr von Brot und Backwaren gegenübergestellt, die mit jodiertem Speisesalz hergestellt wurden. Dabei zeigt sich kein deutlicher Unterschied in der Jodausscheidung zwischen den Kindern, die Brot bzw. Backwaren verzehren, die mit Jodsalz hergestellt werden und den Kindern, deren Eltern nicht darauf achten, ob in Brot und Backwaren Jodsalz enthalten ist oder nicht häufig solche Brot- und Backwaren kaufen. Zwei Kinder, deren Eltern fast nie jodiertes Brot und Backwaren kaufen, liegen jedoch mit einer Ausscheidung von $46 \mu\text{g}$ Jodid pro g Kreatinin deutlich unterhalb der mittleren Jodidausscheidung ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin) der anderen Gruppen. Eine statistische Signifikanz liegt nicht vor.

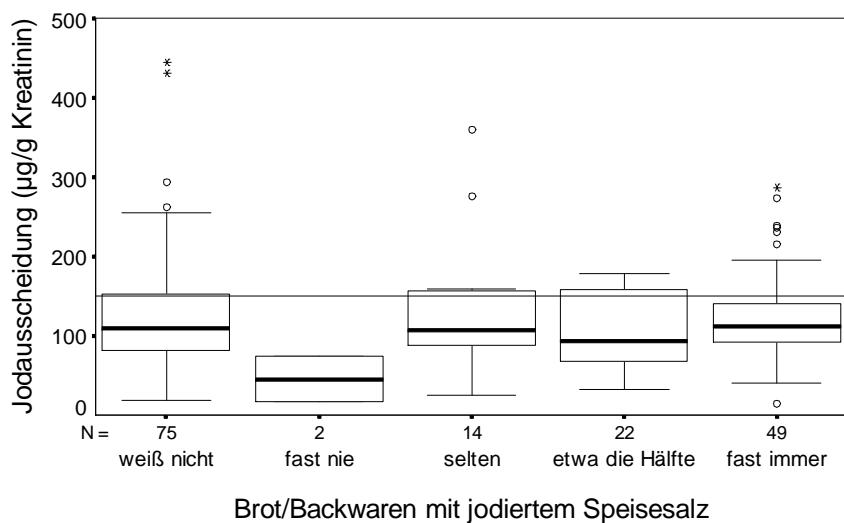


Abb. 55: Jodausscheidung (µg/g Kreatinin) der Schulanfänger in Abhängigkeit vom Verzehr von mit Jodsalz hergestelltem Brot und Backwaren (Referenzlinie für 150 µg Jodid/g Kreatinin = kein Mangel)

3.8.8 Prävalenz von Hypothyreose

Bei einzelner Betrachtung der analysierten Hormone aus dem Serum tritt nur bei einem der 6-7jährigen Jungen ein erniedrigerter fT4-Wert auf. Von den Mädchen liegt keines unter dem unteren Grenzwert von < 10 pg/ml (s. Tabelle A12 Anhang). Dagegen haben 1,9 % (n = 2) der Mädchen TSH-Werte über dem oberen Grenzwert von 4,2 µU/ml (s. Tabelle A12 Anhang) sowie 5,3 % (n = 4) der Jungen. Bei diesen Kindern besteht möglicherweise eine latente Hypothyreose.

Die mittlere Jodurinkonzentration der Kinder mit erniedrigten TSH- bzw. fT4-Serumkonzentrationen beträgt 9,6 µg/dl bzw. die Jodausscheidung pro g Kreatinin liegt bei 99,7 µg. Die mittlere Jodversorgung liegt somit knapp unter den von der WHO (1994, 2001) geforderten Grenzwerten im Gegensatz zu den Kindern mit Serumkonzentrationen von fT4 und TSH im Normbereich mit 11,2 µg/dl bzw. 110 µg/g Kreatinin. Ein statistisch signifikanter Unterschied liegt nicht vor.

Nur bei einem der Jungen (1,3 %) liegt möglicherweise eine manifeste Hypothyreose zugrunde, da sowohl eine erniedrigte fT4-Konzentration mit 8,69 pg/ml als auch eine stark erhöhte TSH-Konzentration mit 17,9 µU/ml festgestellt wurde. Die Jodidausscheidung im

Urin liegt dagegen mit 146 µg Jodid/g Kreatinin im Sollbereich und erreicht fast die Gruppe "kein Mangel" nach der WHO-Klassifikation.

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Jodurinausscheidung und der TSH- sowie der fT4-Konzentration wird bei den Kindern mit auffälligen Serummarkern nicht beobachtet.

3.8.9 Zusammenhang zwischen alimentärer Jodzufuhr, Body Mass Index und sozialem Status

Im Verlauf des Kapitels wird der Zusammenhang zwischen der ermittelten Jodzufuhr aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll und dem Body Mass Index sowie dem sozialen Status betrachtet.

3.8.9.1 Jodzufuhr und Body Mass Index (BMI)

Im Gesamtkollektiv von 168 Schulanfängern und bei einzelner Betrachtung der weiblichen (n = 95) und männlichen (n = 73) Population zeigt sich keine signifikant positive Korrelation zwischen der Jodaufnahme und dem BMI.

Abbildung 56 zeigt die mittlere Jodzufuhr in Abhängigkeit vom BMI eingeteilt in Tertilen. Die mittlere absolute tägliche Jodzufuhr unterscheidet sich zwischen den drei BMI-Tertilen nicht signifikant. Auch bei geschlechtsabhängiger Betrachtung besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

Wird die Jodzufuhr auf die aufgenommene Energie bezogen, wird hinsichtlich der mittleren täglichen Jodaufnahme kein signifikanter Unterschied zwischen den Kindern in der niedrigsten und der obersten BMI-Tertile beobachtet (Abbildung 57). Die mittlere Nährstoffdichte für Jod zeigt sowohl bei den Mädchen als auch bei den Jungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den BMI-Tertilen. Abbildungen 56 und 57 lassen erkennen, dass die mittlere Jodzufuhr in allen drei BMI-Gruppen deutlich unterhalb der Referenzwerte (DACH 2000) liegt.

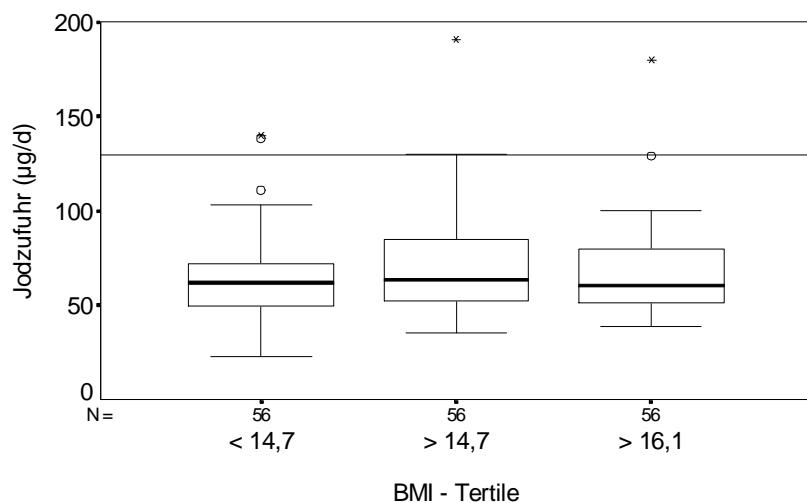


Abb. 56: Mittlere Jodzufuhr (mg/d) der Schulanfänger (n=168) in Abhängigkeit vom BMI (Linie für den Referenzwert der Jodzufuhr von 130 µg/d)

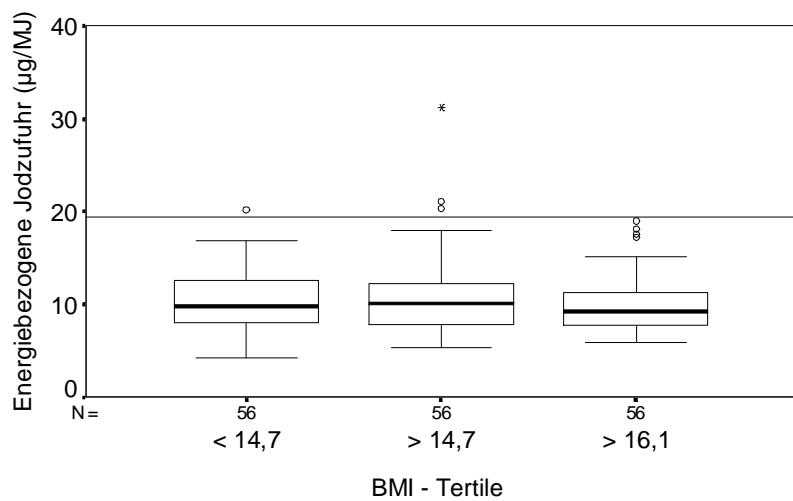


Abb. 57: Mittlere energiebezogene Jodzufuhr (mg/MJ) der Schulanfänger (n=168) in Abhängigkeit vom BMI (Linie für den Referenzwert der Nährstoffdichte von 19,5 µg Jod/MJ)

3.8.9.2 Jodzufuhr und sozialer Status

146 Mütter und 115 Väter der Schulanfänger mit verfügbaren Zufuhrdaten gaben Auskunft über ihre Schul- und Ausbildung, ihre berufliche Stellung und über ihr Nettoeinkommen. Daraus wurde der Schicht-Index gebildet und der soziale Status der Familien ermittelt (s. Kapiel 2.10). In der folgenden Auswertung war eine weitere Differenzierung in arbeitslos vs. nicht arbeitslos oder alleinerziehend vs. nicht alleinerziehend aufgrund zu niedriger Fallzahlen oder nicht verfügbarer Daten (alleinerziehend wurde nicht erfasst) statistisch nicht sinnvoll bzw. durchführbar.

In beiden Geschlechtern und im Gesamtkollektiv zeigt sich keine Korrelation zwischen der Jodzufuhr und der sozialen Einstufung.

In Abbildung 58 (s. auch Tabelle A16 im Anhang) wird die mittlere tägliche Jodzufuhr aller Schulanfänger in Abhängigkeit der Schichtzugehörigkeit dargestellt. Die Schichtzugehörigkeit wurde aus dem Durchschnitt der Schichtzugehörigkeit der jeweiligen Mutter und des jeweiligen Vaters ermittelt.

Bei Berücksichtigung der sozialen Einstufung beider Eltern ist kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Schichtzugehörigkeit und der mittleren Jodzufuhr des Kindes ersichtlich (Abbildung 58). Die durchschnittliche Jodzufuhr liegt in allen drei Gruppen stark unterhalb der Referenzwerte.

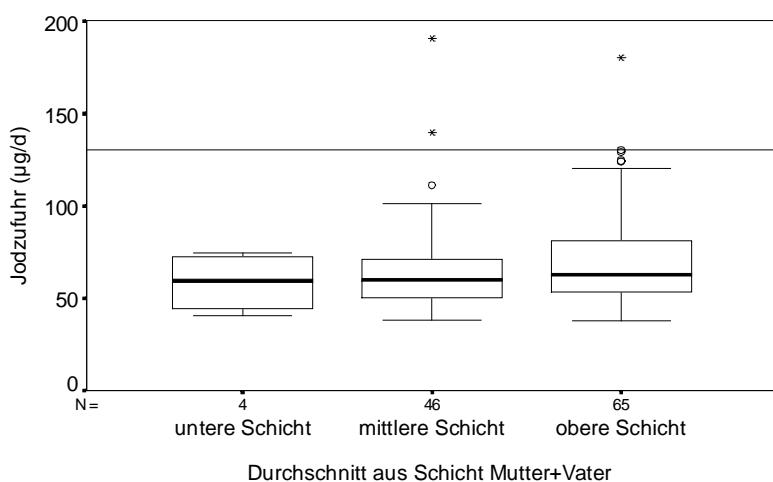


Abb. 58: Mittlere Jodzufuhr ($\mu\text{g}/\text{d}$) der Schulanfänger ($n=115$) in Abhängigkeit der Schichtzugehörigkeit aus dem Durchschnitt der Schichtzugehörigkeit von Mutter und Vater (Linie für den Referenzwert der Jodzufuhr von $130 \mu\text{g}/\text{d}$)

3.8.10 Zusammenhang zwischen der alimentären Jodzufuhr und biochemischen Parametern

Im Verlauf des Kapitels wird der Zusammenhang zwischen den Schilddrüsenhormonen, der Jod-Urin-Ausscheidung und der Jodzufuhr untersucht.

3.8.10.1 Jodzufuhr und Schilddrüsenhormone

Von insgesamt 120 Schulanfängern liegen gleichzeitig komplette Daten über die Schilddrüsenhormone fT4 und TSH sowie Daten über die Jodzufuhr aus dem 3-tägigen Wiegeprotokoll vor. Eine geschlechtsabhängige Differenzierung der Ergebnisse erfolgte aufgrund der kleinen Fallzahl der Kinder mit einer Jodaufnahme > 130 µg pro Tag nicht.

Der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient (r) zeigt keine Korrelation zwischen der Jodzufuhr über die Nahrung und dem fT4 sowie dem TSH.

In Abbildung 59 und 60 wird die Jodzufuhr der Schulanfänger in zwei Gruppen eingeteilt, in Anlehnung an den Referenzwert der DACH von 130 µg Jod pro Tag für diese Altersgruppe. Kinder die weniger als 130 µg Jod pro Tag aufnehmen, erreichen dabei die Sollzufuhr nicht. Anschließend wird die fT4- und die TSH-Konzentration dargestellt. In Abbildung 59 lässt sich bei den Kindern, die nach der Definition eine ausreichende Jodzufuhr aufweisen im Mittel auch eine höhere fT4-Konzentration beobachten als bei den Kindern mit einer zu niedrigen Jodaufnahme. Die Differenz ist jedoch statistisch nicht signifikant.

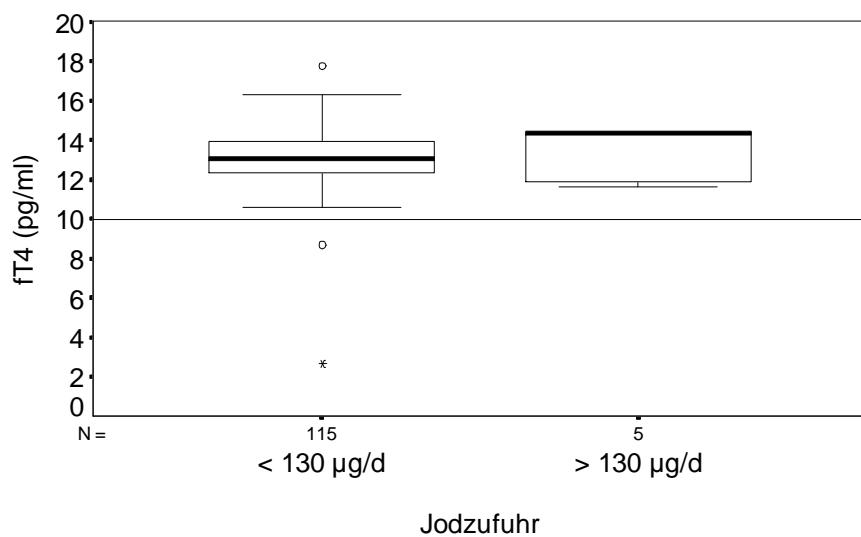


Abb. 59: Mittlere fT4-Konzentration (pg/ml) der Schulanfänger (n=120) in Abhängigkeit des Referenzwertes für die Jodzufuhr (untere Referenzlinie für fT4 = 10 pg/ml)

Abbildung 60 zeigt, dass die mittleren Konzentrationen der Kinder mit einer ausreichenden sowie einer zu niedrigen Jodzufuhr im Normalbereich liegen. Die mittlere TSH-Konzentration der 6-7jährigen Schulanfänger mit einer ausreichenden Jodzufuhr liegt leicht höher als die der Kinder mit einer mangelhaften Jodaufnahme. Die Differenz im Gesamtkollektiv ist statistisch nicht signifikant.

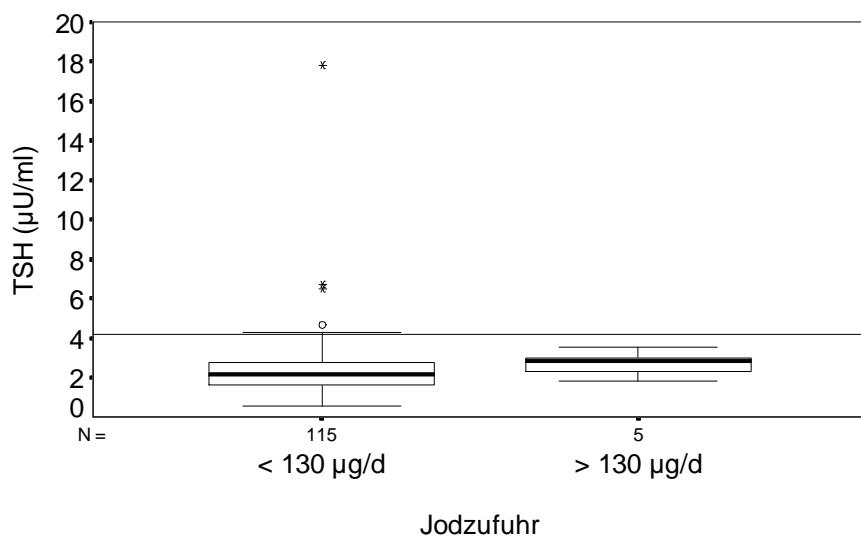


Abb. 60: Mittlere TSH-Konzentration (μ U/ml) der Schulanfänger (n=120) in Abhängigkeit des Referenzwertes für die Jodzufuhr (DACH 2000) (obere Referenzlinie für TSH = 4,2 μ U/ml)

3.8.10.2 Jodzufuhr und Jodausscheidung

Von insgesamt 138 Schulanfängern liegen gleichzeitig komplettete Daten über die Ausscheidung von Jodid und Kreatinin im Urin sowie Daten über die Jodzufuhr aus dem 3-tägigen Wiegeprotokoll vor.

Nach dem Spearman Rangkorrelationskoeffizient (r) besteht zwischen der Jodaufnahme und dem Jod-Kreatinin-Quotienten, dem Kreatinin sowie der Jodidkonzentration im Spontanurin kein Zusammenhang. Im Gesamtkollektiv besteht jedoch mit $r = 0,31$ ($p < 0,001$) ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Milch und Milchprodukten und dem Jod-Kreatinin-Quotienten sowie mit $r = 0,19$ ($p < 0,05$) zur Jodidkonzentration.

In Abbildung 61 wird die mittlere Jodaufnahme in Abhängigkeit des Jodmangels anhand der Jodausscheidung ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin) nach der WHO-Klassifikation dargestellt. Die Graphik zeigt, dass die mittlere Jodzufuhr mit zunehmendem Jodmangelgrad abnimmt. Die Differenz ist jedoch statistisch weder im Gesamtkollektiv noch bei geschlechtsabhängiger Betrachtung signifikant. Eine adäquate Jodaufnahme wird sowohl in Abbildung 61 als auch Abbildung 62 von keiner Gruppe erreicht.

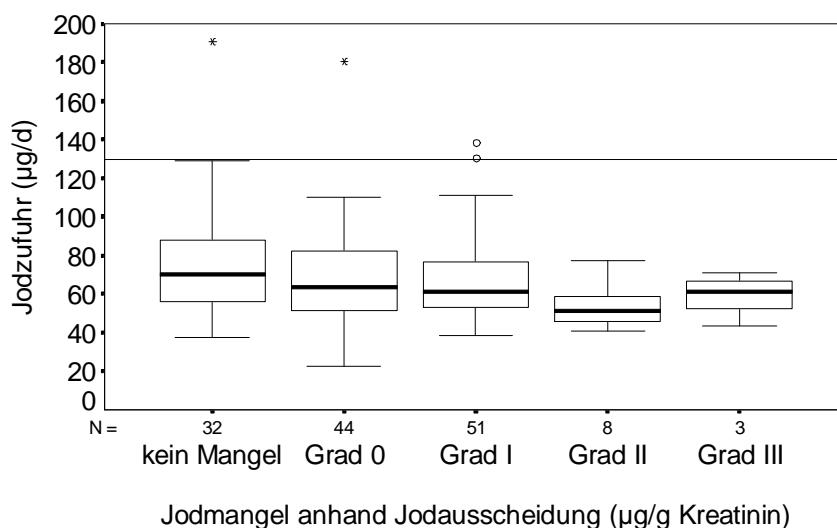


Abb. 61: Mittlere Jodzufuhr bei Schulanfängern ($n=138$) in Abhängigkeit des Jodmangels anhand der Jodausscheidung ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin) nach der nach WHO-Klassifikation (Linie für den Referenzwert der Jodzufuhr von $130 \mu\text{g/d}$)

Abbildung 62 zeigt die mittlere Jodaufnahme in Abhängigkeit des Jodmangels anhand der Jodidausscheidung ($\mu\text{g}/\text{dl}$) nach der WHO-Klassifikation. Auch hier wird beobachtet, dass die Schulanfänger, die den von der WHO gewünschten Grenzwert von $> 10 \mu\text{g}$ Jodid/dl Urin (WHO 1994, WHO 2001) überschreiten, eine höhere Jodaufnahme aufweisen als die Kinder, die unterhalb einer Jodidausscheidung von $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ liegen. Der Unterschied ist statistisch weder im Gesamtkollektiv noch bei geschlechtsabhängiger Betrachtung signifikant.

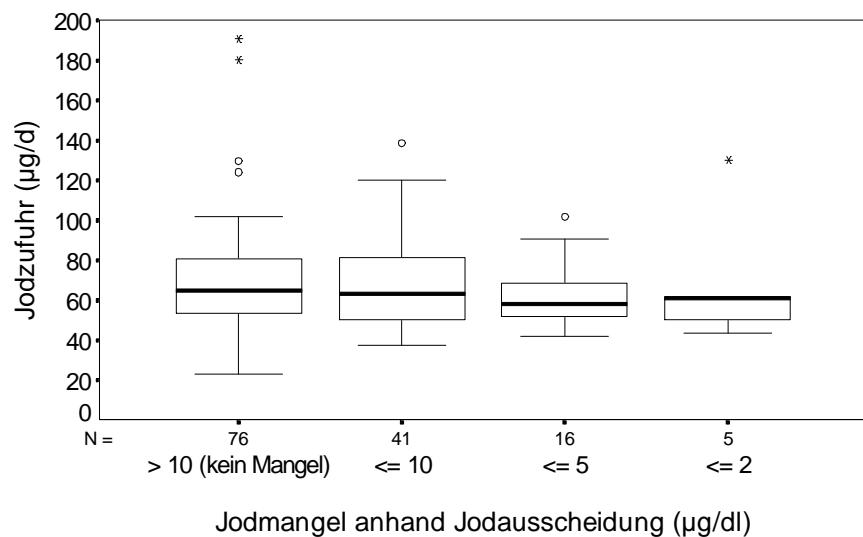


Abb. 62: Mittlere Jodzufuhr bei Schulanfängern (n=138) in Abhängigkeit des Jodmangels anhand der Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{dl}$) nach der WHO-Klassifikation (Linie für den Referenzwert der Jodzufuhr von $130 \mu\text{g}/\text{d}$)

In Abbildung 63 wird der mittlere Verzehr von Milch und Milchprodukten in Abhängigkeit des Jodmangels anhand der Jodidausscheidung ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin) nach der WHO-Klassifikation dargestellt. Die Graphik zeigt eine deutliche Abnahme des Verzehrs von Milch und Milchprodukten mit zunehmendem Jodmangelgrad. Eine signifikante Differenz ist zwischen der Gruppe, die keinen Jodmangel aufweist und der Gruppe mit einem Jodmangel Grad I zu beobachten. Bei den letzten beiden Gruppen (Grad II und III) ist die Anzahl der Probanden möglicherweise zu klein, um hier einen Zusammenhang zu erkennen.

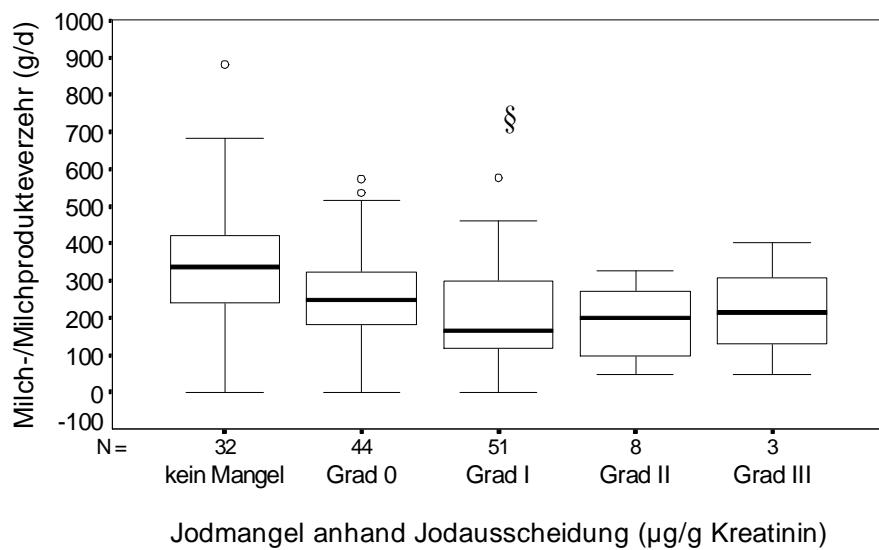


Abb. 63: Mittlerer Verzehr von Milch und Milchprodukten bei Schulanfängern (n=138) in Abhängigkeit des Jodmangels anhand der Jodausscheidung ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin) nach der WHO-Klassifikation (einfaktorielle ANOVA: § $p < 0,05$ zwischen Gruppe „kein Mangel“ und „Grad 1“)

3.8.11 Zusammenhang zwischen der Jod- und Kreatininausscheidung und anthropometrischen Daten

Im Weiteren wurde bei 207 Schulanfängern untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der Jod- bzw. Kreatininausscheidung und dem Körpergewicht, dem BMI oder der fettfreien Masse (FFM) gemessen mittels bioelektrischer Impedanzanalyse, s. Kapitel 2.7) besteht.

Zwischen der Jodausscheidung bezogen auf das Kreatinin sowie der Kreatininausscheidung und dem Körpergewicht, dem BMI und der FFM ist nach dem Spearman Rangkorrelationskoeffizient weder im Gesamtkollektiv noch bei Mädchen oder Jungen ein Zusammenhang zu sehen. Dagegen korreliert die Jodausscheidung im Gesamtkollektiv schwach mit dem Körpergewicht ($r = 0,14, p < 0,05$) und mit dem BMI ($r = 0,15, p < 0,05$). Während bei den Mädchen keine Korrelation zwischen der Jodausscheidung und dem Körpergewicht und dem BMI vorliegt, besteht bei den Jungen ein gerade noch signifikanter Unterschied zwischen der Jodausscheidung und dem BMI ($r = 0,21, p = < 0,048$).

Abbildung 64 und 65 zeigen die mittlere Jodausscheidung im Urin sowie die Ausscheidung von Jodid pro Gramm Kreatinin in Abhängigkeit vom ermittelten BMI eingeteilt in Tertile. In beiden Graphiken ist ein leichter Anstieg der Jodausscheidung mit zunehmender Tertile zu beobachten. Eine statistische Signifikanz ist jedoch nicht zu verzeichnen.

Bei geschlechtsspezifischer Betrachtung ist zwischen den BMI-Tertilen ebenfalls kein signifikanter Unterschied in der Jodausscheidung zu beobachten.

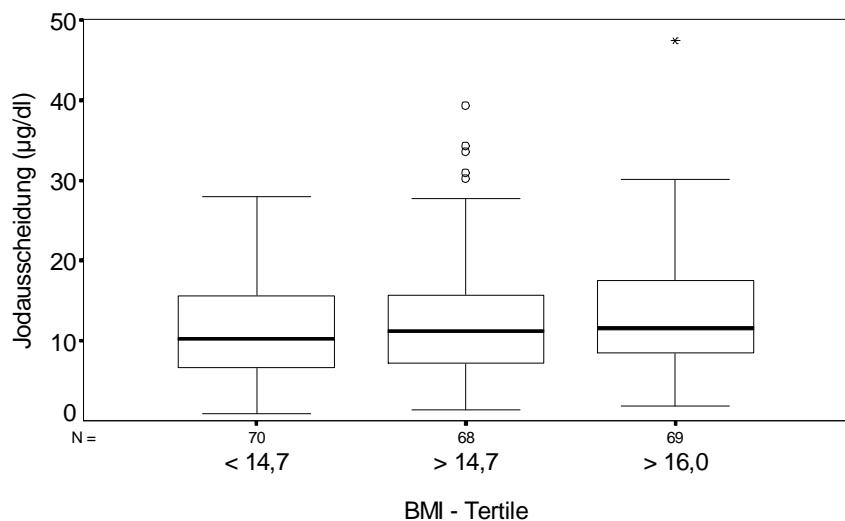


Abb. 64: Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{dl}$) in Abhängigkeit vom Body Mass Index

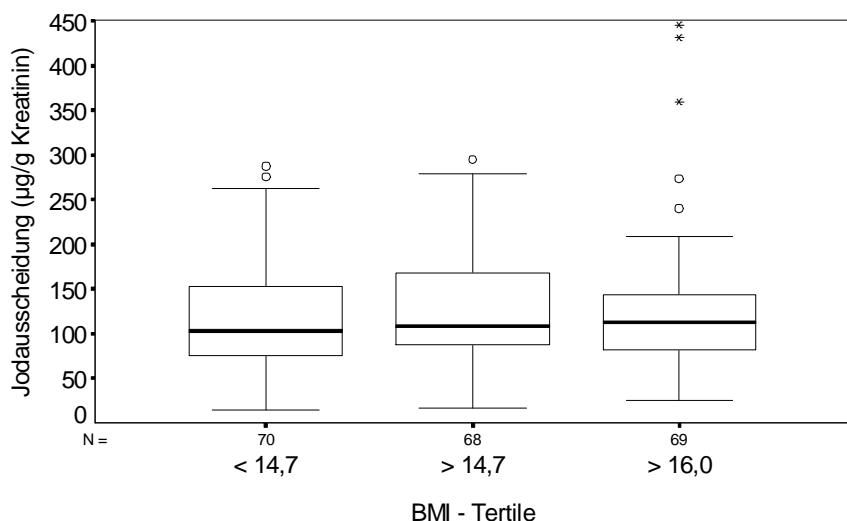


Abb. 65: Jodausscheidung ($\mu\text{g}/\text{g}$ Kreatinin) in Abhängigkeit vom Body Mass Index

3.8.12 Zusammenfassende Betrachtung der Jodausscheidung und möglicher Einflussfaktoren

In einer schrittweisen multiplen linearen Regressionsanalyse wird der Einfluss verschiedener Faktoren auf die abhängige Variable der Jodausscheidung bezogen auf das Kreatinin sowie der Urinjodidausscheidung untersucht. Hierbei fließen Einflussgrößen ein, die weitgehend unabhängig von den abhängigen Variablen sind und von denen ein Einfluss auf die Jodausscheidung zu erwarten ist. Neben der Jod-, der Energie- und Proteinzufuhr, dem Body Mass Index, den Schilddrüsenhormonen (fT4, TSH) werden das Alter und das Geschlecht als mögliche Einflussfaktoren auf die abhängige Variable herangezogen. Das Regressionsmodell in Tabelle 39 zeigt, dass sich die alimentäre Jodzufuhr und die TSH-Konzentration als signifikante Prädiktoren der Jod-Kreatinin-Ausscheidung erweisen. Jedoch können nur 9 % der Variationen der Jod-Kreatinin-Ausscheidung durch die beiden Parameter erklärt werden erklärt werden. In Bezug auf die Jodurinkonzentration wird deutlich (Tabelle 40), dass sich die TSH-Serumkonzentration als alleiniger signifikanter Prädiktor darstellt, allerdings können nur 4 % der Variationen der Ausscheidung von Jodid im Urin durch TSH-Konzentration erklärt werden.

Eine geschlechtsspezifische Differenzierung der Prädiktoren auf die Jodausscheidung bezogen auf Kreatinin sowie auf die Jodurinkonzentration wurde aufgrund der geringen Fallzahl nicht vorgenommen.

Tab. 39: Multiple lineare Regression zur Ermittlung des Einflusses verschiedener Prädiktoren auf Jodausscheidung ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin)¹

Schulanfänger			
Prädiktoren	B	SE	p
Konstante	1,83	0,061	0,000
Jodzufuhr (g/d)	0,002	0,008	0,019
TSH ($\mu\text{U/ml}$)	0,025	0,011	0,031
Bestimmtheitsmaß	$r^2 = 0,09$		
	$F\text{-Wert} = 5,71; p = 0,004$		

B = Regressionskoeffizient (Schätzer)

SE = Standardfehler von B

¹ Logarithmierte Jod-Kreatinin-Ausscheidung, da nicht normalverteilt

Tab. 40: Multiple lineare Regression zur Ermittlung des Einflusses verschiedener Prädiktoren auf die Jodkonzentration im Urin ($\mu\text{g/l}$)¹

Schulanfänger			
Prädiktoren	B	SE	p
Konstante	-1,80	0,044	0,0001
TSH ($\mu\text{U/ml}$)	0,03	0,015	0,041
Bestimmtheitsmaß	$r^2 = 0,04$		
	F-Wert = 4,27; p = 0,041		

B = Regressionskoeffizient (Schätzer)

SE = Standardfehler von B

¹ Logarithmierte Jodkonzentration, da nicht normalverteilt

3.8.13 Einnahme von Eisen- bzw. Jodpräparaten

Aus den vorliegenden Fragebögen der auskunftsgebenden Familien wurde die Häufigkeit der regelmäßigen (täglich bis mehrmals pro Woche) Präparate- bzw. Medikamenteneinnahme überprüft.

Nur ein sieben Jahre alter Junge nimmt regelmäßig (1 Flasche pro Woche) ein mit Eisen angereichertes Multivitaminpräparat („Kinderpunkt“) ein und liegt dennoch mit seinem Serum-Ferritinwert nur bei 15 ng/ml (0,6 %, n = 174).

Zwei sechsjährige Mädchen und ein sechsjähriger Junge sowie ein sieben Jahre altes Mädchen konsumieren regelmäßig Jodtabletten (2,3 %, n = 176). Schilddrüsenhormone werden von keinem Kind eingenommen. Drei von den Kindern weisen hinsichtlich ihrer Jodurinkonzentration keinen Mangel auf (15,9, 11,6 und 11,0 $\mu\text{g/dl}$), ein Kind liegt an der Grenze zum milden Jodmangel mit einer Jodausscheidung von 9,6 $\mu\text{g/dl}$.

4 Diskussion

4.1 Probanden

Die vorliegende Querschnittsuntersuchung erfolgt im Rahmen des Family-Intervention-Trial (FIT)-Erlangen. Hierbei werden Schulanfänger im Alter von 6 bis 7 Jahren im Hinblick auf ihren Gesundheits- und Ernährungsstatus untersucht. Ein besonderer Schwerpunkt liegt in der Erfassung der Eisen- und Jodversorgung in dieser Altersgruppe, da bei Mangelversorgung besonders im Wachstum körperliche und geistige Defizite auftreten können.

Eine Teilnahmequote von 41 % ist zufriedenstellend, da die Eltern zunächst nur in einem Informationsschreiben über die Studie informiert und für eine Teilnahme motiviert wurden. Weiterhin hatten sie Gelegenheit, sich persönlich bei einem Elternabend ausführlich über Hintergrund und Ziele des Vorhabens zu informieren. Die positive Einstellung und Unterstützung der meisten Rektoren und Lehrkräfte gegenüber dem Forschungsvorhaben konnte die Compliance der Eltern noch erhöhen. Einige Eltern begründeten ihre Nichtteilnahme an dem Projekt mit einer zu großen zeitlichen Belastung, schon ausreichend vorhandenem Wissen in Bezug auf Fragen der Gesundheit und Ernährung, mit Angst vor unzureichender Gewährleistung des Datenschutzes oder auch mit schlechter Erfahrung aus vorangegangen wissenschaftlichen Untersuchungen anderer Institute. Bei manchen Familien verhinderten mangelnde Deutschkenntnisse die Teilnahme. Unerfreulicherweise, wenn auch nicht überraschend, haben verschiedene Ursachen dazu beigetragen, die Teilnahmequote bei einigen Untersuchungen (z.B. Blutentnahme) und Datenerhebungen (z.B. 3-Tage-Wiegeprotokoll) um bis zu 50 % sinken zu lassen. Beispielsweise verweigerten einige Kinder die Blutentnahme, andere Eltern verweigerten diese aus Angst einer möglichen Traumatisierung des Kindes, bei einigen Kindern war die Blutmenge nicht ausreichend oder das Blut hämolysierte.

In der vorliegenden Arbeit werden bei den jeweiligen Auswertungen alle Probanden des FIT-Kollektivs berücksichtigt, mit Ausnahme beim 3-tägigen Wiegeprotokoll. Hier wurden acht Kinder ausgeschlossen, die weniger als 2,5 Tage ihre Lebensmittelaufnahme protokolliert haben. Eine noch kürzere Protokolldauer würde die intraindividuelle Variation der Verzehrsdaten noch weiter erhöhen und somit den Anteil mit sehr niedrigen bzw. sehr hohen Zufuhrwerten überschätzen (Schneider 1997, Beaton 1994).

Aufgrund der geringen Anzahl von Kindern, die regelmäßig Eisen- oder Jodpräparate einnehmen sowie der deskriptiv-epidemiologischen Fragestellung werden diese nicht aus den Erhebungen ausgeschlossen. Die durchschnittlichen Ergebnisse unterliegen dadurch keiner

wesentlichen Beeinflussung und auch bei individueller Betrachtung entspricht beispielsweise die relative klassifizierte Häufigkeit der Jodurinausscheidung der Studienteilnehmer die Präparate einnehmen in etwa der Häufigkeit der gesamten altersspezifischen Population.

4.2 Diskussion der Validierungsergebnisse

Zur Erfassung des Lebensmittel-, Energie- und Nährstoffverzehrs wurde in der vorliegenden Untersuchung die Wiegeprotokollmethode eingesetzt. Da es sich bei dieser direkten Verzehrshebung um ein stark reaktives Instrumentarium handelt, resultiert aus bewusstem oder unbewusstem „undereating“ oder „underreporting“ eine Fehleinschätzung der tatsächlich verzehrten Nahrungsmenge. Die prospektive direkte Wiegeprotokollmethode erfasst als einzige Methode die Nährstoffzufuhr komplett quantitativ (Black et al. 1991). Daher wird sie unter den Erhebungsinstrumentarien zwar als „Goldstandard“ angesehen und dient häufig selbst als Referenzmethode (Black et al. 1991, Schneider 1997), dennoch lässt die hohe Belastung des exakten Wiegens und Protokollierens die Motivation und Genauigkeit der Probanden mit zunehmender Protokolldauer ebenfalls sinken. Um ein größeres Interesse und eine höhere Motivation seitens der Eltern der Probanden zu erreichen, wurde eine Protokolldauer von drei Tagen gewählt. Dennoch sollte auch hier die relative Validität überprüft werden, damit eine Aussage darüber getroffen werden kann, inwieweit die gemessene Aufnahme von der wahren Aufnahme entfernt ist. Bei Ernährungserhebungen kann nur eine relative Validierung erfolgen, da keine Methode den wahren Nahrungsverzehr wiederspiegelt. Der „wahre“ Wert wird mit einer Methode abgeschätzt, von der angenommen wird, dass sie die Aufnahme genauer erfasst als das zu validierende Erhebungsinstrument (Schneider 1997). Für die Validierung von Ernährungserhebungsmethoden sowie zur Überprüfung der gültigen Erfassung der üblichen Nährstoffzufuhr einer Population oder eines Individuums sollten externe unabhängige Marker (z.B. klinisch-chemische Messgrößen, Doppelt-Markierte-Wasser-Methode) herangezogen werden (Black et al 1991), da diese nicht von der Ernährungserhebung beeinflusst werden (unabhängige Validierung). Die Gewinnung von Biomarkern stellt sich oft als schwierig dar (Sichert-Hellert et al. 1998), da Kinder z. T. Angst vor einer Blutentnahme haben oder ein 24h-Sammelurin (z.B. Bestimmung der Stickstoffausscheidung) häufig unvollständig gesammelt wird. Somit wurde als weitere Möglichkeit zur Validierung des Wiegeprotokolls mittels eines unabhängigen Markers die Betrachtung des Verhältnisses zwischen der aus dem 3-tägigen Wiegeprotokoll ermittelten Energiezufuhr und dem berechneten Grundumsatz nach Schofield (1985) herangezogen (Goldberg et al. 1991, Bingham 1994, Garrow 1995). Inwieweit die errechnete Energiezufuhr die tatsächliche Aufnahme während der Erhebungsperiode widerspiegelt, wird anhand eigens für die vorliegende Untersuchung berechneten Grenzwertes für den Energiezufuhr-Grundumsatz-Quotienten bei Kindern nach Goldberg et al. (1991) überprüft

(s. Kapitel 2.4.1.1). Auf dieser Grundlage gilt die Energiezufuhr als valide erfasst, wenn sie durchschnittlich mindestens das 1,50fache des Grundumsatzes beträgt (Mädchen: 1,44, Jungen: 1,48). Wie aus Tabelle 14 (s. Kapitel 3.2.2) hervorgeht, beträgt in der vorliegenden Arbeit der Quotient aus protokolliertem Energieumsatz und geschätztem Grundumsatz im Durchschnitt 1,55 (Mädchen: 1,55, Jungen: 1,53). Die Grenzwerte werden überschritten und somit kann davon ausgegangen werden, dass die durchschnittlich ermittelte Energiezufuhr valide erfasst wurde. Dennoch existiert auf individueller Ebene eine Anzahl von Protokollen, bei denen die tatsächliche Energiezufuhr unterschätzt wurde (Underreporter) und der Energiezufuhr-Grundumsatz-Quotient unter 1,007 bei den Mädchen bzw. 1,041 bei den Jungen liegt (s. Kapitel 2.4.1.1). Der Anteil an Underreportern in der FIT-Studie ist jedoch sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen gering. Auffällig ist jedoch, dass relativ mehr Jungen (4,1 %) als Mädchen (2,1 %) ihre Energiezufuhr unterschätzen. Die Ergebnisse der FIT-Studie sind vergleichbar mit der Untersuchung von Sichert-Hellert et al. (1998), bei der 3,1 % der 6-13 jährigen Jungen (n = 96) und 2,1 % der Mädchen (n = 94) als Underreporter identifiziert wurden. Die Energiezufuhr wurde hier ebenfalls mittels 3-Tage-Wiegeprotokoll ermittelt. Weiterhin ist unerwartet, dass keiner der Underreporter übergewichtig ist. Dies lässt sich möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die Eltern (vorwiegend die Mütter) für ihre 6-7jährigen Kinder protokolliert haben und somit die Motivation hinsichtlich des Wohlergehens der Kinder hoch war. Ernährungsdefizite sollten aufgedeckt werden, um den Versorgungszustand verbessern zu können. Aus diesem Grund bestand womöglich auch keine oder nur eine geringe Motivation, die Verzehrmengen bei Kinder mit Gewichtsproblemen (s. Kapitel 3.1.3.1) positiv zu beeinflussen. Andererseits ist der Anteil adipöser Kinder, von denen ein Ernährungsprotokoll vorliegt im Vergleich zum Anteil adipöser Kinder des Gesamtkollektivs geringer. Somit könnte hier eine gewisse Verzerrung der Stichprobe stattgefunden haben und der Anteil gesundheitsbewusster und motivierter Eltern, die bereit waren ein Wiegeprotokoll zu führen, höher sein.

Die Energiezufuhr wurde durch das 3-Tage-Wiegeprotokoll in der vorliegenden Arbeit valide ermittelt. Daraus lässt sich indirekt schlussfolgern, dass auch die Aufnahme der Nährstoffe valide erfasst wurde. Dies wird dadurch bestätigt, dass sich die durchschnittliche Energie-, Eisen- und Jodzufuhr unter Ausschluss der nicht plausiblen Protokolle nur unwesentlich verändern. Nach Willet & Buzzard (1998) korreliert die Aufnahme der meisten Nährstoffe positiv mit der Energiezufuhr. Derzeit besteht noch keine Einigkeit darüber, ob Underreporter in Ernährungserhebungen aus den Auswertungen ausgeschlossen werden sollten, da deren Anzahl die Größe der Stichproben z.T. erheblich reduzieren würde (Sichert-Hellert et al.

1998). Da die Anzahl der nicht plausiblen Protokolle in der vorliegenden Untersuchung gering ist, erfolgte aufgrund des geringen Einflusses des zufälligen Fehlers auf „wahren“ Mittelwert der Gruppe kein Ausschluss von Underreportern aus der Untersuchung. Da die Beurteilung einer möglichen defizitären Versorgung mit den Spurenelementen Eisen und Jod vorwiegend anhand laborchemischer Parameter erfolgte, hat auch hier ein möglicher bestehender Bias durch „underreporting“ auf die absolute Zufuhr (Sichert-Hellert et al. 1998) keinen wesentlichen Einfluss.

4.3 Eisen

4.3.1 Ermittelte Referenzwerte für lösliche Transferrinrezeptoren und Transferrinrezeptor: Ferriton-Quotient

Bis dato sind die Kenntnisse der physiologischen Konzentrationen von sTfR bei Kindern gering (Virtanen 1999). Valide Referenzwerte für die Altersgruppe der 6-7jährigen Kinder unter physiologischen Bedingungen existieren für sTfR und sTfR:Ferritin weder national noch international. Mit Ausnahme weniger Studien (s. Tabelle 41) wurden meist für gesunde ältere Kinder und für Erwachsene (Choi et al. 1999, Choi et al. 2005, Kivivuori et al. 1993, Suominen et al. 1997, Virtanen et al. 1999, Genc et al. 2004) in verschiedenen internationalen Studien zwar Normbereiche angegeben, doch sind die dort ermittelten Konzentrationen nicht mit den Konzentrationen des hier untersuchten Kollektivs von Schulanfängern vergleichbar, wie Tabelle 31 verdeutlicht. Virtanen et al. (1999) beobachteten in ihrer Untersuchung von einjährigen Kindern, 11-12jährigen präpubertären Jungen und jungen erwachsenen Männern, dass die gemessenen sTfR-Konzentrationen am höchsten bei Säuglingen waren und mit zunehmendem Alter absanken. Diese Beobachtung bestätigen auch die Ergebnisse der FIT-Untersuchung (Ergebnisse der älteren Geschwister und Eltern wurden nicht aufgeführt, da sie nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sind). Daher ist es erforderlich altersspezifische Referenzkonzentrationen für sTfR zu formulieren (Virtanen et al. 1999). Weiterhin besteht derzeit noch ein Mangel an standardisierten Analyseverfahren für sTfR, wodurch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert bzw. nicht möglich ist (Virtanen et al. 1999; Kolbe-Busch et al. 1999, Ahluwalia 1998, Grimaldi et al. 2004). Aufgrund methodischer Differenzen weichen die in verschiedenen Studien gemessenen sTfR-Konzentrationen z. T. um das mindestens 3-fache voneinander ab (Kolbe-Busch et al. 1999, Grimaldi et al. 2004). Eine Ausnahme stellen die Untersuchungen der Arbeitsgruppen Raya et al. (2001) und Grimaldi et al. (2004) dar. Für die Analyse der sTfR-Serumkonzentrationen wurde derselbe Assay wie in der Erlanger Studie verwendet (s. unten). Für 3-10jährige Kinder ohne hämatologische Abnormalitäten wurde ein mittlerer sTfR-Referenzwert von 1,6 mg/l bzw. für 4-12jährige Mädchen und Jungen ein mittlerer Wert von $1,7 \pm 0,35$ mg/l ermittelt. Diese Ergebnisse sind erstmals mit dem der Erlanger Kohorte vergleichbar. Der etwas höhere Wert bei Raya et al. (2001) und Grimaldi et al. (2004) könnte aus dem Anteil jüngerer Kinder in der untersuchten Population resultieren. Auch die beiden Arbeitsgruppen von Suominen et al. (2001) und Choi et al. (1999) (s. Tabelle 41) dokumentieren aufgrund ähnlicher Analyseverfahren mittlere sTfR-Konzentrationen und Normbereiche, an die sich die Konzentrationen

der Erlanger Schulanfänger annähern. Zum Teil lässt sich der Unterschied möglicherweise dadurch erklären, dass bei Suominen et al. (2001) und Choi et al. (1999) auch wesentlich jüngere Kinder in die Untersuchungen miteinbezogen wurden im Vergleich zu der homogenen Alterstruktur der FIT-Kinder. Somit könnten höhere sTfR-Konzentrationen der jüngeren Kinder auch hier zu einer Erhöhung der dargestellten mittleren sTfR-Konzentrationen und Referenzbereiche beigetragen haben. Unterschiede in der Verwendung immunologischer Reagenzien, unterschiedlicher Materialien zur Standardisierung sowie messtechnische Differenzen tragen möglicherweise zudem zu den ersichtlichen Konzentrationsunterschieden bei. Cook (1999b) konstatierte jedoch, dass die relativen Veränderungen der sTfR-Konzentrationen bei verschiedenartigen Erkrankungen doch bemerkenswert ähnlich waren, trotz unterschiedlicher zugrunde liegender Normwerte und Analysenverfahren der einzelnen Untersuchungen. Es wird dennoch als erforderlich angesehen altersbezogene Referenzwerte unter standardisierten Analyseverfahren zu erstellen. Die Berücksichtigung des Geschlechts scheint dabei von untergeordneter Rolle zu sein (Suominen et al. 2001; Choi et al. 1999, Grimaldi et al. 2004).

Die Proben der FIT-Untersuchung wurden mittels partikelverstärktem Immuno-nephelometrischem Assay automatisch analysiert und die Polystyrol-Partikel mit nur einem monoklonalen Antikörper (Maus) beladen. Im Gegensatz dazu basieren bislang die meisten Immunoassays zur Analyse von löslichen TfR (sTfR) im Serum auf Mikrotiterplatten-Enzymimmunoassays mit zwei spezifischen poly- oder monoklonalen Antikörpern gegen TfR (Kolbe-Busch et al. 1999, Cook 1999b). Des Weiteren konnte eine generelle Standardisierung bezüglich eines Antigens zur Immunisierung noch nicht erzielt werden (Cook 1999b). Ältere Assays verwenden intakte TfR, beispielsweise aus humaner Plazenta isoliert, die als Dimer ein höheres Molekulargewicht aufweisen als die fragmentären sTfR-Monomere, die in neueren Immunoassays aus humanem Serum als Standard (Kolbe-Busch et al. 1999) herangezogen werden. Im verwendeten Assay erfolgte die Standardisierung aus humanem Plasmapool. Die von der Fa. Dade Behring, Marburg entwickelte Referenzbereich für klinisch gesunde Patienten (n=99) liegt zwischen 0,83 mg/l (2,5. Perzentile) und 1,76 mg/l (97,5. Perzentile) (Dade Behring 1998). Wie oben erläutert, scheinen die sTfR-Konzentrationen mit zunehmendem Alter abzunehmen. Somit scheint der hier ermittelte Referenzbereich zwischen 0,93 und 1,98 mg/l (95%-Vertrauensbereich) für 6-7jährige Schulanfänger plausibel.

Tabelle 41: Referenzbereiche und mittlere sTfR-Konzentrationen für sTfR unter Verwendung unterschiedlicher Analyseverfahren

Studie	Alter (J)	Anzahl/ Geschlecht	Methode	sTfR (mg/l)	sTfR-Referenz-Bereich (mg/l)
FIT-Studie (1998)	6-7	181 Jungen+Mädchen	Immuno-Nephelometrie automat., monoklonal	$1,46 \pm 0,27^1$	0,93-1,98 ³
Virtanen et al.(1999)	1 11-12	36 Säuglinge 35 Jungen	ELISA, manuell	7,8 7,0	4,5 – 11,1 ³ 4,7 – 9,2 ³
Suominen et al. (2001)	4-10	60 Jungen+Mädchen	Immuno-Turbidimetrie automat., polyklonal	---	1,3 – 3,0 ⁴
Souminen et al. (1999)	4-6 6-8	23 Jungen+Mädchen 27 Jungen+Mädchen	Immuno-Turbidimetrie automat., polyklonal	---	1,32 – 3,10 ⁴ 1,24 – 2,92 ⁴
Choi et al. (1999)	3-7 14-16 17-19	197 Kinder 98 Jugendliche 90 Jugendliche	Immuno-Turbidimetrie	$3,02 \pm 0,76^1$ $2,86 \pm 0,74^1$ $2,09 \pm 0,55^1$	1,47 – 4,24 ⁴ 1,35 – 4,19 ⁴ 1,18 – 3,23 ⁴
Anttila R. et al. (1997)	11,7 \pm 0,05	56 Jungen	ELISA, manuell, plazentale TfR	$6,9 \pm 0,1^2$	---
Yeung & Zlotkin (1997)	8,6-15 Monate	485 Jungen Mädchen +	ELISA, manuell, plazentale TfR, monoklonal	$4,4 \pm 1,1^1$	3 – 6,55 ⁵
Raya et al. (2001)	3-10	64 Mädchen 64 Jungen	Immuno-Nephelometrie automat., monoklonal	1,63 1,58	1,23 – 2,05 ⁵ 1,28 – 1,84 ⁵
Grimaldi et al. (2004)	4-12	17 Mädchen 14 Jungen	Immuno-Nephelometrie automat., monoklonal	$1,7 \pm 0,35^1$	1,0-2,5 ³

¹ MW \pm SD, ² MW \pm SE³ MW (95% Referenzintervall), ⁴ 2,5. bis 97,5. Perzentile, ⁵ 5. bis 95. Perzentile

4.3.2 Bedeutung von konventionellen Parameter sowie von löslichen Transferrinrezeptoren und dem Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotient in der Diagnostik von Eisenmangel und Eisenmangelanämie

Wie Tabelle 31 (s. Kapitel 3.8.1) zeigt, liegen die mittleren Konzentrationen der verschiedenen gemessenen Parameter des Eisenstoffwechsels in den Normbereichen der entsprechenden Parameter für die Altersgruppe der 6-7jährigen Schulanfänger. Auch die Ergebnisse anderer Untersuchungen (Lozoff et al. 1991, Kinik et al. 1999, Choi et al. 1999) zeigen, dass die Serumkonzentrationen der Erlanger Kinder im Durchschnitt mit den Konzentrationen von in etwa gleichaltrigen Kindern, hier vor allem bezugnehmend auf SF,

TS, HB und MCV, vergleichbar sind. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass bei einem Teil der Kinder ein Eisenmangel prävalent ist.

Bisher wurden für die Beurteilung von subklinischem Eisenmangel ohne bestehende Anämie meist konventionelle Parameter wie das Serum-Ferritin (SF) sowie zur Differenzierung von Eisenmangel mit beginnender Erschöpfung von Gewebeeisen weitere Parameter wie das Serumeisen (SE), die Transferrin-Sättigung (TS) und das Serum-Transferrin (ST) herangezogen (Means et al. 1999). Zur Bewertung von Eisenspeicherreserven ist die Analyse von Speichereisen im Knochenmark ein valider „Gold Standard“ mit hoher Sensitivität und Spezifität, auch bei zugrunde liegenden Entzündungen (Feelders et al. 1999). Knochenmarksanalysen stellen jedoch eine invasive, aufwendige und teure Methode in der Bestimmung von Speichereisenmangel dar und sind in epidemiologischen Studien nicht durchführbar. Verschiedene Autoren (Bergström et al. 1995, Cook 1999a) halten SF derzeit noch für den besten Parameter zur Beurteilung der Eisenversorgung bei einem Individuum oder zur Quantifizierung der Prävalenz von Eisenmangel in einer Population. Dennoch wird gegenwärtig auf globaler Ebene diskutiert, ob die üblicherweise verwendeten biochemischen Marker eben diese Ansprüche erfüllen, besonders bei Personengruppen wie wachsenden Kindern, Schwangeren oder durch chronische Erkrankungen anämischen Patienten (Ferguson et al. 1992). SF gilt vor allem bei bestehendem Eisenspeichermangel als reliabler Marker für Speichereisen im Knochenmark, so lange keine Akute-Phasen-Reaktion erforderlich ist (Feelders et al. 1999), woraus ein maskierter Eisenmangel resultieren kann. Parameter wie SE, TS oder ST werden häufig herangezogen, um eine beginnende oder bestehende Eisenmangel-Erythropoese zu definieren, unterliegen aber einer gewissen intra-individuellen Variabilität und Insensitivität (Cooper & Zlotkin 1996, Cook 1999a, Suominen et al. 1998, Suominen et al. 1999). Zudem wird nach Bergström et al. (1995) immer noch über angemessene Referenzwerte für SE und TS zur Definition eines Eisenmangels diskutiert.

In den letzten Jahren gewinnen in der Labordiagnostik die löslichen Serum-Transferrin-Rezeptoren (sTfR) als Indikator für einen Mangel an funktionellem Eisen in den Geweben, zunehmend an Bedeutung (Worwood 1995, Cooper & Zlotkin 1996). Die sTfR sind die löslichen Fragmente der intakten transmembranären Rezeptoren, die den größten Teil der großen extrazellulären Domäne enthalten (Shih et al. 1990, Raya et al. 2001). Die Serum Transferrinrezeptor-Konzentration ist proportional zur gesamten Masse an Rezeptoren im Organismus, wobei ca. 80 % aus der erythroiden Masse stammen (Cook 1999b). Da die sTfR in inverser Beziehung zum Serum-Ferritin stehen, steigen diese bei einer sich entwickelnden oder bestehenden Eisenmangelanämie signifikant an, während Serum-Ferritin abfällt. Bei

Erschöpfung der Eisenspeicher ohne beginnenden Gewebeeisenmangel scheint sTfR dagegen im Normalbereich zu bleiben. Skikne et al. (1990) beobachteten in ihrer Untersuchung bei phlebotomisierten Probanden sogar einen Anstieg der sTfR vor Zink-Protoporphyrin und MCV. Die löslichen Rezeptoren sind möglicherweise in der Identifizierung eines frühen Mangels an Gewebeeisen reliabler als konventionelle Parameter (Cook, 1994). STfR im Serum sind unabhängig von akutem Eisenmangel und werden im Gegensatz zum Serum-Ferritin (Indikator für Speichereisen), nicht durch chronische Erkrankungen oder Infektionen beeinflusst. Cooper & Zlotkin (1996) bestätigen zudem bei Erwachsenen eine geringe biologische und analytische Variabilität der Rezeptoren im Gegensatz zu konventionellen Parametern, wodurch eine einmalige Probenentnahme schon zu reliablen Ergebnissen führen könnte. Für Kinder bleibt dies jedoch noch zu überprüfen. Einige Untersuchungen an vorwiegend Jugendlichen und Erwachsenen zeigen jedoch, dass die löslichen sTfR zusätzliche Informationen zum SF liefern können. Eine kombinierte Messung führt möglicherweise zu einer eindeutigeren Differenzierung zwischen latentem Eisenmangel (Erschöpfung von Speichereisen) und sich entwickelnder Eisenmangel-Erythropoese (EME) (Verminderung von Funktionseisen) (Cooper & Zlotkin 1996) bei noch nicht bestehender Anämie (Skikne et al. 1990, Baynes 1996a). STfR stellen somit ein stabileres Maß als TS dar und können bei einem auftretenden Eisenmangel mit sich entwickelndem Mangel an funktionellem Eisen sensitiver und spezifischer reagieren als beispielsweise TS oder MCV (Cook & Skikne 1989, Cook 1999b). Möglicherweise eröffnet sich dadurch die Perspektive, dass die Rezeptoren die breite Palette der Standard-Laboranalysen zur Bestimmung einer EME ersetzen könnten, wenn eine erhöhte Produktion von roten Blutkörperchen ausgeschlossen werden kann, aufgrund anderer Erythropoese fördernder Prozesse bzw. Erkrankungen, wie Wachstum oder hämolytische Anämien (Cook & Skikne 1989, Cook 1999b). Im Gegensatz dazu wird allerdings auch von mehreren Autoren beschrieben, dass die Rezeptoren in Fällen von unkompliziertem Eisenmangel keine zusätzlichen Informationen zum SF liefern (Suominen et al. 1999, Mast et al. 1998).

Neuere Untersuchungen halten dagegen den sTfR:Ferritin-Quotienten (sTfR:Ferritin) als einen noch sensitiveren Index als sTfR oder SF für sich allein betrachtet, da der Quotient das reziproke Verhältnis von Speichereisen zum funktionellen Eisen reflektiert (Baynes 1996a). Mit zunehmender Entleerung der Eisenspeicher und Mangel an Gewebeeisen erhöht sich somit der Quotient. Einige Autoren postulieren mit sTfR:Ferritin einen möglichen zusätzlichen Parameter zur eindeutigeren und früheren Diagnose und Differenzierung der breiten Spanne eines Eisenmangels (Anttila et al. 1997) von sich entleerenden bis zu

depletierten Eisenspeichern (EM) und beginnender Eisenmangel-Erythropoese. Cook (1999b) sieht eine besondere Bedeutung des Quotienten in der Anwendung bei Ernährungserhebungen zur Charakterisierung des Eisenstatus in Populationen. Denn suboptimal gefüllte Eisenspeicher können eine sensible Ausgangsbasis für eine fortschreitende Entwicklung zu einem manifesten Eisenmangel bis hin zur Eisenmangelanämie darstellen (Mira et al. 1996). Mit beginnender EME und erschöpften Eisenspeichern werden von Cook & Skikne (1989) eine Bandbreite von nicht-hämatologischen Symptomen beschrieben, die bei diesem Grad von Eisenmangel schon hervorgerufen werden können. Zu diesen zählen beispielsweise eine verschlechtere Aufmerksamkeit und Lernfähigkeit sowie ein verschlechtertes Wachstum und eine erhöhte Morbidität bei Kindern.

Zur Bewertung einer bestehenden Eisenmangelanämie dienen neben den erwähnten hämatologischen Parametern zusätzlich der Hämoglobingehalt (Hb) und meist das mittlere Erythrozytenvolumen (MCV). Eine kombiniert auftretende Anämie oder eine eindeutige Differenzierung zwischen einer Anämie bedingt durch einen alimentären Eisenmangel oder durch akute oder chronisch entzündliche Prozesse hervorgerufen, ist jedoch mit den konventionellen Parametern nur schwer möglich. In einigen Studien wurde auch hier der Vorteil von sTfR zur Differenzierung zwischen verschiedenen ursächlich bedingten Anämien beobachtet (Punnonen et al. 1997, Cook 1999b), da sTfR, wie schon erwähnt, im Gegensatz zu anderen hämatologischen Parameter nicht dem Einfluss von chronischen Entzündungen oder Infektionen unterliegt.

4.3.3 Prävalenz von Eisenmangel und Eisenmangelanämie anhand verschiedener Parameter des Eisenstoffwechsels

Abbildung 32 (Kapitel 3.8.3) zeigt den Anteil an Kindern, die unterhalb der entsprechenden Referenzwerte (s. Tabelle A12 Anhang) der jeweils aufgeführten biochemischen Marker liegen. Bei fast allen aufgeführten hämatologischen Parametern ist der Anteil an 6-7jährigen Mädchen, die unterhalb des Grenzwertes liegen höher als bei den Jungen. Die geschlechts-spezifischen Differenzen sind jedoch nicht stark ausgeprägt.

4.3.3.1 Eisenmangel ohne Anämie

In der vorliegenden Studie wird das SF als diagnostischer Parameter zur Identifikation eines Eisenmangels gewählt. Nach Bergström et al. (1995) sollte in epidemiologischen Untersuchungen für den zur Diagnose verwendeten Parameter ein cut-off mit hoher Spezifität (wenig falsch-positive) gewählt werden. International akzeptiert ist der cut-off-Wert von SF ≤ 12 ng/ml mit dem eine Erschöpfung der Eisenspeicher und beginnender EME einhergeht (Cook et al., 1992), der aber nicht mit einer bestehenden Anämie vergesellschaftet sein muss. Von den Erlanger Schulanfängern haben demnach 2,9 % der Kinder (4 Mädchen, 1 Junge) einen latenten Eisenmangel. Bei keinem der Kinder liegt eine TS < 10 % vor. Die charakteristischen Veränderung von SE und TS können jedoch bei Erschöpfung von Speichereisen häufig erst nach einem Abfall von SF auftreten (Cook & Finch 1979). Nach SF ≤ 12 ng/ml haben somit weniger Erlanger Kinder einen EM als vergleichsweise 6-10jährige gesunde französische Kinder, von denen ca. 7 % einen erniedrigten SF aufwiesen. Auch hier waren die Mädchen mit ca. 9 % stärker betroffen als die Jungen (Preziosi et al. 1994). Ein Graubereich kann dennoch nicht ausgeschlossen werden, innerhalb dessen Erlanger Kinder falsch-negativ klassifiziert sein können. Wird als Konsequenz ein höherer Grenzwert von SF ≤ 20 ng/ml zur Diagnose herangezogen, erhöht sich die Anzahl der Kinder mit prä- bis latentem EM auf 23,6 % (25 Mädchen, 16 Jungen) von 174 Schulanfängern. Auch Bergström et al. (1995) beobachteten bei 14 bis 17 Jahre alten Jugendlichen ein Anstieg in der Prävalenz eines Eisenmangels um 17 % nach Erhöhung des cut-offs von SF auf ≤ 20 ng/ml. Wird in der vorliegenden Studie von den 5 Kindern mit depletierten Eisenspeichern abgesehen, kann bei 36 weiteren Kindern eine marginale Eisenversorgung (Entleerung der Eisenspeicher) vorliegen. Vier von diesen Kindern weisen außer marginal gefüllten Eisenspeichern zudem eine TS von < 10 % auf, somit ist bei einem Teil dieser Kinder auch ein latenter Eisenmangel nicht auszuschließen. Bei fünf Schulanfängern lässt sich im Gegensatz dazu eine niedrige TS < 10 % mit normal bis erhöhten SF-Konzentrationen zwischen 26 und 75 ng/ml beobachten. Da SF normalerweise vor SE oder ETS absinkt (Bergström et al. 1995), lässt dies Rückschlüsse auf mögliche entzündliche Prozesse oder akute Infektionen ohne bestehenden Eisenmangel zu (Cook 1994). In der Regel sind SF-Konzentrationen bei zugrunde liegender Entzündung oder Infektion dreimal so hoch wie normal (Cook 1994). In Einzelfällen kann allerdings ein zusätzlicher Eisenmangel nicht ausgeschlossen werden. Diese müssen allerdings spekulativ bleiben, da in der vorliegenden Studie keine entsprechenden biochemischen Parameter zu Klärung analysiert wurden. Die vorausgehenden Beobachtungen zum einen, aber auch die Tatsache nicht nachgewiesener Korrelationen zwischen der TS

sowie dem SE mit dem SF, wie auch andere Studien bestätigen (Bergström et al. 1995), zeigen die Unzuverlässigkeit von TS und SE in der alleinigen Anwendung oder auch in Kombination mit SF in Bezug auf eine relativ sichere Diagnose von Eisenmangel mit beginnender EME.

Mit den sTfR als neuen Parameter wird eine sensitivere Diagnose eines zugrunde liegenden Eisenmangels sowie eine eindeutigere Differenzierungsmöglichkeit zwischen EM und EME von einigen Autoren (Skikne et al. 1990, Cook 1994) postuliert. Da bislang für die Altersgruppe der 6-7jährigen Kinder weder national noch international Referenzwerte existieren, liegt die Prävalenz eines Eisenmangels bei 5,7 % (6 Mädchen, 4 Jungen) nach den eigens für FIT ermittelten Referenzwerten (s. Kapitel 3.8.2).

Um die Prävalenz eines Eisenmangels bzw. einer Eisenmangelanämie eindeutiger beurteilen zu können, werden in der Literatur häufig Kombinationen multipler Kriterien herangezogen. Doch werden bislang uneinheitliche Parameter bzw. Referenzwerte zur Definition verwendet, wodurch eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert wird (Cook 1999a, Hernell & Lönnadal 2004). Des Weiteren ist zum Teil auch eine Überschätzung der Prävalenz von Eisenmangel bzw. Eisenmangelanämie die Folge (Hernell & Lönnadal 2004). Bei Betrachtung der Prävalenz anhand der gewählten multiplen Kriterien in der vorliegenden Studie, kann für keinen der Erstklässler eine Eisenmangel-Erythropoese diagnostiziert werden, bei dem gleichzeitig die sTfR-Konzentration über $> 1,98$ liegt, die SF –Konzentration ≤ 20 ng/ml und die TS < 10 % ist. Auch Bergström et al. (1995) fanden in ihrer Untersuchung eine Überlappung zwischen der Prävalenz nach SF und nach sTfR. Dies macht auch der Scatterplot in Abbildung 34 (s. Kapitel 3.8.3.1) deutlich. Die breite Streuung und die damit verbundene inverse Korrelation zwischen SF und sTfR zeigt, dass es unter Einschluss beider Parameter nicht möglich ist einen Eisenmangel zuverlässig zu diagnostizieren. Vielmehr stellt sich die Frage, ob sTfR im vorliegenden Kollektiv als biochemischer Marker zur Beurteilung eines manifesten EM herangezogen werden sollte bzw. die ermittelten Konzentrationen eine Aussage zulassen.

Im Gegensatz dazu kann bei Betrachtung multipler Kriterien zur Beurteilung eines zugrunde liegenden Eisenmangels anhand von sTfR:Ferritin für zwei Kinder (1,2 %) ein latenter Eisenmangel beobachtet werden, die zusätzlich einen SF-Wert von 13 bzw. 11 ng/ml und eine TS von 8,7 bzw. 10,1 % aufweisen. Bei einzelner Betrachtung des Quotienten liegen 5,1 % (n = 5) der Mädchen und 1,3 % (n = 1) der Jungen oberhalb des ermittelten oberen Grenzwertes > 142 . Demnach liegen hier möglicherweise erschöpfte Eisenspeicher zugrunde. Der Quotient erfasst alle Kinder, die auch nach dem SF einen latenten Eisenmangel aufweisen und zudem

noch ein weiteres Kind im Grenzbereich zwischen prälatentem und latentem Eisenmangel mit einem SF von 13 ng/ml.

4.3.3.2 Eisenmangelanämie

Die Prävalenz von Eisenmangelanämien besonders bei Kleinkindern, aber auch bei älteren Kindern wird in industrialisierten Ländern meist mit einem erhöhten Eisenbedarf während des Wachstums begründet (Dallman et al. 1984). Davon zu unterscheiden, sind Anämien bedingt durch chronische, infektiöse oder entzündliche Erkrankungen sowie durch Parasitenbefall hervorgerufen. Letzteres ist jedoch vorwiegend in Entwicklungsländern prävalent und spielt für die vorliegende Untersuchung keine Rolle. Obwohl keine biochemischen Parameter bestimmt wurden, die in der Erlanger Population eindeutig entzündliche Prozesse charakterisieren können, ist doch anzunehmen, dass dies nur bei einem kleinen Teil der Stichprobe eine Rolle spielen dürfte. Auch Dallman et al. (1984) bestätigt anhand der ermittelten Labordaten, dass Eisenmangel die Hauptursache für Anämie bei den gefährdeten Gruppen wie Säuglinge und junge Frauen ist und entzündliche Prozesse eine stärkere Rolle bei älteren Personen einnehmen.

Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben wird, liegt bei keinem der 6-7jährigen Erlanger Schulanfänger ein Anhaltspunkt für eine Eisenmangelanämie sowie für eine megaloblastäre Anämie vor.

Im Hinblick auf die megaloblastäre Anämie ist doch überraschend, dass trotz der schlechten Versorgungslage mit Folsäure keine Auswirkungen auf die DNA-Synthese im Knochenmark während der Erythropoese aufzutreten scheinen. Die Referenzwerte der DACH (2000) für die durchschnittliche Folsäurezufuhr werden im Mittel nur zur Hälfte getroffen. Auch die durchschnittliche Nährstoffdichte liegt im Vergleich zu den Referenzwerten mit –28 % immer noch deutlich unter den Referenzwerten, auch wenn sich hier die Zufuhr etwas günstiger darstellt. Die männlichen Schüler liegen hinsichtlich ihrer alimentären mittleren Folsäureaufnahme und Nährstoffdichte unterhalb den berechneten Werten der Mädchen, was sich möglicherweise durch den niedrigeren Verzehr von Gemüse und Gemüseprodukten erklären lässt.

Die Referenzwerte für die durchschnittliche Cobalamin-Zufuhr und Nährstoffdichte werden dagegen im Mittel um 72 % bzw. 100 % überschritten. Die ungenügende Folsäureaufnahme wird dadurch möglicherweise kompensiert.

Das Ergebnis einer nicht bestehenden Eisenmangelanämie in der vorliegenden Untersuchung ist weitgehend in Übereinstimmung mit der Prävalenz von Eisenmangelanämie in den USA. NHANES III (1988-1994) diagnostizierte nur für weniger als 1 % der 3-5jährigen Kinder eine Eisenmangelanämie (Looker et al. 1997), während bei NHANES II (1976-1980) noch 3,5 % der 3-5jährigen und 2,3 % der 6-8jährigen Kinder Hb-Konzentrationen unterhalb des entsprechenden unteren Normwertes von 11 g/dl aufwiesen (Dallman et al., 1984). Auch Yip et al. (1987) stellten in den 80er Jahren kein signifikantes Auftreten von Anämie bei Kindern aus der Mittelschicht unter 7 Jahren im Rahmen des WIC Programms (Special Supplemental Nutrition Program for Women, Infants, and Children) fest, während 10 Jahre früher noch eine Prävalenz von unter 6 % bei den 4-6jährigen zu verzeichnen war. Ein Rückgang der Prävalenz von Eisenmangelanämie wird ebenso durch eine vor kurzem veröffentlichte Studie von Sherry et al. (2001) bestätigt. Hierbei wurde ebenfalls im Rahmen des WIC Programms bei Kindern zwischen 0,5 und 5 Jahren aus sozial schwachen Familien in fünf verschiedenen amerikanischen Staaten ein Rückgang der Prävalenz um durchschnittlich 48 % bis zu 75 % anhand eines Hämatokrit ≤ 33 % festgestellt. Dabei liegt die durchschnittliche Prävalenz von 4-5jährigen Jungen und Mädchen zwischen 0,9 % und 3,6 %. Die Autorin (Sherry et al. 2001) räumt jedoch ein, dass die Anämien zum einen nicht unbedingt durch einen Eisenmangel hervorgerufen worden sein müssen. Andererseits ist auch fraglich, ob der Hämatokrit einen geeigneten Parameter für die Diagnose einer Anämie darstellt. Nach Kazal (1996) bietet der cut-off von ≤ 33 % Potential für eine Unterschätzung der Prävalenz, zudem werden keine Kinder mit einem manifestem Eisenmangel erkannt. Zusammenfassend lässt sich jedoch feststellen, dass die verschiedenen aufgeführten Untersuchungen trotz teilweiser unterschiedlicher Parameter zur Beurteilung von Anämie einen eindeutigen Trend in der Abnahme der Prävalenz von Anämie in den industrialisierten Ländern erkennen lassen. Hierfür werden verschiedene Faktoren diskutiert. Zum einen werden als mögliche Ursachen die Zunahme des Verbrauches von eisenangereicherten Säuglingsmilchnahrungen und Cerealien durch Säuglinge, Kleinkinder, aber auch durch ältere Kinder (Walter et al. 1998, Sherry et al. 2001) angeführt. Des Weiteren führen die in den letzten Jahren technisch optimierten Herstellungsprozesse (kleinere Partikelgröße) sowie die Verarbeitung von besser verfügbaren Eisenverbindungen, wie Eisen(II)Sulfat, zu einer erhöhten Bioverfügbarkeit von angereichertem Eisen (Forman 1987, Dallman et al. 1980). Als weitere Einflussgrößen werden aber auch der Rückgang des Verzehrs von Kuhmilch sowie die leichte Zunahme von gestillten Kindern diskutiert, da beide Faktoren ebenfalls zu einer besseren Verfügbarkeit von Eisen für den Organismus führen.

Im Gegensatz zu der relativ guten Versorgungslage in westlichen Nationen stellt Eisenmangelanämie auf globaler Ebene betrachtet immer noch ein großes Problem in Entwicklungsländern, vor allem in Afrika und Südasien, dar. In diesen Ländern wird davon ausgegangen, dass die Prävalenz von Anämie bei besonders gefährdeten Gruppen wie Säuglingen und schwangeren Frauen bei über 50 % liegt (Cook 1994). Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass nur in etwa bei der Hälfte der anämischen Bevölkerung eine Anämie auf unzureichende Eisenzufuhr zurückzuführen ist. Die andere Hälfte wird durch Erkrankungen wie z.B. Malaria, HIV-Infektionen, Malnutrition hervorgerufen (Cook 1994).

4.3.4 Bedeutung von löslichen Transferrinrezeptoren und dem Transferrinrezeptor: Ferritin-Quotienten zur Beurteilung von Eisenmangel anhand von Ferritin

Nach Cook (1994) liegt, neben der klinischen Applikation von sTfR zur Unterscheidung zwischen Eisenmangelanämie und Anämie durch chronische Erkrankungen, die wichtigste Anwendungsindikation von sTfR in der Beurteilung des Eisenstatus von Populationen. Wie schon in Kapitel 4.3.2 beschrieben, umfasst SF zusammen mit sTfR das komplette Spektrum des Eisenstatus.

Bei keinem der hier untersuchten Schulkinder liegt ein Anhaltspunkt für eine manifeste Eisenmangelanämie oder eine Anämie durch Infektionen, Entzündungen oder chronische Erkrankungen hervorgerufen, vor. Somit kann der in der Literatur mehrfach beschriebene Nutzen von sTfR zur Differenzierung zwischen EM und Eisenmangelanämie sowie zur Unterscheidung einer manifesten Eisenmangelanämie von einer Anämie durch chronische Erkrankungen in der vorliegenden Studie nicht überprüft werden.

Die Annahme wird dadurch bestätigt, dass keine Beziehung zwischen dem SF und dem sTfR:Ferritin zu den Parametern des funktionellen Eisens (MCV, Hb) beobachtet wird. Die positive Korrelation der sTfR zur Hb-Konzentration ($r = 0,23$, $p < 0,01$) ist dagegen unerwartet. Dies ist möglicherweise durch extrem gestreute Werte zu begründen (s. Abbildung 33). Da bei der Erlanger Population weitgehend von einer gesunden Population auszugehen ist, könnte hier der beobachtete positive Zusammenhang auch dadurch zu begründen sein, dass die sTfR-Konzentration bei gesunden Personen wahrscheinlich eher die Erythropoese-Aktivität als den Eisenstatus bzw. ein Eisendefizit wiederspiegelt (Cook & Skikne 1989, Allen et al. 1998). Dies ist möglicherweise durch die schwach positive Korrelation zwischen den löslichen sTfR und den Erythrozyten ($r = 0,26$, $p < 0,001$) bzw.

Retikulozyten ($r = 0,31$, $p < 0,001$) sowie durch den positiven Zusammenhang zwischen sTfR und dem Transferrin ($r = 0,30$, $p < 0,001$) zu erklären. Die Autoren Kivivuori et al. (1993) folgern aus ihrer Untersuchung mit gesunden präpubertären Jungen, dass eine erhöhte Erythropoese aus einer beschleunigten Wachstumsphase durch Erhöhung der Muskelmasse und des Blutvolumens resultieren kann. Dies ist für einen Teil der FIT-Kinder ebenfalls nicht auszuschließen. Andererseits kann teilweise aber auch ein maskierter EM vorliegen, der sich in der vorliegenden Untersuchung anhand biochemischer Marker jedoch nicht bestätigen lässt. Cook & Skikne (1989) berichten, dass sowohl bei Eisenmangelanämie als auch bei chronischer Hämolyse Korrelationen zwischen der Retikulozytenzahl und den sTfR beobachtet wurden.

Aufgrund der oben beschriebenen Beobachtungen, liegt der Schwerpunkt des gegenwärtigen Kapitels darin, ob sTfR sowie sTfR:Ferritin im Bereich von marginaler Eisenversorgung, über latenten Eisenmangel bis hin zur EME zusätzliche Informationen zum SF in einer epidemiologischen Untersuchung mit einer weitgehend gesunden Population liefern können. Die in Tabelle 32 (Kapitel 3.8.3.1) aufgeführten Ergebnisse machen deutlich, dass die Kinder mit prälatentem (Gruppe SF1, SF ≤ 20 ng/ml) und latenten Eisenmangel (Gruppe SF2, SF ≤ 12 ng/ml) bei allen biochemischen bzw. berechneten Parametern niedrigere bzw. höhere mittlere Konzentrationen im Vergleich zu den Kindern ohne Eisenmangel (Gruppe normal) aufweisen. Dabei werden mit zunehmendem Eisenmangel die beobachteten Differenzen deutlich größer, mit Ausnahme der biochemischen Marker des funktionellen Eisens. Eine signifikante Zunahme der mittleren Konzentrationen ist dennoch nur bei den sTfR und beim sTfR:Ferritin zu sehen. Die mittleren Werte von SE und TS nehmen zwar besonders zwischen der Gruppe „normal“ und SF2“ deutlich ab, eine Signifikanz der Differenz lässt sich jedoch nicht beobachten. Das kann einerseits durch die sehr kleine Stichprobe der Gruppe SF2 bedingt sein, andererseits bestehen aber sowohl bei den Rezeptoren als auch beim Quotienten signifikante Unterschiede zwischen „normal“, SF1 und den wenigen Kindern aus SF2. Die mangelnde Signifikanz der abnehmenden mittleren Konzentrationen von SE und TS zwischen den Gruppen, ist somit möglicherweise nicht auf die Gruppengröße zurückzuführen, sondern lässt Rückschlüsse auf die mangelnde Reliabilität und Sensitivität von SE und TS für die Diagnose eines prälatenten oder latenten Eisenmangels zu, wie schon von mehreren Autoren beschrieben und im vorausgehenden Kapitel (4.3.2) dargestellt.

Wird nun der Frage nachgegangen, ob sTfR und sTfR:Ferritin zusätzliche Informationen zum SF liefern bzw. die Analyse anderer hämatologischer Parameter ersetzen können, kann dies besonders für sTfR:Ferritin vermutet werden. Bei Betrachtung der mittleren Quotienten in

Abhängigkeit der Bewertung eines EM anhand von SF, werden nur hier zwischen allen drei Gruppen höchst signifikante Unterschiede im mittleren sTfR:Ferritin beobachtet (s. Tabelle 32, Kapitel 3.8.3.1). Zudem liegt der mittlere sTfR:Ferritin in SF2 im Gegensatz zu sTfR über dem hier ermittelten Referenzwert für sTfR:Ferritin. Diese klare Differenzierung liefert keiner der anderen Parameter. Des Weiteren gibt es bei Betrachtung des Range von sTfR stärkere Überlappungen der Gruppen als bei sTfR:Ferritin. Auch die Graphiken in Abbildung 34 und 36 (Kapitel 3.8.3.1) lassen keinen cut-off zwischen SF und sTfR erkennen, im Gegensatz zur Beziehung zwischen SF und sTfR:Ferritin (Abbildung 35 und 37, Kapitel 3.8.3.1). Zudem stellt sich eine ähnliche Verteilung der sTfR-Konzentrationen zwischen den Probanden mit SF über 20 ng/ml und \leq 20 ng/ml dar. Dies haben auch Kivivuori et al. (1993) bei gesunden präpubertären und früh-pubertären Jungen beobachtet. Bei den Kindern mit einer sTfR über 1,98 mg/l ist weiterhin nicht auszuschließen, dass die gemessenen Werte noch im Messbereich liegen oder eine erhöhte Erythropoese unbekannter Ursache zugrunde liegt (Mast et al. 1998). In der Literatur (Skikne et al. 1990, Thorstensen & Romslo 1993, Baynes 1996b, Huebers et al. 1990) wird berichtet, dass sich bei Eisenmangelanämie die sTfR-Konzentrationen um das 3-8-fache zum Mittelwert, ohne Überlappung zu den Konzentrationen der „normalen“ Probanden, erhöhten. In einer Phlebotomie-Studie (Skikne et al. 1990) erhöhten sich die sTfR-Konzentrationen, bei einem SF \leq 12 ng/ml und sinkenden Hämoglobin-Konzentrationen um das 7-fache zum Basiswert. Demgegenüber berichteten Ahluwhalia et al. (1995) bei älteren Frauen mit Eisenmangel ohne Anämie nur eine 1,3-fach höhere Plasma-Rezeptor-Konzentration im Vergleich zur Kontrollgruppe. In der vorliegenden Untersuchung ist der sTfR-Mittelwert der 10 Kinder oberhalb des ermittelten Referenzwertes nur um das 1,5-fache höher zum Mittelwert der Kinder mit normalen sTfR-Konzentrationen. Dennoch lassen die spekulativ diskutierten Annahmen bezüglich der löslichen Rezeptoren den Schluss zu, dass diese für das hier untersuchte Kollektiv möglicherweise keinen geeigneten Parameter zur Beurteilung eines prävalenten Eisenmangels im Spektrum zwischen depletierten und marginal gefüllten Eisenspeichern darstellen. Kivivuori et al. (1993) folgerten aus ihrer Untersuchung an gesunden präpubertären Jungen ebenfalls einen geringen zusätzlichen Wert von sTfR in der Bewertung des Eisenstatus. Im Gegensatz dazu, machen die Ergebnisse in Kapitel 3.8.3.1 deutlich, dass durch sTfR:Ferritin zum einen der Anteil an Schulanfängern bestätigt wird, bei denen anhand von SF depletierte Eisenspeicher diagnostiziert wurden. Zum anderen werden aber auch diejenigen mit gefüllten Speichern richtig klassifiziert (s. Abbildung 35 und 37, s. Kapitel 3.8.3.1). Im Bereich dazwischen scheint jedoch auch sTfR:Ferritin keine eindeutige Aussage über das Zugrunde liegen eines

prälatenten EM leisten zu können. Denn nach Betrachtung des Range von sTfR:Ferritin wird nicht ausgeschlossen, dass in der Gruppe SF1 ein Teil der Schulanfänger falsch positiv zugeordnet wurde, bei denen keine suboptimale Eisenversorgung evident ist. In Bezug auf den errechneten oberen Referenzwert von sTfR:Ferritin werden anderseits aber auch einige Kinder falsch negativ klassifiziert. Diese befinden sich nach der Konzentration von SF schon an der Grenze zum latenten EM oder einer beginnenden EME. Einen zusätzlichen Hinweis darauf liefert möglicherweise das signifikant höhere Transferrin ($p < 0,01$) der Gruppe SF1 im Gegensatz zur Gruppe „normal“. Wie schon von anderen Autoren (Suominen et al. 1998, Cook et al. 1998, Anttila et al. 1997) beschrieben, scheint der Quotient für die Diagnose eines latenten EM sowie auch in Grenzfällen ein sensitiverer Parameter als sTfR oder SF jeweils einzeln betrachtet zu sein. Dies zeichnet sich auch für das hier untersuchte Kollektiv von 6-7jährigen Kindern ab, trotz Abwesenheit von Anämien. Dennoch indiziert möglicherweise auch schon ein Quotient unterhalb des hier ermittelten oberen Referenzwertes von 2,15 einen prälatenten EM. Um den Nutzen von sTfR:Ferritin zur frühzeitigeren und eindeutigeren Identifizierung bzw. Differenzierung verschiedener Schweregrade marginaler Eisenversorgung auch in einer relativ gesunden Population beurteilen zu können, sollten weitere Studien an entsprechenden Populationen erfolgen. Möglicherweise scheint es notwendig auch für unterschiedliche Stadien von EM mehrere cut-offs für sTfR:Ferritin zu bilden. Diese Spekulation wird durch die vorliegende Studie insofern gestützt, dass sich sechs Kinder mit einer SF-Konzentration von 13 ng/ml im Grenzbereich zum latenten EM befinden, aber nur einen mittleren Quotienten von 121 ($\log=2,08$) aufweisen. Fast ein Drittel der Kinder, die zwischen 13 und 20 ng SF pro ml liegen, haben einen sTfR:Ferritin zwischen 100 ($\log=2$) und 147 ($\log=2,17$) (s. Abbildungen 36 und 37, s. Kapitel 3.8.3.1). Skikne et al. (1990) beobachteten in ihrer Phlebotomiestudie einen kontinuierlichen Anstieg des Quotienten während zunehmender Erschöpfung der Eisenspeicher von weniger als 100 bei noch ausreichend versorgten Probanden bis hin zu 2000 bei Probanden mit signifikantem funktionellem Eisenmangel. Ein Anstieg des Quotienten über 500 signalisierte völlige Erschöpfung der Eisenspeicher.

4.3.5 Bedeutung der alimentären Eisenzufuhr für den Eisenstauts

Die mittlere Eisenaufnahme bzw. die energiebezogene Eisenzufuhr der Schulanfänger entspricht mit durchschnittlich 9,4 mg bzw. 1,44 mg/MJ der gewünschten täglichen Zufuhr

der DACH (2000). Die durchschnittliche Eisenzufuhr der Erlanger Jungen liegt im Mittel um 16 % bzw. die der Mädchen um 15 % höher als die Eisenaufnahme der 4-9jährigen Jungen (8,4 mg/d) bzw. Mädchen (8 mg/d) aus der repräsentativen nationalen Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) von 1998 (Ernährungsbericht 2004). Auch im internationalen Vergleich ist die mittlere Eisenaufnahme der Erlanger Schulanfänger mit 16,5 % bzw. 18,5 % Differenz (Jungen: 9,7 mg/d, Mädchen: 9,2 mg/d) deutlich höher als die mittlere Eisenaufnahme eines Subkollektivs von 7jährigen Kindern der britischen ALSPAC-Studie (Jungen: 8,1 mg/d, Mädchen: 7,5 mg/d) (Glynn et al. 2005). Die mittlere Eisenaufnahme der Erlanger Kinder liegt dagegen um knapp 28 % niedriger als die von 5-10jährigen amerikanischen Kindern (12 mg/d) (Looker et al. 1987). Griechische 6-7jährige Jungen und Mädchen hatten mit durchschnittlich 9,6 mg/d bzw. 8,8 mg/d eine ähnlich hohe Eisenzufuhr wie die Erlanger Schulanfänger (Roma-Giannikou et al. 1997). Bei der Untersuchung von Glynn et al. (2005) liegen 62 % der britischen Jungen und 74 % der Mädchen unter der Sollzufuhr. Bei differenzierter Betrachtung der Zufuhrdaten im Erlanger Kollektiv erreichen zwar 51 % der Mädchen und Jungen die tägliche Eisen-Sollzufuhr nicht, dennoch weisen davon nur ca. 21 % der Schulanfänger eine Eisenzufuhr von weniger als 75 % der empfohlenen 9 mg pro Tag. Dadurch lässt sich möglicherweise erklären, dass der Anteil an Kindern (2,9 %) mit einer SF-Konzentration (≤ 12 ng/dl) im vorliegenden Kollektiv sehr gering ist. Insgesamt haben zwar 23,6 % der Kinder eine SF-Konzentration (≤ 20 ng/dl), möglicherweise ist bei den Kindern die Eisenresorption erhöht, da diese in inverser Beziehung zum gespeicherten Eisen im Organismus steht (British Nutrition Foundation, Chapt. 21, 1995). Der komplexe Mechanismus der Resorption von Eisen im Darm wird durch die Eisenspeicher, der Menge des Eisens, das mit der Nahrung aufgenommen wird, und der Art des mit der Nahrung aufgenommenen Eisens sowie mit der Nahrung aufgenommener interferierender Nahrungsbestandteile bestimmt (Oster 1994).

Fleisch und Wurst sind Lebensmittel mit gut resorbierbarem Hämeisen und sollten mehrmals pro Woche auf dem Speiseplan stehen (Kersting & Schöch 1996). Mit knapp 75 % bzw. 71 % verzehrt ein großer Teil der Erlanger Schulanfänger wöchentlich Fleisch (Geflügel knapp 46 %) und Wurst. Auch mit durchschnittlich 58 g Fleisch und Fleischwaren pro Tag erreichen die Kinder zu 89 % die Empfehlungen der „Optimierten Mischkost“ (Kersting & Schöch 1996). Dennoch wird mit 13 % des Eisens bzw. 22 % resorbierbarem Eisen aus Fleisch und Wurstwaren sowie überwiegend Gerichten aus tierischen Bestandteilen nur zu einem Viertel zur täglichen Eisenversorgung beigetragen. Der überwiegende Anteil an Eisen bzw. Nicht-Hämeisen wird aus pflanzlicher Nahrung, vor allem durch Brot und Backwaren, Teigwaren

und Eierprodukten sowie Getreideprodukten, bereitgestellt. Der signifikant positive Zusammenhang zwischen der Zufuhr aller getreidehaltigen Lebensmittel (wie Brot und Backwaren, Nährmittel) und dem SF im Gesamtkollektiv erhärtet die Bedeutung des Nicht-Hämeisens für die Eisenversorgung in der Erlanger Population. Im Gegensatz zu den Kindern, trägt nach den Darstellungen von Oster (1994) das resorbierbare Hämeisen aus Fleisch und Wurst bei Männer und Frauen zwischen 40 % bis knapp 50 % zur Eisenversorgung bei und stellt die wichtigste Quelle dar. Die Brot und Backwaren liefern 19 % des resorbierbaren Nicht-Hämeisens (Oster 1994) und sind somit, wie bei den Erlanger Schülern (20 %), die wichtigste pflanzliche Eisenquelle. Die Nahrungszusammensetzung spielt jedoch für die Resorption von Nicht-Hämeisen eine wichtige Rolle und kann die Resorption bis auf das 10-fache beeinflussen (Oster 1994).

Die Resorption von Hämeisen ist dagegen hauptsächlich abhängig von den Eisenspeichern (Oster 1994), aber auch von der Fleischaufnahme und dem inhibitorischen Effekt des Calciums (Amaro Lopez & Camar Martos 2004, Hallberg 1994). Es wird deutlich, dass die Nahrungszusammensetzung besonders bei den Kindern bedeutend ist, um eine ausreichende Eisenversorgung zu gewährleisten. Zudem ist auch die Kenntnis über eine günstige Zusammenstellung der Lebensmittel seitens der versorgenden Betreuungsperson besonders wichtig. Die schlechte Bioverfügbarkeit des Nicht-Hämeisens kann durch eine gleichzeitige Zufuhr von Vitamin C deutlich verbessert werden (Erbersdobler 1994). Deshalb sollte der Verzehr von Lebensmitteln gesteigert werden, die die Resorption von Nicht-Hämeisen begünstigenden (Cook & Reddy 2001, Gibson 1999). Bei den Erlanger Schulanfängern liegt die Zufuhr von Vitamin C mit durchschnittlich knapp 86 mg/d deutlich oberhalb der Empfehlungen der DACH (2000). Dies trifft ebenfalls auf die mittlere Nährstoffdichte zu, die mit 13,3 mg/MJ um ca. 21 % oberhalb der Referenzwerte der DACH (2000) liegt. Die höhere mittlere Vitamin C-Zufuhr sowie die höhere Nährstoffdichte bei den Jungen gegenüber den Mädchen lässt sich auf den höheren Verzehr Obst und Obstprodukten durch die Jungen zurückführen (s. Tab. A5 Anhang). Der Gemüse- und Obstverzehr trifft dennoch nur zu 48 % bzw. 61 % die Empfehlungen der altersgemäßen Lebensmittelverzehrmengen (Kersting & Schöch 1996). Somit erstaunt es nicht, dass knapp 52 % der 6-7jährigen Mädchen und knapp 43 % der gleichaltrigen Jungen die Empfehlungen der DACH für die Vitamin C-Aufnahme nicht treffen. Eine Erhöhung des Verzehrs von Obst und Gemüse oder auch von Fruchtsäften, könnte somit zu einer Erhöhung der Resorptionsrate beitragen und die Eisenversorgung optimieren.

Calcium wird als inhibitorische Substanz für Eisenresorption diskutiert. Eine zu hohe Calcium-Aufnahme verhindert somit möglicherweise den intrazellulären Transport von Hämeisen im Enterozyten, wodurch weniger Eisen in die Zirkulation gelangt (Hallberg et al. 1991) oder bildet unlösliche Komplexe mit Eisen, die nicht resorbiert werden können (Dallmann 1980). Es hat sich gezeigt, dass dieser Effekt dosisabhängig ist (Amaro Lopez & Camar Martos 2004). Während eine Dosis unter 40 mg pro Mahlzeit keine Auswirkungen hat, hat sich bei einer Studie an Erwachsenen gezeigt, dass der maximale inhibitorische Effekt von Calcium bei einer Menge von 300 mg Calcium pro Mahlzeit erreicht wurde (Hallberg et al. 1991, Amaro Lopez & Camar Martos 2004). Eine Gabe von 165 mg Calcium in Form von Calcium-Chlorid, Milch oder Käse führte zu einer Verminderung der Eisenresorption um 50 % bis 60 % (Hallberg et al. 1991). Im Gegensatz dazu untersuchten Molgaard et al. (2005) in einer Langzeit-Studie von einem Jahr die Auswirkungen einer täglichen Calcium-Supplementation von 500 mg auf den Eisenstatus bei jugendlichen Mädchen ohne Eisenmangel und fanden keine negativen Auswirkungen.

Eine mahlzeitenabhängige Berechnung der Calciumzufuhr wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht durchgeführt, die durchschnittliche Calciumzufuhr liegt aber nur bei 699 mg pro Tag. Die Zufuhrempfehlung wird somit nur zu 87,4 % (DACH 2000) getroffen. Auch die energiebezogene Calciumzufuhr liegt mit durchschnittlich 111 mg/MJ mit -7,8 % unterhalb den DACH Referenzwerten. Die etwas günstigere Calciumzufuhr anhand der Nährstoffdichte liegt möglicherweise darin begründet, dass die durchschnittliche Energiezufuhr ebenfalls um -5,1 % unterhalb der empfohlenen Energiezufuhr der DACH ist (s. Tabelle A9 Anhang). Hinsichtlich ihrer Calciumaufnahme erreichen sogar 63 % der Jungen und 69,5 % der Mädchen die empfohlenen 800 mg pro Tag nicht (Abbildung 28). Dieses spiegelt sich auch in dem zu niedrigen mittleren täglichen Verzehr von Milch und Milchprodukten wieder (s. Tabelle A5 Anhang). Dies lässt vermuten, dass der inhibitorische Einfluss von Calcium auf die Eisenresorption eine untergeordnete Rolle spielt bzw. mögliche aufgetretene Effekte zu eher zu vernachlässigen sind (Molgaard et al. 2005). Die fehlenden Zusammenhänge zwischen der Calciumzufuhr und den gemessenen Biomarkern des Eisenstoffwechsels untermauern diese These. Zudem kann auch das Vitamin C als Gegenspieler dem inhibitorischen Effekt zum Teil oder ganz entgegengewirkt haben, wie dies von Hallberg et al. (1989) beschrieben wird, allerdings bei gleichzeitiger Gabe von Phytat (25 mg Phosphat) und 100 mg Vitamin C. Inwieweit Faktoren, mit absorptionsförderndem (z. B. Vitamin C, Fleisch, Fisch) oder -hemmendem Charakter (z. B. Calcium, Weizenkleie, Phytate, Oxalate, Tannine) (DACH 2000, Reddy et al. 2000) hier Einfluss auf die

Resorptionsrate von Eisen und somit den Eisenstatus haben, kann nur spekulativ bleiben, da dies nicht Gegenstand vorliegenden Untersuchung war.

Bei Betrachtung der Prävalenz von prälatentem Eisenmangel in Abhängigkeit einer ausreichenden Zufuhr an Eisen, Vitamin C und Calcium zeigt sich, dass sich die adäquate Zufuhr von Eisen aus der Nahrung dennoch als der wichtigste Faktor für eine ausreichende Eisenversorgung darstellt. Der Einfluss der Vitamin C- und der Calciumzufuhr auf den Eisenstatus scheint hier nicht entscheidend zu sein. Die nicht bestehende Korrelation zwischen dem Serum-Ferritin sowie den anderen analysierten Parametern des Eisenstatus und der Vitamin C- bzw. der Calciumzufuhr unterstützen diese Annahme. Eine erhöhte Vitamin C-Aufnahme würde wahrscheinlich dennoch zu einer besseren Eisenversorgung beitragen können. Die Arbeitsgruppe von Nelson et al. (1993) kam zu einem ähnlichen Ergebnis bei 12-14jährigen britischen Schulkindern.

Die multiple lineare Regressionsanalyse zeigt, scheint die Energiezufuhr mit 54 % der größte Prädiktor der Eisenaufnahme zu sein. Dies scheint plausibel, da Kinder mit einem höheren BMI einen höheren Nährstoffbedarf aufweisen und somit mehr Energie bzw. auch Lebensmittel mit höherer Energiedichte aufnehmen. Die energiebezogene Eisenzufuhr unterscheidet sich jedoch nicht signifikant mit zunehmendem BMI. Überraschend ist dagegen die signifikante Zunahme der mittleren SF-Konzentration mit zunehmendem BMI. Von 158 normalgewichtigen Kindern haben 35 Schulanfänger (22,2 %) eine SF-Konzentration ≤ 20 ng/dl und fünf Kinder (3,2 %) eine SF-Konzentration ≤ 12 ng/dl. Von 14 übergewichtigen Kindern (klassifiziert nach Kromeyer-Hauschild et al. 1991) hat nur ein Kind (7,1 %) eine SF-Konzentration ≤ 20 ng/dl. Keines der beiden adipösen Kinder weist einen Eisenmangel auf. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu den Beobachtungen von Pinhas-Hamiel et al. (2003) bei 321 und Nead et al. (2004) bei knapp 9700 Kindern und Jugendlichen. Im Gegensatz zu den normalgewichtigen Kindern (4,4 % bzw. 2,1 %) hatte bei diesen Untersuchungen ein deutlich größerer Anteil an übergewichtigen (12,1 % bzw. 5,3 %) und besonders adipösen Kindern und Jugendlichen (38,8 % bzw. 5,5 %) einen Eisenmangel. Es bleibt jedoch anzumerken, dass beide genannten Studien im Gegensatz zu der Erlanger Kohorte einen wesentlichen Anteil an jüngeren Kindern und Jugendlichen im untersuchten Kollektiv hatten. Bei diesen Altersgruppen ist anzunehmen, dass sowohl das Risiko für Übergewicht als auch für Eisenmangel erhöht ist. Innerhalb der Altersgruppe von 6-11jährigen Kindern, weisen bei Nead et al. (2004) 1,2 % der normalgewichtigen Kindern, 4,4 % der übergewichtigen und 2,4 % der adipösen Kinder einen Eisenmangel auf.

Möglicherweise ist bei den Erlanger Kindern mit einem höheren BMI eine Veränderung des Eisenmetabolismus vergesellschaftet, die zu einer Erhöhung der Resorptionsquote führt (Kennedy et al. 1986, Failla et al. 1988) oder es liegen bei diesen Kindern unterschwellig entzündliche Prozesse oder Infektionen vor, die zu einer Erhöhung des SF-Wertes geführt haben. Die Ursache für den geringen Anteil an übergewichtigen Kindern mit Eisenmangel muss jedoch spekulativ bleiben.

Die signifikante Beziehung zwischen der Eisenzufuhr, der möglichen Zufuhr von resorbierbarem Eisen und der Zufuhr vom resorbierbarem Nicht-Hämeisen zum MCV lässt darauf schließen, dass eine höhere Aufnahme an Eisen bzw. Nicht-Hämeisen ein niedrigeres Risiko mit sich bringt, eine eisenmangelbedingte Anämie zu entwickeln (Gibson 1999). Nach der multiplen linearen Regressionsanalyse scheinen hier jedoch die tägliche Sportdauer und die Energiezufuhr Prädiktoren für das MCV und somit für eine Anämie zu sein, wenn auch mit geringem Einfluss.

Im Hinblick auf die SF-Konzentration oder den sTfR:Ferritin-Quotienten zeigt die multiple lineare Regressionsanalyse, dass das zugeführte Eisen bzw. resorbierbare Eisen ein Prädiktor geringerem Einfluss für die Eisenversorgung zu sein scheint. Dies steht im Einklang mit dem Ergebnis von Williams & Innis (2005), wobei die Eisenzufuhr weniger als 10 % der Variabilität des Eisenstatus erklärte. Die möglicherweise begrenzte Fähigkeit der verwendeten Ernährungserhebungsmethode den Ernährungsstatus im Erlanger Kollektiv zu bestimmen, wird auch darin deutlich, dass im Gesamtkollektiv kein Zusammenhang zwischen der Eisenzufuhr und den meisten biochemischen Eisenparametern besteht.

Ursachen hierfür können beispielsweise die relativ kleine Fallzahl von Kindern, die zeitliche Abweichung zwischen Ernährungserhebung und Blutentnahmen, das Ernährungserhebungsinstrument, nicht nachprüfbare Einflüsse auf die Resorption oder das verwendete Nährwertberechnungsprogramm sein.

Einen Anhaltspunkt für einen „confounding bias“ durch die Nährstoffdatenbank und somit eine mögliche Erklärung für die Diskrepanz zwischen ungenügender Eisenzufuhr und dem geringen Anteil an Kindern mit entleerten Eisenspeichern, stellt das Ergebnis der Duplikatsammlung dar. Diese Methode zur genauen und gezielten Erfassung der gewünschten Nährstoffe, wurde als Referenzmethode zur Validierung des 3-Tage-Wiegeprotokolls ein Jahr nach der ersten Ernährungserhebung bei nur 28 Schülern des gleichen Kollektivs eingesetzt. Die mittleren Zufuhrdaten von Eisen differieren bei Vergleich derselben Kinder aus beiden Jahren mit 9,7 mg (1998) und 9,9 mg pro Tag (1999) nur um knapp 5 %. Die im Labor analysierte Eisenzufuhr beträgt dagegen im Mittel 13 mg pro Tag und liegt um 26,3 % höher

als die berechnete Eisenzufuhr. Auch nach der berechneten Eisenzufuhr aus dem Wiegeprotokoll der Duplikatsammlung liegen 50 % der Kinder unterhalb der DACH-Referenzwerte. Dieses lässt eine gute Protokollierung seitens der Eltern auch beim ersten Wiegeprotokoll schlussfolgern. Im Gegensatz zur berechneten Eisenzufuhr weisen nach laborchemischer Bestimmung nur 7,1 % der Kinder eine unzureichende alimentäre Eisenaufnahme auf. Die Unterschätzung der tatsächlichen Eisenaufnahme beruht möglicherweise zum Teil darauf, dass in der verwendeten Nährstoffdatenbank nicht alle mit Eisen angereicherten Lebensmittel (z. B. Frühstückscerealien) berücksichtigt werden. Sichert-Hellert et al. (2000) stellten allerdings im Rahmen der DONALD-Studie fest, dass die wenigen mit Eisen angereicherten Produkte nicht die unzureichende Eisenaufnahme bei 2-13jährigen Kindern verbessern konnten.

Preziosi et al. (1994) kamen zu dem Schluss, dass die fehlende Beziehung zwischen der alimentären Eisenzufuhr und dem Eisenstatus möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass es schwierig ist die Nährstoffzufuhr über einen angemessenen Zeitraum zu bewerten und somit nicht die hohe Tag-zu-Tag-Variabilität der Nahrungsaufnahme berücksichtigt werden kann. Der Eisenstatus stellt jedoch das Gleichgewicht zwischen Eisenaufnahme und Eisenverlust in den folgenden Wochen und Monaten dar. Möglicherweise ist eine retrospektive Ernährungserhebungsmethode (z. B. Verzehrhäufigkeitenfragebogen) geeigneter, um die Eisenaufnahme über einen längeren Zeitraum ermitteln und somit einen Zusammenhang zum Eisenstatus untersuchen zu können. Ein Interventionsprogramm bzw. eine Supplementation sollte möglichst nicht basierend auf einer alleinigen Ernährungserhebung, sondern unter Berücksichtigung laborchemischer Parameter, durchgeführt werden (Arija et al. 1990).

4.4 Jod

4.4.1 Bedeutung der alimentären Jodzufuhr für den Jodstatus

Eine durchschnittlich tägliche Jodzufuhr von knapp 68 µg über die Nahrung entspricht in etwa nur zur Hälfte dem Referenzwert der DACH und kann in einem erheblichen Risiko für die Entstehung von Jodmangelerscheinungen wie Kropf bis hin zur Hypothyreose resultieren. Ein ähnliches Ergebnis stellt sich ebenfalls für die berechnete Nährstoffdichte für Jod dar, die mit durchschnittlich 10,5 µg/MJ zu -46 % unterhalb der Referenzwerte liegt (DACH 2000). Die durchschnittliche Jodaufnahme der 4-9jährigen Jungen (52,3 µg/d) bzw. Mädchen (53 µg/d) aus der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) von 1998 (Ernährungsbericht 2004) liegt sogar mit -26,2 % bzw. -19,3 % noch deutlich unterhalb der Jodaufnahme der Erlanger Jungen und Mädchen. Nur 3 % der Erlanger Kinder erreichen eine gewünschte Zufuhr über 130 µg/Tag. Da Seefisch und andere maritime Produkte zu den jodhaltigsten Nahrungsmitteln zählen, sollte mindestens einmal pro Woche Fisch auf dem Speiseplan stehen (Kersting & Schöch 1996). Die Ernährungserhebung zeigt allerdings, dass mehr als die Hälfte der Kinder im Erhebungszeitraum keinen Fisch verzehrt haben. Auch die Befragung der Eltern mittels Verzehrhäufigkeits-Fragebogen macht deutlich, dass 62 % der Kinder nie oder nur 1-3 mal pro Monat Seefisch verzehren. Immerhin essen knapp 37 % der Kinder 1-3 mal pro Woche Fisch oder Fischprodukte, wobei die Portionsgrößen in der Regel nicht der empfohlenen Menge von mindestens 100 g pro Mahlzeit für diese Altersgruppe entsprechen (Kersting & Schöch 1996). 95 % der Kinder, die Fisch verzehrt haben, haben weniger als 50 g Fisch pro Mahlzeit gegessen. Eine Untersuchung von Hampel et al. (1995) zur Strumaprävalenz Anfang der 90er Jahre in 32 verschiedenen Regionen Deutschlands, kam ebenfalls zu dem Ergebnis, dass nur knapp 37 % der Befragten wenigstens einmal pro Woche eine Portion Seefisch verzehrten. Während bei den Erlanger Schulanfängern der Verzehr von Fisch durchschnittlich nur 3 % zur täglichen Jodzufuhr beiträgt, kommen bei norwegischen Kindern einer jüngst veröffentlichten Untersuchung (Dahl et al. 2004) 10 % der Jodaufnahme aus Fisch. Allerdings wurden auch Kinder bis zu 13 Jahren in die Auswertung miteinbezogen. Es wird angenommen, dass ältere Kinder möglicherweise lieber und somit auch häufiger Fisch essen als 6-7jährige Kinder (Remer et al. 1992) aus dem Erlanger Probandenkollektiv. Der durchschnittliche Fischverzehr von 4-9jährigen Jungen und Mädchen (7 µg/d) aus der EVS (Ernährungsbericht 2004) sowie der geringe Verzehr von Seefisch in der untersuchten Erlanger Population zeigt deutlich, dass der Fischverzehr nur wenig zur Jodversorgung

beiträgt. Somit müssen andere Jodquellen zur Bedarfsdeckung herangezogen werden. Während niederländische Kinder und Jugendliche mindestens 50 % des täglichen Jodbedarfs über den Verzehr von Brot decken (Wiersinga et al. 2001), spielt bei den Erlanger Kindern die Aufnahme von Jod aus Brot und Backwaren eine untergeordnete Rolle.

Einen großen Stellenwert zur Deckung des täglichen Jodbedarfs hat dagegen bei den Erlanger Schulanfängern der Verzehr von Milch und Milchprodukten mit knapp einem Drittel. Dieses Ergebnis wird durch den signifikanten Zusammenhang zwischen der Milchzufuhr und der Jodausscheidung erhärtet. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam eine vor kurzem veröffentlichte Studie, wobei die Jodzufuhr bei 11- bis 15jährigen italienischen Kindern zu 30-40 % über die Milch gedeckt wurde (Girelli et al 2004). Auch in Tschechien (Zamrazil et al. 2004), in den skandinavischen Ländern und in den USA gehört die Kuhmilch zur wichtigsten Quelle für die Jodversorgung (Lamberg 1993, Pearce et al. 2004). Die Untersuchung von Dahl et al. (2004) zeigte, dass sogar 70 % des täglichen Jodbedarfs bei norwegischen Kindern über den Verzehr von Milch und Milchprodukten gedeckt wird. Dies wird darauf zurückgeführt, dass das Tierfutter seit 1950 per Gesetz mit Jod angereichert wird. In Finnland führte die Jod-Supplementation von Tierfutter seit den 50er Jahren zu einem deutlichen Anstieg der Jodkonzentration von 30 µg auf 180 µg Jod pro Liter Kuhmilch (Lamberg 1986) und wurde somit zu der wichtigsten Quelle für die Jodversorgung (Varo et al. 1982). Während Anfang der 90er Jahre in den neuen Bundesländern noch ein durchschnittlicher Gehalt von 82 µg/l Milch und in etwa gleicher Höhe in aus Milch erzeugten Produkten gemessen wurde (Anke et al. 1998), wurde kürzlich in Thüringen ein durchschnittlicher Jodgehalt von 178 µg pro Liter in Kuhmilch ermittelt (Bader et al. 2005). In Bayern lagen dagegen 1994 die Jodkonzentrationen im Jahresschnitt pro Liter Kuhmilch bei 115 µg (durchschnittlich: 82 µg/l Südbayern, 127 µg/l Nordbayern - Oberpfalz und Franken) (Preiss et al 1997), möglicherweise bedingt durch eine geringere Verwendung von jodierten Mineralsalzmischungen in der Nutztierhaltung als in Ostdeutschland. In den USA liegen die mittleren Jodkonzentrationen der Milch pro Liter mit 110 µg/250 ml etwa viermal höher als in Süddeutschland. Einen wesentlichen Anteil daran hat ebenfalls die permanente Jodsupplementierung von Tierfutter seit den 60er Jahren, aber auch die Verwendung von jodhaltigen Desinfektionsmitteln zur Grunddesinfektion in Ställen, bei der Zitzendesinfizierung, bei den Tierwaschungen sowie in den Molkereien (Pearce et al. 2004). Auch in der deutschen Milchwirtschaft und im Molkereiwesen werden teilweise jodhaltige Desinfektionsmittel verwendet (Wahl et al. 1995), aber nur in einzelnen Fällen wurden sehr hohe Konzentrationen in der Milch gemessen (Preiss et al. 1997).

In der hier verwendeten Datenbank liegt die mittlere Jodkonzentration von Milch jedoch nur bei 80 µg/l und beispielsweise die von Joghurt bei ca. 70-80 µg/kg. Somit liegt, neben natürlichen und jahrszeitlich bedingten Schwankungen (Varo et al. 1982) der Jodgehaltes in bestimmten Lebensmitteln, die Vermutung nahe, dass eine Unterschätzung der tatsächlichen Jodversorgung aufgrund nicht aktualisierter Software für die Jodkonzentrationen einiger Lebensmittel erfolgt. Diese Einschätzung wurde auch von Bader et al. (2005) in ihrer kürzlich veröffentlichten Untersuchung bestätigt. Daraus resultiert möglicherweise ein Ansatzpunkt für die Diskrepanz zwischen der berechneten alimentären Jodaufnahme und der deutlich höheren Jodausscheidung bei den Erlanger Schulanfängern. Nach den Ergebnissen der Bayerischen Landesanstalt für Ernährung (Preiss et al. 1997) ist davon auszugehen, dass während des Zeitraumes der Erhebungen für die FIT-Studie die tatsächliche Jodkonzentration in der Milch in der Region Erlangen (Mittelfranken) etwas höher lag als anhand der Datenbank berechnet. Bei einem mittleren Konsum von ca. 264 g Milch und Milchprodukten kann davon ausgegangen werden, dass die mittlere Jodzufuhr über diese Lebensmittelgruppe und somit auch die Gesamtzufuhr zwischen ca. 5 µg (24 % - ausgehend von 100 µg Jod/l Milch) bis 18 µg (86 % ausgehend von 150 µg Jod/l Milch) höher liegt als angenommen.

Nach Kersting & Schöch (1996) erreichen die 6-7jährigen Kinder die täglich empfohlene Zufuhr von Milch und Milchprodukten in Höhe von 375 ml/Tag (Kersting & Schöch 1996) im Mittel nur zu 70 %. Da die Gesamtjodzufuhr der Erlanger Stichprobe für einen Teil der Kinder insgesamt unzureichend zu sein scheint (s. Abbildung 52 und 53, Kapitel 3.8.7), könnte über eine gesteigerte Zufuhr an Milch und Milchprodukten eine Verbesserung in der Jodaufnahme angestrebt werden.

Eine weitere wichtige Quelle für die Jodversorgung stellt die häusliche Verwendung von Jodsalz dar und hier zeichnet sich eine erfreuliche Entwicklung ab. Während noch vor wenigen Jahren nur 83 % der befragten Haushalte im Rahmen einer deutschlandweit angelegten Untersuchung (Hampel et al. 1995) angaben, ausschließlich Jodsalz zu verwenden, gaben im Gegensatz dazu 96 % der befragten FIT-Eltern an bei der Nahrungszubereitung Jodsalz zu verwenden. In der vorliegenden Studie liegt die mittlere Kochsalzaufnahme bei 4,3 g/d, somit könnte davon ausgegangen werden, dass die Mehrheit der Kinder ca. 86 µg Jod über das Speisesalz aufgenommen haben müssten, unter Berücksichtigung von durchschnittlich 40 % Verlust durch die Speisenzubereitung (Wang et al. 1999) wären es 52 µg. Die ermittelte mittlere tägliche Jodaufnahme von 67 µg/d würde sich demnach, unter Berücksichtigung einer erhöhten Jodaufnahme aus Speisesalz und Milch und Milchprodukten, auf weit über 100 µg/d erhöhen und könnte die mittlere Jodausscheidung von 112 µg/l Urin

erklären. Diese Annahme ist zwar spekulativ, wird aber durch eine Untersuchung von Elmada & König (1998) bei österreichischen Kindern unterstützt, bei der 4-6jährige Kinder 56 µg Jod pro Tag bzw. 7-9jährige Kinder eine durchschnittliche tägliche Jodzufuhr von knapp 89 µg Jod durch den Verzehr von Jodsalz erzielten. In der vorliegenden Untersuchung trägt die errechnete Jodzufuhr durch Salz allerdings einen sehr geringen Anteil zur Bedarfsdeckung bei. Im Mittel werden nur 1,67 µg Jod aus Gewürzen (im Verzehrsprotokoll extra angegeben) geliefert, wovon 1,5 µg aus der Verwendung von Jodsalz stammen. Zusätzlich lassen sich aus der Kochsalzaufnahme (berechnet mittels Nährwertprogramm aus anderen verzehrten Lebensmitteln und Menükomponenten) noch durchschnittlich 0,86 µg Jod addieren. Durch die signifikant höhere Zufuhr von Gewürzen (besonders Jodsalz) bei den Jungen erklärt sich die leicht höhere Jodzufuhr zur Hälfte. Der Rest kann über die höhere Aufnahme anderer Lebensmittelgruppen erklärt werden. Für die tägliche Jodversorgung aller Kinder ist der Anteil aus Salz mit 2,5 µg pro Tag jedoch zu vernachlässigen. Der geringen errechneten Zufuhr von Jod aus Speisesalz könnten möglicherweise folgende Ursachen zugrunde liegen:

- Bei der Angabe der Zutaten bei selbstgekochten Rezepten erfolgte häufig keine Angabe über die Art des verwendeten Salzes oder es erfolgte überhaupt keine Angabe über die Verwendung von Salz. Generell ist zu bedenken, dass die Salzaufnahme durch Zusalzen im Haushalt keine große Bedeutung hat (Pfannenstiel 1995) und auch aus Gründen gesundheitspräventiver Maßnahmen eher rückläufig ist (Hintze et al. 1988, Hess et al. 2001).
- Der Großteil der täglichen Salzaufnahme erfolgt meist über verarbeitete Produkte (Pfannenstiel 1995). Die Nährstoff-Datenbank berücksichtigt die Verwendung von Jodsalz bei verarbeiteten Lebensmitteln (z. B. Brot/Backwaren) und Menükomponenten (z. B. Suppen/Eintöpfe) jedoch nicht. Zudem ist die zunehmende Verwendung von Jodsalz bei der industriellen Lebensmittelverarbeitung (AK Jodmangel 1997, AK Jodmangel-Homepage) einiger verzehrter Produkte im Nährwertberechnungsprogramm bzw. in der zugrunde gelegten Datenbank noch nicht aufgenommen, dadurch lässt sich die zum Teil wesentlich zu niedrige Gesamtaufnahme an Jod über die Nahrung möglicherweise erklären. Diese Beobachtung wird auch von Adam (2003) bestätigt. Folgendes Zitat aus dem Ernährungsbericht (2004) unterstützt die Annahme der vorliegenden Untersuchung: „Die verfügbaren Daten lassen keine valide Schätzung der Jodzufuhr in Form von Jodsalz und damit hergestellter Lebensmittel zu, so dass die angegebenen Werte die wahre Zufuhr unterschätzen“.

Desweiteren variiert der Jodgehalt pflanzlicher und tierischer Lebensmittel in Abhängigkeit vom Jodgehalt des Bodens und der Verwendung von supplementierten Futtermitteln, wie z. B. bei Milch/Milchprodukten, Eiern (DACH 2000, Lamberg 1993).

Eine weiterer zu berücksichtigender Einflussfaktor bei der Diskrepanz zwischen der im Mittel zu niedrigen Jodaufnahme und einer wesentlich höheren beobachteten mittleren Jodausscheidung über den Urin (s. Kapitel 3.8.7) ist möglicherweise die zeitlich verschobene Erhebung der Nährstoffzufuhr mittels Verzehrsprotokoll und der Sammlung der Spontanurinprobe. Der „confounding bias“ der zeitlich verschobenen Verzehrerhebung auf die Jodurinkonzentration kann allerdings durch die Betrachtung der Ergebnisse der Jodaufnahme durch die Duplikatsammlung teilweise entkräftigt werden. Bei der Duplikatsammlung werden zwar nur 28 Kinder auf ihre Jodaufnahme hin untersucht, dennoch unterscheidet sich die mittlere Jodaufnahme mit knapp 67 µg Jod pro Tag nicht von der durchschnittlichen Jodaufnahme aller 168 Kinder mit 68 µg pro Tag im Erhebungsjahr 1998. Bei der Verzehrerhebung mittels Wiegeprotokoll bei demselben Kollektiv ein Jahr später liegt die durchschnittliche alimentäre Jodzufuhr bei 77 µg pro Tag (höherer Verzehr von Brot/Backwaren und Erfrischungsgetränken, $p < 0,001$). Dies ist zwar signifikant, würde man aber die gemessene Jodurinkonzentration ein Jahr zuvor zum Vergleich heranziehen, lässt sich dennoch nicht die deutlich höhere Jodausscheidung im Urin erklären. Die analysierte Jodzufuhr aus der Duplikatsammlung beträgt dagegen im Mittel 173 µg pro Tag. Bei Vergleich mit der berechneten Jodzufuhr, liegt diese somit um die Hälfte höher. Nach der laborchemisch bestimmten Jodzufuhr liegen demnach knapp 18 % der Kinder unterhalb der DACH-Referenzwerte im Gegensatz zu 96 % der Kinder nach der berechneten Jodaufnahme. Aus diesen Beobachtungen lässt sich ableiten, dass hier ein confounding bias durch das Nährwertberechnungsprogramm zugrunde liegen muss, da neben der reliablen Analysenmethode der Duplikatsammlung aufgrund der zweiten Protokollerfahrung der Probanden auch eine genauere Protokollierung des Lebensmittelverzehrs vorauszusetzen ist. Einen weiteren Hinweis stellen die ähnlich niedrig errechneten Jod-Zufuhrdaten mittels BLS II.3 der EVS-Studie (s. oben) dar. Auch Adam (2003) beschreibt in seinem Beitrag, dass es sehr schwierig ist die Jodzufuhr anhand von Ernährungsprotokollen abzuschätzen. Eine Nährwertberechnung der gleichen Ernährungspläne anhand verschiedener Computerprogramme (darunter auch der BLS II.2) zeigt eine erhebliche Varianz in der Jodversorgung bei Erwachsenen in Abhängigkeit der zugrunde gelegten Datenbank. Desweiteren ist zu berücksichtigen, dass

Lebensmittel hinsichtlich ihres Jodgehaltes variieren und somit eine genaue Berechnung der tatsächlichen Jodzufuhr mittels Nährwerttabellen erschwert wird (Lightowler & Davies 2002). Zwischen der errechneten alimentären Jodzufuhr und der Jodurinausscheidung ist kein Zusammenhang (s. oben beschriebene mögliche Ursachen) zu erkennen. Nach Rasmussen et al. (1999) ist dies jedoch nicht ungewöhnlich, da der erheblich schwankende Jodgehalt in manchen Nahrungsmitteln in der Nährwert-Datenbank nicht berücksichtigt werden kann. Dennoch lässt sich in Abbildung 61 und 62 beobachten, dass mit abnehmender mittlerer Jodzufuhr tendenziell auch die Jodausscheidung abnimmt. Ein Einfluss auf die Jodausscheidung und somit Jodversorgung lässt sich in der vorliegenden Untersuchung durch die Verwendung von jodiertem Speisesalz sowie den Verzehr von mit Jodsalz hergestellten Brot- und Backwaren nicht eindeutig erkennen. Dies steht im Widerspruch zu Untersuchungen, die gezeigt haben, dass durch die Verwendung von Jodsalz und die Verwendung von zu 60 % bzw. 80 % jodiertem Salz in der Fleisch- bzw. Backwarenindustrie eine deutliche Verbesserung in der Jodversorgung erzielt werden konnte (AK Jodmangel 1997, Manz et al. 2002). Zum Teil ist das Ergebnis der vorliegenden Untersuchung möglicherweise durch die zu geringe Anzahl der Stichprobe nach Zuordnung zu den entsprechenden Gruppen zu erklären. Des Weiteren muss bei der Bewertung der Ergebnisse sicher auch ein Bias im Hinblick darauf berücksichtigt werden, dass nicht von allen Probanden, von denen eine Urinprobe gesammelt werden konnte auch ein Ernährungsprotokoll vorliegt oder der Fragebogen vollständig oder überhaupt beantwortet wurde.

4.4.2 Jodversorgung der Schulanfänger anhand der Jodausscheidung im Urin

Einige Untersuchungen belegen, dass sich die Jodversorgung in den letzten Jahren in Gesamtdeutschland deutlich verbessert hat (Hampel et al. 2001, Hampel et al. 2000, Liesenkötter et al. 1997, Meng & Schindler 1997, Rendl et al. 2001), die Kriterien für eine adäquate Jodversorgung aber dennoch in manchen Regionen nicht ausreichend erfüllt sind (Schindler et al. 2000). Bei der Erlanger Bevölkerung zeichnet sich allerdings die Tendenz hin zu einer besseren Jodversorgung ab, zumindest in der Altersgruppe von 6-7jährigen Schulanfängern. Während eine Untersuchung Mitte der 80er Jahre noch eine mittlere Jodausscheidung von 50,9 µg/g Kreatinin bei 200 Erlanger Kindern und Jugendlichen (5-18 Jahre) aufzeigte (Schönau et al. 1989), machen die vorliegenden Ergebnisse deutlich, dass sich die Versorgungslage wesentlich verbessert hat. Die durchschnittliche Jodausscheidung

der Kinder im Urin ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin) liegt nun mit $110 \mu\text{g/g}$ über der von der WHO geforderten unteren Grenze von $100 \mu\text{g/g}$ Kreatinin, und somit bei einem Jodmangel Grad 0 nach der WHO-Klassifikation. 58 % der Kinder sind mit einer mittleren Ausscheidung von über $100 \mu\text{g/g}$ Kreatinin ausreichend versorgt. Auch bei Betrachtung der Jodkonzentration im Urin, liegt bei der Erlanger Population eine normale Jodversorgung vor, da der von der WHO empfohlene Grenzwert von $10 \mu\text{g/dl}$ für die renale Jodausscheidung im Mittel mit $11,2 \mu\text{g/dl}$ überschritten ist. 56 % der Kinder haben eine mittlere Jodurinausscheidung von über $100 \mu\text{g/l}$ und nur 9,2 % haben eine Jodausscheidung $< 50 \mu\text{g/l}$. Die Kriterien der WHO für eine ausreichende Jodversorgung sind somit erfüllt ($> 50 \%$ der Population $> 100 \mu\text{g/l}$, $< 20 \%$ Jodurie $< 50 \mu\text{g/l}$). Die mediane Jodurinausscheidung lag in der Euro-Growth Study bei einer Dortmunder Subpopulation von Kindern zwischen 3 und 5 Jahren (n=30) (Manz et al. 2000) bei $10,4 \mu\text{g/dl}$, die Jod-Kreatinin-Ausscheidung bei $143 \mu\text{g/g}$ im Mittel. Berücksichtigt man den etwas geringeren Jodbedarf der jüngeren Dortmunder Kinder, ist die Versorgungslage in einer anderen deutschen Region ähnlich der Erlanger Population. Die höhere Jod-Kreatinin-Konzentration der Dortmunder Kinder resultiert aus der niedrigeren Kreatinin-Ausscheidung (77 mg/dl) im Vergleich zu den Erlanger Schulkindern (103 mg/dl). Die Jodausscheidung der Erlanger Schüler ist auch vergleichbar mit der in anderen Regionen Deutschlands, wie z.B. mit einer Population 6- bis 9jähriger Kinder aus Leipzig mit einer mittleren Ausscheidung von ca. $11 \mu\text{g/dl}$ (Willgerodt et al. 1997) bzw. von über $12 \mu\text{g/dl}$ in einer weiteren Untersuchung von 1998 (Willgerodt et al. 2000). Im Vergleich zu der deutschlandweiten Erhebung von 1999 durch Hampel et al. (2001) bei 6- bis 12jährigen Schülern, bei der eine mittlere Urinjodidausscheidung von $148 \mu\text{g/l}$ beobachtet wurde, liegt die mittlere Jodkonzentration der Erlanger Population doch deutlich darunter.

Auch im internationalen Vergleich entspricht die Versorgungslage der Erlanger Kinder mit Jod beispielsweise der von 6-12jährigen Schweizer Schulkindern mit einer mittleren Jodausscheidung von $115 \mu\text{g/l}$. 8,5 % der Schweizer Schüler hatten eine Ausscheidung $< 50 \mu\text{g/l}$. Die ausreichende Versorgungslage der Schweizer Bevölkerung wird von Hess et al. (2001) auf regelmäßige nationale Erhebungen zurückgeführt, die zu einer kontinuierlichen Erhöhung der Anreicherung von Speisesalz mit Jodat (KJO_3) seit 1922 zu der aktuellen Höhe von 20-30 mg/kg Speisesalz und einer zunehmenden Akzeptanz der Bevölkerung zur Verwendung von Jodsalz und zum Teil bei der lebensmittelverarbeitenden Industrie geführt haben. Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, spielt besonders auch bei Kindern der Verzehr von Milch und Milchprodukten eine bedeutende Rolle. Es ist jedoch zu beachten, dass der Jodgehalt der Milch jahreszeitlichen Schwankungen (höherer Jodgehalt im Winter) unterliegt

(Schällibaum 1991, Als 2003, Girelli 2004), was sich auch in der Jodausscheidung und somit Jodversorgung wiederspiegeln kann.

Es hat sich gezeigt, dass die alleinige Verwendung von Jodsalz im familiären Hauholt nicht zu einer ausreichenden Jodversorgung führen kann (Hintze et al. 1988, Zamrazil et al. 2004). Neben der Verwendung von mit Jod angereichertem Tierfutter (Zamrazil et al. 2004), ist von zunehmender Bedeutung, dass auch die Nahrungsmittelindustrie in stärkerem Maße jodiertes Salz zur Herstellung verarbeiteter Produkte verwendet (Metges et al. 1996). Obwohl es in Deutschland Anstrengungen dahingehend gibt, ist der Anteil an verwendetem Jodsalz noch zu gering (DGE-Bericht 2000, AK Jodmangel-Homepage, Remer & Neubert 1998). In einer spanischen Population von 6- bis 15jährigen Kindern wurde mit einer mittleren Jodausscheidung von $116 \mu\text{g/l}$ eine vergleichbare Konzentration zu der Erlanger Stichprobe gefunden (Garcia-Mayor et al. 1999). Auch hier wird der, wie in der Schweiz, signifikante Anstieg der Jodausscheidung auf die Einführung von jodiertem Salz (60 mg/kg) und dem obligatorischen Einsatz in Schul- und Firmenkantinen in dieser Region seit 1985 zurückgeführt. Die Prävalenz von subklinischer Hypothyreose ist dagegen in Erlangen mit 4,4 % etwas niedriger als in Spanien (6,9 %), wobei hier nur die TSH-Konzentration zur Bewertung herangezogen wurde, dagegen in Erlangen ein Kind niedrige fT4-Konzentrationen aufwies und eines bei beiden Parametern außerhalb des Grenzbereiches lag. Werden die gleichen Grenzwerte der Spanier als cut-offs herangezogen (TSH: Spanien $> 4,5 \mu\text{U/ml}$ vs. Erlangen $> 4,2 \mu\text{U/ml}$; fT4: Spanien $< 7 \text{ ng/l}$ vs. Erlangen $< 10 \text{ ng/l}$), liegt der Prozentsatz der Kinder mit möglicher Hypothyreose nur bei 3,3 %. Die laborchemisch ermittelten mittleren Serumwerte fT4 und TSH liegen im Mittel im Normbereich. Die Konzentrationen der Marker für eine Beurteilung der längerfristigen Jodversorgung zeigen, dass der größte Teil der untersuchten Erlanger Kinder dieser Altersgruppe noch ausreichend mit Jod versorgt sein muss, auch wenn über 40 % der untersuchten Kinder eine Jodausscheidung unter $100 \mu\text{g}$ pro g Kreatinin aufweisen. Diese Annahme wird dadurch gestützt, dass kein Zusammenhang zwischen der Jodausscheidung und den Serummarkern in allen nach der WHO definierten Jodmangel-Gruppen zu beobachten ist. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Elmada & König (1998) bei österreichischen Kindern.

Wie hoch die Inzidenz von Jodmangelstrumen bei Erlanger Kindern mit erhöhten, aber auch normalen TSH-Serumkonzentrationen ist, wurde nicht untersucht.

Sowohl die WHO (1994), als auch verschiedene Autoren (Bourdoux 1998, Neubert & Remer 1998) empfehlen besonders bei Kindern, die sich im Wachstum befinden, eine Bewertung der Jodversorgung anhand der Urinjodidkonzentration. Die Kreatinin-Urinkonzentration kann

durch verschiedene Faktoren, wie z.B. Wachstum, Geschlecht, Alter, Ernährungsstatus, Milch-, Fleisch-, Wasserzufuhr, aber auch Lagerungs- und Analytikbedingungen der Urinproben beeinflusst werden, so dass dieser Parameter als unsicher bewertet wird (Manz et al. 2000, Bourdoux 1998, Neubert & Remer, 1998). Eine hohe Ausscheidung von Kreatinin in Wohlstandsgesellschaften kann zu einer Überschätzung von Personen mit suboptimaler Jodversorgung führen (Hess et al. 2001). Da Hess et al. (2001), wie auch die vorliegende Untersuchung, sowohl bei Darstellung der Jodausscheidung als Konzentration als auch bezogen auf g Kreatinin zu vergleichbaren Ergebnissen kam, befürwortet die Arbeitsgruppe von Hess et al. (2001), auch unter Betracht von anfallenden Kosten für die Kreatininanalyse, die alleinige Verwendung der Jodkonzentration zur Bewertung des Jodstatus in der Bevölkerung. Im Gegensatz dazu zeigte die Untersuchung von Manz et al. (2000), dass die Jod-Kreatinin-Konzentration bei jungen Kindern durchaus als geeigneter Parameter zur Bewertung der Versorgungslage herangezogen werden kann, wenn die zu untersuchende Population die Kriterien der Vergleichbarkeit und der Homogenität erfüllt. Der Bezug der Jodausscheidung auf die Kreatininausscheidung kann zudem Variationen in der Konzentration minimieren, die auf ein unterschiedliches Urinvolumen und Verdünnung zurückzuführen sind (Bourdoux 1988), wenn keine 24h-Urinsammlungen möglich sind. Bourdoux et al. (1985) kommen zu dem Ergebnis, dass durch Spontan-Urinproben bei einer ausreichend großen Stichprobe von mindestens 50 ähnlich valide Aussagen über die Jodversorgung der Bevölkerung anhand der Jodurinkonzentration getroffen werden können wie durch 24h-Sammlungen. Für eine Beurteilung der tatsächlichen Versorgungslage scheint der Morgenurin möglicherweise nicht geeignet zu sein, da es zu einer Unterschätzung der Jodversorgung kommen kann (Rasmussen et al. 1999). Ob die Jodurie einem zirkadianem Rhythmus unterliegt, wird derzeit noch widersprüchlich diskutiert (Wahl et al. 1995, Rasmussen et al. 1999). Eindeutig geklärt scheint hingegen, dass die Jodausscheidung am Morgen am niedrigsten ist (Rasmussen et al. 1999). Furnée et al. (1994) kommen zu dem Schluss, dass die Verwendung des Jod-Kreatinin-Quotienten nur geeignet ist, wenn so gut wie keine Korrelation zwischen der Jod- und der Kreatininkonzentration vorliegt. In der vorliegenden Untersuchung liegt in der Gesamtpopulation nur eine sehr schwache Korrelation zwischen dem Jod-Kreatinin-Quotienten und der Kreatinin-Konzentration vor, eine etwas stärkere dagegen zwischen der Jodurin- und der Kreatinin-Konzentration. Somit scheint auch für die FIT-Untersuchung die Verwendung der Jodurin-Konzentration alleine geeigneter als der Jod-Kreatinin-Quotient. Aus Gründen der Vergleichbarkeit der vorliegenden Ergebnisse mit

Resultaten aus anderen Studien wurden dennoch auch dahingehende Auswertungen und Erläuterungen durchgeführt.

Die Arbeitsgruppe von Remer et al. (1992) postulieren bei jüngeren Kindern und Jugendlichen eine altersunabhängige Beurteilung der Jodversorgung, die Jodurie bezogen auf die Körperoberfläche. Da bei bisher veröffentlichten Untersuchungen zur Beurteilung der Jodversorgung nur selten die Jodversorgung anhand der Jodurie bezogen auf die Körperoberfläche herangezogen wird und die Erlanger Population eine homogene Altersgruppe darstellt, wurde auf eine Berechnung und Bewertung der Versorgung mit Jod anhand dieser Kriterien verzichtet.

In einer multiplen Regressionsanalyse zeigte sich die Proteinzufuhr als einzige Einflussgröße auf die Jodausscheidung, obwohl nur ein kleiner Prozentsatz von 5 % die Variationen der Jod-Kreatinin-Ausscheidung erklären lassen. Dies hängt möglicherweise von der beobachteten Diskrepanz zwischen Jodaufnahme und Jodausscheidung zusammen. Die Ursachen hierfür wurden in Kapitel 4.4.1 beschrieben. Ein weiterer Faktor für dieses Ergebnis kann die niedrigere Anzahl an Kindern sein, die mit komplettem Datensatz in die Analyse einfließen.

5 Schlussfolgerungen

Bei der Interpretation der Ergebnisse der vorliegenden Studie muss berücksichtigt werden, dass bei epidemiologischen Untersuchungen systematische oder informative Einflussgrößen auftreten können, die eine allgemeingültige Aussage oder eine Beurteilung kausaler Zusammenhänge erschweren.

Hinsichtlich der Bewertung der Eisenversorgung im Kindesalter im Rahmen der FIT-Studie ist eine solche Einflussgröße beispielsweise, das im Vergleich zum Bundesdurchschnitt höhere Bildungsniveau der Eltern (Statistisches Bundesamt Wiesbaden 1998). Die in hohem Maße industrialisierte und universitäre Struktur der Stadt Erlangen fordert durchschnittlich höher qualifizierte Bildungsabschlüsse als in anderen Städten oder Regionen. Es ist davon auszugehen, dass der Anteil besser gestellter Familien wahrscheinlich nicht generell der sozialen Struktur anderer mittlerer bis größerer Städte im süddeutschen und bundesdeutschen Gebiet entspricht. Weiterhin zeigt sich durch die Erfragung der Ernährungsgewohnheiten, dass die auskunftsgebenden Eltern gesundheitsbewusster zu sein scheinen und Interesse an Fragen der Gesundheit und Ernährung zeigen. Aus den genannten Gründen ist nur für ähnlich strukturierte Städte oder Regionen von einer repräsentativen Stichprobe auszugehen, nicht jedoch für das gesamte Bundesgebiet.

Weitere Einflussgrößen informativer Art bestehen häufig in der Erfassung der Nährstoffzufuhr, die vom Erhebungsinstrument, von der Eingabe in ein Nährwertberechnungsprogramm sowie von diesem selbst abhängig ist. Weiterhin kann eine gewisse Beeinflussung auf das bisherige Ernährungsverhalten erfolgen. Es muss auch mit „underreporting“ (hat in der vorliegenden Untersuchung mit 3 % keinen wesentlichen Einfluss) oder „undereating“ sowie mit einem Teil nicht auswertbarer Protokolle gerechnet werden. Das 3-tägige Wiegeprotokoll wurde in der vorliegenden Untersuchung gewählt, da diese Methode zur Erhebung der Nährstoffzufuhr als die präziseste von allen verfügbaren Methoden angesehen wird (Willett & Buzzard 1998). Zudem ist mit einem höheren Durchhaltevermögen als bei einem 7-Tage-Wiegeprotokoll zu rechnen und somit der Einfluss auf das übliche Ernährungsverhalten möglicherweise geringer. Gay (2000) kam zu dem Schluss, dass eine Erhöhung der Protokollierungsdauer von 4 auf 7 Tage nur eine marginale Verbesserung der Genauigkeit bei der Einschätzung der üblichen Nährstoffaufnahme bringt. Möglicherweise ist eine retrospektive Ernährungserhebungsmethode (z. B. Verzehrshäufigkeitenfragebogen) geeigneter, um die Eisen- und Jodaufnahme über einen längeren Zeitraum ermitteln zu können.

Aus logistischen sowie personellen Gründen war es nicht möglich die Ernährungserhebung mit den Blutentnahmen parallel durchzuführen, dadurch lassen sich hier möglicherweise keine Zusammenhänge nachweisen.

Hinsichtlich der laborchemischen Blutparameter kann die Interpretierbarkeit sowie die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen durch laboreigene Analyseverfahren sowie durch die Auswahl von Referenzwerten beeinflusst werden. Zur Bestimmung der löslichen sTfR wurde die Nephelometrie gewählt, da dieses Verfahren viele Vorteile eines homogenen Immunoassays realisiert, wie z.B. Schnelligkeit, wenige Arbeitsschritte, robuste und wenig komplexe Reagenzien, Automatisierbarkeit. Auch die Empfindlichkeit wurde in den letzten Jahren deutlich verbessert (Metzmann 1998). Die nephelometrische Bestimmung der löslichen sTfR wird bis dato jedoch kaum angewandt, ist aber ein vielversprechendes Analyseverfahren.

Im Hinblick auf die Beurteilung der Jodversorgung einer gesunden Population von Kindern sollten weitere Untersuchungen dahingehend erfolgen, ob von einer Spontanurinprobe aus dem Morgenurin valide Ergebnisse zu erwarten sind oder der Jodstatus der Population unterschätzt wird. Möglicherweise sollte der Morgenurin gemieden und möglichst mehrere Urinproben über den Tag verteilt gesammelt werden, wie von Rasmussen et al. (1999) aus deren Ergebnissen an einer Erwachsenenpopulation gefolgert wird.

Durch die relativ große Stichprobe von Kindern in der vorliegenden Querschnittserhebung ist es möglich Rückschlüsse auf die Versorgung mit Nährstoffen, besonders mit dem Spurenelement Eisen, zu ziehen und diese auch in Beziehung zu den Blutparametern zu setzen.

5.1 Eisen

Bei Betrachtung der mittleren Zufuhrmengen sowie der täglich resorbierbaren mittleren Eisenmenge scheint die Versorgung mit Eisen bei dem Durchschnitt der 6-7jährigen Kinder ausreichend. Dennoch weisen ca. 23,6 % der Kinder eine marginale Eisenzufuhr auf, wenn die Eisenspeicher in Form von Serum-Ferritin (≤ 20 ng/ml) als Bewertung herangezogen werden und nur bei 2,9 % der Kinder ist ein manifester Eisenmangel (Serum-Ferritin ≤ 12 ng/ml) ersichtlich.

Eine Eisenmangelanämie liegt bei keinem der Schulanfänger vor. Da die Kinder hinsichtlich des täglichen Fleisch- und Wurstwarenverzehrs im Mittel die empfohlene tägliche Aufnahme

in einer optimierten Mischkost erreichen, sollte hier nur individuell zu einer gesteigerten Zufuhr geraten werden. Eine Verbesserung der alimentären Eisenzufuhr bei 6-7jährigen Kindern ist dagegen generell, bei mäßiger Aufnahme von tierischen Lebensmitteln, durch eine erhöhte Zufuhr von Vollkornbrot und -backwaren, Vollkorn-Nährmittel und Getreideprodukten wünschenswert. Durch eine zusätzlich erhöhte Zufuhr von Obst und Gemüse würde die Versorgung mit Vitamin C erheblich verbessert und somit möglicherweise die Eisenresorption gesteigert werden können. Zur Erhöhung der Eisenresorption ist eine geeignete Kombination verschiedener Lebensmittel notwendig. Eine intensivierte Verbraucheraufklärung könnte hier durch gezieltes Ernährungswissen noch zu einer Verbesserung der Versorgungslage beitragen.

Die teilweise im vorangegangenen Text zitierten Untersuchungen zeigen, dass anhand der zusätzlichen Analyse von löslichen sTfR im Serum zum SF und Blut-Hämoglobin einerseits eine eindeutigere Differenzierung zwischen einem latenten Eisenmangel und bestehender Eisenmangel-Erythropoese erzielt werden kann. Andererseits ist auch eine Differenzierung zwischen Eisenmangel-Anämie oder Anämie durch chronische Erkrankungen möglich. Da in dem vorliegenden Kollektiv bei keinem der Schulanfänger einen Anhaltspunkt für eine bestehende Anämie vorliegt, konnte letztere Hypothese hinsichtlich der Unterscheidung zwischen verschiedenen Anämien bei den Erlanger Kindern nicht überprüft werden. Kontrollierte Phlebotomiestudien an gesunden Probanden zeigen, dass nicht mit einer Erhöhung des Rezeptors zu rechnen ist, bis die Eisenspeicher völlig erschöpft sind und sich ein Mangel an funktionellem Eisen entwickelt (Skikne et al. 1990, Cook & Skikne 1989). Da anhand der konventionellen biochemischen Marker wie dem Serum-Ferritin oder dem ETS auch relativ wenige Schulanfänger einen latenten Eisenmangel mit vorhandener Eisenmangel-Erythropoese zeigen, können auch hier die löslichen sTfR nur wenig zusätzliche Informationen zur Differenzierung liefern. Liegt möglicherweise eine Infektion oder eine chronische Entzündung vor, durch die das Serum-Ferritin erhöht wird, würde sTfR einen erheblichen Vorteil gegenüber dem Ferritin und auch sTfR:Ferritin bieten, indem ein maskierter Eisenmangel aufgedeckt werden kann. Dies kann bei einem Teil der Erlanger Kinder der Fall sein. Allerdings scheint auch eine relativ hohe falsch negative Klassifikation durch sTfR prävalent zu sein, da doch einige Kinder mit hohen Ferritin- und geringen Serum-Eisen-Konzentrationen sowie niedriger ETS nicht als Fälle mit möglicher Infektion oder entzündlicher Erkrankung erkannt wurden. Die Aussagekraft von sTfR bei den Fällen, die oberhalb des Referenzwertes der Erlanger Population liegen und bei denen kein maskierter Eisenmangel vorliegt, bietet dagegen in der vorliegenden Untersuchung keinen Vorteil

gegenüber den konventionellen Markern, besonders dem Ferritin. Auch Means et al. (1999) beschreiben, dass bei unkompliziertem Eisenmangel keine zusätzlich relevanten Informationen im Vergleich zum Ferritin geliefert werden. Mei et al. (2005) sehen anhand ihrer Metaanalyse von neun Eisen-Interventionsstudien zur Zeit ebenfalls keinen zusätzlichen Vorteil in der zusätzlichen, kostenverursachende Analyse von sTfR zum Ferritin, zumindest solange noch keine internationalen Referenzwerte für die Rezeptoren verfügbar sind. Ob die Bestimmung von löslichen TfR zur Definition von Eisenmangel bei einer gesunden Population von Schulanfängern einen bedeutenden Vorteil darstellt oder ob noch unbekannte Prädiktoren die Beurteilungsfähigkeit der Eisenversorgung durch sTfR vermindern, bleibt in jedem Fall zu überprüfen.

Die Bestimmung des sTfR:Ferritin-Quotienten zeigt dagegen im vorliegenden Kollektiv ansatzweise Vorteile gegenüber einer jeweils getrennten Bewertung anhand von Serum-Ferritin oder den sTfR. Wie von mehreren Autoren beschrieben wurde (s. Kapitel 4.3.2), zeigen auch die vorliegenden Ergebnisse, dass sTfR:Ferritin ein sensitiverer Indikator für einen bestehenden Eisenmangel mit sich teilweiser entwickelnder Eisenmangel-Erythropoese zu sein scheint. Bei einer zugrunde liegenden Erkrankung lässt sich ein maskierter Eisenmangel in der vorliegenden Untersuchung allerdings nicht erkennen. Diejenigen Fälle, die vor allem in den Grenzbereichen zwischen prälatentem und latentem Eisenmangel (Erschöpfung der Eisenspeicher ≤ 12 ng/ml) liegen, könnten wahrscheinlich eindeutiger identifiziert werden als mit Ferritin allein. Ob sTfR:Ferritin auch im Bereich zwischen marginaler Eisenversorgung und prälatentem Eisenmangel (Entleerung der Eisenspeicher) zuverlässige Aussagen liefert und somit durch die Bestimmung von sTfR:Ferritin das breite Spektrum des Eisenmangels tatsächlich valide erfasst werden könnte, bleibt allerdings an einem weiteren Kollektiv von Kindern zu überprüfen. Zwar stellt die Eisenmangelanämie in industrialisierten Ländern kein breites Gesundheitsproblem mehr dar, dennoch kann auch in einer relativ gesunden Population Eisenmangel prävalent sein. Somit sind geeignete Parameter mit hoher Spezifität für eine differenziertere epidemiologische Aussage über den Grad des bestehenden Eisenmangels notwendig (Bergström et al. 1995, Suominen et al. 1999). Da sich nur 1,7 % ($n = 3$) der Erlanger Kinder, von denen hämatologische Parameter vorliegen, ovolaktovegetabil ernähren, wäre eine Untersuchung von sich omnivor ernährenden gegenüber sich vegetarisch ernährenden Kindern denkbar, um möglicherweise eine eindeutigere Differenzierung zwischen den verschiedenen Schweregraden des Eisenmangels anhand von sTfR und sTfR:Ferritin erzielen zu können. Auch Untersuchungen

mit Probanden, die pathologische Eisenparameter aufweisen sowie Supplementationstudien könnten die vorliegenden Ergebnisse möglicherweise unterstützen.

Weiterhin bleibt bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse zu berücksichtigen, dass die vorliegenden Referenzbereiche für sTfR und sTfR:Ferritin als Anhaltspunkte zu betrachten sind, da die hier ermittelten Konzentrationen für sTfR wesentlich niedriger als bisher veröffentlichte Normwerte liegen. Somit ist es unbedingt erforderlich, die hier ermittelten Referenzwerte für sTfR und sTfR:Ferritin in weiteren Studien zu validieren. Denn zum einen liegen für die Altersgruppe von 6-7jährigen Kinder weder national noch international Referenzwerte vor, zum anderen entspricht die Erlanger Population nicht einer repräsentativen Stichprobe für die bundesdeutsche Bevölkerung. Ein weiterer notwendiger Schritt zur besseren Vergleichbarkeit und Interpretierbarkeit der Ergebnisse stellt die Einführung standardisierter Analyseverfahren auf internationaler Ebene dar.

5.2 Jod

Die alimentäre Versorgung mit dem Spurenelement Jodid scheint bei den Erlanger Schulanfängern nach den Kriterien der WHO ausreichend. Die Versorgungslage von Schülern scheint sich in den letzten 10 Jahren deutlich gebessert zu haben, trotzdem kann der Versorgungszustand nicht als optimal bezeichnet werden. Nur wenige Kinder weisen zwar eine latente Hypothyreose auf, dennoch besteht bei einigen Kindern ein Risiko für die Entwicklung einer Hypothyreose, da gut 40 % der Schulanfänger immer noch eine ungenügende Jodausscheidung $< 100 \mu\text{g/l}$ aufweisen. Auch der Arbeitskreis Jodmangel kommt in einer kürzlich abgegebenen Stellungnahme zu dem Schluss, dass die Jodversorgung bei Schulkindern in Deutschland noch nicht ausreichend ist (Scriba 2005, ICCIDD 2003). Dies steht im Widerspruch zu der Einschätzung der Weltgesundheitsorganisation (WHO), die in ihrem 2004 veröffentlichten Bericht (WHO-Bericht 2004) die Jodversorgung der deutschen Bevölkerung als ausreichend einschätzt. Bei ihrer Einschätzung bezog sich die WHO vorwiegend auf Daten von Schulkindern. Der Arbeitskreis Jodmangel bemängelt jedoch in seiner Stellungnahme (AK-Jodmangel-Homepage), dass die Bewertung nur anhand von Daten aus regionalen Studien vorgenommen wurde. Die tatsächliche Versorgungslage wird somit nicht repräsentativ dargestellt. Der Arbeitskreis (AK-Jodmangel-Homepage) führt neben der Erlanger FIT-Studie (Rauh et al. 2003) weitere Studien auf, bei denen ein Teil deutscher Schulkinder immer noch eine unzureichende Jodausscheidung $< 100 \mu\text{g/l}$ hatte, wie beispielsweise 15 % der Schulkinder aus Würzburg (Rendl et al. 2001), 41,3 % der

Schulkinder aus Berlin (Liesenkotter et al. 1997) oder 27 % der Kinder einer bundesweit durchgeführten Untersuchung (Hampel et al. 2001).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sowie die Resultate der oben zitierten Untersuchungen machen deutlich, dass auch noch weiterhin Maßnahmen ergriffen werden müssen, um eine optimale Versorgung zu erzielen. Es scheint, dass die Bedarfslücke in der Erlanger Bevölkerung, aber möglicherweise auch in Gesamtdeutschland, nur schwer durch einen erhöhten Konsum von nativen jodreichen Lebensmitteln wie Fisch und Fischprodukten (Ernährungsbericht 2004) und einen erhöhten Verzehr von häuslich verwendetem Jodsalz (Remer & Neubert 1998) geschlossen werden kann. Die Verbraucheraufklärung der letzten Jahre zeigt zwar hinsichtlich der Verwendung von jodiertem Speisesalz großen Erfolg (Jahreis et al. 2001, Bader et al. 2005), wie auch bei einem Großteil der Erlanger Familien beobachtet wurde. Dennoch sollten verstärkte Bemühungen seitens der verbraucheraufklärenden Institutionen dahingehend erfolgen, den täglichen Konsum von mit Jodsalz hergestellten Lebensmitteln (wie Brot und Backwaren, Wurstwaren) oder anderen jodhaltigen Grundnahrungsmitteln (wie Eier, Milch und Milchprodukte) noch weiter zu erhöhen. Milch und Milchprodukte können besonders bei jüngeren Kindern (Als et al. 2003) erheblich zur Jodversorgung beitragen, somit kommt auch der Anreicherung von Tierfutter eine zentrale Bedeutung zu. Da der Jodgehalt der Milch jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt und das Weidefutter der Kühe im Sommer deutlicher weniger Jod enthält als das Futter im Winter (Schällibaum 1991, Als 2003, Girelli 2004), sollte möglicherweise eine obligatorische Supplementation des Tierfutters auf gesetzlicher Basis in Erwägung gezogen werden, so dass auch im Sommer ein höherer Jodgehalt der Milch und daraus produzierter Produkte resultieren kann. Nutzen und Risiko einer generellen Futtermitteljodierung sowie der festzulegende Grenzwert bleiben jedoch vorsichtig abzuwägen. Die gegenwärtige futtermittelrechtliche Verordnung erlaubt einen Jodgehalt des Futters bis zu 10 mg Jod/kg (Ernährungsbericht 2000, s. Tab. A17 Anhang).

Neben einer intensivierten Verbraucheraufklärung, muss auch eine Erhöhung des Problembeusstseins seitens der lebensmittelverarbeitenden Industrie sowie den Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung erfolgen (DACH, Ernährungsbericht 1996). Denn die Verbraucheraufklärung kann nur Erfolg zeigen, wenn den Verbrauchern ein breites mit Jodsalz hergestelltes Produktsortiment angeboten wird. In der Fleisch- und Backwarenindustrie wird beispielsweise zu 60 % bzw. 80 % Jodsalz für die Herstellung verwendet (Adam 2003). Ungefähr 40 % der Lebensmittelindustrie, 55-85 % der Bäcker und Metzger (je nach Region) und ca. 80 % der Einrichtungen der Gastronomie und der Gemeinschafts-

verpflegung verwenden Jodsalz (AK-Jodmangel-Homepage, Hampel et al. 2001). Durch eine erhöhte Aufklärungsinitiative und eine verbesserte Gesetzeslage ist seit Anfang der 90er Jahre zwar ein steigender Trend bei der Verwendung von Jodsalz beim Herstellungsprozess von Lebensmitteln zu verzeichnen, dieser ist jedoch noch nicht ausreichend, um die Versorgungslücke zu schließen (Willgerodt et al. 1997, Ernährungsbericht 1996; Remer & Neubert 1998). Die Nachhaltigkeitskriterien der WHO (Jodsalzverwendung in mehr als 90 % der deutschen Haushalte und in mehr als 95 % aller Bereiche der Lebensmittelverarbeitung und des Speisenangebots) sind noch nicht erreicht (AK-Jodmangel-Homepage).

Bei Kindern und Jugendlichen hat der Verzehr von verarbeiteten Lebensmitteln (z. B. Convenience-Produkte) sowie Fast Food in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Eine Verwendung von Jodsalz bei der Produktverarbeitung und Produktherstellung könnte somit dazu beitragen die Jodlücke zu schließen oder zu verringern. Da in der Europäischen Union jedoch noch keine Gesetzgebung vorliegt, die eine einheitliche Verwendung von Jodsalz in Speisesalz und die Anreicherung von Lebensmitteln vorsieht, sehen sich überregionale Lebensmittelproduzenten bislang nicht dazu verpflichtet Jodsalz bei der Produktion einzusetzen (Adam 2003). Es ist Ziel verschiedener Organisationen (z. B. AK-Jodmangel), eine Gesetzgebung auf europäischer Ebene zu bewirken, die zu einer einheitlichen Jodierung von Speisesalz verpflichtet, aber eine generelle Direktanreicherung von Lebensmitteln mit Jod verhindert (Adam 2003, Großklaus & Jahreis 2004). Nach Adam (2003) besteht bei einer generellen Jodierung die Gefahr einer Überversorgung durch unvorhersehbares Konsumverhalten. Eine indizierte Jodsupplementation sollte auf individueller Ebene seitens des behandelnden Arztes festgestellt und ggf. eingeleitet werden.

Zur Überprüfung des Jodstatus sollte von staatlicher Seite ein in regelmäßigen Abständen durchgeführtes nationales repräsentatives Jod-Monitoring in Erwägung gezogen werden, wie dies in manchen Ländern (z. B. der Schweiz) der Fall ist und von nationalen Experten und Organisationen (z. B. WHO) immer wieder gefordert wird.

6 Zusammenfassung

Eine ausreichende Versorgung mit wichtigen Nährstoffen, besonders im Kindesalter, ist von großer Bedeutung für die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit. Bei Kindern und anderen Bevölkerungsgruppen bestehen immer noch Nährstoffdefizite, vor allem bei den essentiellen Spurenelementen Eisen und Jod. Eine ungenügende Zufuhr kann zu körperlichen und intellektuellen Schädigungen und Einschränkungen der betroffenen Personen führen. Somit kommt einer adäquaten Eisen- und Jodaufnahme über die Nahrung eine wichtige Bedeutung zu.

Die folgende Untersuchung hat zum Ziel in einer Querschnittsuntersuchung die Versorgungslage mit den Mikronährstoffen Eisen und Jod bei 6-7jährigen Schulanfängern in Raum Erlangen zu dokumentieren. Neben der Erfassung der alimentären Jodzufuhr, wird anhand von laborchemischen Parametern überprüft, ob die verbesserte Gesetzgebung für die Verwendung von Jodsalz bei der Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln sowie jodierten Futter-Mineralstoffmischungen und dadurch stetig zunehmenden Gehalt an Jod in der Nahrung sowie nationale Aufklärungsmaßnahmen zur Schließung der Bedarfslücke und Deckung des Jodbedarfes auch in dieser Region führen. Ein weiterer Schwerpunkt stellt auch die Qualität der Eisenversorgung sowie die Auswirkungen familiärer Gewohnheiten im Hinblick auf den Verzehr von Jodsalz und mit Jodsalz hergestellten Brot und Backwaren dar. Bislang liegen nicht genügend Daten für die Beurteilung der Bedeutung der sTfR als Indikator für einen Eisenmangel bei Kindern vor. Deshalb wird diagnostische Bedeutung der Rezeptoren zur Ermittlung der Prävalenz möglicher Eisendefizite in einer gesunden Population von Schulanfängern im Vergleich zu konventionellen Eisenparametern untersucht. Altersspezifische Referenzwerte werden sowohl für sTfR als auch für den Quotienten sTfR:Ferritin erstellt.

Im Schuljahr 1997/98 wurden an 16 Erlanger Grundschulen 427 Schulanfänger im Alter von 6 und 7 Jahren sowie ein Teil deren Familienangehörige rekrutiert.

Anthropometrische Daten zu Körpergröße und Körpergewicht sowie zur Körperzusammensetzung wurden im nüchternen Zustand von 408 Schülern ermittelt. Zur Erfassung der täglichen Energie- und Nährstoffzufuhr wurde von 168 Schulanfängern bzw. durch deren Eltern ein auswertbares 3-Tage-Wiegeprotokoll (Sonntag bis Dienstag) angefertigt sowie der Fragebogen zu den Ernährungsgewohnheiten von 278 Familien beantwortet. Zur Validierung des Ernährungserhebungsinstruments wurde von 28 Kindern eine Duplikatsammlung durchgeführt. Für die Analyse der Konzentrationen verschiedener biochemischer Serum-

parameter der Eisen- und Jodversorgung wurde auf freiwilliger Basis bei 181 Kindern venöses Blut im nüchternen Zustand entnommen. 207 Kinder gaben eine Spontanurinprobe im nüchternen Zustand zur Bestimmung der Jodausscheidung ab.

Die Bestimmung der Eisen- und Jodstoffwechselparameter erfolgte nach standardisierten Analysenmethoden. Die löslichen Transferrinrezeptoren (sTfR) wurden mittels partikel-verstärktem Immuno-nephelometrischem Assay „N Latex sTfR“ automatisch analysiert.

Nach dem Body Mass Index sind 7 % der Erlanger Schulanfänger als übergewichtig und ca. 4,2 % als stark übergewichtig einzustufen. Die mittlere Energiezufuhr der Erlanger 6-7jährigen liegt im Mittel bei den Jungen um – 6,3 %, bei den Mädchen um – 3,9 % unterhalb der Richtwerte für die Nährstoffzufuhr der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DACH 2000). Während die Versorgung mit Vitamin C und B12 durchschnittlich die Empfehlungen der DACH überschreitet, liegen Jod, Folat-Äquivalent und Calcium (vor allem bei den Mädchen) deutlich unterhalb der Empfehlungen. Dies resultiert aus einer durchschnittlich zu niedrigen Zufuhr an Milch und Milchprodukten sowie durch eine zu geringe Zufuhr an Gemüse und Obst. Die Serumkonzentrationen für Folat und Vitamin B12 liegen noch im Bereich der Norm.

Die Zufuhr von Eisen trifft im Mittel mit 9,4 mg den täglichen Bedarf. Die kalkulierte mittlere Resorption von Eisen aus tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln beträgt im Durchschnitt 0,84 mg. Davon sind ca. 21 % Hämeisen und 79 % Nicht-Hämeisen. Die wichtigsten Quellen für resorbierbares Eisen stellen mit ca. 20 % Brot und Backwaren dar, gefolgt Teigwaren und Eier (13 %), Fleisch und Wurstwaren (11 %) sowie Gerichten, die überwiegend aus tierischen Menükomponenten (11 %) bestehen. Auch Gemüse (8 %) und Gerichte mit überwiegend pflanzlichen Menükomponenten (8 %) tragen zur Eisenversorgung bei.

Ein Anteil von 51 % der Jungen und Mädchen liegt dennoch unterhalb der Eisen-Richtwerte der DACH. Zwischen Jungen und Mädchen bestehen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der mittleren Eisenzufuhr sowie hinsichtlich der Höhe der Zufuhr von Lebensmittelgruppen, die für die Eisenversorgung relevant sind.

Die alimentäre Versorgung mit Jod stellt sich bei den Schulanfängern im Gegensatz zur Eisenaufnahme im Mittel als mangelhaft dar, denn die mittlere Zufuhr liegt in etwa 50 % unterhalb der Sollzufuhr. 96 % der Familien verwenden zwar jodiertes Speisesalz, dagegen kaufen nur knapp 32 % der Familien regelmäßig Brot und Backwaren, die mit jodiertem Speisesalz hergestellt wurden. Die wichtigste Quelle für die Jodzufuhr stellen mit 31 % Milch und Milchprodukte dar, gefolgt von Teigwaren und Eiern sowie Getränke mit 12 %. Brot und

Backwaren tragen dagegen nur zu mit 6 % und Fisch nur mit 3 % zur täglichen Jodversorgung bei.

Geschlechtsspezifische Differenzen bestehen hinsichtlich der mittleren Serum-Ferritin-Konzentrationen sowie der anderen biochemischen Marker des Eisenstoffwechsels nicht. Die mittleren Konzentrationen aller Parameter liegen innerhalb physiologischer Grenzwerte.

Von 174 Schulanfänger haben 23,6 % (25 Mädchen, 16 Jungen) der eine Serum-Ferritinkonzentration ≤ 20 ng/ml und somit eine marginale Eisenversorgung. Ein Anteil von 2,9 % (4 Mädchen, 1 Junge) der Kinder hat einen latenten Eisenmangel mit Serum-Ferritinkonzentrationen ≤ 12 ng/ml. 1,7 % der Schulanfänger (1 Mädchen, 2 Jungen) haben einen Hb-Wert $< 11,5$ g/dl. Ein Anhaltspunkt für das Vorliegen einer manifesten Eisenmangelanämie liegt nicht vor.

Neben dem Serum-Ferritin wurden zur Beurteilung hinsichtlich eines prävalenten Eisenmangels sowie zur eindeutigeren Differenzierung zwischen einem möglichen Eisenmangel und sich entwickelnder Eisenmangel-Erythropoese zusätzlich die löslichen Transferrinrezeptoren (TfR) sowie der Transferrinrezeptor:Ferritin-Quotient (sTfR:Ferritin) bestimmt. Die ermittelten Referenzbereiche liegen für das Kollektiv von Schulanfängern bei den löslichen TfR zwischen 0,93 bis 1,98 mg/l (MW \pm SD: 1,46 \pm 0,27) und für log sTfR:Ferritin zwischen 1,25 – 2,15 (MW \pm SD: 1,70 \pm 0,23).

Nach den löslichen TfR befinden sich 5,9 % (n=10) der Schulanfänger oberhalb des oberen Referenzwertes, wobei hier von einem Eisenmangel auszugehen wäre. Es kann aber nur ein Kind mit einer Serum-Ferritin-Konzentration von 12 ng/ml mit einem latenten Eisenmangel identifiziert werden. Vier weitere Kinder mit einer Serum-Ferritin-Konzentration von ≤ 12 ng/ml werden dagegen falsch negativ klassifiziert. Im Gegensatz dazu werden durch sTfR:Ferritin 3,4 % (n = 6) der Schulanfänger mit latentem Eisenmangel identifiziert. Ein Kind liegt hier mit einer Serum-Ferritin-Konzentration von 13 ng/ml zwar im Grenzbereich, wird aber auch unter Berücksichtigung der Eisen-Transferrin-Sättigung (< 10 %) richtig positiv klassifiziert.

Ein signifikant positiven Zusammenhang zeigt sich mit $r = 0,21$ ($p < 0,05$) für das untersuchte Gesamtkollektiv ($n = 115$) nur zwischen der Zufuhr aller getreidehaltigen Lebensmittel (wie Brot und Backwaren, Nährmittel) und dem Serum-Ferritin. Eine Korrelation zwischen der Eisenzufuhr aus tierischen Nahrungsmitteln zu den untersuchten biochemischen Markern besteht nicht. Ebenfalls kein Zusammenhang wird zwischen der Eisenzufuhr und dem SE, dem SF, der TS, den sTfR sowie dem Hb beobachtet.

Eine Beziehung zum ermittelten resorbierbaren Anteil von Hämeisen aus tierischen Lebensmitteln zu den hämatologischen Parametern ist nicht zu erkennen.

Die mittleren Konzentrationen aller analysierten Parameter für den Jodstoffwechsel liegen Normbereich. Die durchschnittlich ermittelte Jodausscheidung liegt in Grad 0 der WHO-Einteilung. Hinsichtlich der Jodausscheidung pro g Kreatinin sind nach den Kriterien der Weltgesundheitsorganisation (WHO) (Jodausscheidung < 100 µg/g Kreatinin/d) knapp 43 % der 6-7jährigen in die Jodmangelschweregrade I bis III einzustufen. Knapp 25 % der Kinder scheinen eine ausreichende Versorgung > 150 µg Jod pro g Kreatinin zu haben. Nach der Jodkonzentration weisen 2,9 % der FIT-Schulanfänger einen schweren Jodmangel ($\leq 20 \mu\text{g/l}$), 9,2 % einen mäßigen ($\leq 50 \mu\text{g/l}$) und 31,9 % der Kinder einen milden Jodmangel ($\leq 100 \mu\text{g/l}$) auf. 56 % der Schulanfänger scheinen ausreichend versorgt zu sein. Anhand der Hormone fT4 und TSH lässt sich nur bei einem Jungen eine Hypothyreose nachweisen, eine latente Unterfunktion besteht bei 3,3 % (2 Mädchen, 4 Jungen) der 6-7jährigen Kinder. Geschlechtspezifische Unterschiede hinsichtlich der mittleren Jodzufuhr und Jodausscheidung sowie der Hormonkonzentrationen bestehen, außer beim TSH ($p < 0,05$), nicht.

Im Gesamtkollektiv besteht mit $r = 0,31$ ($p < 0,001$) nur ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Milch und Milchprodukten und der Jod-Kreatinin-Quotienten sowie mit $r = 0,19$ ($p < 0,05$) zur Jodidkonzentration. In keiner der nach der WHO definierten Jodmangelgruppen besteht ein Zusammenhang zwischen der Jodurinkonzentration und dem TSH oder dem fT4 oder auch der Jodausscheidung pro g Kreatinin und den Serumparametern.

Die Ergebnisse der FIT-Studie lassen bei Schulanfängern eine suboptimale Nährstoffversorgung für Eisen erkennen, während die Versorgung mit Jod weiterhin als unzureichend angesehen werden kann.

Eine Verbesserung der alimentären Eisenzufuhr durch die Aufnahme eisenreicher Lebensmittel sowie durch geeignete Lebensmittelkombinationen zur Steigerung der Eisenresorption sollte erzielt werden. Weiterhin sollten verstärkte Bemühungen seitens der verbraucheraufklärenden Institutionen auch dahingehend erfolgen, den täglichen Konsum von mit Jodsalz hergestellten Lebensmitteln oder anderen jodhaltigen Grundnahrungsmitteln noch weiter zu erhöhen.

Die Analyse der löslichen TfR scheint bei gesunden Kindern nur wenig zusätzliche Informationen zu den konventionellen biochemischen Parametern des Eisenstoffwechsels, vor

allem dem Serum-Ferritin, zu liefern. STfR:Ferritin ist dagegen ein sensitiverer Indikator für Probanden mit bestehendem Eisenmangel und teilweiser beginnender Eisenmangel-Erythropoese. Die Identifikation von Grenzfällen zwischen prä- und latentem Eisenmangel scheint durch TfR:Ferritin eher gewährleistet als durch die Bestimmung von Serum-Ferritin allein.

Mögliche Vorteile der Bestimmung von löslichen TfR und der Ermittlung des TfR:Ferritin zur Beurteilung der breiten Spanne des Eisenstatus für eine gesunde Schülerpopulation, aber auch für Kinder dieser Altersgruppe generell, bleibt anhand verschiedener Studienkonzepte zu überprüfen. Weiterhin sollten unbedingt altersspezifische international gültige Referenzwerte für sTfR zur besseren Beurteilung der Prävalenz von Eisenmangel und Eisenmangelanämie erstellt werden.

Es wird als unbedingt erforderlich angesehen, primärpräventive Maßnahmen vom Kindesalter an zu fördern, um das Risiko einer Mangelversorgung sowie der möglichen Folgen für Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit zu reduzieren. Eine intensivierte Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit sowie ggf. gezielte Untersuchungen im Einzelfall oder auch Vorsorgeuntersuchungen könnten zur Verbesserung der Nährstoffsituation in der Bevölkerung beitragen.

7 Literaturverzeichnis

ACC/SCN. Second report on the world nutrition situation. Micronutrients. Chapt. 2, pp 39-50, 1992

Adam O. Notwendigkeit von Nahrungsergänzungsmitteln am Beispiel Jod. EU 50 (9): 352-356, 2003

Ahluwalia N, Lammi-Keefe CJ, Bendel RB et al. Iron deficiency and anemia of chronic disease in elderly women: a discriminant-analysis approach for differentiation. Am J Clin Nutr 61: 590-596, 1995

Ahluwalia N. Diagnostic utility of serum transferrin receptors measurement in assessing iron status. Nutr Rev 1998; 56 (5): 133-141

Allen J, Backstrom KR, Cooper JA, Cooper MAC, Detwiler TC, Essex DW, Fritz RP, Means RT Jr., Meier PB, Pearlman SR, Roitman-Johnson B, Seligman PA. Measurement of soluble transferrin receptor in serum of healthy adults. Clin Chem 44(1): 35-39, 1998

Als C, Haldimann M, Burgi E, Donati, F, Gerber H, Zimmerli B. Swiss pilot study of individual seasonal fluctuations of urinary iodine concentration over two years: is age-dependency linked to the major source of dietary iodine? Eur J Clin Nutr 57(5): 636-46, 2003

Amaro López MA, Cámara Martos F. Iron availability: An updated review. Int J Food Sci Nutr 55(8): 597-606, 2004

Analysenbeschreibung von „N Latex sTfR“ der Fa. Dade Behring Marburg GmbH, August 1998

Anke M, Rother C, Arnhold W, Hötzl D, Görtler TH, Peiker G, Bauch K, Glei M, Scholz E, Gonzales D, Müller H, Hartmann E, Röhrig B, Pilz K, Cibis M, Holzinger S. Die Jodversorgung Erwachsener Deutschlands in Abhängigkeit vom Geschlecht, Zeit, Jahreszeit, Lebensraum, Stillperiode, Alter, Körpermasse und Form des Jodzusatzes. In: Köhrle J (Hrsg.). Mineralstoffe und Spurenelemente. Molekularbiologie – Interaktion mit dem Hormonsystem – Analytik. Schriftenreihe der Gesellschaft für Mineralstoffe und Spurenelemente e.V., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart 1998

Anttila R, Cook JD, Siimes MA. Body iron stores decrease in boys during pubertal development: the transferrin receptor-ferritin ration as an indicator of iron status. Pediatr Res 41: 224-228, 1997

Arbeitskreis (AK) Jodmangel (Hrsg.). Jod-Report. Fakten zur Jodsalzverwendung in Lebensmitteln 1997

Arbeitskreis (AK)-Jodmangel-Homepage: <http://www.jodmangel.de>

Arija V, Salas J, Fenandez-Ballart J, Marti-Henneberg C. Iron deficiency risk in children: discrepancy between dietary and biochemical assessments. *Int J Vitam Nutr Res* 60(2): 150-155, 1990

Bader N, Moller U, Leiterer M, Franke K, Jahreis G. Pilot Study: Tendency of increasing iodine content in human milk and cow's milk. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 113(1): 8-12, 2005

Baynes RD. Assessment of iron status. *Clin Biochem* 29 (3): 209-215, 1996a

Baynes RD. Refining the assessment of body iron status. *Am J Clin Nutr* 64: 793-794, 1996b

Beaton GH. Approaches to analysis of dietary data: relationship between planes analyses and choice of methodology. *Am J Clin Nutr* 59 (suppl):253S-261S, 1994

Bergström E, Hernell O, Lönnadal B, Persson LA. Sex differences in iron stores of adolescents: what is normal ? *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 20: 215-224, 1995

Biesalski HK, Fürst P, Kasper H, Kluthe R, Pölert W, Puchstein Ch, Stähelin HB. Ernährungsmedizin. Georg Thieme-Verlag, Stuttgart-New York, 1995

Bingham SA. The use of 24-h urine samples and energy expenditure to validate dietary assessments. *Am J Clin Nutr* 59 (suppl): 227S-231S, 1994

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* 45: 583-599, 1991

Bourdoux P, Delange F, Filetti S, Thilly C, Ermans AM. Reliability of the iodine/creatinine ratio: a myth ? In: Hall R, Köbberling J (eds): Thyroid disorders associated with iodine deficiency and excess. Serono Symposia Publication, Vol. 22, Raven Press, New York, pp 145-152, 1985

Bourdoux P. Evaluation of the iodine intake. Problems of the iodine/creatinine ratio: Comparison with iodine excretion and daily fluctuations of iodine concentration. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 106 (suppl 3): S17-20, 1998

Bourdoux PP. Measurement of iodine in the assessment of iodine deficiency. *IDD Newsletter* 4: 8-12, 1988

British Nutrition Foundation. Iron and mental and motor behaviour in childhood. Chapt. 11, pp. 65-78, In: Iron. Nutritional and physiological significance. The report of the British Nutrition Foundation Task Force. Chapman & Hall 1995

British Nutrition Foundation. Iron and mental and motor behaviour in childhood. Chapt. 15, pp. 93-106, In: Iron. Nutritional and physiological significance. The report of the British Nutrition Foundation Task Force. Chapman & Hall 1995

British Nutrition Foundation. Iron and mental and motor behaviour in childhood. Chapt. 21, pp. 131-145, In: Iron. Nutritional and physiological significance. The report of the British Nutrition Foundation Task Force. Chapman & Hall 1995

Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. Ann N Y Acad Sce 110: 113-1400, 1963

Choi JW, Pai SH, Im MW, Kim SK. Change in transferrin receptor concentrations with age. Clin Chem 45 (9): 1562-1563, 1999

Choi JW, Son BK. Soluble transferrin receptors concentration is not superior to log ferritin for evaluating erythropoiesis in adolescents with iron deficiency anemia. Clin Chim Acta 355: 83-89, 2005

Chumlea WC, Baumgartner RN. Bioelectric impedance methods for the estimation of body composition. Can J Spt Sci 15: 172-179, 1990

Cole TJ. The LMS method for constructing normalized growth standards. Eur J Clin Nutr 44(1):45-60, 1990

Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. BMJ 320(6): 1240-1245, 2000

Cook J, Reddy M. Effect of ascorbic acid intake on nonheme-iron absorption from a complete diet. Am J Clin Nutr 73: 93-98, 2001

Cook J. The measurement of serum transferrin receptor. Am J Med Sci 318 (4): 269-276, 1999b

Cook JD, Baynes RD, Skikne BS. Iron deficiency and the measurement of iron status. Nutr Res Rev 5: 189-202, 1992

Cook JD, Finch CA. Assessing iron status of a population. Am J Clin Nutr 32: 2115-2119, 1979

Cook JD, Flowers CH, Skikne BS. Assessment of dried blood-spot technology für identifying iron deficiency. Blood 92(5): 1807-1813, 1998

Cook JD, Skikne BS. Iron deficiency: definition and diagnosis. J Intern Med 226: 349-355, 1989

Cook JD. Defining optimal body iron. Proc Nutr Society 58: 489-495, 1999a

Cook JD. Iron-deficiency anemia. *Baillière's Clin Haematol* 7 (4): 787-804, 1994

Cooper MJ, Zlotkin SH. Day-to-day variation of transferrin receptor and ferritin in healthy men and women. *Am J Clin Nutr* 64: 738-742, 1996

DACH. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Umschau/Braus Verlag Frankfurt a.M., 1. Aufl., 2000

Dahl L, Johansson L, Julshamn K, Meltzer HM. The iodine content of Norwegian foods and diets. *Public Health Nutr* 7(4): 569-576, 2004

Dallman PR, Siimes MA, Stekel A. Iron deficiency in infancy and childhood. *Am J Clin Nutr* 33: 86-118, 1980

Dallman PR, Yip R, Johnson C. Prevalence and causes of anemia in the United States, 1976-1980. *Am J Clin Nutr* 39: 437-445, 1984

Darnton-Hill I, Webb P, Harvey PW, Hunt JM, Dalmiya N, Chopra M, Ball MJ, Bloem MW, de Benoist B. Micronutrient deficiencies and gender: social and economic costs. *Am J Clin Nutr* 81(5): 1198S-1205S, 2005

Dehne LI, Klemm Ch, Henseler G, Hermann-Kunz E, Bögl KW. Der Bundeslebensmittel-schlüssel (BLS II.2). *Bundesgesundhbl.* 6, 1997

Delange F. Iodine deficiency in Europe. In: Hennemann G, Krenning E (eds). *Thyroid* International Darmstadt: Germany; (Merck) 3: 3-20, 1994

Delange F. The role of iodine in brain development. *Proc Nutr Soc* 59: 75-79, 2000
DGE. Ernährungsbericht 1996. Kap. 3. Jodmangelprophylaxe in der Bundesrepublik Deutschland

DGE. Ernährungsbericht 2000. Kap. 1.3. Jodversorgung und Jodprophylaxe in Deutschland "Jod-Monitoring 1996", S. 58-65

DGE. Ernährungsbericht 2004. Kap. 1.2. Querschnitts- und Trendanalysen zu Lebensmittelverzehr und Nährstoffzufuhr, S. 22-67

Elmadfa I, König JS. Iodine status of Austrian children and adolescents. *Bibl Nutr Dieta* 54: 58-66, 1998

Erbersdobler HF. Ernährungsphysiologische Bedeutung des Fleisches. In: Kluthe R, Kasper H (Hrsg.). *Fleisch in der Ernährung*. Suppl. zu „Aktuelle Ernährungsmedizin“. Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1994

ESPGHAN Committee on Nutrition: Aggett PJ, Agostoni C, Axelsson I, Bresson JL, Goulet O, Hernell O, Koletzko B, Lafeber HL, Michaelsen KF, Micheli JL, Rigo J, Szajewska H, Weaver LT. Iron metabolism and requirements in early childhood: Do we know enough?: A commentary by ESPGHAN Committee on Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 34: 337-345, 2002

Failla ML, Kennedy ML, Chen ML. Iron metabolism in genetically obese (ob/ob) mice. *J Nutr* 118: 46-51, 1988

Feeiders RA, Kuiper-Kramer EPA, van Eijk HG. Structure, function and clinical significance of transferrin receptors. *Clin Chem Lab Med*, 37 (1): 1-10, 1999

Ferguson BJ, Skikne BS, Simpson KM, Baynes RD, Cook JD. Serum transferrin receptor distinguishes the anemia of chronic disease from iron deficiency anemia. *J Lab Clin Med*, 19: 385-90, 1992

Ferguson BJ, Skikne BS, Simpson KM, Baynes RD, Cook JD. Serum transferrin receptor distinguishes the anemia of chronic disease from iron deficiency anemia. *J Lab Clin Med* 1992; 19: 385-90

Fetz F, Kornexl E. Praktische Anleitungen zu sportmotorischen Tests. Bad Homburg, 1973
Forman SJ. Bioavailability of supplemental iron in commercially prepared dry infant cereals. *J Pediatrics* 110: 660-661, 1987

Furnée CA, van der Haar F, West CE, Hautvast JGAJ. A critical appraisal of goiter assessment and the ratio of urinary iodine to creatinine for evaluating iodine status. *Am J Clin Nutr* 59: 1415-1417, 1994

Garcia-Mayor RV, Rios M, Fluiters E, Perez Mendez LF, Gonzalez Garcia-Mayor E, Andrade A. Effect of iron supplementation on a pediatric population with mild iron deficiency. *Thyroid* 9 (11): 1089-1093, 1999

Garrow JS. Validation of methods for estimating habitual diet: Proposed guidelines (editorial), *Eur J Clin Nutr* 49: 231-232, 1995

Gay C. Estimation of population distributions of habitual nutrient intake based on a short-run weighed food diary. *Br J Nutr* 83: 287-293, 2000

Genc S, Erten N, Karan MA, Besisik SK, Saka B, Tascioglu C, Sivas A. Soluble transferrin receptor and soluble transferring receptor-ferritin index for evaluation of the iron status in elderly patients. *Tohoku J Exp Med* 202: 135-142, 2004

Gibson SA. Iron intake and iron status of preschool children: associations with breakfast cereals, vitamin C and meat. *Public Health Nutr* 2(4): 521-528, 1999

Girelli ME, Coin P, Mian C, Nacamulli D, Zambonin L, Piccolo M, Vianello-Dri A, Gottardo F, Busnardo B. Milk represents an important source of iodine in schoolchildren of the Veneto region, Italy. *J Endocrinol Invest* 27: 709-713, 2004

Glynn L, Emmett P, Rogers I & ALSPAC Study Team. Food and nutrient intakes of a population sample of 7-year-old children in the south-west of England in 1999/2000 – what difference does gender make? *J Hum Nutr Dietet* 18: 7-19, 2005

Goldberg GR, Black AE, Jebb SA, Cole TJ, Murgatroyd PR, Coward WA, Prentice AM. 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* 45: 569-581, 1991

Großklaus R, Jahreis G. Universelle Salzjodierung für Mensch und Tier. *EU* 51(4): 138-142, 2004

Hallberg L, Brune M, Erlandsson M, Sandberg AS, Rossander-Hulten L. Calcium:effect of different amounts on nonheme- and heme-iron absorption in humans. *Am J Clin Nutr* 53: 112-119, 1991

Hallberg L, Brune M, Rossander L: Iron-absorption in man: ascorbic acid and dose-dependant inhibition by phytate. *Am J Clin Nutr* 49: 140-144, 1989

Hallberg L. Prevention in iron deficiency. *Baillière's Clin Haematol* 7 (4): 805-814, 1994

Halterman JS, Kaczorowski JM, Aligne A, Auinger P, Szilagyi PG. Iron deficiency and cognitive achievement among school-aged children and adolescents in the United States. *Pediatrics* 107 (6): 1381-1386, 2001

Hampel R, Beyersdorf-Radeck B, Below H, Demuth M, Seelig K. Jodurie bei Schulkindern in Deutschland 1999 im Normbereich. *Med Klin* 96: 125-128, 2001

Hampel R, Gordalla A, Zöllner H, Klinke D, Demuth M. Continous rise of urinary iodine excretion and drop in thyroid gland size among adolescents in Mecklenburg-West-Pomerania from 1993 to 1997. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 108: 197-201, 2000

Hampel R, Kühlberg T, Klein K, Jerichow JU, Pichmann EG, Clausen V, Schmidt I. Strumaprävalenz in Deutschland größer als bisher angenommen. *Med Klin* 90: 324-329, 1995

Hernell O, Lönnerdal B. Is iron deficiency in infants and young children common in Scandinavia and is there a need for enforcement primary prevention? *Acta Paediatr* 93: 1024-1026, 2004

Herwig A. Körperliche Aktivität und Lebensgewohnheiten, Nährstoffzufuhr, klinisch-chemische Parameter – Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie (NVS) und der Verbundstudie Ernährungserhebung und Risikofaktoren-Analytik (VERA). VERA-Schriftenreihe, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen, Band XIII, 1995

Hess SY, Zimmermann MB, Torresani T, Bürgi H, Hurrell RF. Monitoring the adequacy of salt iodization in Switzerland: a national study of school children and pregnant women. *Eur J Clin Nutr* 55: 162-166, 2001

Hetzel BS, Dunn JT. The iodine deficiency disorders: their nature and prevention. *Annu Rev Nutr* 21: 31-38, 1989

Hetzel BS. Iodine and neuropsychological development. *J Nutr* 130: 493S-495S, 2000

Hintze G, Emrich D, Richter K, Thal H, Thal H, Wasielewski T, Köbberling J. Effect of voluntary intake of iodinated salt on prevalence of goitre in children. *Acta Endocrinologica* 117: 333-342, 1988

Hoffmeister H, Hüttner H, Stolzenberg H, Winkler J. Sozialer Status und Gesundheit. Nationaler Gesundheits-Survey 1984-1986. Schriftenreihe des Bundesgesundheitsamt, MMV-Verlag, München, S. 24-29, 1992

Huebers HA, Beguim Y, Pootrakul P, Einsphar D, Finch CA. Intact transferrin receptors in human plasma and their relation to erythropoiesis. *Blood* 75(1): 102-107, 1990

ICCID (International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders). CIDDS Database. Current IDD Status Database. <http://www.people.virginia.edu/~jtd/iccid/mi/cidds.html>, 2003

Jahreis G, Hausmann W, Kiessling G, Franke K, Leiterer M. Bioavailability of iodine from normal diets rich in diary products – results of balance studies in women. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 109: 163-167, 2001

Jooste PL, Weight MJ, Lombard CJ. Short-term effectiveness of mandatory iodization of table salt, at an elevated iodine concentration, on the iodine and goiter status of school children with endemic goiter. *Am J Clin Nutr* 71: 75-80, 2000

Kazal LA. Failure of hematocrit to detect iron deficiency in infants. *J Fam Pract* 42: 237-240, 1996

Kennedy ML, Failla ML, Smith JC. Influence of genetic obesity on tissue concentrations of zinc, copper, manganese and iron in mice. *J Nutr* 116: 1432-1441

Kersting M, Schöch G: Ernährung von Kindern, Jugendlichen und Familien. Die Optimierte Mischkost. In: Forschungsinstitut für Kinderernährung, Dortmund (Hrsg.): Ernährungsberatung für Kinder und Familien. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1996

Klinik ST, Tuncer AM, Altay C. Transferrin receptor on peripheral blood lymphocytes in iron deficiency anaemia. *Br J Haematol* 104: 494-498, 1999

Kivivuori SM, Anttila R, Viinikka L, Pesonen K, Siimes, MA. Serum transferrin receptors for assessment of iron status in healthy prepubertal and early pubertal boys. *Pediatr Res* 34: 297-299, 1993

Kolbe-Busch S, Niederau Ch. Die Mechanismen des Eisenstoffwechsels – ein heißes Eisen. *Dade Behring News* 1999, 2: 21-25

Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, Geller F, Geiß HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Johnson D, Korte W, Menner K, Müller G, Müller JM, Niemann-Pilatus A, Remer T, Schäfer F, Wittchen HU, Zabransky S, Zellner K, Ziegler A, Hebebrand J. Perzentile für den Body-Mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschr Kinderheilk* 149(8): 807-818, 2001

Kuhner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am Coll Nutr* 11: 199-209, 1992

Lamberg BA. Endemic goitre in Finland and changes during 30 years of iodine prophylaxis. *Endocrinol Exper* 20: 35-47, 1986

Lamberg BA. Iodine deficiency disorders and endemic goiter. *Eur J Clin Nutr*, 47: 1-8, 1993
Liesenkötter KP, Kiebler A, Stach B, Willgerodt H, Grütters A: Small thyroid volumes and normal iodine excretion in Berlin schoolchildren indicate full normalization of iodine supply. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 105 (Suppl 4): 46-50, 1997

Lightowler HJ, Davies GJ. Assessment of iodine intake in vegans: weighed dietary record vs duplicate portion technique. *Eur J Clin Nutr* 56(8): 765-770, 2002

Looker AC, Dallman PR, Carroll MD, Gunter EW, Johnson CL. Prevalence of iron deficiency anemia in the United States. *JAMA* 277: 973-976, 1997

Looker AC, Sempos CT, Johnson CL, Yetley EA. Comparison of dietary intakes and iron status of vitamin-mineral supplement users and nonusers, aged 1-19 years. *Am J Clin Nutr* 46: 665-672, 1987

Lopez MA, Martos FC. Iron availability: An updated review. *Int J Food Sci Nutr* 55(8): 597-606, 2004

Lozoff B, Jimenez E, Wolf AW. Long-term developmental outcome of infants with iron deficiency. *N Engl J Med* 325: 687-694, 1991

Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 41: 810-817, 1985

Manz F, van't Hof M.A., Haschke F., the Euro-Growth Study Group. Iodine supply in children from different European Areas: The Euro-Growth Study. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 31:S72-S75, 2000

Manz F., Böhmer T, Gärtner R., Grossklaus R, Klett M, Schneider R. Quantification of iodine supply: Representative data on intake and urinary excretion of iodine from the German population in 1996. *Ann Nutr Metab* 46: 128-138, 2002

Mast AE, Blinder MA, Gronowski AM, Chumley C, Scott MG. Clinical utility of the soluble transferrin receptor and comparison with serum ferritin in several populations. *Clin Chem* 44 (1): 45-51, 1998

Means RT, Allen J, Sears DA, Schuster SJ. Serum soluble transferrin receptor and the prediction of marrow aspirate iron results in a heterogeneous group of patients. *Clin Lab Haem* 21: 161-167, 1999

Mei Z, Cogswell ME, Parvanta I, Lynch S, Beard JL, Stoltzfus RJ, Grummer-Strawn LM. Hemoglobin and ferritin are currently the most efficient indicators of population response to iron interventions: an analysis of nine randomised controlled trials. *J Nutr* 135: 1974-1980, 2005

Meng W, Schindler A, Bednar J, Krabbe S, Tuschy U, Ermisch U. Die alimentäre Jodversorgung der Bevölkerung in den neuen Bundesländern nach dem Erliegen der allgemeinen Strumaprophylaxe. *Akt Ernähr-Med* 19: 18-24, 1994

Meng W, Schindler A, Horack S, Lux E, Muche A. Renale Jodausscheidung bei Schülern in Ostdeutschland. Eine prospektive Studie von 1989 bis 1996. *Med Klin* 93: 347-351, 1998

Meng W, Schindler A: Nutritional iodine supply in Germany. Results of preventive measures. *Z Ärztl Fortbild Qualitätssicherung* 91: 751-756, 1997

Metges CC, Greil W, Gärtner R, Rafferzeder M, Linseisen J, Woerl A, Wolfram G: Influence of knowledge on iodine concentration in foodstuffs and prophylactic usage of iodized salt on urinary iodine excretion and thyroid volume of adults in southern Germany. *Z Ernährungswiss* 35: 6-12, 1996

Metzmann E. Die Entwicklung neuer Teste für die Dade Behring Nephelometer Systeme. *Dade Behring News* 1998, 3: 9-11

Mira M, Alperstein G, Karr M, Ranmuthugala G, Causer J, Niec A, Lilburne AM. Haem-iron intake in 12-36 month old children depleted in iron: case-control study. *BMJ* 312: 881-883, 1996

Mølgaard Ch, Kæstel P, Michaelsen KF. Long-term calcium supplementation does not affect the iron status of 12-14-y-old girls. *Am J Clin Nutr* 82: 98-102, 2005

Monsen ED, Hallberg L, Layrisse M, Heasted DM, Cook ID, Mertz W, Finch CA. Estimation of available dietary iron. *Am J Clin Nutr* 31: 134-141, 1978

Montoye H-J. An introduction to measurement in physical education. Boston-London-Sydney-Toronto, 1978

Nead KG, Halterman JS, Kaczorowski JM, Auinger P, Weitzman M. Overweight children and adolescents: a risk group for iron deficiency. *Pediatrics* 114: 104-108, 2004

Nelson M, White J, Rhodes C. Haemoglobin, ferritin, and iron intakes in British children aged 12-14 years: a preliminary investigation. *Br J Nutr* 70: 147-155, 1993

Neubert A, Remer T. The impact of dietary protein intake on urinary creatinine excretion in a healthy pediatric population. *J Pediatr* 133: 655-9, 1998

Northrop-Clewes CA, Paracha PI, McLoone UJ, Thurnham DI. Effect of improved vitamin A status on response to iron supplementation in Pakistani infants. *Am J Clin Nutr* 64: 694-699, 1996

Oster O. Der Beitrag von Fleisch zur Spurenelement-, Elektrolyt- und Mineralienversorgung des Menschen in der Bundesrepublik Deutschland unter besonderer Berücksichtigung von Selen. In: Kluthe R, Kasper H (Hrsg.). *Fleisch in der Ernährung. Suppl. zu „Aktuelle Ernährungsmedizin“*. Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1994

Pearce EN, Pino S, He X, Bazrafshan HR, Lee SL, Braverman LE. Sources of dietary iodine: bread, cow's milk, and infant formula in the Boston area. *J Clin Endocrinol Metab* 89 (7): 3421-3424, 2004

Pfannenstiel P. Jod und Ernährung. *Der Nuklearmediziner* 5 (18): 257-265, 1995
Pinhas-Hamiel O, Newfield RS, Koren I, Agmon A, Lilos P, Phillip M. Greater prevalence of iron deficiency in overweight and obese children and adolescents. *Int J Obesity* 27: 416-418, 2003

Poskitt EME, European Childhood Obesity Group. Defining childhood obesity: the relative body mass index (BMI). *Acta Paediatr* 84: 961-963, 1995

Preiss U, Alfaro Santos C, Spitzer A, Wallnofer PR. Iodine content of Bavarian consumer milk. *Z Ernährungswiss* 36(3): 220-224, 1997

Preziosi P, Hercberg S, Galan P, Devanlay M, Cherouvrier F, Dupin H. Iron status of a healthy French population: factors determining biochemical markers. *Ann Nutr Metab* 38: 192-202, 1994

Punnonen K, Ijrjala K, Rajamaki, A. Serum transferrin receptor and its ratio to serum ferritin in the diagnosis of iron deficiency. *Blood* 89 (3): 1052-1057, 1997

Rasmussen LB, Ovesen L, Christiansen E. Day-to-day and within-day variation in urinary iodine excretion. *Eur J Clin Nutr* 53: 401-407, 1999

Rauh M, Verwied-Jorky S, Gröschl M, Sönnichsen A, Koletzko B, Dörr, H-G. Aktueller Stand der Jodversorgung bei Erlanger Schulanfängern. *Monatsschr Kinderheilkd* 151: 957-961, 2003

Raya G, Henny J, Steinmetz J, Herbeth B, Siest G. Soluble transferrin receptors (sTfR): Biological variations and reference limits. *Clin Chem Lab Med* 39(11): 1162-1168, 2001

Reddy M, Hurrel R, Cook J. Estimation of none-heme iron bioavailability from meal composition. *Am J Clin Nutr* 71: 937-943, 2000

Remer T, Neubert A. A never-ending story of an insufficient iodine status without mandatory iodization of foods?-a German experience. *JCE & M* 83(10): 3755-3756, 1998

Remer T, Stark S, Kersting M, Manz F. Die Körperoberfläche als geeigneter Bezugsparameter der Jodurie zur altersunabhängigen Beurteilung der Jodversorgung von Kindern – Evaluierung des Jodversorgungszustandes von Kindern und Jugendlichen der „Dortmunder Langzeitstudie“. *Akt Ernähr Med* 17: 187-191, 1992

Rendl J, Juhran N, Reiners Chr. Thyroid volumes and urinary iodine in German school children. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 189:8-12, 2001

Rendl J, Seybold S, Börner W. Urinary iodide determined by paired-ion reversed phase HPLC with electrochemical detection. *Clin Chem* 40: 908-913, 1994

Rolland-Cachera MF, Brambilla P, Manzoni P, Akroud M, Sironi S, Del Maschio A, Chiumello G. Body composition assessed on the basis of arm circumference and triceps skinfold thickness: a new index validated in children by magnetic resonance imaging. *Am J Clin Nutr* 1997; 65: 1709-1713

Rolland-Cachera MF, Cole TD, Sempé M, Tichet J, Rossignol C, Charraud A. Body Mass Index variations: centiles from birth to 87 years. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45: 13-21

Roma-Giannikou E, Adamidis D, Giannou M, Nikolara R, Matsaniotis N. Nutritional survey in Greek children: nutrient intake. *Eur J Clin Nutr* 51: 273-285, 1997

Sachdev HPS, Gera T, Nestel P. Effect of iron supplementation on mental and motor development in children: systematic review of randomised controlled trials. *Publ Health Nutr* 8(2): 117-132, 2005

Santiago-Fernandez P, Torres-Barahona R, Muela-Martinez JA, Rojo-Martinez G, Garcia-Fuentes E, José Garriga M, Garcia León A, Soriguer F. Intelligence quotient and iodine intake: a cross-sectional study in children. *J Clin Endocrinol Metab* 89: 3851-3857, 2004

Schällibaum M. Saisonale und regionale Schwankungen der Jodkonzentration in den Lieferanten-Milchproben. *Schweiz Vereinigung Zuchthyg Buiatrik* 103: 5, 1991

Scheuch EK. Sozialprestige und soziale Schichtung. In: Glass DV, König R (Hrsg.). *Soziale Schichtung und soziale Mobilität*. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie. Sonderheft 5: 65-103, 1970

Schindler A, Spieker K, Meng W. Iodurie und Schilddrüsenvolumen Jugendlicher in Nord-Ostdeutschland 1989-1998. *Endokrinologie* 24 (1): 28-29, 2000

Schmidt H, Frauendorf V, Asmussen U, Kraft W. Der Muskeltest nach Janda für die sportmedizinische Praxis. *Medizin und Sport* 23(9): 271-278, 1983

Schneider R. *Vom Umgang mit Zahlen und Daten. Eine praxisnahe Einführung in die Statistik und Epidemiologie*. Umschau Zeitschriftenverlag Frankfurt a.M., 1997

Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 39C (Suppl 1): 5-41, 1985

Schönau E, Anders M, Böhles HJ, Deeg KH, Stehr K, Stubbe HP. Unzureichende Jodversorgung in Mittelfranken. Schilddrüsenvolumetrie und Jodausscheidung im Urin bei Kindern und Jugendlichen in Mittelfranken. *Extracta Paediatrica* 13 (5): 250-256, 1989

Scriba PC. WHO-Statistik über die Jodversorgung in Deutschland. Stellungnahme des Segal KR, Gutin B, Presta E, Wang J, Van Itallie TB. Estimation of human body composition by bioelectrical impedance methods: a comparative study. *J Appl Physiol* 58: 1565-1571, 1985

Sherry B, Mei Z, Yip R. Continuation of the decline in prevalence of anaemia in low-income infants and children in five states. *Pediatrics* 107: 677-682, 2001

Shih YJ, Baynes RD, Hudson BG, Flowers CH, Skikne BS, Cook JD. Serum transferrin receptor is a truncated form of tissue receptor. *J Biol Chem* 265: 19077-19081, 1990

Sichert-Hellert W, Kersting M, Alexy U, Manz F. Ten-year trends in vitamin and mineral intake from fortified food in German children and adolescents. *Eur J Clin Nutr* 54(1): 81-86, 2000

Sichert-Hellert W, Kersting M, Schöch G. Underreporting of energy intake in 1 to 18 year old German children and adolescents. *Z Ernährungswiss* 37: 242-251, 1998

Skikne BS, Flowers CH, Cook JD. Serum transferrin receptor: a quantitative measure of tissue iron deficiency. *Blood* 75 (9): 1870-1876, 1990

Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, van Loan MD, Bemben DA. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 60: 709-723, 1988

Stanbury JB. The damaged brain of iodine deficiency. New York, Cognizant Communication, 1994

Statistisches Bundesamt Wiesbaden. Statistisches Jahrbuch 1998. Stuttgart: Metzler-Poeschel-Verlag

Suominen P, Punnonen K, Rajamäki A, Irlala K. Evaluation of new immonuenzymometric assay for measuring soluble transferrin receptor to detect iron deficiency in anemic patients. *Clin Chem* 43 (9): 1641-1646, 1997

Suominen P, Punnonen K, Rajamäki A, Irlala K. Serum transferrin receptor and transferrin receptor-ferritin index identify healthy subjects with subclinical iron deficits. *Blood* 92(8): 2934-2939, 1998

Suominen P, Punnonen K, Rajamäki A, Majuri R, Hänninen V, Irlala K. Automated immunoturbidimetric method for measuring serum transferrin receptor. *Clin Chem* 45 (8): 1302-1305, 1999

Suominen P, Virtanen A, Lehtonen-Veromaa M, Heinonen OJ, Salmi TT, Alanen M, Möttönen T, Rajamäki A, Irlala K. Regression-based reference limits for serum transferrin receptor in children 6 months to 16 years of age. *Clin Chem* 47 (5): 935-937, 2001

Taras H. Nutrition and student performance at school. *J Sch Health* 75(6): 199-213, 2005
Thorstensen K, Romslo I. The transferrin receptor: its diagnostic value and its potential as therapeutic target. *Scand J Clin Lab Invest*, 53 (Suppl 215): 113-120, 1993

Torun B, Davies PSW, Livingstone MBE, Paolisso M, Sackett R, Spurr GB: Energy requirements and dietary energy recommendations for children and adolescents 1 to 18 years old. *Eur J Clin Nutr* 50 (Suppl. 1): S37-S81, 1996

van den Briel T, West CE, Hautvast JGAJ, Ategbo EA. Mild iodine deficiency is associated with elevated hearing thresholds in children in Benin. *Eur J Clin Nutr* 55:763-768, 2001

Varo P, Saari E, Paaso A, Koivistoinen P. Iodine in Finnish foods. *Int J Vitam Nutr Res* 52: 80-89, 1982

Virtanen MA, Viinikka LU, Virtanen MKG, Svahn JCE, Anttila RM, Krusius T, Cook JD, Axelsson IEM, Räihä NCR, Siimes M. Higher concentrations of serum transferrin receptor in children than in adults. *Am J Clin Nutr* 69: 256-260, 1999

Wahl R, Pilz-Mittenburg KW, Heer W, Kallee E. Iodgehalt der Nahrung und Ausscheidung von Iod im Harn. *Z Ernährungswiss* 34: 269-276, 1995

Walter T, Pino P, Pizarro F, Lozoff B. Prevention of iron-deficiency anemia: comparison of high and low-iron formulas in term healthy infants after six months of life. *J Pediatr* 132: 635-640, 1998

Wang GY, Zhou RH, Wang Z, Shi L, Sun M. Effects of storage and cooking on the iodine content in iodized salt and study on monitoring iodine content in iodized salt. *Biomed Environ Sci* 12(1): 1-9, 1999

Weineck J. Optimales Training: Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. 10 Aufl. Spitta Verlag GmbH, Balingen 1997

WHO, UNICEF, ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Geneva, World Health Organization, 2001 (WHO/NHD/01.1)

WHO. Iodine status worldwide. WHO global database on iodine deficiency. Department of Nutrition for Health and Development. Geneva, World Health Organization, 2004 (WHO/NHD)

Wiersinga WM, Podoba J, Srbecky M, Vesse van M, Beerens van HC, Platvoet-ter Schiphorst MC. A survey of iodine intake and thyroid volume in Dutch schoolchildren: reference values in an iodine-sufficient area and the effect of puberty. *Eur J Endocrinol* 144: 595-611, 2001

Willett WC, Buzzard IM. Foods and nutrients. Chapt. 2. In: Willett WC (ed.). Nutritional epidemiology, 2nd edition, Oxford University Press, 1998

Willgerodt H, Baldauf Th, Dannenberg C, Stach B. Aktueller Stand der Jodversorgung und Schilddrüsenvolumina von Leipziger Schulkindern. *Endokrinologie* 24 (1): 29-31, 2000

Willgerodt H, Keller E, Perschke C, Stach B. The status of iodine nutrition in newborn infants, schoolchildren, adolescents and adults in former East Germany. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 105 (Suppl 4): 38-42, 1997

Williams PL, Innis SM. Food frequency questionnaire for assessing infant iron nutrition. *Can J Diet Pract Res* 66(3): 176-182, 2005

World Health Organization/United Nations for Children's Fund/International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders. Indicators for assessing iodine deficiency disorders and their control through salt iodization. WHO/NUT/94.6. Geneva: WHO, 1994

Worwood M. Measurement of iron status. Chapt. 5. In: British Nutrition Foundation (ed): Iron. Nutritional and physiological significance. Chapman & Hall, 1995

Yeung GS, Zlotkin SH. Percentile estimates for transferrin receptor in normal infants 9-15 mo of age. *Am J Clin Nutr* 66: 342-346, 1997

Yip R, Walsh KM, Goldfarb MG, Binkin NJ. Declining prevalence of anemia in childhood in a middle-class setting: a pediatric success story? *Pediatrics* 80: 330-334, 1987

Zamrazil V, Bilek R, Cerovska J, Delange F. The elimination of iodine deficiency in the Czech Republic: the steps toward success. *Thyroid* 14(1): 49-56, 2004

Zwiauer K. Adipositas im Kindes- und Jugendalter – Prävention und Therapie. In: Wechsler JG (Hrsg.). Adipositas. Ursachen und Therapie. Blackwell Wissenschaftsverlag Berlin, 1998

8 Anhang

Tab. A1: Ausgewählte anthropometrische Parameter in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität pro Woche; MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

	kein Sport (n=40)	bis 4h (n=149)	> 4h (n=70)	p\$
Anzahl (n)				
Körpergewicht (kg)	$24,4 \pm 0,71$ 23,2/19,2-36,4	$24,7 \pm 0,33$ 24,2/18,8-33,0	$24,8 \pm 0,6$ 24,2/17,7-37,1	n.s.
Körpergröße (cm)	$124 \pm 0,78$ 123/114-135	$125 \pm 0,43$ 125/115-132	$124 \pm 0,71$ 124/114-133	n.s.
BMI (kg/m^2)	$15,8 \pm 0,33$ 15,2/13,1-20,4	$15,8 \pm 0,15$ 15,6/13,5-19,5	$16,0 \pm 0,27$ 15,5/13,3-22,3	n.s.
Fettfreie Masse (kg) ¹	$19,5 \pm 0,36$ 19,7/16,2-23	$20,0 \pm 0,19$ 20,0/16,3-24,5	$20,3 \pm 0,35$ 20,2/15,3-25,6	n.s.
Körperfettanteil (%) ¹	$19,4 \pm 0,99$ 18,8/11,0-32,5	$17,9 \pm 0,55$ 18,3/6,8-29,4	$17,2 \pm 0,79$ 17,4/7,2-30,2	n.s.
WHR (Waist-Hip-Ratio)	$0,83 \pm 0,007$ 0,82/0,77-0,94	$0,83 \pm 0,003$ 0,82/0,75-0,89	$0,84 \pm 0,006$ 0,83/0,75-0,93	n.s.

^{\$} Signifikante Unterschiede (ANOVA, Bonferroni post hoc)

¹ Bioelektrische Impedanz Analyse

Tab. A2: Ausgewählte anthropometrische Parameter in Abhängigkeit von der Ausdauer (Harvard-Step-Test); MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

	nicht geschafft (< 180 Sekunden) (n=25)	geschafft (= 180 Sekunden) (n=352)	p\$
Anzahl (n)			
Körpergewicht (kg)	$27,9 \pm 1,2$ 27,6/18,2-39,6	$24,8 \pm 0,23$ 24,2/18,8-33,1	<0,01
Körpergröße (cm)	$125 \pm 1,22$ 127/114-136	$124 \pm 0,29$ 125/115-133	n.s.
BMI (kg/m^2)	$17,6 \pm 0,6$ 17,2/13,5-23,3	$15,9 \pm 0,11$ 15,6/13,4-19,6	<0,01
Fettfreie Masse (kg) ¹	$21,6 \pm 0,56$ 21,4/15,6-27,1	$20,0 \pm 0,14$ 20,0/16,2-24,9	<0,01
Körperfettanteil (%) ¹	$20,9 \pm 1,8$ 18,5/7,0-36,8	$18,1 \pm 0,34$ 18,2/7,7-29,9	n.s.
WHR (Waist-Hip-Ratio)	$0,84 \pm 0,009$ 0,83/0,78-0,94	$0,83 \pm 0,002$ 0,83/0,76-0,90	n.s.

^{\$} Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

¹ Bioelektrische Impedanz Analyse

Tab. A3: Ausgewählte anthropometrische Parameter männlicher und weiblicher Schulanfänger nach Handkraft; MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

	Mädchen	Jungen	p[§]	Gesamt
Anzahl (n)	121	96		217
Körpergewicht (kg)	$24,5 \pm 0,41$ 24,2/18,0-32,9	$25,4 \pm 0,44$ 24,2/20,1-35,5	n.s.	$24,9 \pm 0,3$ 24,2/18,9-33,6
Körpergröße (cm)	$124 \pm 0,5$ 125/115-132	$125 \pm 0,54$ 125/116-135	n.s.	$125 \pm 0,37$ 125/115-133
BMI (kg/m^2)	$15,8 \pm 0,2$ 15,4/13,1-20,2	$16,1 \pm 0,19$ 15,7/13,8-20,3	n.s.	$16,0 \pm 0,14$ 15,6/13,4-20,1
Fettfreie Masse (kg) ¹	$19,1 \pm 0,2$ 18,8/15,6-23,0	$21,6 \pm 0,23$ 21,0/18,5-26,3	<0,001	$20,2 \pm 0,17$ 19,8/16,2-25,2
Körperfettanteil (%) ¹	$21,2 \pm 0,51$ 21,0/11,8-33,1	$14,2 \pm 0,55$ 13,8/7,0-26,1	<0,001	$18,1 \pm 0,44$ 17,9/7,6-30,1
WHR (Waist-Hip-Ratio)	$0,82 \pm 0,005$ 0,82/0,73-0,91	$0,84 \pm 0,004$ 0,83/0,78-0,92	<0,01	$0,83 \pm 0,003$ 0,82/0,75-0,91

[§] Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (t-Test)

¹ Bioelektrische Impedanz Analyse

Tab. A4: Ausgewählte anthropometrische Parameter in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsstufe der ausgeübten Krafttests - *Armbeuger(Klimmzug)*; MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

Armbeuger	Keine Übung	Übung 1	Übung 2	Übung 3
	Schwierigkeitsstufe 0 (n=32)	I (n=41)	II (n=195)	III (n=85)
Körpergewicht (kg)	$28,6 \pm 1,3$ 27,8/17,7-40,8	$26,2 \pm 0,75$ 25,8/19,4-36,2	$24,7 \pm 0,29$ b*** 24,2/18,8-32,8	$23,8 \pm 0,36$ c***e* 23,4/18,5-30,2
Körpergröße (cm)	$126 \pm 1,1$ 127/115-135	$126 \pm 0,8$ 127/117-135	$124 \pm 0,38$ 124/115-133	$124 \pm 0,58$ 125/114-133
BMI (kg/m ²)	$17,8 \pm 0,61$ 17,7/12,9-24,0	$16,5 \pm 0,34$ a* 15,7/13,5-21,4	$16,0 \pm 0,14$ b*** 15,6/13,5-20,0	$15,4 \pm 0,15$ c***e***f** 15,2/13,2-18,1
Fettfreie Masse (kg) ¹	$21,2 \pm 0,67$ 21,2/15,5-27,3	$20,7 \pm 0,36$ 20,4/16,1-24,4	$20,0 \pm 0,18$ 20,0/16,0-24,7	$20,0 \pm 0,26$ 19,8/16,2-24,6
Körperfettanteil (%) ¹	$24,2 \pm 1,4$ 23,4/10,7-39,4	$20,0 \pm 1,2$ a* 20,5/6,8-34,5	$18,4 \pm 0,43$ b*** 18,5/8,6-29,9	$15,7 \pm 0,56$ c***e** 15,7/7,1-24,1
WHR (Waist-Hip- Ratio)	$0,84 \pm 0,008$ 0,84/0,75-0,92	$0,83 \pm 0,006$ 0,83/0,75-0,90	$0,82 \pm 0,003$ 0,82/0,75-0,90	$0,84 \pm 0,004$ 0,83/0,77-0,91

Signifikante Unterschiede zw. den Gruppen **a** (0 u. I), **b** (0 u. II), **c** (0 u. III), **d** (I u. II), **e** (I u. III), **f** (II u. III) (ANOVA), Bonferroni post hoc: * p < 0,05, ** p < 0,01; *** p < 0,001;

¹ Bioelektrische Impedanz Analyse

Tab. A4a: Ausgewählte anthropometrische Parameter in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsstufe der ausgeübten Krafttests - *Armstrekker(Beugestütz)*;
MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

Armstecker	Keine Übung	Übung 1	Übung 2	Übung 3
	Schwierigkeitsstufe 0 (n=9)	I (n=10)	II (n=269)	III (n=64)
Körpergewicht (kg)	$26,0 \pm 1,7$ 25,8/19,4-37,2	$26,0 \pm 1,1$ 26,2/19,8-31,0	$25,4 \pm 0,29$ 24,4/18,8-35,6	$22,9 \pm 0,37$ f*** 22,5/18,2-28,0
Körpergröße (cm)	$126 \pm 1,7$ 127/120-135	$124 \pm 1,1$ 125/119-130	$125 \pm 0,33$ 125/115-133	$123 \pm 0,66$ f* 123/115-133
BMI (kg/m ²)	$16,2 \pm 0,78$ 16,1/12,0-20,4	$16,8 \pm 0,53$ 16,7/14,0-19,2	$16,2 \pm 0,14$ 15,7/13,4-21,4	$15,1 \pm 0,15$ f** 15,2/13,2-17,2
Fettfreie Masse (kg)	$20,2 \pm 0,83$ 19,4/17,2-25,0	$20,4 \pm 0,69$ 20,5/16,6-23,8	$20,4 \pm 0,16$ 20,2/16,1-25,4	$19,2 \pm 0,28$ f** 19,1/15,7-23,8
Körperfettanteil (%)	$21,2 \pm 2,6$ 23,1/6,7-32,6	$21,1 \pm 2,0$ 22,0/11,6-30,1	$18,9 \pm 0,42$ 18,5/8,4-32,9	$15,6 \pm 0,67$ f** 16,6/6,9-23,0
WHR (Waist-Hip- Ratio)	$0,86 \pm 0,012$ 0,88/0,80-0,90	$0,84 \pm 0,010$ 0,84/0,79-0,88	$0,83 \pm 0,003$ 0,83/0,75-0,91	$0,82 \pm 0,005$ 0,82/0,76-0,90

Signifikante Unterschiede zw. den Gruppen **f** (II u. III) (ANOVA), Bonferroni post hoc: * p < 0,05,

** p < 0,01; *** p < 0,001; ¹ Bioelektrische Impedanz Analyse

Tab. A4b: Ausgewählte anthropometrische Parameter in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsstufe der ausgeübten Krafttests - *Bauchmuskulatur(Sit-up)*;
MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

Bauch- muskulatur	Keine Übung	Übung 1	Übung 2	Übung 3
	0 (n=65)	I (n=66)	II (n=146)	III (n=102)
Körpergewicht (kg) [§] *	$24,0 \pm 0,62$ 23,0/17,8-33,8	$25,7 \pm 0,64$ 25,1/17,9-38,5	$24,7 \pm 0,34$ 23,9/19,3-33,3	$25,6 \pm 0,43$ 25,0/20,2-32,7
Körpergröße (cm)	$123 \pm 0,69$ 123/115-132	$125 \pm 0,66$ ^{a*} 126/114-132	$124 \pm 0,46$ 124/115-134	$126 \pm 0,46$ ^{c**} 126/118-134
BMI (kg/m ²) ^{§ ns}	$15,8 \pm 0,31$ 15,1/13,2-22,3	$16,2 \pm 0,30$ 15,8/13,3-22,6	$15,9 \pm 0,15$ 15,7/13,5-19,5	$16,1 \pm 0,21$ 15,7/13,1-21,2
Fettfreie Masse (kg) [†]	$19,4 \pm 0,33$ 19,6/15,5-25,2	$20,5 \pm 0,34$ 20,5/15,5-25,7	$20,1 \pm 0,21$ 20,0/16,4-25,1	$20,6 \pm 0,24$ ^{c*} 20,4/16,8-25,0
Körperfettanteil (%) [†]	$17,8 \pm 0,97$ 17,2/6,9-34,9	$19,2 \pm 0,87$ 18,6/7,2-33,1	$17,9 \pm 0,49$ 18,1/8,1-29,5	$18,7 \pm 0,65$ 18,3/8,8-30,4
WHR (Waist-Hip-Ratio)	$0,83 \pm 0,005$ 0,83/0,77-0,92	$0,83 \pm 0,006$ 0,83/0,73-0,91	$0,83 \pm 0,004$ 0,83/0,76-0,91	$0,83 \pm 0,004$ 0,83/0,75-0,90

Signifikante Unterschiede zw. den Gruppen **a** (0 u. I), **c** (0 u. III) (ANOVA), Bonferroni post hoc: * p < 0,05, ** p < 0,01

§ (Kruskal-Wallis H-Test): ns (nicht signifikant), * p < 0,05

[†] Bioelektrische Impedanz Analyse

Tab. A5: Täglicher Lebensmittelverzehr (g) weiblicher und männlicher Schulanfänger
 MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

	Mädchen	Jungen	p[§]	Gesamt
Anzahl (n)	95	73		168
Fleisch	25,6 \pm 3,0 16,7/0 – 84,7	25,3 \pm 3,6 15,0/0 – 98,0	n.s.	25,5 \pm 2,3 16,7/0 – 87,0
Geflügel	12,3 \pm 2,3 0/0 – 66,7	13,4 \pm 2,7 0/0 – 77,2	n.s.	12,7 \pm 1,8 0/0 – 66,7
Fleisch- und Wurstwaren	28,9 \pm 4,2 17/0 – 80	31,5 \pm 3,5 27,3/0 – 68,9	n.s.	30 \pm 2,8 23,3/0 – 76,7
Fisch und Fischwaren	9,1 \pm 1,7 0/0 – 43,3	10,8 \pm 2,4 0/0 – 51	n.s.	9,87 \pm 1,4 0/0 – 48,8
Eier	10,6 \pm 1,7 0/0 – 37,3	11,6 \pm 1,9 3,7/0 – 45,2	n.s.	11,0 \pm 1,26 1,5/0 – 40
Milch und Milchprodukte	230 \pm 13,5 247/17,9 – 454	260 \pm 18,6 253/1,17 – 538	n.s.	243 \pm 11,1 248/17,4 – 496
Käse und Quark	23,6 \pm 2,5 14,7/0 – 83,8	25,7 \pm 3,8 15/0 – 101	n.s.	24,5 \pm 2,2 14,8/0 – 86,2
Butter	6,7 \pm 0,8 3,3/0 – 23,7	9,9 \pm 1,2 6,7/0 – 33	<0,05	8,1 \pm 0,69 5/0 – 28,3
Speisefette und Öle	11,0 \pm 1,0 8,7/0 – 30,5	13,8 \pm 1,6 8,7/0 – 44,8	n.s.	12,2 \pm 0,88 8,7/0 – 34,6
Brot und Backwaren	115 \pm 5,7 103/40,7 – 207	119 \pm 6,4 113/36,3 – 208	n.s.	117 \pm 4,3 108/41,7 – 206
Nährmittel	100 \pm 6,0 89,3/25,5 – 213	102 \pm 6,6 91,7/15,4 – 190	n.s.	101 \pm 4,4 91,7/25,3 – 205
Kartoffel und Kartoffelprodukte	66,2 \pm 6,2 52,8/0 – 171	62,2 \pm 7,1 46,7/0 – 179	n.s.	64,5 \pm 4,7 50/0 – 170
Obst und Obstprodukte	128 \pm 9,5 117/0 – 331	154 \pm 13,6 117/30,8 – 398	n.s.	140 \pm 8,0 117/8 – 345
Gemüse und Gemüseprodukte	115 \pm 7,7 106/15,5 – 265	95,9 \pm 7,9 80/6,2 – 244	n.s.	107 \pm 5,6 92/10 – 246
Zucker, Sirup, Konfitüre, Honig	5,3 \pm 0,8 2/0 – 23,3	9,8 \pm 1,4 6,7/0 – 33,9	<0,01	7,3 \pm 0,76 3,3/0 – 31,2
Süßwaren (inkl. Zucker etc.)	42,8 \pm 3,0 38,2/3,9 – 111	48,5 \pm 4,2 42,7/1,2 – 109	n.s.	45,3 \pm 2,5 40,3/3,3 – 110
Gewürze und Zutaten	0,62 \pm 0,16 0/0 – 4,2	1,33 \pm 0,3 0/0 – 6,6	<0,05	0,94 \pm 0,16 0/0 – 5,5
Jodsalz	0,02 \pm 0,01 0/0 – 0,07	0,15 \pm 0,06 0/0 – 1,7	n.s.	0,08 \pm 0,03 0/0 – 0,67

[§] Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

Tab. A5a: Täglicher Getränkeverzehr (ml) weiblicher und männlicher Schulanfänger
 MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

	Mädchen	Jungen	p[§]	Gesamt
Anzahl (n)	95	73		168
Erfrischungs- getränke	100 \pm 14,4 33,3/0 – 376	94,9 \pm 15,9 41,3/0 – 449	n.s.	98,0 \pm 10,6 37,3/0 – 379
Fruchtsäfte	145 \pm 14,4 100/0 – 455	138 \pm 14,9 125/0 – 435	n.s.	142 \pm 10,4 117/0 – 452
Leitungs-/ Mineralwasser	281 \pm 20,6 240/26,9 – 638	281 \pm 22,3 266/0 – 636	n.s.	281 \pm 15,1 250/1,05 – 619
Tee	45,4 \pm 12,1 0/0 – 307	61,3 \pm 14,3 0/0 – 364	n.s.	52,3 \pm 9,2 0/0 – 331

[§] Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede (Mann-Whitney U-Test)

Tab. A6: Täglicher Lebensmittelverzehr (g) normal- und übergewichtiger Schulanfänger
MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

	normalgewichtig (n=154)	übergewichtig (n=9)	stark übergewichtig (n=5)	p\$
Anzahl (n)	(n=154)	(n=9)	(n=5)	
Fleisch	24,1 \pm 2,3 16,3/0-73,3	28,6 \pm 12 0/0- --	62,5 \pm 10,6 54,6/33,3- --	<0,05
Geflügel	12,1 \pm 1,8 0/0-66,7	24,1 \pm 10,7 6,7/0- --	14,2 \pm 11,6 0/0- --	n.s.
Fleisch- und Wurstwaren	27,9 \pm 2,5 23,3/0-72,5	50,1 \pm 22 30/0- --	60,3 \pm 44,9 25/0- --	n.s.
Fisch und Fischwaren	10,4 \pm 15 0/0-50	4,9 \pm 4,9 0/0- --	4 \pm 4 0/0- --	n.s.
Eier	11 \pm 1,3 0,33/0-40	13,5 \pm 5,4 10/0- --	8,1 \pm 5 0/0- --	n.s.
Milch und Milchprodukte	239 \pm 11,6 247/12,9-482	289 \pm 50,2 277/76,7- --	274 \pm 79,9 325/80- --	n.s.
Käse und Quark	25,4 \pm 2,3 15/0-88,3	13,8 \pm 4,6 7,3/0- --	16,3 \pm 6,8 15/0- --	n.s.
Butter	8,6 \pm 0,7 5,6/0-28,4	4,2 \pm 1,2 5/0- --	0,67 \pm 0,41 0/0- --	<0,05
Speisefette und Öle	12,1 \pm 0,9 8,7/0-36,1	12,5 \pm 3,6 10,5/0- --	16,1 \pm 4,8 9,7/7- --	n.s.
Brot und Backwaren	114 \pm 4,4 107/40,4-205	147 \pm 16,5 153/78,3- --	139 \pm 26 155/63,3- --	n.s.
Nährmittel	98,4 \pm 4,6 88,8/25,5-204	124 \pm 21,5 138/10,7- --	135 \pm 25,9 138/69,5- --	n.s.
Kartoffel und Kartoffelprodukte	64,4 \pm 5 49,2/0-171	65,6 \pm 17,5 56,7/0- --	64,9 \pm 25 66,7/0- --	n.s.
Obst und Obstprodukte	137 \pm 7,9 117/10-344	180 \pm 62,3 110/0- --	151 \pm 45,5 146/41,7- --	n.s.
Gemüse und Gemüseprodukte	108 \pm 5,8 94,5/9,3-250	84,3 \pm 25,3 61,8/16,7- --	95,7 \pm 33,3 90,9/10- --	n.s.
Zucker, Sirup, Konfitüre, Honig	7,1 \pm 0,8 3,3/0-30,2	11 \pm 4,2 10/0- --	5 \pm 3,3 3,3/0- --	n.s.
Süßwaren (inkl. Zucker etc.)	44,6 \pm 2,6 40,3/2,9-110	60,7 \pm 10 54,6/23,3- --	38,1 \pm 6,6 33,7/26- --	n.s.
Gewürze und Zutaten	0,94 \pm 0,17 0/0-5,5	1,2 \pm 0,55 0/0- 4	0,67 \pm 0,66 0/0-3,3	n.s.
Jodsalz	0,08 \pm 0,03 0/0- 0,67	0,04 \pm 0,04 0/0- 0,33	0 \pm 0 0/0- 0	n.s.

\$ Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Body Mass Index (Kruskal-Wallis H-Test)

Tab. A6a: Täglicher Getränkeverzehr (ml) normal- und übergewichtiger Schulanfänger
 MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

	normalgewichtig (n=154)	übergewichtig (n=9)	stark übergewichtig (n=5)	p[§]
Anzahl (n)				
Erfrischungs- getränke	96,8 \pm 10,9 33,3/0-377	46,3 \pm 24,5 0/0- --	229 \pm 97,5 133/100- --	n.s.
Fruchtsäfte	138 \pm 10,7 109/0-431	204 \pm 61,4 227/0- --	140 \pm 45,4 167/0- --	n.s.
Leitungs-/ Mineralwasser	282 \pm 15,7 253/0-610	330 \pm 82 350/35- --	175 \pm 30,8 170/72,7 --	n.s.
Tee	50,4 \pm 9,4 0/0-324	85,2 \pm 62,6 0/0- --	50 \pm 33,3 0/0- --	n.s.

[§] Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Body Mass Index (Kruskal-Wallis H-Test)

Tab A7: Tägliche Eisenzufuhr (mg) aus verschiedenen Lebensmittelgruppen
 MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

n = 168	Eisenaufnahme (mg)
Fleisch	0,27 \pm 0,03 0/0 – 1,25
Geflügel	0,06 \pm 0,01 0/0 – 0,36
Fleisch- und Wurstwaren	0,33 \pm 0,03 0,21/0 – 1,05
Fisch und Fischwaren	0,03 \pm 0,01 0/0 – 0,21
Milch und Milchprodukte	0,22 \pm 0,01 0,19/0,05 – 0,49
Öle, Fette, Butter, Schmalz	0,01 \pm 0 0,01/0 – 0,05
Eier, Eierprodukte, Teigwaren	1,30 \pm 0,21 0,42/0 – 8,48
Brot und Backwaren	2,01 \pm 0,07 1,92/0,68 – 3,69
Getreide, Getreideprodukte, Reis	0,70 \pm 0,07 0,49/0 – 2,15
Kartoffel, stärkereiche Prod., Pilze	0,07 \pm 0,01 0/0 – 0,42
Obst und Obstprodukte	1,24 \pm 0,06 1,12/0,28 – 2,58
Gemüse und Gemüseprodukte	0,74 \pm 0,06 0,45/0 – 2,52
Hülsenfrüchte, Nüsse, Samen	0,09 \pm 0,02 0/0 – 0,55
Gewürze und Zutaten	0,1 \pm 0,02 0/0 – 0,68
Süßwaren	0,49 \pm 0,04 0,38/0 – 1,45
Diätetische Produkte	0,08 \pm 0,01 0/0 – 0,42
Menüs überwiegend pflanzlich	0,83 \pm 0,06 0,64/0,01 – 2,65
Menüs überwiegend tierisch	0,60 \pm 0,06 0,35/0 – 1,98
Vegetarische Menüs und Produkte	0,82 \pm 0,11 0,15/0 – 3,95
Alkoholfreie Getränke	0,30 \pm 0,04 0,09/0 – 1,26

Tab. A8: Tägliche Jodidzufuhr (μg) aus verschiedenen Lebensmittelgruppen
 MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

n = 168	Jodaufnahme (μg)
Fleisch	0,15 \pm 0,02 0/0 – 0,78
Geflügel	0,12 \pm 0,04 0/0 – 0,55
Fleisch- und Wurstwaren	0,56 \pm 0,05 0,41/0 – 1,72
Fisch und Fischwaren	3,31 \pm 1,0 0/0 – 28,6
Milch und Milchprodukte	21,8 \pm 0,87 21,5/5,13 – 40,8
Öle, Fette, Butter, Schmalz	0,44 \pm 0,03 0,29/0 – 1,34
Eier, Eierprodukte, Teigwaren	7,25 \pm 1,5 0,47/0 – 64,0
Brot und Backwaren	3,94 \pm 0,17 3,56/1,05 – 7,72
Getreide, Getreideprodukte, Reis	0,64 \pm 0,06 0,46/0 – 2,10
Kartoffeln, stärkereiche Prod., Pilze	0,42 \pm 0,08 0/0 – 3,13
Obst und Obstprodukte	5,19 \pm 0,24 4,57/1,10 – 10,6
Gemüse und Gemüseprodukte	4,07 \pm 0,37 2,06/0 – 15,3
Hülsenfrüchte, Nüsse, Samen	0,15 \pm 0,04 0/0 – 0,99
Gewürze und Zutaten	1,61 \pm 0,52 0/0 – 11,6
Süßwaren	1,27 \pm 0,12 0,67/0 – 4,31
Diätetische Produkte	0,64 \pm 0,12 0/0 – 3,50
Menüs überwiegend pflanzlich	6,12 \pm 0,41 5,18/0,05 – 15,5
Menüs überwiegend tierisch	8,03 \pm 1,09 2,24/0 – 44,7
Vegetarische Menüs und Produkte	0,80 \pm 0,12 0,33/0 – 4,33
Alkoholfreie Getränke	7,67 \pm 0,57 5,42/0,75 – 22,9

Tab. A9: Prozentuale Abweichung der Energie und ausgewählter Nährstoffe von den Referenzwerten der DACH (2000) bei Jungen und Mädchen im Alter von 6-7 Jahren; MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

	Mädchen(n = 95)	Jungen (n = 73)
	%	%
Energie (MJ)	-3,9	-6,3
Kohlenhydrate (g)	-10,8	-13,1
Fett (g)	-0,67	+0,9
Eiweiss (g)	+32,8	+22,5
Eisen (mg)	0	-1,1
Jod (μ g)	-52	-52,6
Calcium (mg)	-13,9	-6,8
Vit. B12 (μ g)	+61,8	+75,9
Folsäure (μ g)	-47,2	-45,9
Vitamin C (mg)	+1,1	+10,7

Tab. A10: Vergleich der mittleren täglichen Energie- und Hauptnährstoffzufuhr nach dem 3-Tage-Wiegeprotokoll der Duplikatsammlung (WPD) mit den Zufuhrdaten aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll von 1998 (WP); MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

(n = 28)	3-Tage-Wiegeprotokoll	3-Tage-Wiegeprotokoll
	1998 (WP)	Duplikat (WPD)
Energie (kcal)	1612 \pm 60,9 1592/1150-2431	1596 \pm 61 1532/987-2149
(kcal/kg KG)	65,7 \pm 2,2 63,2/44,8-85,9	64,4 \pm 2,2 64,6/46,7-87,1
(kJ)	6753 \pm 255 6666/4819-10197	6685 \pm 254 6416/4134-9009
(KJ/kg KG)	275 \pm 9,3 265/187-360	267 \pm 9,3 271/196-365
Protein (g)	52 \pm 2,9 49,1/34,4-94,1	51,1 \pm 2,3 51,2/27,0-70,4
(Protein/kg KG)	13,6 \pm 0,57 2,09/1,44-3,14	2,04 \pm 0,08 2,02/1,39-2,71
(E %)	2,1 \pm 0,09 13,1/9,93-21,3	13,5 \pm 0,44 13,9/9,08-17,5
Fett (g)	65,7 \pm 3,3 62,0/44,3-115	59,9 \pm 2,9 58,9 \dagger /31,4-89,2
(E %)	37,9 \pm 1,0 36,9/28,6-47,4	34,8 \pm 0,9 35,6 \dagger /25,8-42,3
Kohlenhydrate (g)	198 \pm 8,8 200/111-301	208 \pm 8,7 194/131-304
(E %)	50,3 \pm 1,3 50,5/35,9-62,3	53,5 \pm 0,98 53,7 \ddagger /46,2-63,9

Wilcoxon Matched-Pairs Test zwischen WP und WPD: \dagger p < 0,05, \ddagger p < 0,01

Tab. A10a: Vergleich der mittleren täglichen Mikronährstoffzufuhr nach dem 3-Tage-Wiegeprotokoll der Duplikatsammlung (WPD) mit den Zufuhrdaten aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll von 1998 (WP); MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

(n = 28)	3-Tage-Wiegeprotokoll	3-Tage-Wiegeprotokoll
	1998 (WP)	Duplikat (WPD)
Vitamin A (mg Retinol-Äquivalent)	0,87 \pm 0,09 0,78/0,39-1,98	0,84 \pm 0,06 0,83/0,34-1,55
Vitamin E (mg)	7,3 \pm 0,5 7,70/3,89-13,2	8 \pm 0,7 8,91/2,34-14,7
Folat-Äquivalent (μ g)	224 \pm 35,7 173/101-840	209 \pm 13,3 200/251-375
Thiamin (mg)	1,02 \pm 0,08 0,98/0,52-2,17	1,03 \pm 0,07 0,97/0,59-1,88
Riboflavin (mg)	1,36 \pm 0,08 1,26/0,84-2,31	1,4 \pm 0,07 1,33/0,84-2,32
Vitamin B ₆ (mg)	1,22 \pm 0,07 1,21/0,72-2,10	1,36 \pm 0,08 1,39/0,69-2,39
Vitamin B ₁₂ (μ g)	3,1 \pm 0,28 2,83/1,24-7,17	3,03 \pm 0,22 2,92/1,38-5,67
Vitamin C (mg)	89,4 \pm 8,9 83,6/27,8-206	106 \pm 11 98,3/27,6-238
Calcium (mg)	821 \pm 45,1 832/485-1365	867 \pm 52 834/369-1421
Phosphor (mg)	1047 \pm 53,4 985/695-1716	1069 \pm 53,6 1074/568-1663
Zink (mg)	7,57 \pm 0,39 7,32/5,20-12,6	7,7 \pm 0,38 7,9/4,13-11,5
Ballaststoffe (g)	15,5 \pm 1,06 15,4/7,79-27,3	17 \pm 1,07 15,6/9,14-26,7
Cholesterin (mg)	245 \pm 13,3 250/131-376	215 \pm 17 201/102-437
NaCl (g)	4,4 \pm 0,36 3,99/1,95-9,37	4,6 \pm 0,39 4,28/2,13-10,3

Wilcoxon Matched-Pairs Test zwischen WP und WPD: n.s.

Tab. A11: Vergleich des mittleren Lebensmittel- und Getränkeverzehrs (g/d) nach dem 3-Tage-Wiegeprotokoll der Duplikatsammlung (WPD) mit den Zufuhrdaten aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll von 1998 (WP); MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

(n = 28)	3-Tage-Wiegeprotokoll	3-Tage-Wiegeprotokoll
	1998 (WP)	Duplikat (WPD)
Fleisch (Schwein, Rind, Kalb, Lamm, Geflügel)	31 \pm 8,7 11,7/0 – 156	30,2 \pm 8,2 25,5/0 – 155
Fleisch- und Wurstwaren	32,5 \pm 9,6 15/0 – 188	21,9 \pm 3,2 19,0/0 – 60,8
Fisch und Fischwaren	6,4 \pm 2,6 0/0 – 47,0	10,1 \pm 2,7 0/0 – 35,2
Eier	10,4 \pm 2,1 8,0/0 – 33,5	7,8 \pm 2,2 0/0 – 35,1
Milch und Milchprodukte	316 \pm 38,2 317/7,3 – 760	302 \pm 33,7 320/51,0 – 757
Käse und Quark	26 \pm 6 13,3/0 – 104	36,2 \pm 8,2 23/0 – 134
Butter	8,8 \pm 1,3 6,7/0,5 – 22,2	8,7 \pm 1,5 7/0 – 24,4
Speisefette	13,1 \pm 2,2 10,3/0 – 44,0	2,4 \pm 0,76 0,5\\$/0 – 13,5
Brot und Backwaren	105 \pm 10,9 107/17,6 – 207	139 \pm 9,3 143†/46,7 – 219
Nährmittel	138 \pm 12,5 129/12,2 – 286	123 \pm 13,6 119/17,9 – 274
Kartoffel und Kartoffelprodukte	43,4 \pm 13,2 21,7/0 – 259	49 \pm 8,2 40,5/0 – 167
Obst und Obstprodukte	173 \pm 23,9 132/17,3 – 426	120 \pm 17,7 95,0†/8,0 – 306
Gemüse und Gemüseprodukte	110 \pm 14,9 92,3/7,0 – 320	116 \pm 14,6 101/15,9 – 291
Zucker/Süßigkeiten (Süßwaren, Marmelade, Honig, Nougatcreme)	39,9 \pm 4,9 35,7/6,0 – 102	49,9 \pm 7,8 36/5,8 – 150
Erfrischungsgetränke	173 \pm 25,6 125/1,3 – 435	266 \pm 44,6 216†/0 – 768
Leitungs-/Mineralwasser	294 \pm 39,7 238/24,9 – 723	324 \pm 45,4 292/12,2 – 854
Tee	43,1 \pm 22,6 0/0 – 447	146 \pm 40,8 40†/0 – 742

Wilcoxon Matched-Pairs Test zwischen WP und WPD: † p < 0,05, § p < 0,001

Tab. A12: Normbereiche für ausgewählte Serum-Parameter des Eisen- und Jodstoffwechsels

Parameter	Einheit	Geschlecht	Alter (Jahre)	Normwert	Normwert	Quellen
				unten	oben	
Gesamteisen	µmol/l	alle	<= 16	7,7	33,0	Boehringer Mannheim
		m	> 16	6,6	28,0	
		w	> 16	11,0	26,0	
Ferritin	ng/dl	alle	<= 16	20	200	Boehringer Mannheim ⁵ , Dallmann ⁶
		m	> 16	20	400	
		w	> 16	20	150	
Transferrin- Sättigung	%	alle	<= 10	10	60	Dallmann, BNF ⁷
			> 10	16	60	
Hämoglobin	g/dl	alle	6-14	11,5	14,8	Labor Kinder- klinik Erlangen, Dallmann ⁶
		m	> 15	13,9	16,3	
		w	> 15	12,0	15,0	
MCH ¹	pg	alle	6-14	22,0	34,0	Labor Kinder- klinik Erlangen
		m	> 15	28,0	33,0	
		w	> 15	28,0	33,0	
MCV ²	fl	alle	> 6	75,0	100	Dallmann ⁶ , Labor Kinder- klinik Erlangen
		m	> 15	81,0	100	
		w	> 15	79,0	100	
Folsäure	ng/ml	alle	alle	4,2	19,9	Labor Kinder- klinik Erlangen
Vitamin B12	pg/ml	alle	alle	243	894	Labor Kinder- klinik Erlangen
fT4 ³	pg/ml	alle	alle	10,0	18,0	Boehringer Mannheim
TSH ⁴	µU/ml	alle	alle	0,27	4,2	Boehringer Mannheim

¹ Mittlerer absoluter Hämoglobingehalt der Erythrozyten² Mittleres Erythrozytenvolumen³ Freies Thyroxin⁴ Thyroidea-stimulierendes Hormon (Hypophyse)⁵ Heil H, Koberstein R, Zawta B. Referenzbereiche für Kinder und Erwachsene. Boehringer Mannheim, 1997/98⁶ Dallmann PR, Siimes MA, Stekel A. Iron deficiency in infancy and childhood. Am J Clin Nutr 33: 86-118, 1980⁷ Worwood M. Measurement of iron status. Chapt. 5. In: British Nutrition Foundation (ed). Iron. Nutritional and physiological significance. Chapman & Hall, 1995

Tab. A13: Täglicher Verzehr ausgewählter Lebensmittel (g) von Schulanfängern nach BMI-Tertilen; MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

Anzahl (n)	< 14,7 (n=56)	14,7-16,1 (n=56)	> 16,1 (n=56)	p ^{\$}
Fleisch	18,9 \pm 3,3 9,7/0-66,7	24,4 \pm 3,4 18,2/0-66,7	33,4 \pm 4,9 24,8/0-113	n.s.
Fleisch- und Wurstwaren	24,3 \pm 3,1 19,4/0-74,7	30,9 \pm 3,8 28,3/0-73,3	34,9 \pm 7 23,3/0-210	n.s.
Milch und Milchprodukte (inkl. Käse)	267 \pm 17,5 255/71,7-563	291 \pm 18,4 295/80-517	245 \pm 20,8 234/64,3-466	n.s.
Brot und Backwaren	101 \pm 6,8 92,8/18,7-196	126 \pm 7,6 112/51,7-213	123 \pm 7,3 115/42,3-230	n.s.
Nährmittel	112 \pm 7,7 101/30-237	90,8 \pm 7,9 82,5/22-212	100 \pm 7,3 92,5/10,7-190	n.s.
Obst und Obstprodukte	141 \pm 13,7 113/16,7-343	146 \pm 13 124/18,2-346	132 \pm 15 110/63,3-347	n.s.
Gemüse und Gemüseprodukte	107 \pm 10,4 93,7/7,3-277	111 \pm 10 84/10-263	102 \pm 8,5 92,8/10-221	n.s.
Süßwaren (inkl. Zucker etc.)	48,4 \pm 5 41,7/6,7-111	41,6 \pm 3,8 41,3/1,7-101	45,8 \pm 4 37,8/3,3-114	n.s.
Erfrischungsgetränke	90,9 \pm 18,5 11,7/0-427	82,7 \pm 16 0/0-364	120 \pm 20,4 66,7/0-533	n.s.
Fruchtsäfte	123 \pm 14,5 89,2/0-333	157 \pm 20 125/0-498	146 \pm 18,8 117/0-458	n.s.

^{\$} Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Body Mass Index (Kruskal-Wallis H-Test)

Tab. A14: Lebensmittelzufuhr in Abhängigkeit der sportlichen Aktivität; MW \pm SE (Median, 5 – 95er Perz.)

	kein Sport (n=16)	bis 4h (n=108)	> 4h (n=40)	p^{\$}
Anzahl (n)				
Fleisch	28,8 \pm 6,7 23,3/0-70	24,8 \pm 2,8 16,7/0-90	22,1 \pm 4,7 10/0-73	n.s.
Fleisch- und Wurstwaren	12 \pm 3,5 6,7/0-46,7	27,4 \pm 3 22,6/0-74,1	45,3 \pm 8,2 39,5/0-208	n.s.
Milch und Milchprodukte (inkl. Käse)	304 \pm 42,8 234/87,3-695	261 \pm 14,1 249/67,6-532	277 \pm 18,4 304/70,4-460	n.s.
Brot und Backwaren	106 \pm 14,5 92,4/10-202	121 \pm 5,2 116/42,6-209	112 \pm 9,5 99/23,6-212	n.s.
Nährmittel	85,7 \pm 15,5 74,7/0-212	100 \pm 5,5 90/28,3-209	106 \pm 8,4 107/1,5-190	n.s.
Obst und Obstprodukte	168 \pm 24,1 152/0-403	143 \pm 10,8 115/0-349	124 \pm 13,1 103/25,4-316	n.s.
Gemüse und Gemüseprodukte	92 \pm 17,2 72,5/12-221	106 \pm 6,9 97/5,8-244	116 \pm 12,1 97,8/10,3-263	n.s.
Süßwaren (inkl. Zucker etc.)	33,9 \pm 5,4 32,8/0-88,3	50,3 \pm 3,3 46,5/3,6-111	38,7 \pm 4,8 32,5/1,9-110	n.s.
Erfrischungsgetränke	58,6 \pm 20 8,3/0-218	88,8 \pm 13,1 33,3/0-377	132 \pm 24,7 66,7/0-499	n.s.
Fruchtsäfte	128 \pm 18,8 129/0-250	152 \pm 14,3 117/0-458	116 \pm 17,8 87,4/0-309	n.s.

^{\$} Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Body Mass Index (Kruskal-Wallis H-Test)

Tab. A15: Mittlere tägliche Eisenzufuhr in Abhängigkeit der Schichtzugehörigkeit; MW \pm SE
(Median, 25 – 75er Perz, Min.-Max.)

	untere Schicht (n=4)	mittlere Schicht (n=46)	obere Schicht (n=65)	p\$
Eisenzufuhr (mg/d)	$8,76 \pm 0,92$ 8,37/7,24-10,7 7,1-11,2	$9,41 \pm 0,35$ 9,47/7,86-10,2 4,9-14,6	$8,80 \pm 0,27$ 8,45/7,45-9,76 5,0-16,5	n.s.

\$ Signifikante Unterschiede (Kruskal-Wallis H-Test)

Tab. A16: Mittlere tägliche Jodzufuhr in Abhängigkeit der Schichtzugehörigkeit; MW \pm SE
(Median, 25 – 75er Perz., Min.-Max.)

	untere Schicht (n=4)	mittlere Schicht (n=46)	obere Schicht (n=65)	p\$
Jodzufuhr ($\mu\text{g}/\text{d}$)	$58,5 \pm 8,2$ 59,6/42,7-73,4 40,7-74,3	$65,9 \pm 40$ 60,2/50,1-71,4 38,5-191	$70,4 \pm 3,4$ 62,7/53,1-81,7 37,7-180	n.s.

\$ Signifikante Unterschiede (Kruskal-Wallis H-Test)

Tab. A17: Gesetzliche Grundlage für die Jodsupplementation

Neue Länder (bis 1990: DDR)		Alte Länder	
		1959	Diät-Fremdstoff-Verordnung: 3–5 mg NaJ, KJ bzw. CaJ ₂ /kg Speisesalz; Freiwilligkeitsprinzip
		1970	Jodgehalt in Futtermitteln (bis zu 40 mg/kg) festgesetzt
1979	Entwurf eines „Kropfbekämpfungsprogramms“		
1983	Jodsalzprophylaxe für Südbezirke und Bezirk Cottbus (20 mg KJ/kg)	1981	Neufassung der Diätverordnung Warnhinweis „nur bei ärztlich festgestelltem Jodmangel“ entfällt; jodiertes Speisesalz mit 15–25 mg Jod/kg in Form von NaJO ₃ , KJO ₃ ; Verwendung nur im Haushalt; Freiwilligkeitsprinzip
1985	Gründung der interdisziplinären Jodkommission: 84 % des Paketsalzes werden mit 32 mg KJO ₃ /kg Salz (20 mg Jod/kg) jodiert; „Generelle Jodmangelprophylaxe“	1984	Gründung des Arbeitskreises Jodmangel: Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit
1986	Jodierte Mineralstoffmischungen bei Nutztieren	1989	Jodiertes Speisesalz wird aus der Diätverordnung in die Zusatzstoff-Zulassungsverordnung überführt; Verwendung in Großküchen und bei Lebensmittelherstellung möglich
1990	Nach der Wiedervereinigung gelten in den alten und neuen Ländern die gleichen Gesetze, somit insbesondere auch das Freiwilligkeitsprinzip bei der Jodmangelprophylaxe. WHO Verpflichtungserklärung, den Jodmangel bis zum Jahr 2000 erfolgreich zu bekämpfen.		
1991	Jodierung des Sacksalzes		
1993	Der europäische Binnenmarkt erleichtert Lebensmitteln aus gut jodversorgten Ländern den Weg nach Deutschland.		
1993	Wegfall der Doppeldeklarierungspflicht für jodiertes Speisesalz und Kennzeichnung für lose verkaufte Back-, Fleisch- und Wurstwaren; Verwendung von jodiertem Nitritpökelsalz gemäß Fleischverordnung und von jodiertem Speisesalz gemäß Käseverordnung zugelassen		
1996	Einführung des Jodsiegels		
1997	Änderung der Futtermittelverordnung: Jodgehalt insgesamt 10 mg/kg Futtermittel		

(Quelle: Ernährungsbericht 2000)

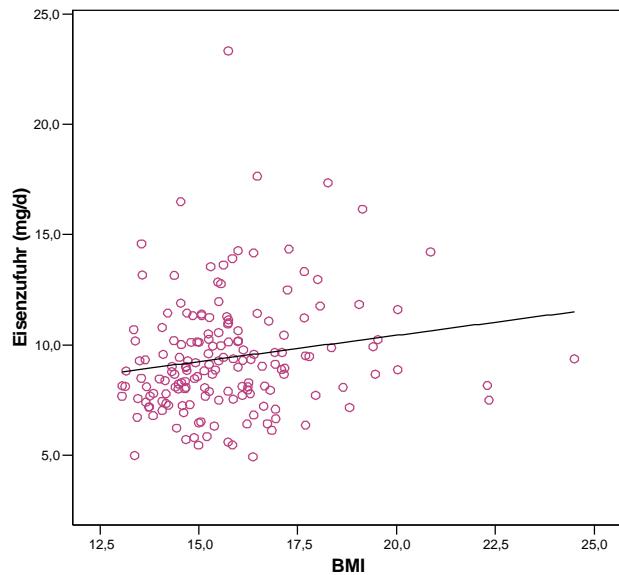


Abb. A1: Plot zwischen der täglichen Eisenzufuhr (mg) und dem BMI (n=168)

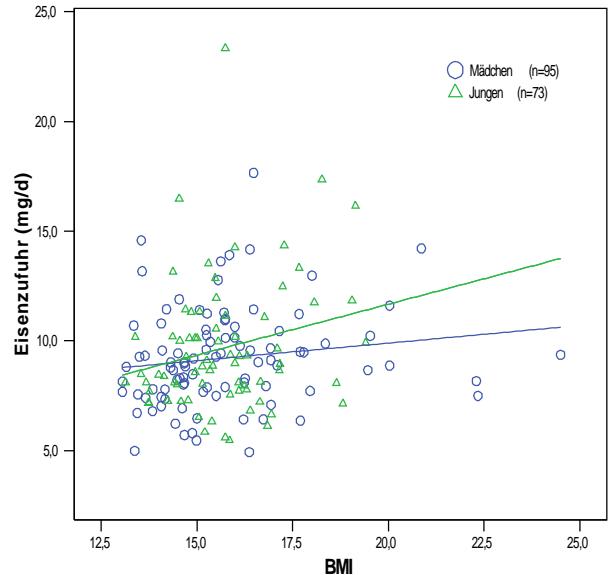


Abb. A1a: Plot zwischen der täglichen Eisenzufuhr (mg) und dem BMI getrennt nach Geschlecht

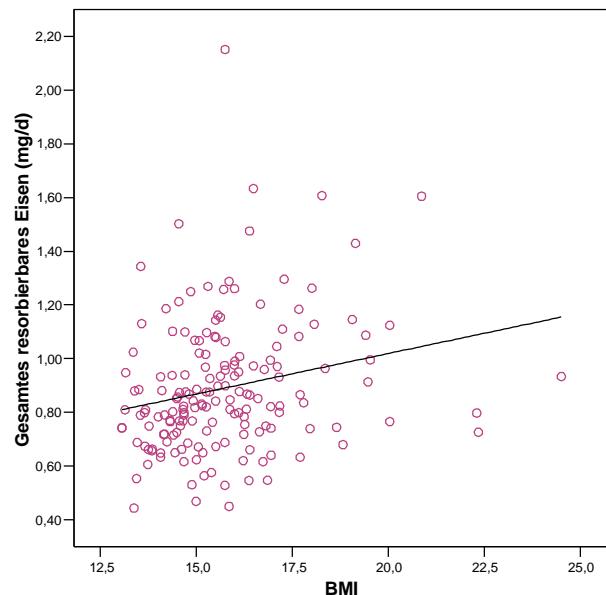


Abb. A2: Plot zwischen dem berechneten zugeführten resorbierbaren Eisen (mg/d) und dem BMI (n=168)

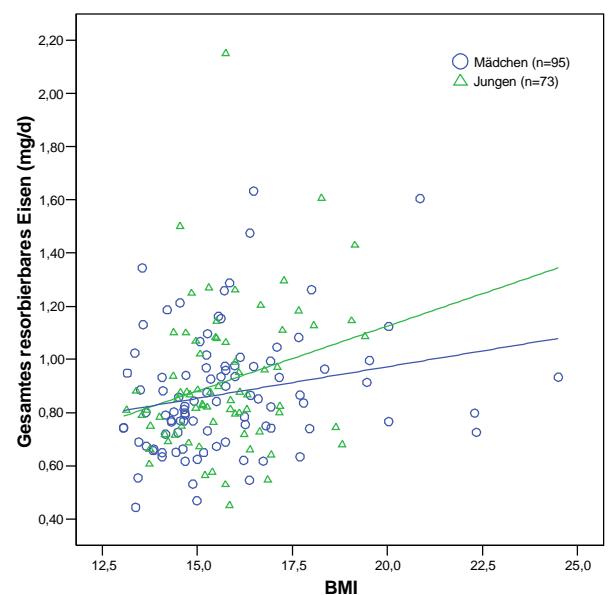


Abb. A2a: Plot zwischen dem berechneten zugeführten resorbierbaren Eisen (mg/d) und dem BMI getrennt nach Geschlecht

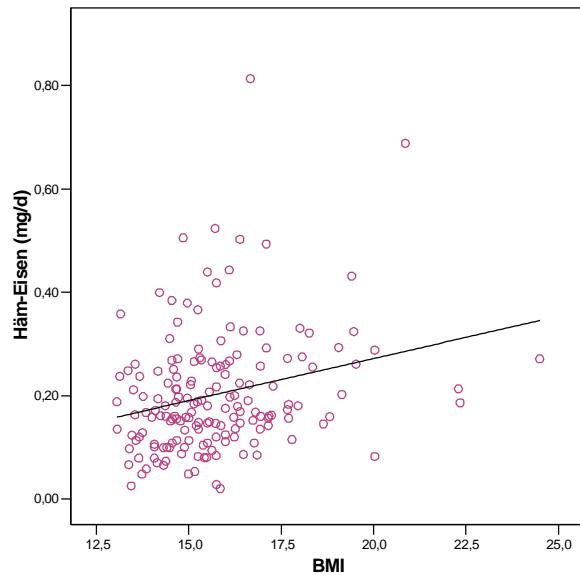


Abb. A3: Plot zwischen dem berechneten zugeführten Hämeisen (mg/d) und dem BMI (n=168)

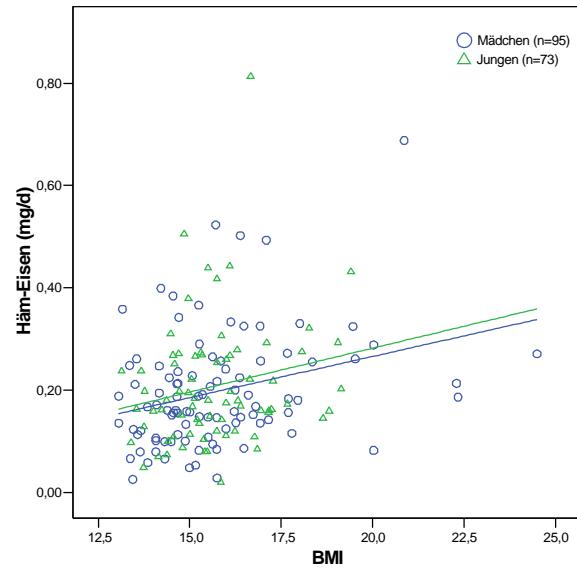


Abb. A3a: Plot zwischen dem berechneten zugeführten Hämeisen (mg/d) und dem BMI getrennt nach Geschlecht

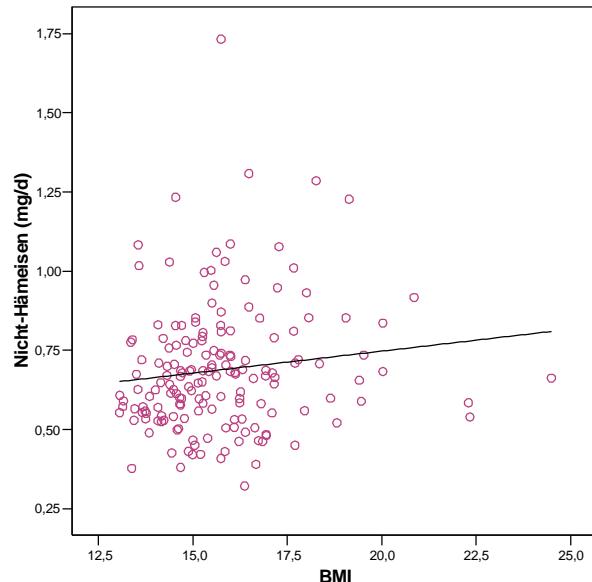


Abb. A4: Plot zwischen dem berechneten zugeführten Nicht-Hämeisen (mg/d) und dem BMI (n=168)

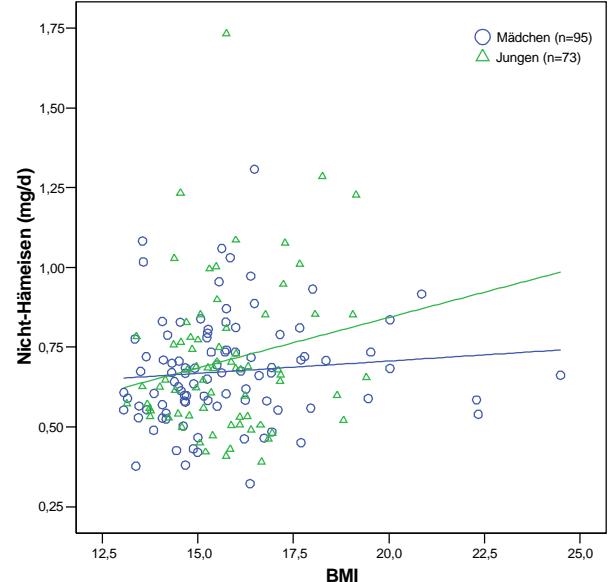


Abb. A4a: Plot zwischen dem berechneten zugeführten Nicht-Hämeisen (mg/d) und dem BMI getrennt nach Geschlecht

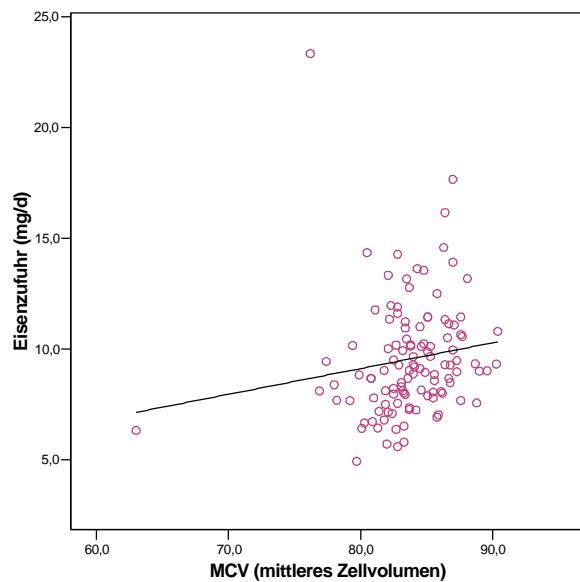


Abb. A5: Plot zwischen der Eisenzufuhr (mg/d) und dem MCV (n=115)

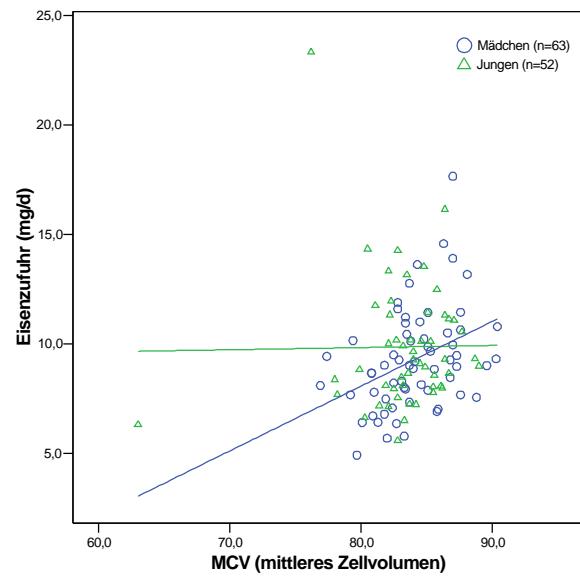


Abb. A5a: Plot zwischen der Eisenzufuhr (mg/d) und dem MCV getrennt nach Geschlecht

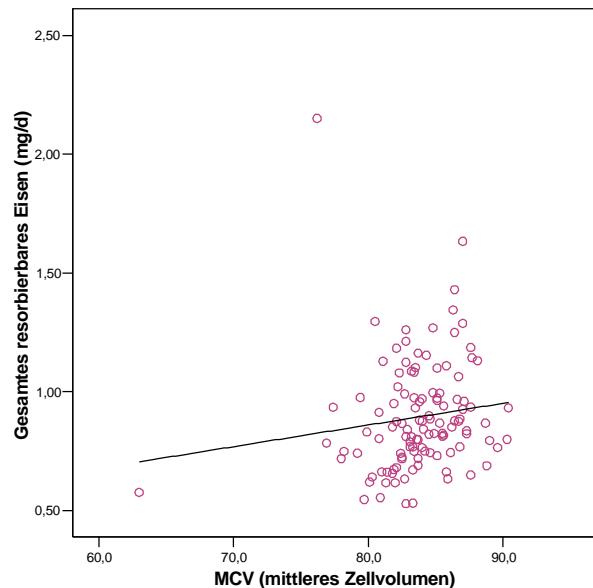


Abb. A6: Plot zwischen dem berechneten zugeführten resorbierbaren Eisen (mg/d) und dem MCV (n=115)

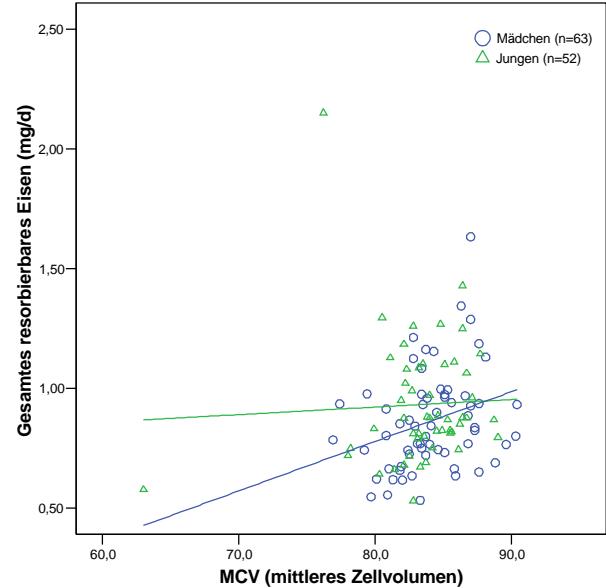


Abb. A6a: Plot zwischen dem berechneten zugeführten resorbierbaren Eisen (mg/d) und dem MCV getrennt nach Geschlecht

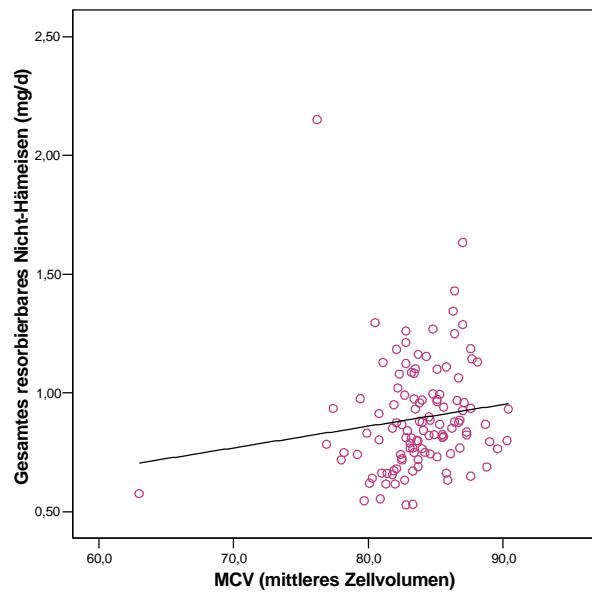


Abb. A7: Plot zwischen dem berechneten zugeführten Nicht-Hämeisen (mg/d) und dem MCV (n=115)

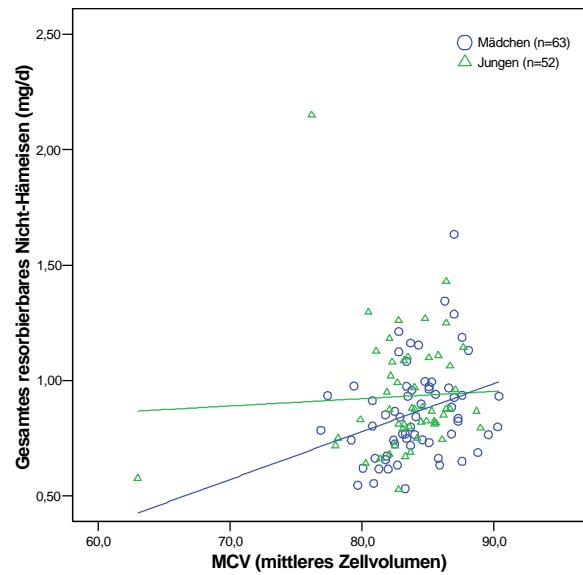


Abb. A7a: Plot zwischen dem berechneten zugeführten Nicht-Hämeisen (mg/d) und dem MCV getrennt nach Geschlecht

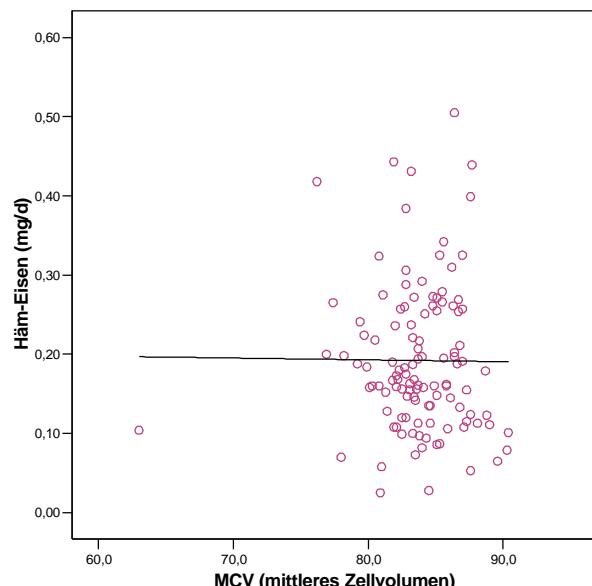


Abb. A8: Plot zwischen dem berechneten zugeführten Hämeisen (mg/d) und dem MCV (n=115)

Abb. A9: Informationsbrief an die Eltern und Einverständniserklärung für die Teilnahme des Kindes

Information zum Familien-Interventions-Test

FIT-Projekt Erlangen

Ein interdisziplinäres Projekt zur Gesundheitsförderung

Träger und beteiligte
Institutionen: Stadt Erlangen und Staatliches Schulamt Erlangen
 Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
 Rektoren und Lehrkräfte der Erlangener Grundschulen
 Institut für Sportwissenschaft der Universität Erlangen
 Kinderpoliklinik der Universität München
 Bayerische Landesanstalt für Ernährung

Liebe Eltern !

Die Gesundheit ist unser höchstes Gut. Und dennoch gehen wir mit ihr oft wenig sorgsam um. Die Folgen sind Gesundheitsstörungen wie Müdigkeit, Leistungsschwäche, Übergewicht, Stoffwechselstörungen, Karies und Wirbelsäulenbeschwerden. Langfristig besteht ein erhöhtes Risiko für Herzinfarkt, Schlaganfall, Zuckerkrankheit, Krebs, Verschleißerscheinungen an Wirbelsäule und Gelenken u. a.

Diese Erkrankungen können sehr oft vermieden werden. Aber wir müssen etwas dafür tun. Je früher wir damit beginnen, desto besser, da durch eine ungünstige Ernährungs- und Lebensweise entstehende Schäden bereits im frühen Kindesalter nachweisbar sind.

Das FIT-Projekt-Erlangen, das wir Ihnen heute vorstellen, hat zum Ziel, gesundheitliche Risiken aufzudecken, über die Zusammenhänge zwischen Ernährung, körperlicher Aktivität und den oben genannten Gesundheitsstörungen aufzuklären und die Kinder über Schule und Familie zu gesundheitsbewußtem Verhalten anzuleiten.

Wir möchten Sie heute bitten, bei diesem Projekt mitzumachen, in dem sich Pädagogen, Sportwissenschaftler, Ärzte und Ernährungswissenschaftler zusammengefunden haben, um sich gemeinsam für die Gesundheit der Kinder und Familien einzusetzen.

In den kommenden Wochen möchten wir Ihren Kindern und Ihnen eine kostenlose Untersuchung auf gesundheitliche Risikofaktoren anbieten. Die Kinder werden in der Schule während der Unterrichtszeit untersucht. Die Untersuchung wird auf keinen Fall gegen den Willen des Kindes durchgeführt. Wenn Sie es wünschen, können Sie gerne bei den Untersuchungen dabei sein.

Ihnen und den Geschwistern der Erstkläßler geben wir ebenfalls die Gelegenheit zu einer kostenlosen Untersuchung, die wir nach vorheriger Terminvereinbarung im Institut für Sportwissenschaft der Universität Erlangen durchführen.

Die Untersuchung beinhaltet:

- Fitneß-Test (gymnastische Übungen, Ausdauertest)
- Messung von Blutdruck, Körpergewicht, Größe, Körperfettverteilung
- Blutabnahme nüchtern (10 ml venös) mit Untersuchung auf Eisen, Vitamine, Blutfette
- Urinuntersuchung auf Jod
- Fragebogen
- Ernährungsprotokoll

Die Untersuchungsergebnisse werden Ihnen schriftlich mitgeteilt, zusammen mit Empfehlungen, was Sie persönlich für Ihre Gesundheit und die Gesundheit Ihrer Kinder tun sollten. Nach zwei Jahren, also zu Beginn der dritten Klasse, ist eine gleichartige Kontrolluntersuchung vorgesehen. Die Ergebnisse des Projektes sollen unter Wahrung des Datenschutzes anonym ausgewertet werden, um den Erfolg dieser interdisziplinären Gesundheitsförderung zu dokumentieren.

Für weitere Fragen und Informationen stehen Ihnen unsere Ärzte und Ernährungswissenschaftler als Ansprechpartner unter Tel. 09131-862609 (nachmittags) gerne zur Verfügung.

Bitte geben Sie den unteren Abschnitt dieses Blattes Ihrem Kind morgen mit in die Schule. Er wird von der Lehrkraft eingesammelt und uns zugeleitet.

Mit herzlichem Dank für Ihre Mithilfe und freundlichen Grüßen !

Prof. Dr. med. B. Koletzko

Dr. med. A. Sönnichsen

Dipl.oec. troph. S. Verwied

PD Dr. med. Dr. phil. habil. J. Weineck

hier abtrennen

Einverständniserklärung

Ich habe die Informationen über Ziele und Inhalt des FIT-Projektes Erlangen sorgfältig gelesen. Alle Rückfragen meinerseits wurden beantwortet. Die Projekt-Teilnahme ist freiwillig. Ich kann mein Einverständnis zur Teilnahme jederzeit teilweise oder ganz widerrufen.

Ich möchte, daß mein Kind _____ an dem FIT-Projekt Erlangen teilnimmt. _____ Name, Vorname

Folgende weitere Mitglieder unserer Familie möchten teilnehmen:

Wir möchten an dem FIT-Projekt Erlangen nicht teilnehmen.

Ort, Datum

Unterschrift des/der Erziehungsberechtigten
(Wenn beide Eltern selbst teilnehmen, ist die Unterschrift von beiden erforderlich)

Mein Kind ist über die Untersuchung informiert worden und ist mit einer Teilnahme einverstanden.

Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie uns zur Erleichterung der Terminvereinbarung Ihre Adresse und Telefonnummer mitteilen. Diese Information ist freiwillig und unterliegt selbstverständlich dem Datenschutz.

Straße, Hausnummer

PLZ, Wohnort



Abb. A10: Einladung zum Informationsabend für die Eltern

FIT-Erlangen • Schulverwaltungsamt • Äußere Brucker Str. 33 • 91052 Erlangen



Einladung zum Elternabend



Liebe Eltern !

Mitte Oktober haben Sie durch die Schule Ihres Kindes ein Informationseschreiben über das Gesundheitsprojekt „FIT-Erlangen“ erhalten.

Über die uns bis jetzt zahlreich zugegangen Anmeldungen zu diesem Projekt haben wir uns sehr gefreut. Da wir aber anhand einiger Vorgespräche festgestellt haben, daß noch großes Interesse an weiterer Information zu „FIT“ besteht, möchten wir Sie heute noch zusätzlich zu einem Elternabend in Ihrer Schule einladen. Auf diesem würden wir Sie gerne nochmals ausführlich über Hintergründe, Ziele und Durchführung des Projektes informieren und noch offene Fragen beantworten.

Termin des Elternabends:

Schule: *An der Brucker Lache*
 Datum: *18.11.97*
 Ort: *20.00 Uhr im Filmraum*

Über eine zahlreiche Teilnahme würden wir uns sehr freuen und bedanken uns herzlich für Ihr Interesse !

Mit freundlichen Grüßen im Namen der Arbeitsgruppe „FIT“

Sabine Verwied
 Dipl.oec.troph.
 Dr. Andreas Sönnichsen
 Facharzt für Innere Medizin

FIT-Erlangen • Schulverwaltungsamt • Äußere Brucker Str. 33 • 91052 Erlangen



Einladung zum Elternabend



Liebe Eltern !

Mitte Oktober haben Sie durch die Schule Ihres Kindes ein Informationseschreiben über das Gesundheitsprojekt „FIT-Erlangen“ erhalten.

Über die uns bis jetzt zahlreich zugegangen Anmeldungen zu diesem Projekt haben wir uns sehr gefreut. Da wir aber anhand einiger Vorgespräche festgestellt haben, daß noch großes Interesse an weiterer Information zu „FIT“ besteht, möchten wir Sie heute noch zusätzlich zu einem Elternabend in Ihrer Schule einladen. Auf diesem würden wir Sie gerne nochmals ausführlich über Hintergründe, Ziele und Durchführung des Projektes informieren und noch offene Fragen beantworten.

Termin des Elternabends:

Schule: *An der Brucker Lache*
 Datum: *18.11.97*
 Ort: *20.00 Uhr im Filmraum*

Über eine zahlreiche Teilnahme würden wir uns sehr freuen und bedanken uns herzlich für Ihr Interesse !

Mit freundlichen Grüßen im Namen der Arbeitsgruppe „FIT“

Dr. Andreas Sönnichsen
 Facharzt für Innere Medizin

Abb. A11: Anleitung zum Ausfüllen des 3-Tage-Wiegeprotokolls

Anleitung zur Führung des 3-Tage-Ernährungsprotokolls

Zur Abschätzung Ihrer Ernährungssituation und als Grundlage für eventuelle Ernährungsempfehlungen bitten wir Sie, ein sogenanntes Wiegeprotokoll über einen Zeitraum von 3 aufeinanderfolgenden Tagen zu führen. Mit Hilfe einer computergestützten Auswertung können wir für Sie Ihre Versorgung mit wichtigen Nährstoffen (Eiweiß, Fette, Cholesterin, Mineralstoffe [Eisen, Jod, Kalzium], Vitaminen) berechnen. Um ein möglichst genaues und aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, müssen Sie bei der Führung des Protokolls einige wichtige Regeln beachten:

Bitte ändern Sie keinesfalls Ihre Ernährungsgewohnheiten in dieser Zeit, sondern verzehren Sie Ihre gewohnten Lebensmittel und Gerichte in üblichen Portionen. Versuchen Sie, in diesen drei Tagen weder zu noch abzunehmen.

- ☞ Beschreiben Sie die einzelnen Lebensmittel so genau wie möglich. Verwenden Sie **keine Überbegriffe** wie „Brot“, „Milch“ oder „Käse“, sondern geben Sie immer **genau die Sorte, Art oder Fettgehalt** (evtl. auch den Markennamen) an (z.B. 40 g Weizenvollkornbrot mit Sonnenblumenkernen, 45 g Roggenvollkornbrötchen, 20 g Emmentaler 45% F.i.Tr., 10 g Frischkäse Doppelrahmstufe, 150 ml Vollmilch 3,8%, 20 g Saure Sahne 10%).
- ☞ Geben Sie bitte bei **Fertigprodukten** immer die Markennamen an und versuchen Sie auch hier die Zutaten möglichst genau zu beschreiben (siehe Zutatenliste auf Packung).
- ☞ Notieren Sie auch **Vitaminsäfte** (z.B. Multivitamin-, frisch gepresster Fruchtsaft, Fruchtnektar), **Vitamin- oder Mineralstofftabletten** oder sonstige **Nahrungsergänzungen** (Hefetabletten, Fischöl-, Knoblauchkapseln).

Beispiel:

Falsch

Datum/ Uhrzeit	Menge (Stück/ g / ml)	Nahrungsmittel Getränke	Ort
12.10. 7.15	2 Tassen	Kaffee mit Milch und Zucker	zu Hause
	1 Scheibe	Wurstbrot	"
10.00	1	Banane	Büro
12.00	100 g 150 g 100 g	Kartoffeln Schweinebraten Gemüse	Kantine
15.00	1	Joghurt	Büro
18.00	300 g	Spaghetti mit Soße und Käse	zu Hause
	1 Glas	Saft	"

Richtig

Datum/ Uhrzeit	Menge (Stück/ g / ml)	Nahrungsmittel Getränke	Ort
So, 12.10 7.15	250 ml 10 g 20 ml	Kaffee koffeinhaltig Zucker weiß Kondensmilch 7,5%	zu Hause
	40 g 10 g 20 g	Weizenvollkornbrot Butter Salami	"
10.00	200 g	Banane mit Schale (zu Hause gewogen!)	Büro
12.00	3 Stück 2 Scheiben 1 Port. 1 Port.	Salzkartoffeln klein Schweinebraten mager Soße dunkel klar Broccoli gegart	Kantine
15.00	150 g	Fruchtjoghurt 3,5%	Büro
18.00	180 g 100 g 20 g	Spaghetti gekocht Tomatensoße gebunden Parmesan 50% F.i.Tr.	zu Hause
	200 ml	Multivitaminsaft	"

Beginnen Sie das Ernährungsprotokoll am Sonntag, den 1. März oder Sonntag, den 8. März !

Geben Sie bitte das ausgefüllte Ernährungsprotokoll und die Fragebögen Ihrem Kind in einem Umschlag mit in die Schule. Die Lehrkräfte reichen die verschlossenen Umschläge an uns zur Auswertung weiter. Die Kodierung der Bögen sorgt für Ihren Datenschutz.

Nochmals herzlichen Dank für Ihre aktive Teilnahme und Ihre tatkräftige Unterstützung !

Ihre FIT-Arbeitsgruppe

Abb. A12: Ausschnitt aus dem 3-Tage-Wiegeprotokoll

Abb. A13: Fragebogen mit Fragen zu Ernährungs- und Lebensgewohnheiten des Kindes und der Eltern

Kinder : Code: _____ **Datum: _____**

1. 

Ernährungsgewohnheiten

1. Richtet Ihr Kind seine Ernährungsgewohnheiten nach einer bestimmten Ernährungsform ?

ja nein

Wenn ja, nach welcher ?

Vollwert-Ernährung
 Vegetarische Ernährung (einschließlich Eier und Milchprodukte)
 Vegetarische Ernährung (nur pflanzliche Lebensmittel)
 Hay'sche Trennkost
 Bircher-Benner-Kost
 Fit for Life
 Sonstiges, wie: _____

2. Welche Mahlzeiten isst Ihr Kind gewöhnlich jeden Tag?

Frühstück
 Zwischenmahlzeit vormittags
 Mittagessen
 Zwischenmahlzeit nachmittags
 Abendessen
 Spätmahlzeit

3. Isst Ihr Kind regelmäßig zu Mittag außer Haus (z.B. im Hort) ?

ja nein

Liebe Eltern, liebe Kinder !

Wir möchten Sie nun bitten, im Rahmen des Projektes „FIT-Erlangen“ folgenden Fragebogen mit Ihrem Kind zu besprechen und gemeinsam auszufüllen. Dadurch leisten Sie einen wichtigen Beitrag zur Feststellung der allgemeinen Lebens- und Ernährungsgewohnheiten Ihres Kindes und damit eventuell verbundenen Gesundheitsrisiken. Weiterhin ermöglichen Sie durch Ihre Mithilfe, die gewonnenen Ergebnisse des FIT-Projektes wissenschaftlich aussagekräftig darzustellen.

Bitte nehmen Sie sich die Zeit, den Fragebogen ausführlich und genau durchzulesen und anschließend die Fragen sorgfältig zu beantworten. Dies geschieht selbstverständlich auf freiwilliger Basis.

Bei den meisten Fragen müssen Sie nur unter den entsprechenden Spalten die entsprechenden Antworten ankreuzen. Wenn nicht anders angegeben, kreuzen Sie unbedingt nur eine Antwort an.

Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie alle Fragen beantworten. Denn je sorgfältiger und vollständiger Sie den Fragebogen ausfüllen, desto aussagekräftiger wird die Auswertung.

Alle Angaben unterliegen selbstverständlich dem Datenschutz und werden anonym behandelt.

Vielen herzlichen Dank für Ihre tatkräftige Unterstützung und viel Spaß beim Ausfüllen des Fragebogens !

Ihre Arbeitsgruppe „FIT“

4. Wie ist die Verpflegung Ihres Kindes in der Regel beim Pausenfrühstück ?

- mein Kind isst in der Pause nichts
- Brotzeit von zu Hause (z.B. Brot, Obst)
- Süßwaren (z.B. Schokolade, Gummibärchen, Müsliriegel)
- Verpflegung vom Schulkiosk oder Bäcker

Erkrankungen

5. Wie häufig isst Ihr Kind folgende Lebensmittel ?
(bitte Kästchen unter entsprechender Spalte ankreuzen)

Lebensmittelgruppen	4 bis 6 mal pro Woche	1 bis 3 mal pro Woche	1 bis 3 mal pro Monat	nie
Inneren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geflügel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fleisch (Schwein, Rind, Kalb, Lamm)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fleisch- und Wurstwaren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seefisch (z.B. Seelachs, Kabeljau)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Geben Sie bitte möglichst alle Krankheiten an, die Ihr Arzt jemals bei Ihrem Kind festgestellt hat.
Geben Sie bitte das Alter an, in dem die Erkrankung/en erstmals bei Ihrem Kind festgestellt wurde(n).

7. Wie häufig werden in Ihrem Haushalt verzeht, die mit jodiertem Speisesalz hergestellt wurden ?

Fast nie	selten	etwa die Hälfte	fast immer	weiß nicht
<input type="checkbox"/>				

8. Hat Ihr Arzt bei Ihrem Kind festgestellt, daß es unter einer oder mehreren der folgenden Allergien oder allergisch bedingten Erkrankungen leidet ?

- keine allergisch bedingte Erkrankung bekannt
- Nahrungsmittelallergie, Nahrungsmittelunverträglichkeit welche: _____
- Pollenallergie/Heuschnupfen
- Hausstaub/Tierhaarallergie
- Allergisches Asthma
- Neurodermitis (atopisches Ekzem, endogenes Ekzem, atopische Dermatitis)
- Sonstiges, wie: _____

Erkrankungen in der Familie

10. Wurde von Ihrem Arzt eine oder mehrere der folgenden Krankheiten festgestellt?

Geben Sie bitte Ihr Alter an, in dem die Erkrankung/en erstmals bei Ihnen festgestellt wurde(n).

Erkrankung	Mutter	Vater	Mutter	Vater
erstmals aufgetreten im Alter von	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Angina Pectoris,	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Arteriosklerose der Herzkranzgefäße	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Herzinfarkt	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bypass-Operation	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Schlaganfall	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Arterielle Durchblutungsstörung der Beine (Krampfadern ausgeschlossen)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bluthochdruck	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Erhöhte Blutfette	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Gicht	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Osteoporose	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Krebs, welcher:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sonstige, welche:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

11. Hat Ihr Arzt bei Ihnen festgestellt, daß Sie unter einer oder mehreren der folgenden Allergien oder allergisch bedingten Erkrankungen leiden?

es wurde nie eine schwere Erkrankung festgestellt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	keine allergisch bedingte Erkrankung bekannt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geben Sie bitte Ihr Alter an, in dem die Erkrankung/en erstmals bei Ihnen festgestellt wurde(n).	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Nahrungsmittelallergie, Nahrungsmittelunverträglichkeit welche:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. Bitte tragen Sie die entsprechenden Angaben über Ihre leiblichen Eltern (Großeltern Ihres Kindes), wenn zutreffend und bekannt, ein:

	Mutter	Vater	Mutter des Vaters	Vater des Vaters
Lebensalter (Jahre)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sterbealter (Jahre)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Todesursache	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

13. Erkrankungen Ihrer leiblichen Eltern (Großeltern Ihres Kindes)
 Falls bekannt, tragen Sie bitte das Alter beim erstmaligen Auftreten der Erkrankung ein, sonst kreuzen Sie bitte nur entsprechendes Kästchen an

Mutter	Vater
Vater	Mutter
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Angina Pectoris
 Arteriosklerose der Herzkrankgefäße

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Herzinfarkt

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bypass-Operation

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Schlaganfall

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Arterielle Durchblutungsstörung der Beine (Krampfadern ausgeschlossen)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bluthochdruck

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Erhöhte Blutfette

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gicht

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Osteoporose

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Übergewicht

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Krebs, welcher:

Sonstige, welche:

Medikamente-/Präparateeinnahme

14. Geben Sie bitte die vollständigen Namen aller Medikamente und/oder Präparate (inkl. Vitamin- und Mineralstoffpräparate, vitamin- und mineralstoffangereicherte Säfte, Pasten, Konzentrate) an, die Ihr Kind regelmäßig (d.h. täglich oder mehrmals pro Woche) einnimmt. (Bitte schreiben Sie deutlich)

mein Kind nimmt keine Medikamente/Präparate ein

1. _____
 2. _____
 3. _____
 4. _____

Freizeit-/Aktivitätsverhalten

15. Wieviele Stunden pro Woche ist Ihr Kind in seiner Freizeit durchschnittlich körperlich aktiv (z.B. Spiele im Freien, Sport) ?

_____ Stunden/Woche

16. Wieviele Stunden schläft Ihr Kind zur Zeit durchschnittlich ?

_____ Stunden/24 h

17. Wieviele Stunden verbringt Ihr Kind zur Zeit durchschnittlich pro Tag mit sitzender Tätigkeit ?
 (mehrere Antworten sind möglich)

Std./Tag	Std./Tag	Std./Tag	Std./Tag	Std./Tag

bei den Hausaufgaben
 beim Lesen, Musik, Basteln, Handarbeit
 beim Fernsehen
 vor dem Computer
 beim Auto-/Bus-/Bahnfahren
 Sonstiges, wie:

18. Welche Sportarten (z.B. Radfahren, Joggern, Fußball, Inline Skating, Schwimmen) betreibt Ihr Kind regelmäßig ?
Bitte geben Sie die durchschnittliche Stundenzahl und die Häufigkeit an, mit der Ihr Kind die jeweilige Sportart pro Woche betreibt.

mein Kind betreibt keinen Sport

Sportart	Stunden/ Woche	wie oft pro Woche
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

22. Wenn Sie nicht aus Deutschland stammen, wie lange leben Sie bereits hier ?

Mutter: Vater:
seit Geburt

Mutter: Vater:
seit Geburt

Wenn nicht seit Geburt, seit wieviel Jahren ?

Mutter: _____ Jahre

Vater: _____ Jahre

23. Wie hoch ist das monatlich verfügbare Nettoeinkommen aller Haushaltmitglieder zusammen ?

(Einkommen inkl. Renten, Pensionen, Sozialleistungen, Kindergeld oder sonstige Leistungen nach Abzug von Steuern, Sozialversicherungen und Unterhaltsleistungen an nicht im Haushalt lebende Personen)

20. Wieviele Kinder leben in Ihrem Haushalt ? _____ Kinder
Personen

unter 2000 DM
 2000 DM bis 3000 DM
 3000 DM bis 4000 DM
 4000 DM bis 5000 DM
 5000 DM bis 6000 DM
 über 6000 DM

Allgemeine Angaben

19. Wieviele Personen wohnen zur Zeit in Ihrem Haushalt ?

Mutter	Vater	
nicht leiblich	leiblich	nicht leiblich
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

21. Aus welchem Land kommen Sie Ihrer Abstammung nach ?

Mutter: _____
Vater: _____

Bildung und Beruf**24. Welchen höchsten Schulabschluß haben Sie?**

	Mutter	Vater
keinen Schulabschluß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hauptschulabschluß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Realschulabschluß/gleichwertiger Abschluß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fachhochschulreife	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

25. Welchen höchsten beruflichen Ausbildungsaabschluß haben Sie?

	Mutter	Vater
Anternausbildung/keinen beruflichen Abschluß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
abgeschlossene Lehre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Meisterprüfung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fachschulabschluß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fachhochschulabschluß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hochschulabschluß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

26. Wie ist Ihre derzeitige Arbeitssituation?

	Mutter	Vater
Vollzeittätigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teiltzeittätigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hausfrau/Hausmann	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mutterschutz/Erziehungsurlaub	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umschulung/Ausbildung/Studium	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(vorübergehend) arbeitslos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges (z.B. Rentner, Krankenstand, Beurlaubung):	<hr/>	

27. Wenn Sie berufstätig sind, in welcher beruflichen Stellung befinden Sie sich zur Zeit?

	Mutter	Vater
Beamter/in. - einfacher Dienst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- mittlerer Dienst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- gehobener Dienst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- höherer Dienst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
einfache(r)/nicht akademische(r) Angestellte(r)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
akademisch qualifizierte(r) Angestellte(r)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
leitende(r) Angestellte(r)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ungelehrte(r) Arbeiter/in	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gelernte(r) Arbeiter/in/Facharbeiter/in	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Meister/in	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Selbstständige(r)/Freiberufler/in (bitte Beruf angeben)	<hr/>	



Abb. A14: Informationsbrief an die Eltern über die Duplikatsammlung

Institut für Sportwissenschaft, Gebbertstr 123b, 91058 Erlangen



Liebe Eltern!

Wie Sie wissen, liegt ein wesentlicher Schwerpunkt des „FIT“-Projektes auf der Untersuchung, inwieweit Sie und besonders Ihr Kind mit den wichtigen Mineralstoffen Eisen und Jod versorgt sind. Denn eine ausreichend hohe Versorgung mit diesen beiden Nährstoffen ist besonders wichtig für eine gute Entwicklung im Kindesalter und zur allgemeinen Steigerung der Leistungsfähigkeit.

Leider ist es immer noch Tatsache, daß ein großer Teil der Kinder nicht genügend Eisen und Jod über die Nahrung aufnehmen. Um festzustellen, wieviel Eisen und Jod Ihr Kind, das inzwischen in die zweite Klasse geht, mit der täglichen Nahrung zu sich nimmt, haben Sie bereits im Frühjahr '98 ein Ernährungsprotokoll über drei Tage geführt. In Zusammenarbeit mit der Bayerischen Landesanstalt für Ernährung (LfE) in München möchten wir noch zusätzlich eine sogenannte „Duplikatsammlung“ durchführen. Hierbei handelt es sich um eine labortechnische Bestimmungsmethode der Nährstoffe, im Gegensatz zur bisherigen computergestützten Auswertung der Ernährungsprotokolle. Die Duplikatsammlung stellt eine der genauesten und zuverlässigsten Methoden dar und erhöht damit wesentlich die Aussagekraft der Ergebnisse.

Auf Grund der Bedeutung des Themas, bitten wir Sie deshalb erneut um Ihre tatkräftige Unterstützung und Teilnahme an der 3-tägigen Verzehrsstudie!

Wie läuft die Verzehrsstudie ab?

Die Eltern oder ein Elternteil erklärt/en sich bereit, für ihr Kind an 3 verschiedenen Tagen jeweils die doppelte Portion des gesamten Tagesverzehrs an Lebensmitteln, Speisen und Getränken (sogenannte „24h-Nahrungsduoplikate“) in speziellen Behältnissen zu sammeln. Zusätzlich ist für Ihr Kind jeden Tag ein Ernährungsprotokoll zu führen. Sammel- und Transportgefäß werden zur Verfügung gestellt.

Vergütung

Aufwandsentschädigungen werden mit **DM 100.-** erstattet. Ihr Kind erhält zusätzlich ein kleines Überraschungsgeschenk für die Mühe.

Welcher Zeitraum ist vorgesehen?

Die Verzehrsstudie findet im Frühjahr '99 statt. Die 3-tägige Sammelperiode (Sonntag, Montag, Dienstag) wird mit Ihnen, unter Berücksichtigung Ihres persönlichen Terminplans, festgelegt.

Welche Vorteile bringt eine Teilnahme?

Sie erhalten für Ihr Kind kostenlos die chemisch-analytisch ermittelte Versorgung an zugeführtem Eisen und Jod über die tägliche Nahrung. Die Möglichkeit einer gezielten Verbesserung der Zufuhr kann einer eventuell eingeschränkten Entwicklung und Leistungsfähigkeit vorbeugen. Weiterhin erfahren Sie den berechneten Gesamtnährstoffgehalt der täglich verzehrten Nahrung. Ein Vergleich mit den Ergebnissen des letzjährig geführten Ernährungsprotokolls Ihres Kindes bietet die Möglichkeit der Kontrolle. Vielleicht hat sich inzwischen schon eine Verbesserung bei ungenügender Nährstoffzufuhr eingestellt.

Die ermittelten Ergebnisse werden selbstverständlich unter Wahrung des Datenschutzes anonym ausgewertet!

Helfen Sie bitte mit, die Versorgung unserer Grundschulkinder mit den wichtigen Mineralstoffen Eisen und Jod ermitteln zu können. Rechtzeitige Vorsorge leistet einen erheblichen Beitrag zur Gesundheit Ihrer Kinder und der gesamten Bevölkerung.

Wenn Sie und Ihr Kind Interesse haben unter den o.g. Bedingungen mitzuwirken, setzen Sie sich bitte baldmöglichst mit Frau Dipl. oec. troph. Sabine Verwied-Jorky (Tel. 09131/50 25 10) in Verbindung. Dort erfahren Sie alle weiteren Maßnahmen und Informationen.

Mit freundlichen Grüßen,
Ihre Arbeitsgruppe „FIT“

Abb. A15: Einverständniserklärung für die Teilnahme des Kindes an der Duplikatsammlung

Name, Vorname des Kindes (bitte in Druckschrift)

Code, Initialen

Wohnung (PLZ, Ort, Straße, Hausnummer)

Telefon

Schule, Klasse

Einverständniserklärung

Mit der freiwilligen Teilnahme meines Kindes an der Verzehrsstudie erkläre ich mich einverstanden. Mein Kind ist über die Untersuchung informiert worden und ist ebenfalls mit einer Teilnahme einverstanden.

Ich versichere, daß ich alle versuchsbedingt erforderlichen Angaben wahrheitsgemäß und korrekt anfertige, die Anweisungen zum Sammeln und Aufbewahren der mengenmäßig gleichen Verzehrsportion (= Nahrungsduplikat) strikt einhalte sowie die bisherigen Ernährungsgewohnheiten meines Kindes während der Versuchsperiode nicht beinflusse oder ändere.

Mir ist bekannt, daß während der 3 verschiedenen Versuchstage die Nahrungsduplikate jeweils über 24h zu sammeln sind. Der Versuchszeitraum wird unter Berücksichtigung meines Terminplans festgelegt. Die zum Sammeln erforderlichen Gerätschaften werden mir unentgeltlich für die Dauer des Versuchs zur Verfügung gestellt.

Als Aufwandsentschädigung erhalte ich eine Pauschale von DM 100,- für die 3-tägige Sammelperiode.

Meine Angaben und die meines Kindes werden streng vertraulich behandelt und dürfen nur für wissenschaftliche Zwecke im Rahmen der Verzehrsstudie („FIT“-Projekt) verwendet werden.

Ich möchte, daß mein Kind an der Verzehrsstudie teilnimmt.
 Ich möchte, daß mein Kind an der Verzehrsstudie *nicht* teilnimmt.

An den Auswertungen der Angaben meines Kindes bin ich

interessiert
 nicht interessiert

Ort, Datum

Unterschrift des/der Erziehungsberechtigten

Geldinstitut/Ort

BLZ

Kontonummer

Abb. A16: Erhebungsbogen über sportmotorische Tests und anthropometrische Daten der Kinder

Kinder: Datum _____	Code _____									
Schule _____	Alter _____	Geburtsdatum <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table>								
Krafttests										
<i>Handkraft links</i>	_____	kg								
<i>Handkraft rechts</i>	_____	kg								
<i>Händigkeit</i>	rechts <input type="checkbox"/>	links <input type="checkbox"/>	beidhändig <input type="checkbox"/>							
Armbeugerkraft										
<i>Übung 3 geschafft</i> (Langhang)	<i>Übung 2 geschafft</i> (Hüftwinkel 90°)	<i>Übung 1 geschafft</i> (Schrägliegehang)	nicht geschafft							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
Armstreckerkraft										
<i>Übung 3 geschafft</i> (Beugestütz an Holmen)	<i>Übung 2 geschafft</i> (Liegestütz rücklings)	<i>Übung 1 geschafft</i> (Schrägliegestütz)	nicht geschafft							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
Bauchmuskelkraft										
<i>Übung 3 geschafft</i> (Arme in Nackenhalte)	<i>Übung 2 geschafft</i> (Arme in Tiefhalte)	<i>Übung 1 geschafft</i> (mit Armschwung)	nicht geschafft							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
Ausdauertests										
<i>Harvard-Step-Test</i>	_____ Sekunden									
Herzfrequenz/min:										
vor Belastung	unmittelbar	nach 60 sek.	nach 90 sek.	nach 120 sek.						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
Beweglichkeitstests										
<i>„Janda-Tests“</i>										
<i>Test 1 (M. triceps surae)</i>	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein								
<i>Test 2 (M. rectus femoris)</i>	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein								
<i>Test 3 (M. ischiocruralis) links</i>	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein								
<i>(M. ischiocruralis) rechts</i>	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein								

„Rumpfbeugen vorwärts“ _____ cm
 – = oberhalb des Standniveaus
 + = unterhalb des Standniveaus

Koordinationstests

Seilspringen _____ Wh/30 sek.
 Ballwerfen _____ Wh/30 sek.

Schnelligkeitstest

Tapping sitzend (Hz = T. pro sek.) _____ /Hz.
 Handtapping _____ /Hz

Anthropometrische Daten

Blutdruck

	systolisch (mmHg)	diastolisch (mmHg)
links	_____	_____
rechts	_____	_____

Taillenumfang _____ cm Hüftumfang _____ cm
 Körpergröße _____ cm

Bioelektrische Impedanzanalyse

Altes Gerät, TBF 305) nicht nüchtern
 Fettmasse /-anteil _____ / _____ kg / % KG (BIA) _____ kg

Neues Gerät, TBF 305 nüchtern

Widerstand	_____ Ω	Fettfreie Masse	_____ kg	KG (BIA)	_____ kg
Fettmasse /-anteil	_____ / _____ kg / %	Gesamtkörperwasser	_____ kg		

Datum: _____

Blutabnahme	_____	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Urinprobe abgegeben	_____ ml	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Abgabe EP + Fragebögen	_____	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die an der Entstehung dieser Arbeit beteiligt waren.

Mein besonderer Dank gilt Professor Dr. B. Koletzko für die Überlassung des Themas und für die Möglichkeit selbstständig und eigenverantwortlich in der FIT-Studie arbeiten zu dürfen. Ich danke für die Betreuung und die Unterstützung bei der Durchführung der FIT-Studie sowie für das mir entgegengebrachte Verständnis und Vertrauen bei der Fertigstellung der Arbeit.

Weiterhin möchte ich Professor Dr. A. Sönnichsen sehr herzlich für sein Engagement und sein Vertrauen in mich danken und für die gute und freundschaftliche Zusammenarbeit bei der Vorbereitung und Durchführung der Untersuchungen der FIT-Studie sowie für seine große Unterstützung in medizinischen Fragen.

Auch PD Dr. Dr. J. Weineck gilt mein Dank für die gute und angenehme Zusammenarbeit bei den Durchführungen der sportmotorischen Untersuchungen im Institut für Sportwissenschaft der Universität Erlangen.

Mein herzlicher Dank geht ebenfalls an Monika Volk, die mir bei der Durchführung der Duplikatsammlung mit großem Engagement zur Seite stand sowie an die Diplomandin Anke Ballerstedt, die mich bei der Durchführung der anthropometrischen Messungen und Auswertung der Ernährungsprotokolle tatkräftig unterstützt hat.

Ferner fand ich tatkräftige Unterstützung bei Dr. M. Rauh, Stoffwechsellabor der Kinderklinik Erlangen und seinem Team und danke herzlich für die angenehme und unkomplizierte Zusammenarbeit bei der Probenaufbereitung und Analyse verschiedener Blut- und Urinparameter. Auch bei Dr. M. Wick und seinen Mitarbeitern des Labors für Klinische Chemie in Großhadern, München, möchte ich mich herzlich für die Analyse einiger Parameter des Eisenstoffwechsels bedanken sowie bei Dr. J. Demmelmair, Frauke Lehner und Mitarbeitern des Stoffwechsellabors des Haunerschen Kinderspitals, München, für weitere Blutanalysen. Bei Dr. Kibler bedanke ich mich für die gute Zusammenarbeit bei der Vorbereitung und Durchführung der Duplikatsammlung. Dem Labor der Landesanstalt für

Ernährung (LfE), München, sowie dem Labor am Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik der Ludwig-Maximilian-Universität, München, danke ich für die laborchemische Analyse der Proben aus der Duplikatsammlung.

Insbesondere möchte ich Dr. J. Demmelmair danken, dass er mich bei kleinen und größeren Problemen immer sofort hilfsbereit und mit guten Lösungen unterstützt hat.

Weiterhin möchte ich mich bei allen Lehrkräften und besonders bei allen Eltern und Kindern ganz herzlich für ihre große Bereitschaft und ihr Engagement bedanken, ohne die diese Untersuchung nicht möglich gewesen wäre.

Mein besonderer Dank gebührt meinen Eltern, die mir diesen Weg ermöglicht haben und meiner Familie (meinem Mann und besonders meinen wundervollen Kindern) für ihre große Geduld und ihr Verständnis während der ganzen Zeit der Promotion.

Lebenslauf

Name: Sabine Verwied-Jorky, Dipl. oec. tropf.
Geburtsdatum: 24.04.1969
Geburtsort: Kaufbeuren
Familienstand: verheiratet, drei Töchter
Staatsangehörigkeit: deutsch
Anschrift: Bettina-von-Arnim-Str. 7, 87600 Kaufbeuren,

Ausbildung:

Schule:
09/1975 - 08/1979 Grundschule Kaufbeuren-Neugablitz
09/1979 - 05/1988 Marien-Gymnasium Kaufbeuren, Abitur

Studium:
11/1989 - 11/1991 Studium der Oecotrophologie an der TUM Freising/Weihenstephan, Vordiplom
11/1991 - 10/1994 Studium der Oecotrophologie an der JLU Gießen, Fachrichtung Ernährungswissenschaft, Diplom

Thema der Diplomarbeit:

”Tierexperimentelle Studie zum Einfluß ausgewählter Ballaststoffe auf die fäkale Ausscheidung von Cholesterin und Gesamtlipiden”

Berufliche Tätigkeit:

11/1994 - 12/1996 Wissenschaftliche Mitarbeiterin bei Frau Prof. Dr. agr. M. Neuhäuser-Berthold am Institut für Ernährungswissenschaft der JLU Gießen
08/1997 – 08/1999 Wissenschaftliche Mitarbeiterin bei Prof. Dr. med. Dr. phil. J. Weineck am Institut für Sportwissenschaft der FAU Erlangen
08/1997 - 03/2000 Doktorandin bei Prof. Dr. med. B. Koletzko an der Kinderklinik und Kinderpoliklinik der LMU München
09/1999 – 03/2000 Stipendium der Stiftung Kindergesundheit, München
seit Mai 2001 Wissenschaftliche Mitarbeiterin bei Prof. Dr. med. B. Koletzko, Abt. Stoffwechselerkrankungen & Ernährungsmedizin, Dr. von Haunersches Kinderspital der LMU München

Erziehungszeiten:
05/2000 – 04/2001
10/2003 – 02/2004
10/2006 – 10/2007

Auslandsaufenthalt: Einjähriger USA - Aufenthalt (1988/1989)

Veröffentlichungen

1. Monika Neuhäuser-Berthold, Susanne Beine, Sabine Ch Verwied, Petra M Lührmann: Coffee consumption and total body water homeostasis as measured by fluid balance and bioelectrical impedance analysis. *Ann Nutr Metab* 41: 29-36, 1997
2. M. Rauh, S. Verwied, I. Knerr, H.G. Dörr, A. Sönnichsen, B. Koletzko. Homocysteine concentrations in a German cohort of 500 individuals: Reference ranges and determinants of plasma levels in healthy children and their parents. *Amino Acids* 20: 409-418, 2001
3. Sabine Verwied-Jorky, Andreas Sönnichsen, Jürgen Weineck, Berthold Koletzko. Height and weight of German primary school children in the Family Intervention Trial (FIT) Erlangen. *Eur J Nutr* 42: 165-170 (2003)
4. Sabine Verwied-Jorky, Silvia Scaglioni, Fiammetta Vecchi, Veronica Luque, Francoise Martin, Sarah Queverue, Anna Stolarczyk, Berthold Koletzko, EU Childhood Obesity Project Team. Dietary assessment methods used in the European Childhood Obesity Project (CHOP) (eingereicht)

Abstracts/Poster

1. Floto S, Most E, Verwied S, Vetter A, Weigand E: Einfluß ausgewählter Ballaststoffe auf Serum-cholesterinspiegel und fäkale Ausscheidung von Gallensäuren und Lipiden bei der Ratte. *Z Ernährungswiss* 34 (1): 84, 1995
2. B. Herbert, P. Lührmann, S. Verwied, A. Sültemeier, H. Philippi, H.-U. Klör, M. Neuhäuser-Berthold: Body Mass Index, Fettmasse, Waist-Hip-Ratio und Serumlipidspiegel von Gießener Senioren. *Z Ernährungswiss* 36 (1): 100, 1997
3. S Verwied-Jorky, A Sönnichsen, J Weineck, B Koletzko: Nahrungszufuhr und Übergewicht bei Grundschülern. *Monatsschr. Kinderheilkd.* 147 (8) Suppl. 2: S 50, 1999 (Abstract/Vortrag)
4. Rauh M, Verwied S, Knerr I, Sönnichsen A, Koletzko B: Hyperhomocysteinämie und Vitaminstatus bei gesunden Kindern und ihren Eltern. *Monatsschr. Kinderheilkd.* 147 (8) Suppl. 2: S 176, 1999
5. B Kusser, T Koch, E Maier, S Verwied-Jorky, A Sönnichsen, A Roscher, Koletzko B: Prävalenz der 677 C→T Mutation im Gen für die Methylentetrahydroxyfolatreduktase (MTHFR) bei deutschen Schulkindern und ihren Familien. *Monatsschr. Kinderheilkd.* 147 (8) Suppl. 2: S 174, 1999
6. S Verwied-Jorky, M Wick, M Rauh, P Doerr, A Sönnichsen, B Koletzko: Lösliche Transferrinrezeptoren bei Grundschülern. *Klin. Pädiatr.* 212: S93, 2000
7. M Rauh, S Verwied-Jorky, M Gröschl, A Sönnichsen, B Koletzko, HG Dörr: Aktueller Stand der Jodversorgung bei Erlanger Schulanfängern. *Klin. Pädiatr.* 212: S126, 2000
8. S. Verwied-Jorky, A. Sönnichsen, M. Wick, P. Cremer, M. Rauh, H. Dörr, B. Koletzko: Die Eisen- und Jodversorgung im Kindesalter – Ergebnis einer bayerischen Studie. Tagung am 8. November 2000 im Europäischen Patentamt München

9. Abschlussbericht an das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München über die Eisen- und Jodversorgung bei Erlanger Kindern und Erwachsenen, März 2000
10. Abschlussbericht an das Institut Danone für Ernährung e.V. über die Eisenversorgung bei Kindern im Grundschulalter im Rahmen des Family-Intervention-Trial (FIT)-Erlangen, Mai 2000
11. Dipl. oec. troph. Sabine Verwied-Jorky, A. Sönnichsen, B. Koletzko: Eisenversorgung bei Grundschülern. Proc. Germ. Nutr. Soc. 3: 25, 2001 (Abstract/Vortrag)
12. M. Rauh, S. Verwied-Jorky, M. Gröschl, A. Sönnichsen, B. Koletzko, H.G. Dörr: Aktueller Stand der Jodversorgung bei Erlanger Schulanfängern. Monatsschr Kinderheilkd 151: 957-961, 2003
13. G. Engelhardt, R. Kibler, R. Arnold, S. Verwied-Jorky, B. Koletzko: Die tägliche Aufnahme von Ochratoxin A über die Gesamtnahrung – Ergebnisse einer Duplikatstudie bei bayerischen Schulkindern (Poster).

München, 21.03.2007