

Aus der Klinik für Allgemeine Pädiatrie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Ertan Mayatepek

**Gesunde Ernährung bei Kindern mit Typ 1-Diabetes.
Möglichkeiten der Intervention.**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Medizin

Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf

vorgelegt von

Mareen Wolters

2011

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez. Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf
Dekan

Referent: Priv.-Doz. Dr. Meißner
Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Schloot

Danksagung

An erster Stelle möchte ich Herrn PD Dr. med. Meissner für das Vertrauen bei der Durchführung der Pilotstudie und die ausgezeichnete Betreuung während dieser Arbeit danken.

Ebenso danke ich der beteiligten Kinderklinik und dem Schulungsteam der Uniklinik Düsseldorf für die gelungene Unterstützung und Zusammenarbeit. Besonderen Dank gilt Frau Grotzke und Dr. med. J. Marquard für ihr großes Engagement.

Auch die hervorragende Zusammenarbeit mit der Universität Paderborn habe ich sehr geschätzt. Insbesondere danke Frau Dr. rer.nat. A. Stahl für ihre außerordentliche Hilfe bei der Datenauswertung.

Aber erst die Familien, die sich bereit erklärt haben, an der Pilotstudie teilzunehmen, haben diese Arbeit ermöglicht und verdienen meinen recht herzlichen Dank.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorgelegte Dissertation eigenständig und ohne unerlaubte Hilfsmittel angefertigt habe. Die Dissertation wurde in der vorgelegten oder in ähnlicher Form noch bei keinem anderen Institut eingereicht. Ich habe bisher keine erfolglosen Promotionsversuche unternommen.

Düsseldorf, den 20.12.2010

Mareen Wolters

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
1. Einleitung	1
1.1. Grundlagen des Typ-1 Diabetes	2
1.1.1 Definition	2
1.1.2 Prävalenz und Inzidenz des Typ 1-Diabetes	2
1.1.3 Diagnostik	3
1.1.4 Therapie	4
1.2 Aktuelle Studienlage zur Ernährung von Kindern in Deutschland	5
1.3 Aktuelle Ernährungsempfehlungen	7
1.3.1 Allgemeine Ernährungsempfehlungen für Kinder und Jugendliche	7
1.3.2 Ernährungsempfehlungen für Kinder mit Typ 1-Diabetes	11
1.4 Ernährungsmodelle der vorliegenden Studie	15
1.5 Fragestellung und Ziele der Studie	17
2. Probanden, Material und Methoden	19
2.1 Probanden	19
2.1.1 Rekrutierung, Information und Einwilligung	19
2.1.2 Einschlusskriterien	20
2.2 Studiendesign	20
2.3 Evaluation des Ernährungsverhaltens	23
2.4 Qualitätssicherung	25
2.5 Statistik	26
3. Ergebnisse	27
3.1 Vergleich Probanden vs. Kollektiv	27
3.2 Vergleich der Energieaufnahme Probanden vs. EsKiMo	29
3.3 Evaluation der Ernährungsumstellung: OptimiX vs. Low-GL	31
3.4 Vitamin D Zufuhr Probanden vs. EsKiMo	41
4. Diskussion	42
4.1 Wissenschaftlicher Diskurs zur Ernährung von Kindern mit Typ 1-Diabetes und Stoffwechselgesunden	43
4.1.1 Stellenwert der Ernährung im Therapieregime des Typ 1-Diabetes bei Kindern	43

4.1.2 Ernährungsverhalten von stoffwechselgesunden Kindern in Deutschland	45
4.1.3 Ernährung der Probanden vs. gesunder Gleichaltriger	46
4.2 Ergebnisdiskussion zur Ernährung der Probanden prä und post interventionem	48
4.3 Einfluss des GI bzw. GL auf die glykämische Kontrolle	49
4.3 Auswirkungen der Ernährungsmodelle auf die Komposition der Makro- und Mikronährstoffe	51
5. Schlussfolgerung	53
6. Zusammenfassung	54
7. Literaturverzeichnis	56
8. Lebenslauf	68
9. Anhang	69
A I. Altersentsprechende Lebensmittelverzehrsmengen	69
A II. Lebensmittelpyramiden nach OptimiX	70
A III. Ernährungspyramide der ISPAD	72
A IV. Ernährungspyramiden nach Ludwig und Willet	73
A V. Einverständniserklärung	74
A VI. Fragebogen zur Lebensqualität	75
A VII. Beispielseiten aus dem Fotobuch	76

Abkürzungsverzeichnis

ADA	American Diabetes Association
BMI	Body Mass Index
BE	Broteinheiten
BZ	Blutzucker
D-A-CH-Referenzwerte	Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr in Deutschland, Österreich und der Schweiz
DDG	Deutsche Diabetes-Gesellschaft
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DPV	Diabetessoftware zur prospektiven Verlaufsdokumentation
DS	Disaccharide
DONALD Studie	Dortmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed Study
EsKiMo-Studie	Ernährungsstudie als KiGGS-Modul
FKE	Forschungsinstitut für Kinderernährung
GI	Glykämischer Index
GL	Glykämische Last
IIT	Intensivierte Insulintherapie
IQS	Intake Quality Score

ISPAD	International Society of Pediatric and Adolescent Diabetes
KE	Kohlenhydrateinheiten
KH	Kohlenhydrate
KIGGS	Kinder- und Jugendgesundheitssurvey
MS	Monosaccharide
NQI _{Menge}	Nutritional Quality Index der Nährstoffmenge
n. s.	statistisch nicht signifikantes Ergebnis
NVS	Nationale Verzehrsstudie
p	p-Wert, Fehlerwahrscheinlichkeit
PS	Polysaccharide
PS E	Polysaccharide in der EsKiMo-Gruppe
RKI	Robert Koch Institut
SD	Standardabweichung
SDS	Standard Deviation Score
VELS-Studie	Verzehrsstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: DGE-Ernährungskreis	8
Abbildung 2: Glykämischer Index.....	16
Abbildung 3: Schematische Darstellung des Studienverlaufs	21
Abbildung 4: Gruppenbildung.....	22
Abbildung 5: Beispielseite aus dem Ernährungstagebuch	24
Abbildung 6: Altersverteilung Probanden vs. Kollektiv	28
Abbildung 7: Probanden vs. Kollektiv bzgl. des BMI	28
Abbildung 8: Probanden vs. EsKiMo bzgl. Makronährstoffe	30
Abbildung 9: Gesamtenergiezufuhr Optimix vs. Low-GL	33
Abbildung 10: Optimix vs. Low-GL bzgl. der KH-Zufuhr	34
Abbildung 11: Optimix vs. Low-GL bzgl. der Fett-Zufuhr	35
Abbildung 12: Optimix vs. Low-GL bzgl. der Ballaststoffzufuhr	36
Abbildung 13: KH-Zusammensetzung der Probanden vor Intervention ...	37
Abbildung 14: Optimix vs. Low-GL bzgl. relativer MS- und PS-Zufuhr	38
Abbildung 15: Optimix vs. Low-GL bzgl. des HbA _{1c}	39
Abbildung 16: Optimix vs. Low-GL bzgl. des NQI _{Menge}	40
Abbildung 17: Probanden vs. EsKiMo bzgl. des IQS für Vitamin D.....	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Referenzwerte der Energieaufnahme.....	8
Tabelle 2: Richtlinien zu Verzehrsmengen in Optimix	10
Tabelle 3: Zusatzkriterien für die Lebensmittelauswahl.....	11
Tabelle 4: Empfohlene Angaben der DDG zu den einzelnen Nahrungsbestandteilen mit Evidenzbelegen	14
Tabelle 5: Probanden vs. Kollektiv	27
Tabelle 6: Probanden vs. EsKiMo	29
Tabelle 7: Optimix vs. Low-GL.....	32

1. Einleitung

Das Ernährungsmanagement im Therapiekonzept des Typ 1-Diabetes im Kindesalter ist ein sehr komplexes Thema. Lange wurde ihm in den Leitlinien eine die Insulintherapie nur ergänzende Rolle zugeschrieben [1]. Das Hauptaugenmerk der Therapie wird auch in den amerikanischen Leitlinien auf die Insulintherapie gelegt [2, 3]. In den aktuellen Empfehlungen der International Society of Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD) wird das Ernährungsmanagement mittlerweile allerdings als ein Grundstein der Therapie des Typ 1-Diabetes bezeichnet [4].

Trotz der verbesserten Möglichkeiten sich gesund zu ernähren, nimmt das Problem der Fehlernährung und Adipositas im Kindes- und Jugendalter, auch bei Kindern mit Typ 1-Diabetes, stark zu [5-7]. Das spezifisch auf Kinder ausgerichtete Lebensmittelangebot, das Spektrum an nährstoffangereicherten und Convenience-Produkten sowie auch an „Fast Food“ hat sich in den letzten Jahren deutlich erweitert. Diese Veränderungen sowie der Trend zu einem eher sitzenden Lebensstil können eine Erklärung für die zunehmende Problematik von Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter sein [7]. Dabei kommt der Ernährung im Hinblick auf die Erhaltung und Förderung von Gesundheit eine entscheidende Rolle zu. Insbesondere für Kinder ist eine an den Bedürfnissen angepasste Ernährung notwendig, um optimale körperliche und geistige Entwicklung zu gewährleisten [8]. Um genaue Ernährungsempfehlungen in Deutschland erstellen zu können, musste zunächst eine Datenerhebung zum Lebensmittelverzehr von Kindern erfolgen. Neben der von 1985-89 durchgeführten Nationalen Verzehrsstudie (NVS) wurde ebenfalls 1985 vom Forschungsinstitut für Kinderernährung (FKE) in Dortmund die DONALD Studie (Dortmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed Study) ins Leben gerufen [9]. Eine umfassende Datenerhebung zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen erfolgte schließlich 2003-2006 mittels des Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS) durch das Robert Koch Institut (RKI) (Kapitel 1.2).

Das FKE ermittelte in der DONALD-Studie, dass die Kohlenhydrataufnahme von Kindern und Erwachsenen aus Europa und Nordamerika in den letzten Jahren gestiegen und die Fettaufnahme gesunken ist. Süßigkeiten, gesüßte Soft Drinks, Plätzchen, Kuchen und Salzgebäck machten dabei den größten KH-Anteil aus. Damit sind die kohlenhydrathaltigen Nahrungsmittel zunehmend durch einen

hohen glykämischen Index (GI) bzw. eine hohe glykämische Last (GL) gekennzeichnet [9, 10]. Mittels des GI wird die postprandiale KH-Absorption quantifiziert. Nach einer von einem hohen GI gekennzeichneten Mahlzeit lassen sich beispielsweise hohe Blutzucker- (BZ) als auch Insulinspiegel nachweisen. Pathophysiologisch könnten sich die raschen, hohen BZ-Anstiege negativ auf die glykämische Kontrolle von Diabetikern auswirken [11].

Es ist unklar, inwiefern sich die Ernährung von Kindern mit Typ 1-Diabetes von gesunden Gleichaltrigen unterscheidet und welches Ernährungsmanagement im Therapieregime sinnvoll ist. Die vorliegende Pilotstudie wurde durchgeführt, um diesbezüglich Daten zu erheben und zukünftigen Studien einen zu vertiefenden Ansatz zu bieten. Bevor das Design der Studie im nächsten Kapitel erläutert wird, soll zunächst ein kurzer Überblick zur Klassifikation des Diabetes mellitus gegeben werden. Anschließend werden die aktuellen Studien zur Ernährungsevaluation von Kindern in Deutschland vorgestellt und ergänzend die gegenwärtigen Ernährungsempfehlungen zusammengefasst. Am Ende dieses Kapitels sollen schließlich die in der vorliegenden Studie angewandten Ernährungsmodelle sowie Fragestellungen und Ziele der Studie im Detail erläutert und die Begrifflichkeit des GI bzw. der GL definiert werden.

1.1. Grundlagen des Typ-1 Diabetes

1.1.1 Definition

Per Definition ist der Diabetes mellitus ein Sammelbegriff für heterogene Störungen des Stoffwechsels, deren Leitbefund die chronische Hyperglykämie ist. Ursache für den Typ 1-Diabetes ist eine meist immunologisch vermittelte β -Zellerstörung, die zu einem absoluten Insulinmangel führt [12].

1.1.2 Prävalenz und Inzidenz des Typ 1-Diabetes

Der Anteil an Typ1-Diabetikern beträgt schätzungsweise 5% an allen Diabetespatienten [13]. Dabei macht der Typ 1-Diabetes über 90% der Diabetesfälle im jungen Lebensalter, d.h. unter 25 Jahren, aus [14]. Es leben schätzungsweise 21.000 bis 24.000 Kinder und Jugendliche in der Altersgruppe von 0 bis 19 Jahre mit einem Typ 1-Diabetes in Deutschland, somit ist der Diabetes mellitus die häufigste Stoffwechselerkrankung im Kindesalter [15]. Das Haupterkrankungsalter liegt zwischen 10 und 12 Jahren, ein zweiter Gipfel besteht zwischen 5 und 6 Jahren [16].

Seit Beginn der 90er Jahre ist ein jährlicher Anstieg der Inzidenz des Typ 1-Diabetes bei Kindern und Jugendlichen unter 15 Jahren um 3% bis 3,6% zu beobachten. [17-19]. Die Gründe dieses kontinuierlichen Inzidenzanstiegs sind bisher ungeklärt. Der kurze Zeitraum dieser Entwicklung spricht jedoch für bisher unbekannte exogene Einflussfaktoren als Ursache dieses Trends [13].

1.1.3 Diagnostik

Das diagnostische Prozedere erfolgt bei Kindern analog zu den Erwachsenen.

Es gelten folgende Empfehlungen zur Diagnose des Diabetes mellitus [12]:

1. Kontrolle der venösen Gelegenheits-Plasmaglukose, bei
 - a. Klassischen Symptomen des Diabetes (Polyurie, Polydipsie, unerklärtem Gewichtsverlust)
 - b. Glukosurie
 - c. Gelegenheitshyperglykämie (zu irgendeiner Tageszeit, ohne Beziehung zu den Mahlzeiten)

Liegt der Wert ≥ 200 mg/dl (11,1 mmol/l), ist ein Diabetes mellitus diagnostiziert. Bei Werten ≥ 100 mg/dl (5,6 mmol/l) soll die weitere Diagnostik nach Schritt 2 erfolgen.

2. Bei einer venösen Gelegenheits-Plasmaglukose oder Nüchternglukose im venösen Plasma ≥ 100 mg/dl (5,6 mmol/l): Kontrolle der Nüchternglukose im venösen Plasma (Fastenperiode von mindestens 8 Stunden)

Bei Werten ≥ 126 mg/dl (7,0 mmol/l) wird eine wiederholte Messung empfohlen. Bei einer erneuten Bestätigung des Werts ist ein Diabetes mellitus diagnostiziert. Liegt der Wert zwischen 100 - 125 mg/dl (5,6 – 6,9 mmol/l), ist die Indikation zum oralen Glukosetoleranztest (OGTT) gegeben. Eine Kontrolle der Risikofaktoren, inklusive der Plasmaglukose, soll bei Blutzuckerwerten zwischen 90-99 mg/dl (5,0 – 5,5 mmol/l) erwogen werden.

3. OGTT (Werte sind für venöse Plasmaglukose angegeben):

Liegt der 2-h-Wert ≥ 200 mg/dl (11,1 mmol/l) ist ein Diabetes mellitus diagnostiziert. Bei einem 2-h-Wert < 200 mg/dl (11,1 mmol/l) und ≥ 140 mg/dl (7,8 mmol/l) liegt eine „Gestörte Glukosetoleranz“ (Impaired Glucose Tolerance) vor. Bei einem Nüchternwert ≥ 100 mg/dl (5,6 mmol/l) und < 126 mg/dl (7,0 mmol/l) liegt eine „Abnorme Nüchternglukose“ (Impaired Fasting Glucose) vor.

1.1.4 Therapie

In den Leitlinien der Deutschen Diabetes-Gesellschaft (DDG) wurden folgende Ziele für die medizinische Betreuung pädiatrischer Patienten mit Diabetes mellitus festgelegt [14, 20]:

- Vermeidung akuter Stoffwechselentgleisungen
- Prävention diabetesbedingter Folgeerkrankungen
- Normale körperliche Entwicklung (Längenwachstum, Gewichtszunahme, Pubertätsbeginn), altersentsprechende Leistungsfähigkeit
- Möglichst geringe Beeinträchtigung der psychosozialen Entwicklung; der Therapieplan sollte z.B. die soziale Integration nicht behindern

Das Behandlungsprinzip der Wahl bei Typ 1-Diabetes ist die lebensrettende Substitution des fehlenden körpereigenen Insulins [14]. Die Insulintherapie ist lebenslang durchzuführen und zentrales Thema des strukturierten Behandlungs- und Schulungsprogramms [21, 22]. Der Behandlungsstandard bei Kindern und Jugendlichen mit Typ 1-Diabetes ist wie bei Erwachsenen die intensivierete Insulintherapie (IIT). Diese sollte im Rahmen einer umfassenden Diabetesbetreuung durchgeführt und für jedes Kind individuell ausgerichtet sein [14, 23]. Die IIT hat auch als Basis-Bolus-Konzept in der Literatur Eingang gefunden [1, 24]. Der nahrungsunabhängige Insulinbedarf wird dabei durch ein Verzögerungsinsulin substituiert. Der prandiale Insulinbedarf wird durch ein Normalinsulin oder ein schnell wirkendes Insulin-Analogon als Bolusrate ersetzt. Dies erfordert die Berechnung der Broteinheiten (BE) oder KH-Einheiten (KE). Kinder und Jugendliche bzw. deren Eltern werden bezüglich des BE-Gehaltes von Nahrungsmitteln geschult. Mittels der IIT wird somit die Möglichkeit einer flexiblen Nahrungsaufnahme erreicht.

Da kein HbA_{1c}-Schwellenwert existiert unterhalb dessen das Risiko für Folgeerkrankungen minimiert werden kann, sind möglichst niedrige HbA_{1c}-Werte präventiv sinnvoll [25, 26]. Einem Expertenkonsens entspricht der Zielbereich für den HbA_{1c}-Wert < 7,5%, wobei jedoch das Therapieziel gemeinsam mit dem Patienten und dessen Eltern individuell festgelegt werden sollte. Es ist ein Kompromiss zu finden zwischen der Notwendigkeit, schwere Hypoglykämien zu verhindern, als auch die Entwicklung von Folgeerkrankungen, wie z.B. der diabetischen Mikroangiopathie, abzuwenden bzw. hinauszuzögern [20]. Auch die Ernährungsberatung ist ein Aspekt des Therapieplanes, um die

Stoffwechselkontrolle zu verbessern [14]. Somit wird sich das Ziel hinsichtlich der glykämischen Kontrolle individuell an dem orientieren, was psychosozial und metabolisch im Einzelfall möglich ist. In der Regel ist eine multidisziplinäre Betreuung in einem Diabeteszentrum zum Erreichen der Therapieziele erforderlich [20].

1.2 Aktuelle Studienlage zur Ernährung von Kindern in Deutschland

Von 2003 bis 2006 wurde die vom RKI initiierte KiGGS-Studie durchgeführt, um Daten über die Gesundheit von Kindern und Jugendlichen im Alter von 0 bis 17 Jahren in Deutschland zu erheben. 2006 schloss sich die Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo-Studie) an und untersuchte speziell die Ernährungssituation von Kindern im Alter von 6 bis 17 Jahren. Die hiesige Pilotstudie beschäftigt sich mit dem Thema der Ernährung von Kindern mit Typ 1-Diabetes. Um untersuchen zu können, inwiefern sich die Ernährung von Kindern dieser Subgruppe von stoffwechselgesunden Gleichaltrigen unterscheidet, wurden die erhobenen Daten zum Nahrungsverzehr der Probanden der vorliegenden Pilotstudie mit den Ergebnissen der EskiMo-Studie bei analoger Methodik der Ernährungsevaluation verglichen. Deshalb soll zunächst ein Überblick über das Kinder- und Jugendgesundheitsurvey mit seinem Modul EsKiMo gegeben werden.

Das Kinder- und Jugendgesundheitsurvey

Bezüglich der Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland mangelte es an bundesweit vergleichbaren Daten. Mit dem Anliegen, verknüpfbare Daten zur körperlichen, seelischen und sozialen Gesundheit von Kindern und Jugendlichen zu erlangen, wurde von Mai 2003 bis Mai 2006 die KiGGS-Studie durch das RKI durchgeführt [27]. KiGGS ist somit die erste repräsentative Studie in Deutschland, die diese Thematik umfassend untersucht [28, 29].

Durchgeführt wurde die KiGGS-Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit sowie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Es wurden 17.641 Kinder und Jugendliche (8656 Mädchen und 8985 Jungen) im Alter von 0 bis 17 Jahren aus 167 Städten und Gemeinden der Bundesrepublik Deutschland einbezogen. Neben soziodemographischen Daten wurden unter anderem Themenbereiche wie Ernährung, Essstörungen, Adipositas, subjektive

Gesundheit, Gesundheitsverhalten und Freizeitaktivitäten erfasst. Die Ergebnisse sollten Problemfelder und Risikogruppen identifizieren, Gesundheitsziele definieren und Ansätze für Interventionen und Prävention entwickeln [27, 30, 31]. Die KiGGS-Studie wurde modular aufgebaut, um neben der Ernährung auch auf andere wichtige Aspekte, wie z.B. die Thematik des Gesundheitsverhaltens, tiefer eingehen zu können. Die Kernstudie KiGGS wurde somit um vier weitere Studien zu speziellen Themen erweitert und um eine landesweite Stichprobenaufstockung ergänzt. Dazu gehören das Motorik-Modul, das Modul für psychische Gesundheit, das Landesmodul Schleswig-Holstein, das Kinder-Umwelt-Survey sowie das Ernährungsmodul EsKiMo [32].

Für die Kernstudie KiGGS füllten die Eltern Fragebögen zur Gesundheit ihrer Kinder aus [29]. Zusätzlich wurde am RKI ein neuer Ernährungsfragebogen (Food Frequency Questionnaire) entwickelt, mit dem retrospektiv von etwa 50 Lebensmittelgruppen die durchschnittlichen Verzehrshäufigkeiten und Portionsmengen ermittelt wurden [33].

Die Ernährungsgewohnheiten werden dennoch mit dem in KiGGS eingesetzten Fragebogen nicht umfassend abgebildet. Um detaillierte und quantitative Einblicke gewinnen zu können, wurde als erste Nachfolgeerhebung des Kinder- und Jugendgesundheits surveys EsKiMo geplant und durchgeführt [34].

EskiMo-Studie

Die EsKiMo-Studie wurde vom RKI in Kooperation mit der Universität Paderborn, Fachgruppe Ernährung und Verbraucherbildung, durchgeführt und vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz finanziert. Die Erhebungsphase fand vom Januar bis Dezember 2006 statt. Die 2506 Teilnehmer wurden aus einer randomisierten Unterstichprobe der 6- bis 17-jährigen KiGGS-Teilnehmer gewonnen. Ziel der Studie war eine umfassende, repräsentative Bestandsaufnahme der Ernährungssituation von Kindern und Jugendlichen in diesem Altersbereich. Hierzu führten die Eltern der 6- bis 11-Jährigen ein Drei-Tage-Verzehrprotokoll, während die Jugendlichen im Alter von 12 bis 17 Jahren zu einem persönlichen Interviewtermin eingeladen wurden. In diesem Interview wurden die Teilnehmer zu ihrem Lebensmittelverzehr in den letzten vier Wochen befragt. Mit dem Ernährungsprotokoll wurden detaillierte Angaben zu Lebensmittelbezeichnungen, zu Menge, Ort und Zeitpunkt des Verzehrs sowie Zubereitung und Rezepte ermittelt [34]. Weiterhin wurden unter anderem der sozioökonomische Hintergrund, das Freizeit- und Diätverhalten, die

Nutzung von Schulverpflegung, gemeinsame Familienmahlzeiten als auch vorhandene Kochkenntnisse erfragt [35].

Insgesamt konnten somit umfangreiche, für Deutschland repräsentative Daten zum Nahrungsverzehr von Kindern und Jugendlichen erhoben werden. Die für diese Pilotstudie relevanten Ergebnisse der KiGGS- und insbesondere EsKiMo-Studie werden in Kapitel 4 mit den eigenen Ergebnissen dieser Pilotstudie verglichen und diskutiert.

Die Referenzwerte basieren in der KiGGS- und EsKiMo-Studie auf Ernährungsempfehlungen des FKE, der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) sowie auf denjenigen des Infodienstes Verbraucherschutz-Ernährung-Landwirtschaft (aid) [36-38]. Auch in der hier durchgeführten Pilotstudie sind diese Referenzen von Bedeutung und sollen zunächst erläutert werden. Insbesondere das vom FKE entworfene Konzept der Optimierten Mischkost OptimiX wird in der Pilotstudie aufgenommen und kommt deshalb detaillierter zur Darstellung.

1.3 Aktuelle Ernährungsempfehlungen

1.3.1 Allgemeine Ernährungsempfehlungen für Kinder und Jugendliche

Die derzeitigen Ernährungsempfehlungen für Kinder und Jugendliche in Deutschland basieren auf den Empfehlungen der DGE und des FKE.

Deutsche Gesellschaft für Ernährung

Auf der Basis aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse hat die DGE zehn Regeln für eine vollwertige Ernährung formuliert [37]. Diese Regeln basieren auf einer abwechslungsreichen Auswahl nährstoffreicher und dabei energiearmer Lebensmittel.

Die aktuelle Auflage der Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr wurde im Jahre 2000 gemeinsam von der Gesellschaft für Ernährung in Deutschland (DGE), Österreich (ÖGE) und der Schweiz (SGE/SVE) herausgegeben. Das kürzere Synonym „D-A-CH-Referenzwerte“ beinhaltet die üblichen internationalen Abkürzungen der drei Länder [39].

Für die tägliche Energieaufnahme von Kindern wurden bestimmte Referenzwerte entworfen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Referenzwerte der Energieaufnahme

Alter	Männlich	Weiblich
7- bis 10- Jährige	1900 kcal/d	1700 kcal/d
10- bis 13- Jährige	2300 kcal/d	2000 kcal/d
13- bis 15- Jährige	2700 kcal/d	2200 kcal/d

Bei Kindern und Jugendlichen sollen Kohlenhydrate >50%, Fett etwa 30-35% und Proteine etwa 10% der aufgenommenen Gesamtenergie betragen. Die konsumierten Kohlenhydrate sollen reich sein an Stärke, Ballaststoffen, sekundären Pflanzenstoffen und essentiellen Nährstoffen. Eine Ballaststoffmenge von etwa 24 g/d entspricht der empfohlenen Menge für männliche Erwachsene und sollte für Kinder realisierbar sein. Bezüglich des Spektrums der Fettsäuren sollen gesättigte Fettsäuren maximal 10%, mehrfach ungesättigte Fettsäuren etwa 7% und einfach ungesättigte Fettsäuren mindestens 10% der Gesamtenergie ausmachen [40]. Letztere gelten dabei als Austauschäquivalent für gesättigte Fettsäuren [1].

Zur Vermittlung von Ernährungsempfehlungen wurde als effektive visualisierte Darstellungsform der DGE-Ernährungskreis gewählt (Abbildung 1) [41]. Dieser soll die D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr in Empfehlungen für die Auswahl von Lebensmitteln umsetzen.



Abbildung 1: DGE-Ernährungskreis

Kernaussagen des Ernährungskreises sind, dass täglich aus allen 7 Lebensmittelgruppen gegessen, aber auch das Mengenverhältnis eingehalten werden soll. Eine Lebensmittelauswahl gemäß DGE-Ernährungskreis stellt eine bedarfsgerechte Zufuhr von Nährstoffen, Ballaststoffen und sekundären Pflanzenstoffen sicher und ist somit eine verlässliche Grundlage für die Umsetzung einer vollwertigen Ernährung [41, 42].

Ernährungsempfehlungen des Forschungsinstituts für Kinderernährung

Das FKE leistet wissenschaftliche und anwendungsorientierte Forschung im Bereich der Kinderernährung. Im Mittelpunkt steht die seit 1985 durchgeführte DONALD Studie, eine Langzeitstudie zu Ernährung, Stoffwechsel, Wachstum und Entwicklung von Säuglingen, Kindern und Jugendlichen. Sie bietet wichtige Informationen zur derzeitigen Kinderernährung. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit des FKE ist die Umsetzung der aktuellen Erkenntnisse der Wissenschaft in praktische Empfehlungen. Ein Ergebnis dieser Kombination zwischen Wissenschaft und Praxis ist die „Optimierte Mischkost Optimix“, ein Konzept für eine gesunde Ernährung von Kindern, Jugendlichen und Familien. Bei der Entwicklung von Optimix wurden wissenschaftliche als auch praktische Kriterien berücksichtigt. Erstere beachten, dass Optimix Kindern und Jugendlichen ausreichend Energie liefert und der Nährstoffbedarf entsprechend den Referenzwerten abgedeckt wird. Außerdem soll sie als frühe Präventionsmaßnahme von Zivilisationskrankheiten wie beispielsweise kardiovaskuläre Erkrankungen und Adipositas dienen. Als praktisches Kriterium wurden die in Deutschland üblichen Mahlzeitengewohnheiten sowie bekannte Essensvorlieben von Kindern und Jugendlichen berücksichtigt. Auch an die Verfügbarkeit und den Preis von Lebensmitteln wurde gedacht [36].

Da der Bedarf an Vitaminen und Mineralstoffen im Verhältnis zu den Richtwerten für die Energiezufuhr vom zweiten Lebensjahr bis ins Erwachsenenalter weitgehend konstant bleibt, gelten für Kinder und Jugendliche aller Altersgruppen dieselben Regeln für die Lebensmittelauswahl (Tabelle 2, Anhang AI.) [43].

In Optimix werden „empfohlene“ und „geduldete“ Lebensmittel unterschieden. Erstere decken den Nährstoffbedarf zu 100%, allerdings nur etwa 90% des Energiebedarfs. Somit können etwa 10% der Gesamtenergiezufuhr durch geduldete Lebensmittel wie Süßwaren, Knabberartikel und gesüßte Getränke gedeckt werden. Diese Berechnung basiert auf Referenzwerten für den Energiebedarf bei moderater körperlicher Aktivität.

Da die Verhältnisse der Lebensmittelgruppen untereinander für die individuelle Ernährung wichtiger sind als die absoluten altersgemäßen Verzehrsmengen, wurden in Optimix Empfehlungen für die Zusammensetzung der jeweiligen Mahlzeiten abgeleitet. Zudem wurden drei Regeln zu den Lebensmittelverzehrsmengen als kindgerechte, zusammenfassende Botschaft aufgestellt. Diese Regeln wurden grafisch mit den Ampelfarben grün für reichlich, gelb für mäßig und rot für sparsam dargestellt (Tabelle 2) [43].

Tabelle 2: Richtlinien zu Verzehrsmengen in Optimix

Reichlicher Verzehr	Getränke (kalorienfrei oder –arm) und pflanzliche Lebensmittel (Gemüse, Obst, Getreideerzeugnisse, Kartoffeln): 78% der Gesamtenergie (etwa zur Hälfte Getränke)
Mäßiger Verzehr	Tierische Lebensmittel (Milch, Milchprodukte, Fleisch, Wurst, Eier, Fisch): 17% der Gesamtenergie
Sparsamer Verzehr	Fett- und zuckerreiche Lebensmittel (Speisefette, Süßwaren, Knabberartikel): 5% der Gesamtenergie

In Optimix sind insgesamt fünf Mahlzeiten vorgesehen, die jeweils in zwei kalte und eine warme Hauptmahlzeit sowie zwei kleinere Zwischenmahlzeiten aufgeteilt werden. In den warmen Hauptmahlzeiten stellen Kartoffeln, Reis oder Nudeln den Hauptbestandteil dar. Dazu sollte reichlich Gemüse oder ein Rohkostsalat verzehrt werden. Dreimal in der Woche kann eine kleine Portion fettarmes Fleisch konsumiert werden, einmal pro Woche eine Mahlzeit mit Fisch. An den anderen Tagen sollen vegetarische Gerichte, beispielsweise mit Hülsenfrüchten oder anderem Getreide, bevorzugt werden. Die mengenmäßig wichtigsten Lebensmittel der kalten Hauptmahlzeit sind Milch oder Milchprodukte. Dazu können Obst oder Gemüserohkost, Getreideflocken als Müsli oder ein belegtes Brot verzehrt werden. Die Zwischenmahlzeiten werden üblicherweise vormittags und nachmittags gegessen und bestehen in Optimix aus Brot und Obst oder Gemüserohkost. Je nachdem, wie viel Milch zu den beiden kalten Hauptmahlzeiten verzehrt wird, können auch Milchprodukte als Zwischenmahlzeit dienen. Gelegentlich sind auch Lebensmittel aus der „geduldeten“ Gruppe erlaubt.

Da Kinder bezogen auf das Körpergewicht mehr Wasser brauchen als Erwachsene, sollen sie reichlich energiefreie oder –arme Getränke trinken.

Zur grafischen Darstellung wurden Mahlzeiten-Pyramiden entwickelt, um zu verdeutlichen, welche Lebensmittel zu den einzelnen Mahlzeiten gehören (Anhang All.) [36].

Dieses Konzept der Optimierten Mischkost wird durch Hinweise zur Lebensmittelauswahl ergänzt (Tabelle 3) [43].

Tabelle 3: Zusatzkriterien für die Lebensmittelauswahl

Getränke	Energiearm oder energiefrei
Getreide	> 50% aus Vollkorn
Obst, Gemüse	frisch, tiefgekühlt, 5 Portionen/d
Milch, Fleisch	Fettarm
Speisefette	Pflanzenöle (insbes. Rapsöl)
Speisesalz	+ Jod, Fluorid, Folsäure

Zusammenfassend werden unter Berücksichtigung dieser Empfehlungen die Referenzwerte für die Energie- und Nährstoffzufuhr für Kinder und Jugendliche erreicht sowie die aktuellen Empfehlungen zur Prävention ernährungsbedingter Krankheiten erfüllt [40, 43].

1.3.2 Ernährungsempfehlungen für Kinder mit Typ 1-Diabetes

Die aktuelle S3-Leitlinie der DDG lehnt sich an die Ziele der ISPAD zur Ernährungsberatung an [4, 20]. Beide Leitlinien werden im folgenden Abschnitt in ihren wichtigsten Aspekten zusammengefasst.

ISPAD-Leitlinie

Die ISPAD formuliert folgende Ziele des Ernährungsmanagements [4].

- Förderung gesunder Ernährungsgewohnheiten zum Erhalt bestmöglicher Gesundheit, lebenslange soziale Integration und gute Lebensqualität des Kindes und seiner Familie. Erleichtert werden soll dies durch Betreuungsmaßnahmen, die die Kompetenz der ganzen Familie im Umgang mit der Diabeteserkrankung sowie die Selbstständigkeit und Eigenverantwortung des Kindes/Adoleszenten stärken.

- Erstellen einer Tagesstruktur mit täglich drei ausgewogenen Mahlzeiten und adäquaten gesunden Zwischenmahlzeiten, um eine ausreichende Nährstoffzufuhr zu gewährleisten und eine gute glykämische Kontrolle zu erleichtern.
- Empfohlene Gesamtenergiezusammensetzung: KH >50%, Fett: 30-35%, Eiweiß: 10-15%
- Sicherstellung einer ausreichenden und angemessenen Ernährung für optimales Wachstum, einer guten Entwicklung sowie Gesundheit.
- Erzielung sowie Aufrechterhaltung einer guten glykämischen Kontrolle.
- Erzielung und Aufrechterhaltung eines idealen Körpergewichts. Dies beinhaltet auch die Aufforderung zu regelmäßiger körperlicher Aktivität.
- Prävention von akuten Komplikationen, u.a. Hypoglykämien.
- Prävention von mikro- und makrovaskulären Erkrankungen.
- Erhaltung der Lebensqualität.

Die Ernährungsempfehlungen der ISPAD basieren auf denjenigen für stoffwechselgesunde Kinder und Erwachsene [2, 44-46]. Sie entsprechen bezüglich der Energieaufnahme und der Verteilung der Makronährstoffe den Empfehlungen der DGE sowie des FKE (Kapitel 1.3.1) [4, 24]. Um die primären Ziele der Empfehlungen vereinfacht und anschaulich für Kinder zu illustrieren, wurde auch von der ISPAD eine Ernährungspyramide entworfen (Anhang AIII.) [4]. Einige Aspekte bezüglich gewisser Nährstoffe und Nahrungsmittelgruppen sind für Kinder mit Diabetes jedoch hervorzuheben.

Ballaststoffe

Insbesondere lösliche Ballaststoffe wie Pektin und Haferkleie sind empfehlenswert, da sie die KH-Resorption verlangsamen, den Lipidstoffwechsel verbessern und insgesamt die Beweglichkeit des Darms fördern [47]. Unlösliche Ballaststoffe wie beispielsweise Cellulose dienen hingegen als Quellstoffe durch Wasserbindung, wobei ein vermehrter Verzehr von einer erhöhten Flüssigkeitszufuhr begleitet sein sollte. Schätzungen zur Ballaststoffaufnahme von Kindern liegen in verschiedenen Ländern unterhalb der Referenzwerte [48]. Zur vereinfachten Berechnung der empfohlenen Ballaststoffmenge für Kinder älter als zwei Jahre kann folgende Faustregel angewandt werden:

Alter in Jahren + 5 = Ballaststoffmenge in g/Tag

Saccharose

Der Anteil von Saccharose soll maximal 10% der Gesamtenergie betragen. Dies entspricht den Empfehlungen des FKE. Übermäßiger Konsum von gesüßten

Getränken und Süßwaren sollte allerdings aufgrund der Gefahr einer Hyperglykämie vermieden werden. Ansonsten kann Saccharose zur Prävention und Behandlung von Hypoglykämien vor oder während körperlicher Aktivitäten sinnvoll sein. Es sollte bedacht werden, dass eine strikte Ablehnung von Saccharose-haltigen Nahrungsmitteln bedeutsame psychologische Folgen haben kann [24].

Obst und Gemüse

Kindern und Jugendlichen mit Diabetes mellitus wird der Konsum von reichlich Obst und Gemüse empfohlen, da diese Lebensmittel eine optimale Versorgung mit Vitaminen zur kardiovaskulären Protektion sichern und reichhaltig an Antioxidantien sind.

Diätetische Lebensmittel für Diabetiker und Süßstoffe

Nicht empfohlen werden Produkte, die speziell für Diabetiker entwickelt wurden, da sie häufig kalorien- und fettreich und zudem oft zusätzlich teuer sind. Zuckerarme oder -freie Lebensmittel sind im Vergleich geeigneter für Diabetiker. Auch Zuckeraustauschstoffe werden nicht empfohlen, da sie Kalorien enthalten, den Blutzuckerspiegel beeinflussen und einen laxativen Effekt haben können. Die Verwendung von Süßstoffen wie beispielsweise Saccharin und Aspartam zum Süßen von zuckerfreien oder -armen Produkten in angemessenen Mengen wird in einigen Ländern akzeptiert [4].

S3-Leitlinie der DDG

Die Empfehlungen der DDG sprechen der Ernährungsberatung in der Betreuung des Typ 1-Diabetes eine wesentliche Rolle zu, da Therapiekonzepte mit Einbeziehung von Ernährungsempfehlungen zu einer verbesserten Stoffwechselkontrolle beitragen [23]. Es ist Expertenkonsens, dass einer Ernährungsberatung durch Fachkräfte für Ernährung zu erfolgen habe. Bei der Beratung sollte berücksichtigt werden, dass Studien darauf hinweisen, Kinder und Jugendliche mit Diabetes würden überwiegend auf die Kohlenhydratzufuhr achten und zudem einen überhöhten Fettkonsum aufweisen [49, 50]. In Tabelle 4 werden die empfohlenen Angaben zu den einzelnen Nahrungsbestandteilen für Kinder ab vier Jahren dargestellt. Die Evidenzbelege stammen u. a. von Studienteilnehmern mit Typ 1- und Typ 2-Diabetes sowie von stoffwechselgesunden Probanden und sind von der DDG den evidenzbasierten Empfehlungen der Diabetes and Nutrition Study Group (DNSG) entnommen [20, 51].

Tabelle 4: Empfohlene Angaben der DDG zu den einzelnen Nahrungsbestandteilen mit Evidenzbelegen

Nahrungskomponente	%-Anteil Gesamtenergie, falls nicht anders angegeben	Evidenzbelege
KH gesamt	45-60%	Gesamtanteil = tägliche Energiezufuhr abzüglich Protein und Fett [Expertenkonsens] Kein konsistenter Effekt von KH-armer Kost (<45%) mit hohem Gehalt an einfach ungesättigten FS auf Lipide und Blutzuckerspiegel (Studien nicht nach GI differenziert) [52] Positiver Effekt auf die Stoffwechselkontrolle durch KH mit niedrigem GI [11]
Saccharose	< 10%	Obergrenze 10% [Expertenkonsens]
Fette gesamt	max. 35% (ab 4 Jahre)	Risiko der Gewichtszunahme bei Fettkonsum >35% [53] Verschlechterung der Insulinempfindlichkeit bei hoher Fettaufnahme [54]
Gesättigte FS	< 10%	Verschlechterung des postprandialen Lipidmusters durch gesättigte FS [55] Negativer Effekt von Trans-Fetten auf LDL, HDL, LDL-Partikelgröße und Lipoprotein A [56]
Einfach ungesättigte FS	> 10% (bis 20% der Gesamtenergie)	Positiver Effekt auf Serum-Lipidspiegel und Lipoprotein-Konzentration und -Zusammensetzung [57] Senkung von LDL-Cholesterin aufgrund Austausch von gesättigten FS durch ungesättigte FS [57] Verbesserte Insulinempfindlichkeit aufgrund Austausch von gesättigten FS durch ungesättigte FS [58] Senkung des Blutzuckerspiegels durch Austausch von KH mit hohem GI durch einfach ungesättigte FS [52]
Mehrfach ungesättigte FS	< 10%	Direkte Evidenz für Grenzwert fehlt; wird aus Sicherheitenwägungen empfohlen, um Risiko der Lipidperoxidation nicht zu erhöhen Effekte der mehrfach ungesättigten FS entsprechen denen einfach ungesättigter FS [57]
n-3-FS (cis configuration): Fisch- und Alpha-Linolensäuren aus pflanzlichen Quellen	0,5%	Senkung des Risikos für Herz-Kreislaufkrankungen bei Diabetikerinnen durch regelmäßigen Fischkonsum [59] Kein Konsens über den Einsatz von Supplement mit n-3-FS
Eiweiß	10 - 20%	Keine positive Assoziation zwischen Auftreten von Mikroalbuminurie und Proteinaufnahme in empfohlener Menge [60]
Fasergehalt der Nahrung	5g/Tag und Alter in Jahren (>2 J.)	Keine direkte Evidenz für genannte Mengenangabe [Expertenkonsens] Ballaststoffzufuhr in den Studien 40-50g/Tag (zur Hälfte lösliche Ballaststoffe), Verbesserung des mittleren tägl. Blutzuckerwertes und des HbA _{1c} - Wertes durch ballaststoffreiche Nahrung [61] Senkung der Anzahl hypoglykämischer Ereignisse [62]
Salzgehalt der Nahrung	< 6g/Tag	Steigerung der blutdrucksenkenden Wirkung anderer Diätmodifikationen durch Salzrestriktion [63, 64]

Zunächst erfolgen nun die Vorstellung der beiden in der Studie angewandten Ernährungsmodelle sowie die Definition des GI und der GL. Abschließend werden die Fragestellungen und Ziele der Studie dargestellt.

1.4 Ernährungsmodelle der vorliegenden Studie

Ziel des Diabetesmanagements ist es, die Blutzuckerspiegel zu normalisieren, da eine verbesserte glykämische Kontrolle mit einer Risikoreduktion von diabetesassoziierten Folgeerkrankungen verbunden ist. Der Blutzuckerspiegel wird wiederum von Ernährungsfaktoren beeinflusst, allerdings fehlen konkrete universelle Ernährungsempfehlungen im Therapieregime des Diabetes mellitus. Inwiefern der GI bzw. die GL im Ernährungsmanagement des Diabetes eine Rolle spielen könnte, wird kontrovers diskutiert [65]. Insbesondere fehlt es an Studien, anhand denen Aussagen zu Low-GI- bzw. Low-GL-Konzepten in der Ernährung von Kindern mit Typ 1-Diabetes gemacht werden können [65, 66].

Im Folgenden werden die angewandten Ernährungsmodelle erläutert, anschließend wird auf die Begrifflichkeit des GI bzw. der GL im Detail eingegangen.

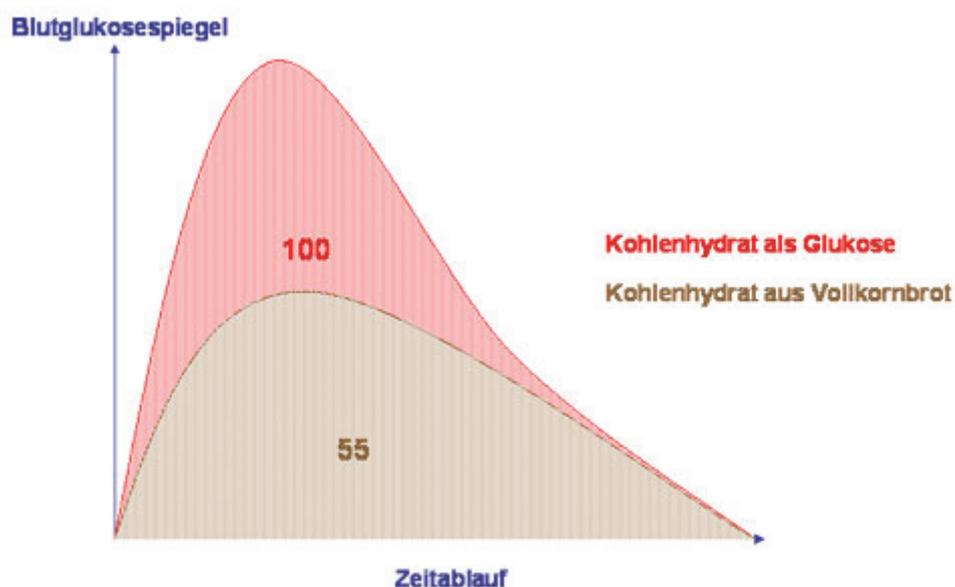
Erläuterung der Ernährungsmodelle

Eine Teilnehmergruppe wurde nach dem Optimix-Modell des FKE geschult, welches den allgemeingültigen Ernährungsempfehlungen für Kinder entspricht. Dieses Konzept wurde bereits in Kapitel 1.3.1 erläutert. Gegenübergestellt wurde eine Ernährungsvariante, genannt „Low-GL“, welche ebenfalls auf den Empfehlungen von Optimix basiert, zusätzlich aber die GL der kohlenhydrathaltigen Lebensmittel berücksichtigt. Wir wählten hierbei eine Ernährungsform, die möglicherweise besonders für Kinder mit Typ 1-Diabetes geeignet sein könnte. Dabei sollte es sich nicht um eine spezielle Low-GL-Diät sondern um eine Variante der gesunden Optimix-Ernährung handeln, die besonders auf die Vermeidung von schnell resorbierbaren KH abzielt. Bei der Lebensmittelauswahl dieser Gruppe werden somit andere Schwerpunkte gesetzt. Jederzeit darf Gemüse und Obst gegessen werden, optimalerweise wie in Optimix mindestens fünf Portionen am Tag. Das Gemüse kann mit hochwertigen Ölen wie Raps- oder Olivenöl, die reich an ungesättigten Fettsäuren sind, zubereitet werden. Als Beilage gelten fettarme Fleisch- und Milchprodukte, Eier und Fisch. Auch Nüsse und Hülsenfrüchte gehören als pflanzliche Eiweißquellen in diese Gruppe. Im Gegensatz zu Optimix sollen typische Kohlenhydrat-Träger

wie Nudeln und Reis nur als kleine Beilagen portioniert werden. Übereinstimmend ist wiederum, dass Vollkornprodukte als KH-Quelle empfohlen werden. Nur sehr sparsam sollen Süßwaren und zuckerreiche Getränke sowie sehr fettreiche Gerichte konsumiert werden. Auch helles Brot und Gebäck aus Weißmehl, Kartoffelprodukte sowie weißer, geschälter Reis sind durch eine hohe glykämische Last gekennzeichnet und sollten bei einer Low-GL-Ernährung nur in geringen Mengen verzehrt werden [67].

Definition Glykämischer Index, Glykämische Last

Der glykämische Index (GI) ist definiert als Blutglukosefläche unter der Kurve, die dem Anstieg nach Aufnahme von 50g verfügbaren KH folgt. Verwendung findet hierbei üblicherweise Traubenzucker als reine Glukose-Quelle. Der GI wird ausgedrückt als Prozent der Fläche, die der Aufnahme eines Referenznahrungsmittels entspricht (Abbildung 2) [51, 68].



Quelle: modifiziert nach Kasper, 2004

Abbildung 2: Glykämischer Index

Ein niedriger GI-Wert indiziert dabei einen geringeren Anstieg des Blutzuckers [69]. Beispielsweise dient der Traubenzucker als reiner Glukoselieferant als Referenzwert mit einem GI von 100. Ein GI von 50 sagt somit aus, dass der Blutzuckerspiegel nach Zufuhr des bewerteten Lebensmittels um nur 50% im Vergleich zur Glukoseaufnahme ansteigt.

Allerdings beeinflusst nicht nur die Art der KH, sondern auch deren Menge die glykämische Antwort [70, 71]. Aus diesem Grunde wurde das Konzept der GL

eingeführt. Diese errechnet sich aus der Menge der KH in einer Portion, multipliziert mit dem GI des Nahrungsmittels [51, 72]. Dadurch werden Vergleiche der voraussichtlichen glykämischen Effekte realistischer Portionen verschiedener Nahrungsmittel ermöglicht [73].

Aus den USA stammen zwei Ernährungskonzepte zu diesem Thema. *Ludwig* entwarf die Low Glycemic Index Pyramid (LOGI-Pyramide), *Willet* eine Healthy Eating Pyramid (Anhang A IV.) [74, 75]. Beide Konzepte unterscheiden sich grundlegend darin, dass Vollkornprodukte, Nudeln und Reis von *Ludwig* nur eingeschränkt empfohlen werden und in seiner Pyramide auf zweithöchster Stufe zur Darstellung kommen. Bei *Willet* hingegen bilden Vollkornprodukte die breite Basis der Ernährungsempfehlung, was mit den Empfehlungen der DGE übereinstimmt [76].

Kontrollierte Diätinterventionsstudien haben bisher bezüglich Low-GI- bzw. Low-GL-Konzepten hinsichtlich der glykämischen Kontrolle bei Typ 1-Diabetikern unterschiedliche Ergebnisse erbracht [62, 77-80]. In Kapitel 4.3 wird diese Thematik diskutiert. Insgesamt ist aber festzustellen, dass die Informationen zum glykämischen Index und zur glykämischen Last insbesondere in der Ernährung von Kindern unzureichend sind [10].

1.5 Fragestellung und Ziele der Studie

Diese Pilotstudie wurde durchgeführt, um die Datenlage zur Thematik des Ernährungsmanagements im Therapieregime des Typ 1-Diabetes bei Kindern um einige Aspekte zu ergänzen und die Ausgangslage für weiterführende umfangreiche Studien zu verbessern.

Zunächst soll untersucht werden, ob sich die Ernährung von Kindern mit Typ 1-Diabetes und stoffwechselgesunden Gleichaltrigen unterscheidet, wobei hypothetisch entsprechend bisheriger Literaturangaben davon ausgegangen wird, dass sich die Ernährung in Art, Zusammensetzung und Menge gleicht [1]. Die Referenzgruppe wird dabei von den Teilnehmern der EsKiMo-Studie gebildet. Des Weiteren stellt sich die Frage, inwiefern sich das Profil der Probanden der vorliegenden Studie bezüglich des Geschlechts, Alters, BMI und HbA_{1c} vom Kollektiv der Diabetes-Kinder, deren Familien eine Studienteilnahme ablehnten, unterscheidet. Zudem wird extrahiert, ob durch eine gezielte Ernährungsberatung eine Ernährungsumstellung hinsichtlich der jeweiligen Ernährungsmodelle erreicht werden kann. Dabei wird eine für Kinder allgemeingültige Ernährungsempfehlung einem modifiziertem Low-GL-Konzept

gegenübergestellt. Letzteres Konzept basiert auf den aktuellen Ernährungsempfehlungen für Kinder, ergänzend wird allerdings die GL kohlenhydrathaltiger Lebensmittel bei der Nahrungsmittelauswahl berücksichtigt. Es wird untersucht, ob ein Einfluss beider Ernährungsmodelle auf die glykämische Kontrolle, gemessen am HbA_{1c}, nachgewiesen werden kann. Theoretisch führt dabei eine modifizierte Low-GL-Ernährung zu einem geringeren postprandialen Anstieg des Blutzuckerspiegels und somit zu einer besseren glykämischen Kontrolle. Schließlich soll aufgedeckt werden, inwiefern sich beide Ernährungsmodelle in der Komposition der aufgenommenen Makronährstoffe und der Abdeckung wichtiger Mikronährstoffe unterscheiden. Bezüglich der Mikronährstoffe wird in dieser Arbeit die Vitamin D-Zufuhr der Probanden im Vergleich zu den Teilnehmern der EsKiMo-Studie gesondert betrachtet. Diese Thematik ist in der Hinsicht interessant, da einige Studien deklarieren, dass durch Supplementation von Vitamin D eine Risikoreduktion der Entwicklung eines Typ 1-Diabetes erreicht werden kann [81-83]. Die Begründung dieser These ist, dass Vitamin D immunsuppressive Eigenschaften zu haben scheint und damit eine Rolle in Erkrankungen autoimmuner Genese wie auch dem Typ 1-Diabetes spielen kann [84]. Unterschiede in der Zusammensetzung der Makro- und Mikronährstoffe werden insgesamt nicht erwartet.

2. Probanden, Material und Methoden

2.1 Probanden

Diese Pilotstudie wurde von 16 Familien erfolgreich abgeschlossen. Die Probanden befanden sich in einem Alter von 6 bis 14 Jahren, alle waren seit mindestens einem Jahr an einem Typ 1-Diabetes erkrankt. Dieses Kollektiv wurde in zwei Gruppen stratifiziert (OptimiX-Gruppe n=9, Low-GL-Gruppe n=7). Details zur Rekrutierung und den Einschlusskriterien werden in den beiden folgenden Abschnitten erläutert.

2.1.1 Rekrutierung, Information und Einwilligung

Mit Hilfe des in Ulm entwickelten Computerprogramms DPV (Diabetessoftware zur Prospektiven Verlaufsdokumentation), mit dem eine standardisierte Dokumentation der Diabetesbehandlung erfolgt, wurden Patienten aus dem Universitätsklinikum Düsseldorf unter Berücksichtigung der unter Kapitel 2.1.2 aufgelisteten Einschlusskriterien ermittelt [85]. Es wurden 70 Typ 1-Diabetiker ausgewählt. Diese wurden schriftlich über die Studie informiert. Zudem wurde ein Elternabend veranstaltet, bei dem u. a. die geplante Studie vorgestellt wurde. Bei Interesse der Familien fand eine telefonische oder schriftliche Rückmeldung statt. Anschließend erfolgte eine telefonische Nachfrage bei denjenigen Probanden, die sich nicht zurück gemeldet hatten. Letztendlich bekundeten 23 Familien Interesse an der Studie und wurden somit schriftlich zu einer ersten Schulung im August 2007 eingeladen (Abbildung 3 und 4). Drei Familien haben aus unbekanntem Gründen diesen Termin nicht wahrgenommen, eine weitere war aufgrund einer Infektion mit Kopfläusen verhindert worden. Bei zwei Familien stellte sich heraus, dass sie an dem zweiten Schulungstermin nicht teilnehmen konnten und deshalb ausgeschlossen werden mussten. Somit gaben letztendlich 17 Familien ihre schriftliche Einwilligung zur freiwilligen Teilnahme. Eine weitere Familie konnte am Ende der Studie keine Ernährungsprotokolle vorweisen und wurde aus diesem Grund ausgeschlossen. Letztendlich nahmen 16 Probanden erfolgreich an der Studie teil.

2.1.2 Einschlusskriterien

In die vorliegende Studie wurden Kinder einbezogen, die folgende Einschlusskriterien erfüllten:

- Alter zwischen 6 und 14 Jahren
- Diagnose Typ 1-Diabetes seit mindestens einem Jahr bestehend
- Keine weiteren chronischen Erkrankungen
- Keine Einnahme von Medikamenten, die Gewicht, Appetit und/ oder den Blutzucker beeinflussen
- Keine zusätzlichen Ernährungseinschränkungen, wie z.B. Zöliakie

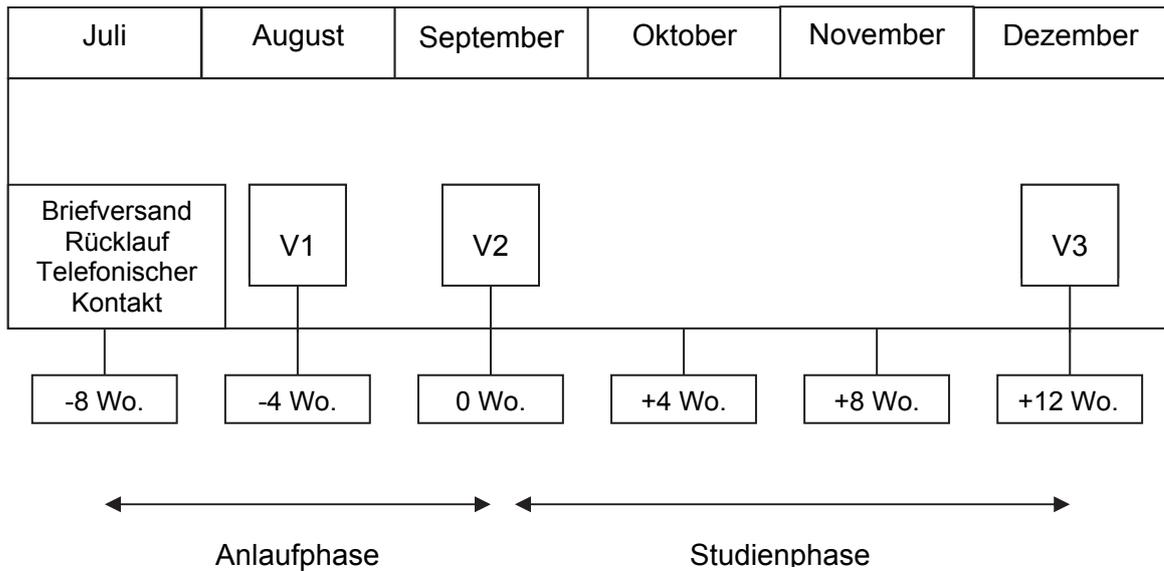
2.2 Studiendesign

Die vorliegende Pilotstudie wurde von der Ethikkommission des Universitätsklinikums Düsseldorf geprüft und zugelassen.

Sie wurde inklusive Anlaufphase von Juli bis Dezember 2007 durchgeführt und verlief unter randomisierten und kontrollierten Bedingungen mit einem prospektiven Verlauf. Den primären Endpunkt stellt die glykämische Kontrolle unter Betrachtung des HbA_{1c}-Wertes dar. Dieser Wert repräsentiert die durchschnittliche Glykämie der vergangenen zwei bis drei Monate [3]. Um vergleichbare Gruppen zu erhalten, wurde bezüglich folgender Kriterien stratifiziert:

- Geschlecht
- Alter
- Body mass index
- Zeitraum seit Manifestation des Diabetes

In Abbildung 3 erfolgt eine schematische Darstellung des Studienverlaufs. Wie bereits unter Abschnitt 2.1.1 erwähnt, wurden die aus dem DPV-Programm ermittelten Familien schriftlich über die Studie informiert. Nach einem zweiwöchigen Rücklauf wurden die Familien telefonisch kontaktiert, von denen keine Rückmeldung erfolgt war.



V: Visite in der Klinik

Abbildung 3: Schematische Darstellung des Studienverlaufs

Letztendlich wurden 20 Familien zu einer ersten Schulung im August 2007 eingeladen (V1, Abbildung 3). Bei diesem Treffen wurde der Studienablauf besprochen, die Einverständniserklärung unterschrieben sowie das Ernährungsprotokoll mit Hilfe einer Ernährungsberaterin erklärt und ausgehändigt (Anhang A V). Sowohl mit den Kindern als auch mit den Eltern wurde jeweils separat die Schätzung von Broteinheiten geübt, da diese in das Ernährungsprotokoll eingetragen werden sollten. Mittels dieser Einheiten wird die erforderliche Insulindosis wiederum ermittelt [69]. Dabei wurden Lebensmittel- und Menükarten für die Schulung von Kindern verwendet, anhand derer die BE errechnet werden sollten. Die vierwöchige Anlaufphase diente der Ermittlung der bisherigen Ernährungsgewohnheiten der Studienteilnehmer. Zudem wurde bei dieser Gelegenheit bereits der Umgang mit dem Ernährungsprotokoll geübt. Zur Klärung von Fragen und Problemen fand wöchentlich ein telefonischer Kontakt mit den Familien statt. Dieser Anlaufphase schloss sich schließlich die randomisierte Zuteilung der Studienteilnehmer zu einer der beiden Gruppen an (Abbildung 4).

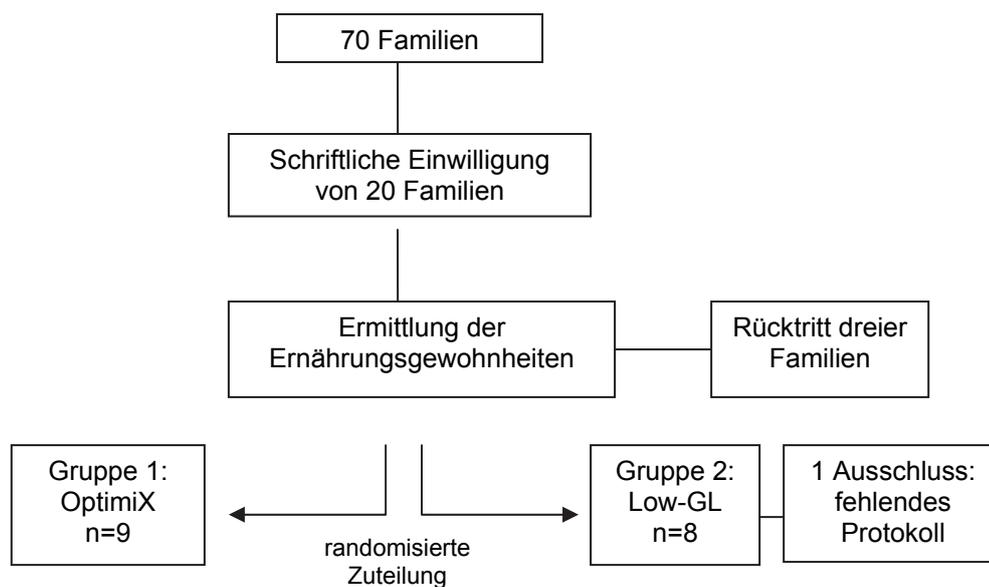


Abbildung 4: Gruppenbildung

Im Anschluss an die Anlaufphase fand im September 2007 die zweite Schulung statt (V2, Abbildung 3). Drei Familien erschienen nicht zu diesem Treffen. Somit nahmen letztendlich 17 Familien an der Pilotstudie teil.

Beide Gruppen wurden separat mittels Flipchart und einer Powerpoint Präsentation von der Ernährungsberaterin über die jeweils zugeordnete Ernährungsform unterrichtet. Zudem wurden Informationen in Form von Broschüren und Rezeptvorschlägen ausgehändigt. Bei den Studienteilnehmern wurden die Körpergröße und das Körpergewicht zur Errechnung des Body Mass Index (BMI) bestimmt (Kapitel 2.4). Dieser eignet sich für die Beurteilung des Körpergewichts und somit der Energiebilanz. Mittels einer kapillaren Blutentnahme wurde der HbA_{1c}-Wert jedes Studienteilnehmers bestimmt. Anschließend wurde mit den Kindern in einem separaten Raum die jeweilige Ernährungsform an einer Flipchart erarbeitet. Auch die Schätzung von Broteinheiten anhand von Menükarten übten die Teilnehmer erneut.

Während der Studienphase fanden wöchentliche Telefonate zur Klärung von Fragen und Problemen hinsichtlich der neuen Ernährungsform und dem Ausfüllen des Ernährungsprotokolls statt. Zudem dienten diese Gespräche der Motivationssteigerung.

Ein weiteres Treffen wurde für den Fall von Unklarheiten zwei Wochen nach Studienbeginn angeboten. Dieses Angebot hielten die Teilnehmer für nicht notwendig und nahmen es somit nicht in Anspruch.

Im Dezember 2007 endete die Studie mit einem letzten Treffen (V3, Abbildung 3). Erneut wurde bei den Kindern Körpergröße, Körpergewicht und der HbA_{1c}-Wert bestimmt. Beim Einsammeln der Ernährungsprotokolle konnte eine Familie keine vorweisen und musste dementsprechend aus der Studie ausgeschlossen werden. Somit beendeten 16 Teilnehmer die Pilotstudie. Die Eltern füllten abschließend einen Fragebogen zur Lebensqualität innerhalb des Studienverlaufs aus (Anhang A VI).

2.3 Evaluation des Ernährungsverhaltens

Ernährungsgewohnheiten sind eine der komplexesten und schwierigsten zu erfassenden Verhaltensweisen überhaupt, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen. Eine Studiengruppe der Universität Paderborn entwickelte speziell für die Eskimo-Studie ein Ernährungstagebuch [34]. Hierzu wurde das bereits in der VELS-Studie (Verzehrsstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern) erfolgreich angewandte Verzehrsprotokoll der Altersgruppe der 6- bis 11-Jährigen, dem postalischen Versand sowie der Ermittlung der verzehrten Mengen angepasst [34, 86]. In einer Studie von *Toeller et al.* wurde zudem nachgewiesen, dass standardisierte dreitägige Ernährungsprotokolle einen hohen Grad an Reproduzierbarkeit innerhalb eines kurzen Zeitraums haben [87]. Aus diesem Grund wurde auch in der vorliegenden Studie das dreitägige Ernährungsprotokoll der EsKiMo-Studie in leicht abgewandelter Form verwendet (Abbildung 5). Es beinhaltet eine ausführliche Anleitung inklusive Beispieleintragungen und einem Verzeichnis für Abkürzungen. Zudem wurde sowohl den Eltern als auch den Kindern das Ausfüllen der Protokolle in der ersten Schulung erklärt. Das Ernährungstagebuch enthält folgende Angaben:

- Ort des Verzehrs (zu Hause, bei Freunden, im Restaurant etc.)
- Uhrzeit
- Verzehrte Mengen
- Detaillierte Informationen zu Produkt- und Markennamen (Fettgehalt, Nährstoffanreicherung etc.)
- Zustand der Lebensmittel beim Einkauf (tiefgekühlt, frisch, konserviert etc.) sowie nach der Zubereitung im Haushalt (gekocht, frittiert, gebraten etc.)
- Berechnete BE

Für die Mengenangaben verwendeten die Studienteilnehmer übliche Haushaltsmaße, Stückangaben und ein Fotobuch. Letzteres enthielt eine Vielzahl an Abbildungen von Lebensmitteln und Gerichten in unterschiedlichen Portionsgrößen sowie eigene Tabellen für Rezepte [88, 89]. Im Anhang A VII. befinden sich zur Demonstration zwei Beispielseiten aus dem Fotobuch. Im Ernährungstagebuch wurden zudem Angaben zu Besonderheiten der Ernährung, wie Allergien, gemacht und nach bestehenden Krankheiten während des Zeitraums der Evaluation gefragt.

Die Studienteilnehmer füllten sowohl in der Anlaufphase als auch in der Studienphase die Ernährungstagebücher aus. Die Eltern wurden gebeten, gemeinsam mit ihren Kindern die Protokolle monatlich an drei aufeinander folgenden Tagen auszufüllen. Somit wurden von jeder Familie am Ende der Studie vier Ernährungsprotokolle über jeweils drei Tage abgegeben.

beim Verzehrer		Verzehrt Menge	Lebensmittel und Getränke (Produkt-/Markenbezeichnung, Anreicherung mit Vitaminen und Mineralstoffen, Fettgehalt)	Wochentag: Mo Di Mi Do Fr Sa So (bitte ankreuzen)		Zubereitung (geschält, gegart, ...)
Uhrzeit	Ort			beim Einkauf	Zu-stand	
7.1	H	1 Be	Früchtetee Multivitamin,	getr	2	gek
		1 kl Scha	H-Milch, 1,5% Fett	-	1	-
		6 EL geh	+ Kellogg`s Smacks	-	2	-
9.3	S	1 St	Apfel, Elstar	fr	1	gesch
		250 ml	Gatorade Citrus mit Na, Cl,	-	2,5	-
		1 St	Weißbrötchen mit Mohn,	tk	2	geb
		1 Sch	+ Bärchenwurst mit	gek	0	-
			Reinert			
13.	H	1	Kartoffel	fr	1	gesch,
		1 St	Frikadelle*s. Rezept	-	0	gebr
		2 EL geh	Erbsen + Möhren, Bonduelle	kons		gek

Abbildung 5: Beispielseite aus dem Ernährungstagebuch

2.4 Qualitätssicherung

Ernährungsprotokolle

Mithilfe des Ernährungsprotokolls wurde überprüft, inwiefern die Ernährungsschulungen tatsächlich zu einer Ernährungsumstellung der Patienten führten. Die Dateneingabe der Ernährungsprotokolle erfolgte durch eine ausführlich geschulte Studierende an der Universität Paderborn. Die Verzehrdaten wurden mit der Software EAT 2006 kodiert, die im Rahmen der VELS-Studie in Paderborn entwickelt und speziell für die EsKiMo-Studie angepasst wurde. Das Programm beinhaltet u.a. eine ausführliche Portionsgrößendatei mit Stückgewichten, Gewichten für Haushaltsmaße sowie markenspezifische Verpackungseinheiten [34]. Die Software wurde der Fragestellung der vorliegenden Studie angeglichen und ermöglichte die Erfassung der Informationen aus den Ernährungsprotokollen.

Mittels wöchentlicher Telefonate konnten die Teilnehmer motiviert sowie Fragen und Probleme hinsichtlich des Ernährungsmodells bzw. der Protokollierung direkt geklärt werden. Den Kindern wurde zu Beginn der Studie ein Preis in Form eines Kinogutscheins versprochen, wenn sie diese erfolgreich abschließen würden.

Messung des HbA_{1c}

Der Wert des Serum-HbA_{1c} wurde mittels eines immunoturbidimetrischen Immunoassays von Roche Diagnostics® Mannheim bestimmt. Der Normwert liegt bei Stoffwechselgesunden < 6,05 % [20].

Vergleichbarkeit des Body Mass Index

Zur Abschätzung des Körperfettanteils hat sich die Anwendung des BMI weltweit durchgesetzt. Errechnet wird er aus den einfach messbaren Parametern Körpergröße und Körpergewicht [BMI = Körpergewicht / Körpergröße² (kg/m²)]. Entsprechend den physiologischen Änderungen der prozentualen Körperfettmasse im Kindes- und Jugendalter müssen Alter und Geschlecht in dieser Gruppe berücksichtigt werden. Individuelle BMI-Werte können anhand populationsspezifischer Referenzwerte für das Kinder- und Jugendalter in Form von alters- und geschlechtsspezifischen Perzentilen ermittelt werden [90, 91].

Um eine Vergleichbarkeit beider Gruppen trotz Alters- und Geschlechtsunterschieden zu erreichen, wurden die Daten zum BMI der Probanden als Standard Deviation Score (SDS) errechnet. Der SDS-Wert gibt dabei an, um ein wie viel Faches einer Standardabweichung ein individueller

BMI-Wert bei gegebenen Alter und Geschlecht ober- oder unterhalb des BMI-Medianwertes liegt. Somit kann eine Einordnung eines Individualwertes in die Verteilung der Referenzgruppe erfolgen [91].

Ermittlung von Intake Quality Score (IQS) und Nutritional Quality Index der Nährstoffmenge (NQI_{Menge})

Zur Beurteilung der Zufuhr wichtiger Mikronährstoffe werden der IQS sowie der sich daraus errechnende NQI herangezogen. Die IQS der einzelnen Vitamine und Mineralstoffen entsprechen dabei den Zufuhrmengen bzw. Nährstoffdichten in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte und können somit Werte von 0 bis maximal 100 annehmen. Der NQI_{Menge} wird als harmonisches Mittel des IQS errechnet und als Maß für die Ernährungsqualität betrachtet [92].

$$NQI = N / ((1/IQS_1) + (1/IQS_n) + \dots + (1/IQS_N))$$

N = Anzahl Mikronährstoffe und n = 1, 2, ..., N

$IQS_n = (\text{durchschnittliche Zufuhrmenge}_n \text{ bzw. Nährstoffdichte}_n / \text{Referenzwert}_n) * 100$

Je weniger der NQI_{Menge} von 100 abweicht, umso besser werden die Referenzwerte erfüllt [92]. Er berücksichtigt dabei die Zufuhrmengen von Vitamin A, D, E, K, B₁₂ und C, Thiamin, Riboflavin, Niacin, Pyridoxin, Folat, Pantothensäure, Biotin sowie Kalium, Calcium, Phosphor, Magnesium, Eisen und Zink [93].

2.5 Statistik

Die Datenverarbeitung erfolgte mithilfe des Softwareprogramms Superior Performing Software Systems® (SPSS®) Version 11.5.1, 2002.

Die Variablen werden als Mittelwerte und Standardabweichung beschrieben. Der Mann-Whitney-U-Test wurde zur Beurteilung unabhängiger Variablen herangezogen, während der Wilcoxon signed-rank Test der Bewertung abhängiger Variablen diente.

Die statistische Signifikanz wurde definiert als $p \leq 0.05$.

3. Ergebnisse

3.1 Vergleich Probanden vs. Kollektiv

Zunächst soll dargestellt werden, inwiefern sich die Probanden (n=16) der vorliegenden Studie in ihrem Profil vom Kollektiv der an Typ 1-Diabetes erkrankten Kinder, deren Familien eine Studienteilnahme abgelehnt haben (n=54), unterscheiden. Betrachtet werden hierbei Faktoren wie Alters- und Geschlechterverteilung, HbA_{1c} sowie BMI. Die Datenerhebung erfolgte vor Intervention, eine detaillierte Übersicht der Ergebnisse kommt in Tabelle 5 zur Darstellung.

Tabelle 5: Probanden vs. Kollektiv

Variable	Probanden prä interventionem (n = 16)	Kollektiv (n = 54)	P
Geschlecht [% weiblich]	62,5	44	0.21
Alter [Jahre]	10.2 ± 2.4	9.9 ± 2.2	0.56
BMI [SDS]	0.2 ± 0.6	0.3 ± 0.8	0.55
HbA_{1c} [%]	7.2 ± 0.6	7.7 ± 0.7	0.02

Demographische Daten, BMI- und HbA_{1c}-Werte von den Probanden (prä interventionem) sowie vom Kollektiv der Patienten, die eine Teilnahme an der Studie ablehnten. Daten als Mittelwert ± SD oder %. BMI SDS: Body-Mass-Index Standard Deviation Score. P: Mann-Whitney-U-Test für 2 unabhängige Variablen, zur Darstellung von Unterschieden zwischen Probanden und Kollektiv.

Die Altersverteilung erwies sich in der Gruppe der Probanden relativ homogen, wobei allerdings die Fraktion der 6- bis 8-Jährigen schwächer vertreten war (Abbildung 6). Die Kinder des Kollektivs gehörten zu 50% der Altersgruppe der 9- bis 11-Jährigen an. Die andere Hälfte verteilte sich zu etwa gleichen Teilen auf die jeweils anderen Alterskategorien. Insgesamt haben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Probanden und Kollektiv bezüglich der Altersverteilung gezeigt (10.2±2.4 vs. 9.9±2.2 Jahren, p=0.56).

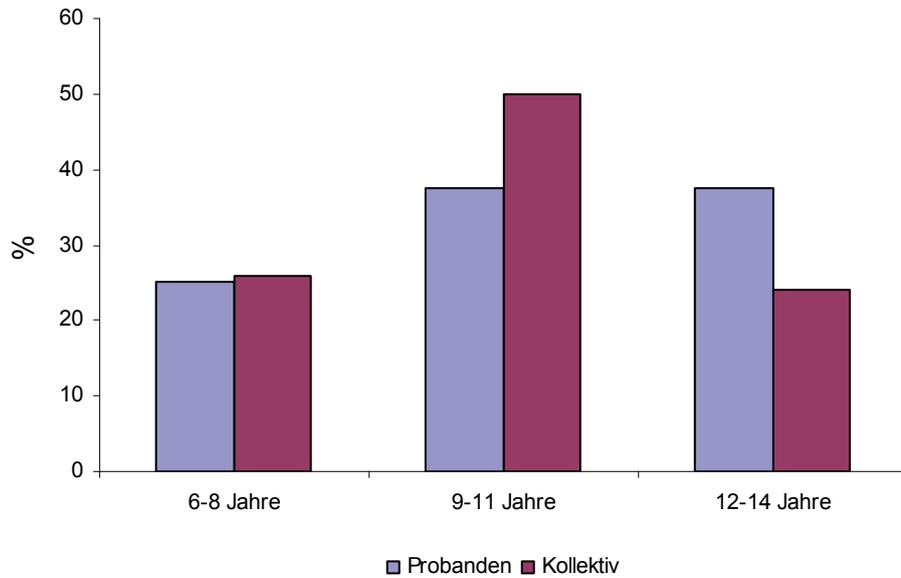


Abbildung 6: Altersverteilung Probanden vs. Kollektiv

Hinsichtlich der Geschlechterverteilung wurden ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede erhoben. Tendenziell waren in der Gruppe der Probanden jedoch die Mädchen stärker vertreten (62,5 vs. 44%, $p=0.21$).

Statistisch signifikante Unterschiede wurden bezüglich der glykämischen Kontrolle ersichtlich, wobei die Probanden niedrigere HbA_{1c} -Werte aufwiesen (7.2 ± 0.6 vs. $7.7\pm 0.7\%$, $p=0.02$) (Tabelle 5). Abbildung 7 zeigt, dass auch die BMI-Werte in der Gruppe der Probanden tendenziell geringer waren (0.2 ± 0.6 vs. 0.3 ± 0.8 BMI SDS, $p=0.55$).

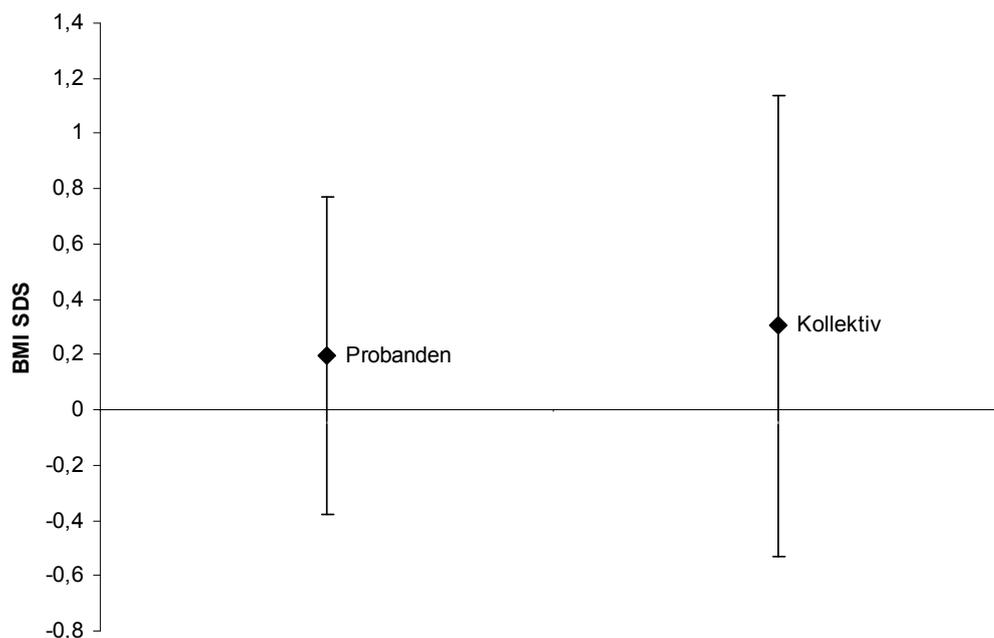


Abbildung 7: Probanden vs. Kollektiv bzgl. des BMI

Zusammenfassend kann hervorgehoben werden, dass die Probanden der Pilotstudie signifikant bessere HbA_{1c}-Werte aufwiesen als Altersgenossen mit Typ 1-Diabetes aus der DPV-Datenbank der Kinderklinik Düsseldorf. Zudem wurde das Profil der Probanden im Vergleich zum Kollektiv tendenziell durch einen höheren Mädchenanteil und niedrigere BMI-Werte geprägt.

3.2 Vergleich der Energieaufnahme Probanden vs. EsKiMo

In diesem Abschnitt werden die Teilnehmern der EsKiMo-Studie mit den Probanden der Pilotstudie hinsichtlich der Gesamtenergie sowie der Zusammensetzung der Makronährstoffe verglichen und diese Ergebnisse mit den D-A-CH-Referenzwerten in Beziehung gesetzt. Gesondert wurde zudem die KH-Zusammensetzung untersucht. Eine Übersicht der Daten gibt Tabelle 6.

Tabelle 6: Probanden vs. EsKiMo

Variable	Probanden (prä interventionem)	Kontrolle (EsKiMo-Teilnehmer)	P	D-A-CH- Referenzwerte	P ⁺
Gesamtenergie [kcal/d]	1820 ± 285	1948 ± 287	0.24	2050 ± 285	0.04
KH-Zufuhr abs. [g/d]	223 ± 40	260 ± 39	0.007		
KH-Zufuhr rel. [%]	62.4 ± 5.8	53.1 ± 0.8	<0.001	>50%	
Fettzufuhr rel. [%]	20 ± 4.3	32.3 ± 0.8	<0.001	30-35%	
Proteinzufuhr rel. [%]	17.6 ± 2.8	14.6 ± 0.2	0.001	10%	
MS-Zufuhr rel. [%]	16.7 ± 5.4				
DS-Zufuhr rel. [%]	30.1 ± 5.7				
MS/DS-Zufuhr rel [%]	46.8 ± 8.9	47.3 ± 4.2	0.59		
PS-Zufuhr rel. [%]	53.2 ± 8.9	52.7 ± 4.2	0.59		
H ₂ O Zufuhr [l/d]	1.7 ± 0.4	1.9 ± 0.5	0.184	2.1 ± 0.5	0.01
Intake Quality Score	35.26 ± 21.51	39.13 ± 4.56	0.021		

Zusammensetzung der Makronährstoffe von Probanden der Pilotstudie und gesunden Gleichaltrigen der EsKiMo-Studie sowie die D-A-CH-Referenzwerte der Nährstoffzufuhr. Daten als Mittelwert ± SD. P: Mann-Whitney-U-Test für 2 unabhängige Variablen, zur Darstellung von Unterschieden zwischen Probanden und Kontrollen und P⁺ für Unterschiede zwischen Probanden und D-A-CH-Referenzwerten. KH Kohlenhydrate; abs. absolut; rel. relativ; MS Monosaccharide; DS Disaccharide, PS Polysaccharide

In Abbildung 8 wird die prozentuale Verteilung der Energiezufuhr beider Kollektive bezüglich KH, Fett und Eiweiß sowie die Gesamtenergiezufuhr und absolute KH-Aufnahme dargestellt.

Die Ernährung der Probanden ist vor Intervention von einem hohen KH- und Eiweißanteil von 62,4% bzw. 17,6%, bei einer entsprechend niedrigen Fettzufuhr von 20%, geprägt. Auch die Teilnehmer der EsKiMo-Studie weisen einen noch hohen Eiweißanteil mit 14,6% auf, die prozentuale KH- und Fettzufuhr entspricht aber den D-A-CH-Referenzwerten. Diese Unterschiede zwischen Probanden und Kontrolle sind statistisch signifikant (Tabelle 6).

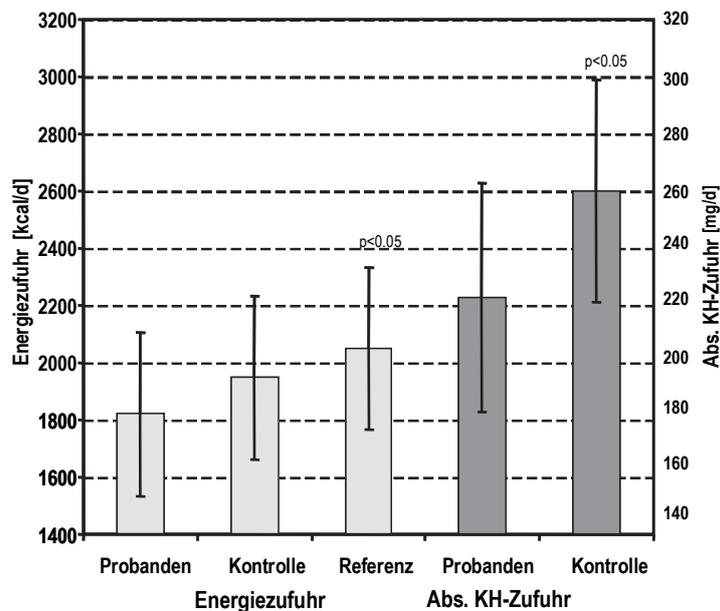
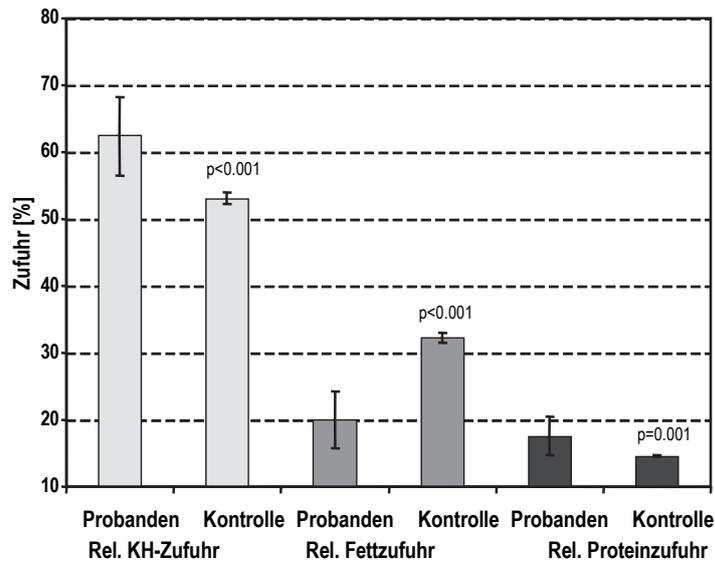


Abbildung 8: Probanden vs. EsKiMo bzgl. Makronährstoffe

Durchschnittliche (\pm SE) Daten der rel. (relativen) KH-, Fett- und Proteinzufuhr sowie der Energieaufnahme und abs. (absoluten) KH-Zufuhr der Probanden (prä interventionem) verglichen mit den EsKiMo-Teilnehmern (Kontrolle). p-Werte beziehen sich auf Vergleiche zwischen Probanden und Kontrolle bzw. D-A-CH-Referenzwerten.

Bei der Analyse der Gesamtenergiezufuhr pro Tag wird ersichtlich, dass diese in der Gruppe der Probanden signifikant unterhalb der D-A-CH-Referenz liegt (1820 ± 285 vs. 2050 ± 285 kcal/d, $p=0.04$). Auch die Zufuhr von Wasser erreicht nicht die empfohlene Menge (1.7 ± 0.4 vs. 2.1 ± 0.5 l/d, $p=0.01$). Signifikante Unterschiede zu den Teilnehmern der EsKiMo-Studie lassen sich bezüglich der Gesamtenergie- und Wassereinnahme nicht erarbeiten. Tendenziell erreicht dieses Kollektiv Werte annähernd den Referenzwerten (Tabelle 6).

Schließlich wurden noch Divergenzen zwischen Probanden und Kontrolle hinsichtlich der absoluten KH-Zufuhr analysiert. Trotz der hohen prozentualen KH-Aufnahme der Probanden ist die absolute KH-Zufuhr signifikant niedriger als bei den Teilnehmern der EsKiMo-Studie (Tabelle 6, Abbildung 8).

3.3 Evaluation der Ernährungsumstellung: OptimiX vs. Low-GL

Der folgende Abschnitt widmet sich dem Vergleich der beiden Gruppen, die aus dem Kollektiv der Probanden hinsichtlich des jeweiligen Ernährungsmodells OptimiX bzw. Low-GL gebildet wurden. Betrachtet wird, inwiefern eine Ernährungsumstellung bezüglich der Gesamtenergieaufnahme als auch der Zufuhr einzelner Nährstoffgruppen im Verlauf der Intervention stattgefunden hat. Anschließend wird geprüft, ob ein Einfluss der beiden Ernährungsmodelle auf den HbA_{1c}-Wert nachgewiesen werden kann. Mittels des NQI_{Menge} kann untersucht werden, ob eine ausreichende Abdeckung wichtiger Mikronährstoffe durch die Ernährungsmodelle erfolgt (Kapitel 2.4). In diesem Zusammenhang wird auch untersucht, ob eine Änderung des NQI_{Menge} im Verlauf der Studie festzustellen ist. Die erhobenen Daten kommen in Tabelle 7 detailliert zur Darstellung.

Tabelle 7: OptimiX vs. Low-GL

Variable	Ernährungsmodell												
	Basiswert			1 Monat			2 Monate			3 Monate			
	OptimiX (n = 9)	Low-GL (n = 7)	P	OptimiX (n = 9)	Low-GL (n = 7)	P*	OptimiX (n = 9)	Low-GL (n = 7)	P*	OptimiX (n = 9)	Low-GL (n = 7)	P*	
Geschlecht [% weiblich]	55	71	0.21										
Alter [Jahre]	10,4 ± 2,0	9,9 ± 2,9	0.56										
Dauer des Diabetes [Jahre]	3,7 ± 2,7	2,0 ± 1,2	0.14										
HbA1c [%]	7.4 ± 0.6	7.0 ± 0.5	0.17										
BMI SDS	-0.1 ± 0.7	0.4 ± 0.4	0.56										
Energiezufuhr [kcal/d]	1767±300	1847±281	0.54	1764±310	1902±214	0.73	1617±260	1745±271	0.61	1532±386	1675±203	0.73	0.30
Zufuhr an Ballaststoffen abs. KH-Zufuhr abs. [g/d]	20 ± 4	21 ± 3	0.54	25 ± 3	25 ± 4	0.03	25 ± 5	23 ± 8	0.61	23 ± 8	22 ± 4	0.73	0.99
	214 ± 34	236 ± 46	0.68	226 ± 38	237 ± 31	0.87	211 ± 53	211 ± 33	0.13	191 ± 62	197 ± 31	0.04	0.41
KH-Zufuhr rel. [%]	61.6 ± 5	63.5 ± 7	0.61	64 ± 6	63.1 ± 4	0.87	64 ± 5	61.2 ± 4	0.31	61.8 ± 5	60.3 ± 5	0.04	0.99
Fett-Zufuhr abs. [g/d]	72 ± 20	70 ± 19	0.99	63 ± 19	74 ± 14	0.87	54 ± 10	60 ± 25	0.17	58 ± 15	70 ± 12	0.99	0.17
Fett-Zufuhr rel. [%]	20.7 ± 4	19.1 ± 4	0.61	17.5 ± 4	18.2 ± 4	0.86	16.8 ± 3	20.3 ± 3	0.73	19.2 ± 4	21.6 ± 3	0.17	0.41
Protein-Zufuhr abs. [g/d]	60 ± 10	64 ± 16	0.92	67 ± 21	66 ± 16	0.99	63 ± 12	64 ± 20	0.87	57 ± 12	59 ± 13	0.17	0.84
Protein-Zufuhr rel. [%]	17,7 ± 3	17,5 ± 3	0.61	18,5 ± 4	17,3 ± 3	0.67	19,2 ± 3	18,4 ± 3	0.09	19 ± 2	18,1 ± 3	0.55	0.54
MS-Zufuhr rel. [%]	15 ± 5	18,9 ± 5	0.17	20,9 ± 5	23,1 ± 7	0.24	18,7 ± 6	18,9 ± 5	0.87	18,6 ± 7	20,5 ± 3	0.50	0.47
DS-Zufuhr rel. [%]	28,8 ± 4	31,7 ± 7	0.76	27,8 ± 5	35,1 ± 9	0.24	25,7 ± 7	37 ± 10	0.18	30,4 ± 5	35,4 ± 8	0.24	0.21
PS-Zufuhr rel. [%]	56,2 ± 7	49,5 ± 10	0.17	51,3 ± 9	41,8 ± 8	0.09	55,7 ± 9	44,1 ± 9	0.31	51 ± 10	44,2 ± 6	0.09	0.14
H2O Zufuhr [l/d]	1.7 ± 0.4	1.8 ± 0.3	0.61	2.1 ± 0.6	1.8 ± 0.5	0.61	1.9 ± 0.5	1.9 ± 0.5	0.87	1.9 ± 0.6	1.9 ± 0.4	0.31	0.76
Nutritional Quality Index	79.5 ± 10	79.5 ± 13	0.92	74.7 ± 23	82.6 ± 5	0.61	74.3 ± 13	80.3 ± 10	0.87	75.9 ± 14	76.5 ± 10	0.50	0.92

Basiswerte prä interventionem und Daten nach Ernährungsmodell der Probanden, aufgetrennt in eine OptimiX- und Low-GL-Gruppe. Daten als Mittelwert ± SD oder %. P: Mann-Whitney-U-Test für 2 unabhängige Variablen, zur Darstellung von Unterschieden zwischen der OptimiX- und Low-GL-Gruppe. P*: Wilcoxon signed-rank Test für 2 abhängige Variablen, zur Darstellung von Unterschieden innerhalb einer Gruppe (OptimiX oder Low-GL); Vergleich der Basiswerte mit Daten, die nach 1, 2 und 3 Monaten post interventionem erhoben wurden. OptimiX Optimierte Mischkost; Low-GL Ernährung mit niedriger glykämischer Last; BMI SDS Body-Mass-Index Standard Deviation Score; KH Kohlenhydrate; abs. absolut; rel. relativ; MS Monosaccharide; DS Disaccharide; PS Polysaccharide

Betrachtung der Makronährstoffe

In der Optimix-Gruppe zeigte sich eine signifikante Abnahme der Gesamtenergiezufuhr nach drei Monaten (1767 ± 300 kcal/d prä interventionem vs. 1532 ± 386 kcal/d nach drei Monaten, $p=0.05$). Dies konnte in der Low-GL-Gruppe nur im Trend nachgewiesen werden (Abbildung 9). Unterschiede zwischen den Gruppen waren nach Studienabschluss nicht auszumachen ($p=0.30$). Erneut wird deutlich, dass die Gesamtenergiezufuhr der Probanden verglichen mit den Referenzwerten (Tabelle 1) insgesamt niedrig war.

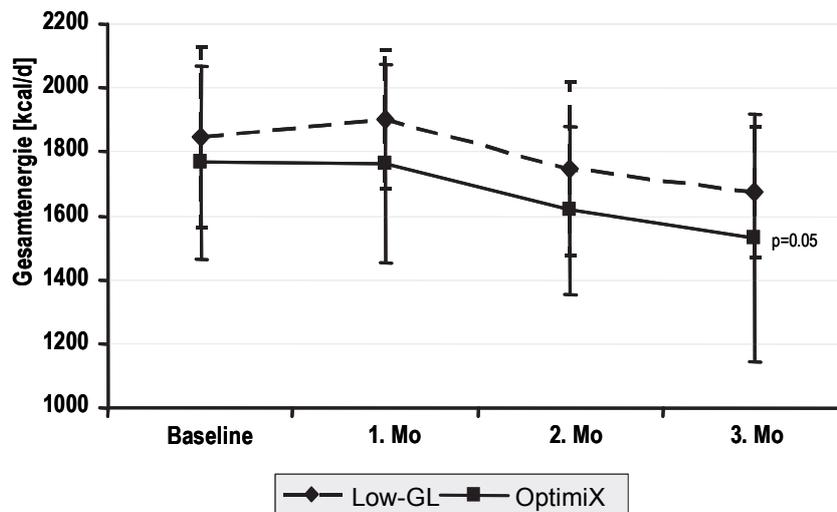


Abbildung 9: Gesamtenergiezufuhr Optimix vs. Low-GL

Hinsichtlich der Fragestellung, ob eine Umsetzung der jeweiligen Ernährungsmodelle stattgefunden hat, ist es hilfreich, einen Blick auf die prozentuale Verteilung der KH- sowie Fettzufuhr im Verlauf der Intervention zu werfen (Abbildung 10 und 11). Statistisch signifikant ist, dass die relative KH-Zufuhr in der Low-GL-Gruppe abnahm (63.5 ± 7 vs. $60.3 \pm 5\%$, $p=0.04$), während sich innerhalb der Optimix-Gruppe diesbezüglich tendenziell eine Zunahme abzeichnete. Letzteres erreicht allerdings ebenso wie der Vergleich der Endergebnisse zwischen den Gruppen keine statistische Signifikanz (Tabelle 7).

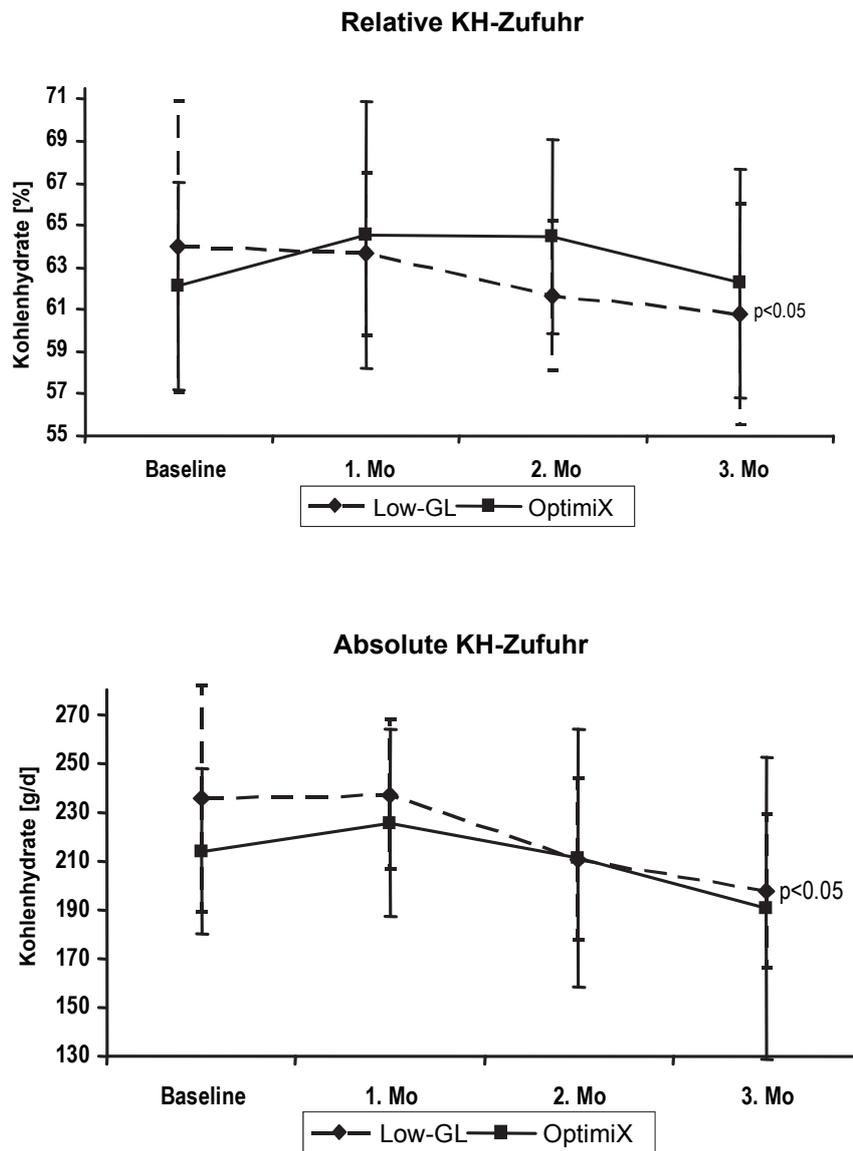


Abbildung 10: OptimiX vs. Low-Gl bzgl. der KH-Zufuhr

Währenddessen nahm die prozentuale Fettzufuhr in der OptimiX-Gruppe innerhalb der ersten zwei Monate post interventionem deutlich ab (20.7 ± 4 vs. 16.8 ± 3 , $p=0.02$). Gegen Studienabschluss zeigte sich allerdings der Trend einer erneuten Zunahme der relativen Fettaufnahme. In der Low-Gl-Gruppe lässt sich nach der Schulung hingegen tendenziell eine Zunahme der Fettzufuhr verzeichnen, ohne jedoch statistische Signifikanz zu erreichen (Abbildung 11, Tabelle 7). Bei Betrachtung der absoluten täglichen KH- als auch Fettzufuhr im Verlauf der Studie werden entsprechend passende Ergebnisse deutlich (Abbildung 10 und 11). Die KH-Zufuhr nimmt entsprechend der Schulung in der Low-Gl-Gruppe signifikant ab, während in der OptimiX-Gruppe die Fettaufnahme

innerhalb der ersten zwei Monate nach Intervention sinkt ($p=0.04$ bzw. 0.05). Hinsichtlich der relativen als auch absoluten Eiweißzufuhr lassen sich nur nicht signifikante Schwankungen innerhalb der beiden Gruppen ausmachen (Tabelle 7).

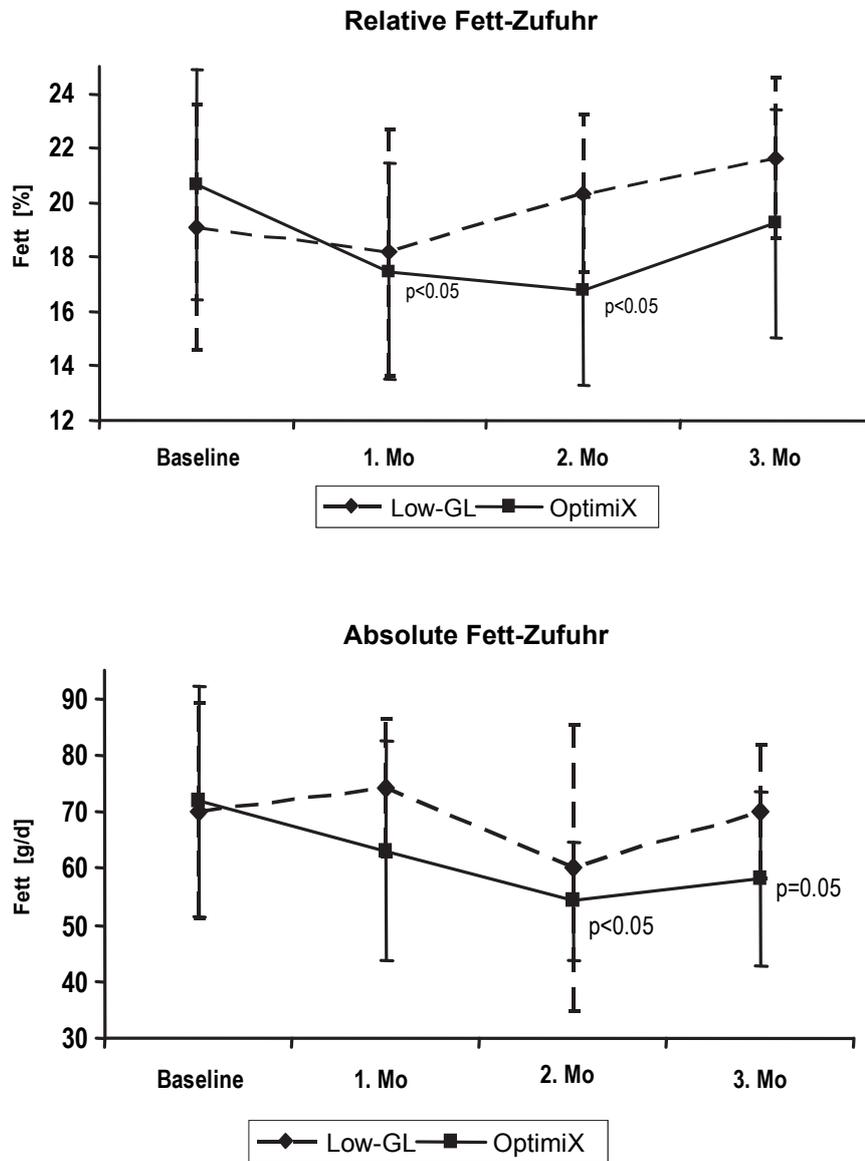


Abbildung 11: OptimiX vs. Low-Gl bzgl. der Fett-Zufuhr

In der Schulung wurden beide Gruppen aufgefordert, auf eine ausreichend hohe Ballaststoffzufuhr zu achten. Im ersten Monat post interventionem zeigte sich eine signifikante Zunahme der Ballaststoffaufnahme in den Bereich der empfohlenen Menge von 24 g/d (OptimiX bzw. Low-Gl: 20 ± 4 vs. 25 ± 3 g/d, $p=0.04$ bzw. 21 ± 3 vs. 25 ± 4 g/d, $p=0.03$). Dies konnte von der OptimiX-Gruppe

auch im zweiten Monat nach Ernährungsumstellung aufrechterhalten werden. Dann nahm aber auch in dieser Gruppe der positive Effekt tendenziell wieder ab (Abbildung 12, Tabelle 7).

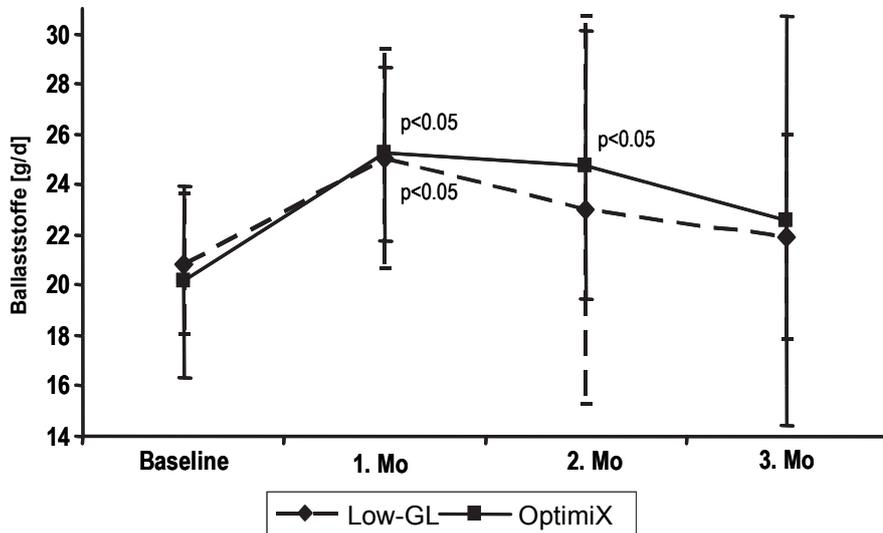


Abbildung 12: OptimiX vs. Low-GL bzgl. der Ballaststoffzufuhr

Eine erhöhte Ballaststoffzufuhr sollte auch von einer ausreichenden Flüssigkeitsmenge begleitet sein (Kapitel 1.3). Wie bereits erwähnt, lag die Wasseraufnahme der Probanden prä interventionem signifikant unterhalb der D-A-CH-Referenzwerte (Tabelle 6). In der OptimiX-Gruppe ließ sich eine signifikante Zunahme der Wasserzufuhr in den empfohlenen Bereich im ersten Monat nach Schulung verzeichnen (1.7 ± 0.4 vs. 2.1 ± 0.6 l/d, $p=0.03$). Im Verlauf nahm dieser Effekt wieder ab.

Da die Evaluation der Ernährungsweise vor Intervention zeigte, dass die Probanden der vorliegenden Studie eine hohe prozentuale KH-Aufnahme aufwiesen, sollen im Folgenden die Kohlenhydrate in ihrer Zusammensetzung differenziert betrachtet werden (Abbildung 13, Tabelle 7).

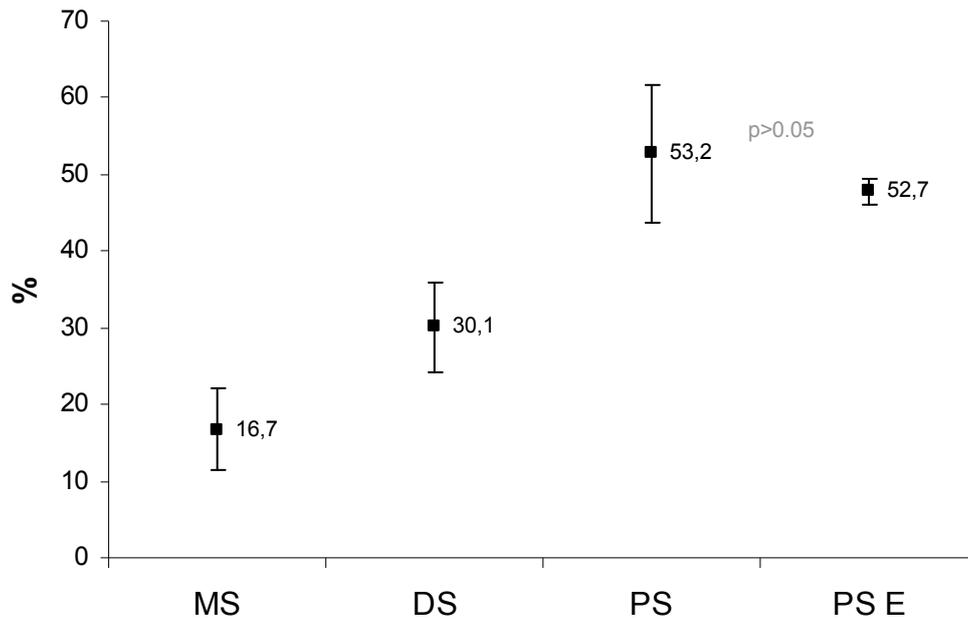


Abbildung 13: KH-Zusammensetzung der Probanden vor Intervention

Die KH-Aufnahme der Probanden wurde bereits vor der Intervention von einem hohen Polysaccharid (PS)-Gehalt geprägt, wohingegen der Anteil an Monosacchariden (MS) recht gering war (53.2±8.9% vs. 16.7±5.4%, Tabelle 6). Beim direkten Vergleich beider Ernährungsmodelle ist in der OptimiX-Gruppe über den Studienverlauf hinweg ein im Trend höherer Anteil der PS nachzuweisen, während die MS und Disaccharide (DS) in der Low-GL-Gruppe tendenziell stärker vertreten sind (Abbildung 14, Tabelle 7). Dennoch nimmt innerhalb des ersten Monats der PS-Anteil in der OptimiX-Gruppe zugunsten der MS signifikant ab (56.2±7 vs. 51.3±, p=0.05 bzw. 15±5 vs. 20.9±5, p=0.04). Dieser Effekt reduziert sich tendenziell im Verlauf wieder. In der Low-GL-Gruppe lassen sich in der KH-Zusammensetzung nur unspezifische Schwankungen ableiten.

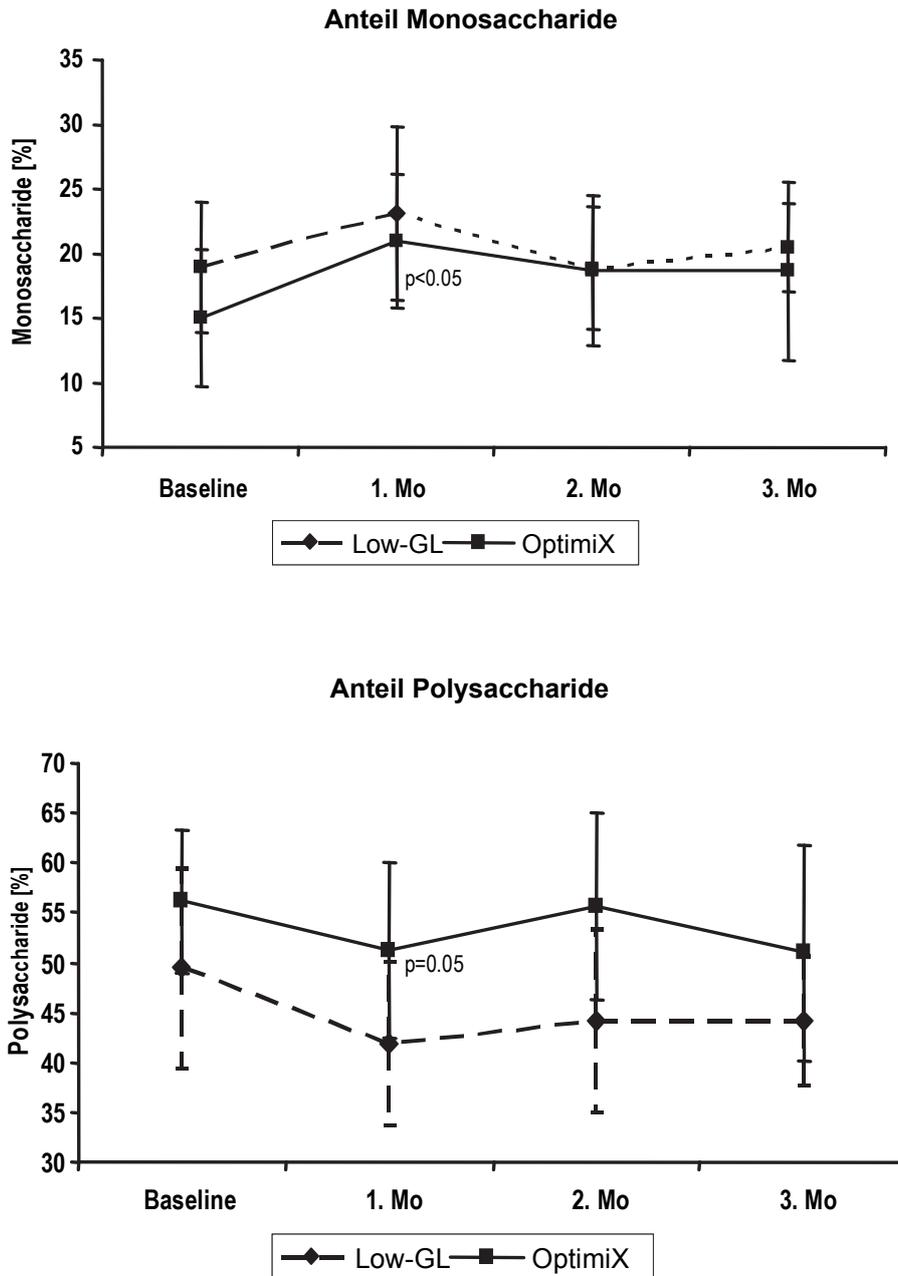


Abbildung 14: Optimix vs. Low-GL bzgl. relativer MS- und PS-Zufuhr

Glykämische Kontrolle

Um einen Einfluss der beiden Ernährungsmodelle auf die glykämische Kontrolle nachzuweisen, wurde der HbA_{1c}-Wert in beiden Gruppen im Verlauf der Studie untersucht. Signifikante Unterschiede ließen sich diesbezüglich sowohl innerhalb der Gruppen als auch zwischen den Gruppierungen nicht darstellen (Abbildung 15, Tabelle 7). Lediglich als Tendenz zeichnete sich im Studienverlauf eine Abnahme des HbA_{1c} in beiden Gruppen ab (OptimiX bzw. Low-GL: 7.4±0.6 vs. 7.3±0.5%, p=0.44 bzw. 7.0±0.5 vs. 6.9±0.5%, p=0.61).

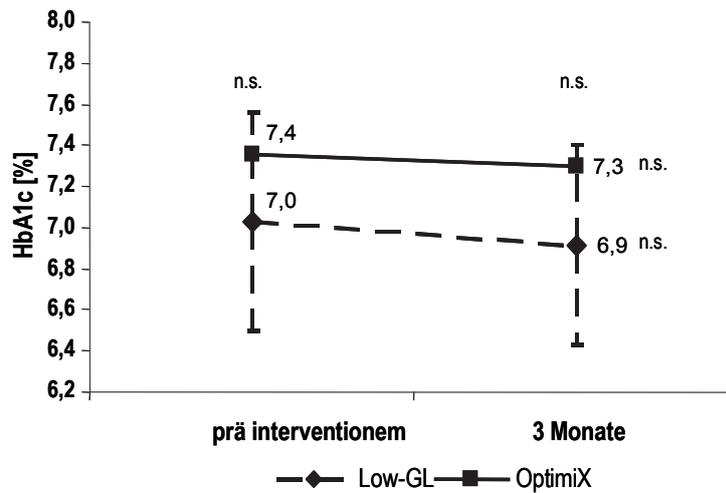


Abbildung 15: OptimiX vs. Low-GL bzgl. des HbA_{1c}

Daten als Mittelwert (\pm SE): HbA_{1c} Messungen über 3 Monate in der OptimiX- und Low-GL-Gruppe. Keine signifikanten Unterschiede zwischen als auch innerhalb der beiden Gruppen.

Analyse der Mikronährstoffe

Abschließend soll nun anhand des NQI_{Menge} untersucht werden, wie gesundheitsförderlich die Ernährungsmodelle in Hinblick auf die Abdeckung wichtiger Mikronährstoffe sind (Abbildung 16, Tabelle 7). Beide Gruppen weisen bereits vor der Intervention einen hohen NQI_{Menge} auf (OptimiX vs. Low-GL: 79.5 ± 10 vs. 79.5 ± 13 , $p=0.92$). Innerhalb des Studienverlaufs lassen sich lediglich unspezifische Schwankungen in beiden Gruppen nachweisen.

Nutritional Quality Index (NQI) Menge

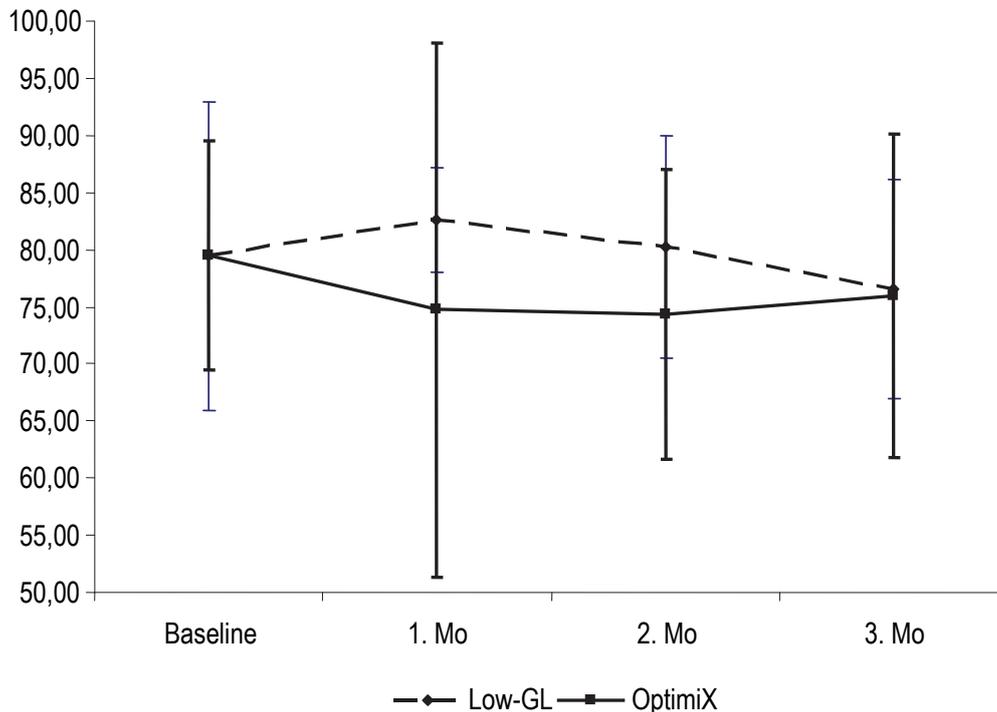


Abbildung 16: Optimix vs. Low-Gl bzgl. des NQI_{Menge}

Angaben zur Lebensqualität

Die Lebensqualität wurde von den beiden Ernährungsmodellen nicht wesentlich beeinflusst. In der Optimix-Gruppe berichteten 22% der Familien und in der Low-Gl-Gruppe 29% der Teilnehmer von einer Einschränkung ihrer Lebensqualität durch die Ernährungsumstellung ($p=0.84$). Erstere gaben an, während des Studienverlaufs zusätzliche Kosten durch die Optimix-Ernährung gehabt zu haben (Optimix vs. Low-Gl: 33% vs. 0%, $p=0.30$). Dies stand im Zusammenhang mit dem vermehrten Konsum von Bioprodukten. Alle Familien der Optimix-Gruppe wollten nach eigenen Angaben zukünftig das Konzept der Optimierten Mischkost fortführen, Teilnehmer der Low-Gl-Gruppe wollten die Ernährungsweise zu 86% weiterverfolgen ($p=0.68$).

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass eine Ernährungsumstellung in beiden Gruppen stattgefunden hat. Mit dem Ernährungsmodell Low-Gl wurde ein signifikanter Rückgang der relativen als auch absoluten KH-Zufuhr erreicht. Die Optimix-Gruppe erzielte wiederum einen kurzzeitigen aber signifikanten Rückgang der prozentualen und absoluten Fettzufuhr. Eine Auswirkung der Ernährungsmodelle auf den HbA_{1c} -Wert konnte

während des Studienverlaufs nicht signifikant nachgewiesen werden, wobei in beiden Gruppen zumindest ein positiver Trend zu verzeichnen war.

Insgesamt lassen sich bezüglich der in diesem Abschnitt aufgeführten Parameter im direkten Vergleich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Ernährungsmodellen herausarbeiten (Tabelle7).

3.4 Vitamin D Zufuhr Probanden vs. EsKiMo

Letztendlich soll auch die Vitamin D Zufuhr der Probanden untersucht und mit den Teilnehmern der EsKiMo-Studie verglichen werden (Abbildung 17, Tabelle 6). Dies geschieht anhand des IQS, wobei der IQS des Vitamin D der Zufuhrmenge in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte entspricht (Kapitel 2.4). Die spezielle Betrachtung der Vitamin D Aufnahme wird in dieser Arbeit hervorgehoben, da verschiedene Studien deklarieren, dass durch Supplementation von Vitamin D eine Risikoreduktion der Entwicklung eines Typ1-Diabetes erreicht werden kann [81-83].

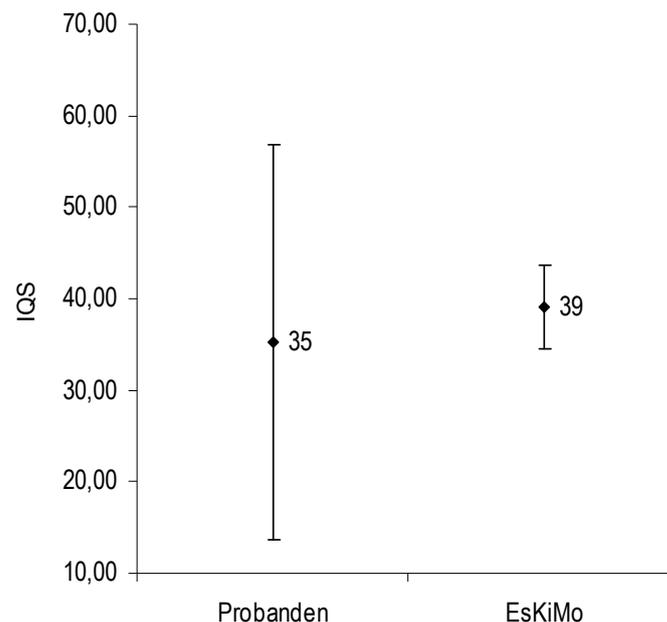


Abbildung 17: Probanden vs. EsKiMo bzgl. des IQS für Vitamin D

Es wurde deutlich, dass sowohl von den Probanden dieser Studie als auch den Teilnehmern der EsKiMo-Studie die D-A-CH-Referenzwerte für die Vitamin D-Zufuhr bei weitem nicht erreicht wurden. Die Probanden wiesen diesbezüglich allerdings im direkten Vergleich eine signifikant noch geringere Zufuhr von Vitamin D als die EsKiMo-Teilnehmer auf (IQS Probanden vs. EsKiMo: 35.26 ± 21.51 vs. 39.13 ± 4.56 , $p=0.021$).

4. Diskussion

Diese Pilotstudie wurde durchgeführt, da das Ernährungsmanagement im Therapieregime des Typ 1-Diabetes bei Kindern zunehmend an Bedeutung gewinnt, die Datenlage für die Erstellung spezifischer evidenzbasierter Empfehlungen aber gering ist. In dieser Studie sollte deshalb als Basis zunächst untersucht werden, ob sich die Ernährung der Probanden von gesunden Gleichaltrigen unterscheidet. Als Vergleichsgruppe dienten die Teilnehmer der EsKiMo-Studie. Nach Erhebung der Ernährungsgewohnheiten vor Intervention erfolgte eine Randomisierung der Probanden zu Ernährungsschulungen mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Die erste Gruppe wurde dabei nach den aktuellen Ernährungsempfehlungen für Kinder in Deutschland (die optimierte Mischkost OptimiX) geschult. Die zweite Gruppe wurde in einer Reduktion der GL von Nahrungsmitteln unterrichtet im Hinblick auf die Hypothese, durch den postprandial geringer ansteigenden Blutglukosespiegel eine letztendlich bessere glykämische Kontrolle zu erreichen.

Es lassen sich somit folgende Ziele der Pilotstudie formulieren:

- Unterscheidet sich die Ernährung von Kindern mit Typ 1-Diabetes von gesunden Gleichaltrigen?
- Inwiefern unterscheidet sich das Profil der Probanden der vorliegenden Studie bezüglich des Geschlechts, Alters, BMI und HbA_{1c} vom Kollektiv der Diabetes-Kinder, deren Familien eine Studienteilnahme ablehnten?
- Kann durch gezielte Schulung mit unterschiedlichen Schwerpunkten eine Ernährungsumstellung hinsichtlich der jeweiligen Ernährungsmodelle erreicht werden?
- Gibt es einen Einfluss beider Ernährungsmodelle auf die glykämische Kontrolle gemessen am HbA_{1c}?
- Unterscheiden sich die beiden Ernährungsvarianten in der Komposition der Makronährstoffe und im NQI_{Menge} hinsichtlich der Abdeckung wichtiger Mikronährstoffe als Prädiktor einer gesunden Ernährung?

Stärken dieser Pilotstudie sind, dass der prospektive Verlauf trotz geringer Fallzahl über 16 Wochen erfolgte. Dieser Zeitraum ist im Vergleich zu den Studien ähnlichen Umfangs aus der Metaanalyse der Cochrane Collaboration lang [65]. Zudem gilt die hier angewandte Methodik der Evaluation des Nahrungsverzehrs der Probanden anhand von Ernährungsprotokollen in der Literatur als Goldstandard [94]. Nichtsdestotrotz mag sie mit

Essensgewohnheiten interferieren und ist insbesondere bei Jugendlichen und übergewichtigen Probanden anfällig für Underreporting [95]. Da die Datenerhebung derjenigen der EsKiMo-Studie entspricht, ist eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse beider Studien gegeben. Es wurde versucht, die Compliance der Probanden durch wöchentliche Telefonate zu erhöhen, indem Fragen bezüglich der Ernährungsumstellung oder Protokollierung auch direkt geklärt werden konnten.

4.1 Wissenschaftlicher Diskurs zur Ernährung von Kindern mit Typ 1-Diabetes und Stoffwechselgesunden

In diesem Kapitel soll zunächst ein Überblick über den Stellenwert des Themas Ernährung bei Kindern mit Typ 1-Diabetes in der Literatur gegeben werden. Ergänzend wird auf die Literaturangaben zur Ernährungssituation von stoffwechselgesunden Kindern eingegangen. Anschließend werden in diesem Zusammenhang die Ergebnisse der Pilotstudie hinsichtlich der Fragestellung diskutiert, inwiefern sich die Ernährungsgewohnheiten der Probanden von den Teilnehmern der EsKiMo-Studie als Kollektiv der gesunden Gleichaltrigen unterscheiden.

4.1.1 Stellenwert der Ernährung im Therapieregime des Typ 1-Diabetes bei Kindern

Die Ernährung bei Kindern mit Typ 1-Diabetes gewinnt im Therapiekonzept zunehmend an Bedeutung. Noch 2005 wurde von *Hürter* und *Danne* die Ernährung nur als wichtige therapiebezogene Ergänzung neben der Insulinsubstitution als einzige kausalthérapeutische Maßnahme dargestellt [1]. Auch in den amerikanischen Therapiekonzepten des Typ 1-Diabetes bei Kindern wird das Hauptaugenmerk auf die Insulintherapie gelegt, wobei diese in eine individuelle Ernährungs- und Aktivitätsstruktur des Kindes integriert werden soll [2]. Hierzu soll ein Ernährungsplan möglichst mit Hilfe einer Ernährungsberatung ausgearbeitet und jährlich evaluiert werden [23]. Die ISPAD bezeichnet in ihren aktuellen Empfehlungen das Ernährungsmanagement beim Typ 1-Diabetes mittlerweile als einen der „Grundsteine des Therapieregimes“ [4].

Das Thema Ernährung bei Kindern mit Typ 1-Diabetes ist in verschiedener Hinsicht sehr komplex. Einerseits konnte mittels der deutschlandweiten DPV-Datenbank in dieser Subpopulation 2002 eine erhöhte Prävalenz für Übergewicht und Adipositas insbesondere bei Vorschulkindern (Übergewicht

12,3%/ Adipositas 6,7%) und jugendlichen Mädchen (Übergewicht 16,6%/ Adipositas 11,4%) nachgewiesen werden [96]. In der Altersgruppe der 15- bis 18-jährigen Mädchen ergab sich eine signifikante Abhängigkeit des Übergewichtes zur Diabetesdauer. Zudem stellte sich in derselben Studie heraus, dass diabetische Kinder mit Übergewicht oder Adipositas signifikant häufiger mit dem Prinzip der IIT behandelt wurden. Eine IIT wurde dabei definiert, wenn eine Pumpentherapie bzw. drei oder mehr Injektionen täglich vorgenommen wurden. Verantwortlich für diese Ergebnisse könnte eine zu hohe Insulinzufuhr, zu viele Zwischenmahlzeiten oder eine insgesamt erhöhte Energieaufnahme zur Vermeidung oder Therapie von Hypoglykämien sein [4, 6]. Verschiedene Studien konnten zudem nachweisen, dass Kinder mit Typ 1-Diabetes fettreichere Mahlzeiten verzehren als gesunde Altersgenossen bzw. in den Familien nach Diagnosestellung eine Ernährungsumstellung abweichend von den Empfehlungen stattfand [50, 97, 98]. *Mayer-Davies* und *Helgeson* untersuchten beispielsweise, inwiefern Kinder und Jugendliche mit Typ 1- und Typ 2-Diabetes die Ziele der Ernährungsempfehlungen der American Diabetes Association (ADA) erreichen. *Mayer-Davies* wies in einer Multicenter-Studie nach, dass bei Kindern und Jugendlichen mit Typ 1- als auch Typ 2-Diabetes im Alter zwischen 10 und 22 Jahren die Fettzufuhr 37-38% der Gesamtenergie betrug [98]. Weniger als 15% der Studienteilnehmer erreichten die Empfehlungen der ADA von einer Fettzufuhr von <30% der Gesamtenergie sowie einen Anteil der gesättigten Fettsäuren von <10%. Die Studie von *Helgeson et al.* ergab, dass Jugendliche mit Typ 1-Diabetes die Empfehlungen der Fettzufuhr überschritten, während die Fettzufuhr gesunder Gleichaltriger im Referenzbereich lag.

Nicht zu vernachlässigen ist natürlich auch, dass das Problem von Übergewicht und Adipositas im Kindesalter im Allgemeinen weltweit zunimmt. Fast 22 Millionen Kinder in der Altersgruppe unter fünf Jahren sind weltweit übergewichtig [99]. In Deutschland liegen 15% der Kinder und Jugendlichen im Alter von 3 bis 17 Jahren mit ihrem BMI über der 90. Perzentile und sind demnach definitionsgemäß übergewichtig. Auf Basis der Referenzdaten von 1985-1999 entspricht dies einem Prävalenzanstieg in Deutschland von 50%. Ca. 800.000 dieser 1,9 Millionen übergewichtigen Kinder sind entsprechend einem BMI > 97. Perzentile adipös, die Prävalenz der Adipositas bei Kindern und Jugendlichen beträgt demnach 6,3% in Deutschland [100].

Der Aspekt, dass das Ernährungsverhalten der Kinder mit Typ 1-Diabetes durch die Insulintherapie selbst beeinflusst wird, kompliziert das Ernährungsmanagement zusätzlich. In der oft angewandten IIT wird beispielsweise die

Insulindosis der jeweils aufgenommenen KH-Menge und des gemessenen Blutglukosespiegels angepasst [4]. Insbesondere die KH-Aufnahme wird somit bewusster wahrgenommen. Vorteil dieser Methode ist, dass die Nahrungsaufnahme flexibel gestaltet werden kann und in Studien eine verbesserte Lebensqualität nachgewiesen wurde [101-103]. Mittlerweile wird die IIT von verschiedenen internationalen Leitlinien befürwortet und ist allgemein anerkannt [2, 23, 104, 105]. Dieses Regime impliziert allerdings auch, dass gleichwertige KH-Portionen unabhängig von ihrer Zusammensetzung denselben Effekt auf die Blutzuckerwerte ausüben. Ob der GI bzw. die GL im Ernährungsmanagement Berücksichtigung finden soll, ist immer noch Gegenstand aktueller Diskussionen (Kapitel 4.3).

4.1.2 Ernährungsverhalten von stoffwechselgesunden Kindern in Deutschland

Bezüglich stoffwechselgesunder Kinder mangelte es lange Zeit an repräsentativen Daten zum Nahrungsverzehr von Kindern. 1985 bis 1988 wurden erstmals mittels der NVS umfangreiche Daten zu diesem Thema erhoben [106, 107]. In der Zwischenzeit wurde lediglich die DONALD-Studie vom FKE in Dortmund durchgeführt, deren Design allerdings keine repräsentative Datenerhebung für Deutschland zulässt [108]. In den Jahren 2003 bis 2006 wurden deshalb vom RKI mittels der KiGGS-Studie umfassende deutschlandweite Daten zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen ermittelt (Kapitel 1.2). Dabei ist auch die Ernährungssituation als wichtiger Aspekt berücksichtigt und mit der EsKiMo-Studie bei Kindern im Alter von 6 bis 17 Jahren im Detail untersucht worden. Eine Arbeit von Stahl et al. vergleicht die Ergebnisse der EsKiMo-Studie mit denen der NVS [109]. Die NVS II findet dabei keine Berücksichtigung, da Kinder und Jugendliche unter 14 Jahren in dieser von November 2005 bis November 2006 durchgeführten Studie ausgeschlossen wurden [110]. Insgesamt lässt sich eine Verbesserung des Nahrungsverzehrs bezüglich der Zusammensetzung der Makronährstoffe sowie der Zufuhr von Mikronährstoffen wie Vitaminen und Mineralien innerhalb der letzten zwanzig Jahre nachweisen. Die meisten D-A-CH-Referenzwerte werden 2006 besser erreicht als in den 1980ern. Beispielsweise erlangen die Kinder 2006 im Median die empfohlene KH-Zufuhr von > 50% der Gesamtenergie, während dies in der NVS von den Kindern unterschritten wurde. Nichtsdestotrotz sollte sich die Ernährung von Kindern weiter verbessern. Der Fettanteil entspricht zwar im Mittel

den Referenzwerten, jedoch ist das Fettsäuremuster durch reichlich gesättigte Fettsäuren und zu geringen Mengen an ungesättigten Fettsäuren geprägt. Die Proteinzufuhr übersteigt in allen Altersgruppen deutlich die Empfehlungen. In der KH-Zusammensetzung ist der PS-Anteil zwar gestiegen, trotzdem wird noch ein Großteil der KH durch MS und DS bestritten. Auch die Ballaststoffzufuhr erreicht nicht die empfohlene Menge von 24 g/d. Somit werden anstelle der ernährungsphysiologisch günstigen stärke- und ballaststoffreichen Vollkornprodukten zu viele Lebensmittel mit einem hohen Gehalt an isolierten Zuckern und Weißmehl mit dementsprechend hoher GI bzw. GL konsumiert [35, 111, 112]. Bezüglich der meisten Vitamine und Mineralstoffe ist die Versorgung ausreichend. Ausnahmen bilden hierbei Vitamin D und Folat sowie bei Mädchen in allen Altersgruppen Eisen. Bei 6- bis 11-Jährigen mangelt es zudem an Vitamin E, Vitamin A und Calcium [113]. Durch einen gesteigerten Obst- und Gemüsekonsum könnten diese Werte deutlich verbessert werden. Im Geschlechtervergleich ließ sich diesbezüglich bereits in der KiGGS-Studie nachweisen, dass sich Mädchen im Trend ausgewogener ernähren als Jungen [7]. Bezüglich der Mikronährstoffe wurde entsprechend den EsKiMo-Ergebnissen in der KiGGS-Studie bei über der Hälfte der Kinder und Jugendlichen suboptimale Vitamin D-Werte im Serum gemessen [114].

4.1.3 Ernährung der Probanden vs. gesunder Gleichaltriger

Im Hinblick auf die Literaturangaben zum Thema Ernährungsmanagement bei Kindern mit Typ 1-Diabetes wurde in der vorliegenden Studie vorerst untersucht, inwiefern sich die Ernährung von diabetischen Kindern von gesunden Gleichaltrigen unterscheidet. Hierzu wurden die Probanden mit den Teilnehmern der EsKiMo-Studie hinsichtlich ihres Ernährungsverhaltens verglichen. Insgesamt erreichen die Kinder der EsKiMo-Studie im Gegensatz zu den Probanden eine mediane Energiezufuhr etwa den Referenzwerten entsprechend [112]. Die Probanden liegen im Median mit 1800 kcal pro Tag unterhalb der empfohlenen Gesamtenergiezufuhr (Tabelle 1, Anhang AI). Ein Erklärungsansatz wäre, dass bei den Probanden vermehrt Underreporting vorliegt. Ein weiterer Unterschied lässt sich bezüglich der KH-Zufuhr zur Darstellung bringen. Die prozentuale Verteilung der Energiezufuhr ist bei den Probanden von einer hohen KH-Aufnahme mit 62,4% geprägt, während bei den Teilnehmern der EsKiMo-Studie der KH-Anteil mit 53,1% im Referenzbereich der DDG liegt. Ursache könnte sein, dass von den Probanden aufgrund der Insulintherapie ein großer Teil der Energie durch KH abgedeckt wird, da diese in die

Dosisberechnung direkt einbezogen und somit in den Mittelpunkt der Ernährung gestellt werden. Auch Hypoglykämien werden durch weitere KH-Zufuhr ausgeglichen. Positiv aus ernährungsphysiologischer Sicht ist, dass der KH-Anteil der Probanden durch einen hohen PS-Gehalt von 53,2% bei geringer relativer MS-Zufuhr von 16,7% geprägt ist. Bei den Kindern der EsKiMo-Studie dagegen ist der Anteil der relativen MS- und DS-Zufuhr im Trend höher. Diese Ergebnisse sprechen neben dem Aspekt des geringen prozentualen Fettanteils (20%) in der Nahrungszufuhr der Probanden der Studienpopulation gegen die Aussage der Studien von *Helgeson* und *Mayer-Davies*, Kinder mit Typ 1-Diabetes würden sich fettreicher ernähren als gesunde Gleichaltrige bzw. als in den Leitlinien empfohlen [50, 98]. Es handelt sich allerdings bei den Probanden der Pilotstudie bzw. bei deren Familien um Individuen mit besonderem Interesse am Thema Ernährung. Sie sind charakterisiert durch besonders gute Motivation und Compliance. Dies zeigt der Vergleich des Profils der Probanden mit dem Kollektiv weiterer potenzieller Studienteilnehmer, die eine Teilnahme an der Studie ablehnten. Hierfür spricht die im Vergleich signifikant bessere Einstellung des HbA_{1c} und der tendenziell geringere BMI-Wert der Studienteilnehmer. Es ist somit anzunehmen, dass sich die Familien der Probanden bereits vor der Intervention gesundheitsbewusst ernährt und auf eine gute Einstellung des Diabetes der Kinder geachtet haben. Ein weiterer Erklärungsansatz ist, dass das Kollektiv der Probanden durch einen hohen Mädchenanteil geprägt wurde. Sowohl in der KiGGS- als auch EsKiMo-Studie konnte wie bereits erwähnt nachgewiesen werden, dass sich Mädchen gesundheitsbewusster ernähren als Jungen [7, 35, 111, 112].

Ungünstig an der Ernährung der EsKiMo-Teilnehmer als auch der Probanden dieser Pilotstudie ist die mangelhafte Abdeckung des Vitamin D Bedarfs, wobei letztere die Werte der EsKiMo-Kontrollen zusätzlich noch signifikant unterschreiten. Dieses Thema ist in der Hinsicht interessant, da einige Studien deklarieren, dass durch Supplementation von Vitamin D eine Risikoreduktion der Entwicklung eines Typ 1-Diabetes erreicht werden kann [81-83]. Begründung dieser These ist, dass Vitamin D immunsuppressive Eigenschaften zu haben scheint und damit eine Rolle in Erkrankungen autoimmuner Genese wie auch dem Typ 1-Diabetes spielen kann [84]. Sollten sich die Ergebnisse in einem großen Kollektiv bestätigen, wäre eine gezielte Kontrolle des Calcium/Phosphat-Stoffwechsels bei Kindern mit Typ 1-Diabetes und ggf. eine Vitamin D-Supplementation im Kindesalter zu erwägen.

4.2 Ergebnisdiskussion zur Ernährung der Probanden prä und post interventionem

Die Schulung der beiden Gruppen hinsichtlich der jeweils zugeordneten Ernährungsvariante erfolgte separat mittels Flipchart und einer Powerpoint Präsentation von einer Ernährungsberaterin. Zudem wurden den Familien Informationen in Form von Broschüren und Rezeptvorschlägen ausgehändigt. Die Eltern wurden gezielt in die Beratung einbezogen, da sowohl bei Kindern als auch Jugendlichen die Familie einen großen Einfluss auf die Ernährungsgewohnheiten hat [115]. Die Schulung hatte in Kombination mit der Studie signifikante Auswirkungen auf das Ernährungsverhalten der Studienteilnehmer. Bei den Probanden der Low-GL-Gruppe konnte bis zum Ende der Intervention ein signifikant geringerer KH-Anteil an der Gesamtenergiezufuhr nachgewiesen werden. In der OptimiX-Gruppe sank entsprechend der Empfehlungen die Fettzufuhr zumindest in den ersten zwei Monaten post interventionem signifikant, während die prozentuale KH-Aufnahme im Trend anstieg. Unterstützt wurde diese erfolgreiche Ernährungsumstellung sicherlich durch das Alter der Probanden, welches durchschnittlich 10,2 Jahre betrug. In jungen Jahren ist der Einfluss der Eltern auf das Ernährungsverhalten ihrer Kinder weit reichend, während bei Jugendlichen insbesondere im Alter von 14 bis 16 Jahren Peer-Groups zunehmend an Bedeutung gewinnen [115, 116]. Nichtsdestotrotz ergab die Datenerhebung aus den Ernährungsprotokollen, dass an der Nachhaltigkeit der erfolgreichen Ernährungsumstellung gezweifelt werden muss. Wichtiges Ziel in beiden Gruppen war beispielsweise, die Ballaststoffzufuhr zu erhöhen. Dies wurde von beiden Gruppen auch signifikant bereits einen Monat post interventionem erreicht. In den folgenden beiden Monaten nahm die Ballaststoffaufnahme allerdings wieder ab, auch wenn sie auf einem höheren Niveau als dem Ausgangswert prä interventionem blieb. Eine Zunahme der Wasserzufuhr in den Referenzbereich wurde von der OptimiX-Gruppe nur im ersten Monat nach Ernährungsumstellung erreicht. Ebenso nahm sowohl die absolute als auch prozentuale Fettzufuhr im letzten Monat des Studienverlaufs in dieser Gruppe tendenziell wieder zu, während der KH-Anteil sank. Es ist somit also anzunehmen, dass für eine Ernährungsumstellung die Motivation eine sehr wichtige Rolle spielt und für nachhaltige Ergebnisse in Studien evaluiert werden müsste, inwiefern diese Motivation aufrechterhalten und unterstützt werden kann. Um eine dauerhafte

Ernährungsumstellung zu erreichen sind vermutlich wiederholte Schulungen notwendig. Dies sollte in Folgestudien berücksichtigt werden.

Bezüglich der Gesamtenergiezufuhr zeigte sich in der OptimiX-Gruppe eine signifikante Reduktion der täglichen Kalorienaufnahme nach drei Monaten. Somit könnte das OptimiX-Konzept insbesondere für übergewichtige oder adipöse Kinder von Vorteil sein, auch wenn in dieser Pilotstudie kein signifikanter Einfluss auf den BMI zwischen den Gruppen nachgewiesen werden konnte. Aufgrund der Studiendauer von drei Monaten kann ein solcher Effekt allerdings kaum erwartet werden.

Weiteres Ziel der Studie war, Unterschiede zwischen den jeweiligen Ernährungsmodellen hinsichtlich ihres Einflusses auf die glykämische Kontrolle herauszuarbeiten. Diese Ergebnisse werden vor dem Hintergrund der Studienlage zur Thematik des GI bzw. GL diskutiert.

4.3 Einfluss des GI bzw. GL auf die glykämische Kontrolle

Mittels des GI wird das Ausmaß des Blutzuckeranstiegs auf eine bestimmte KH-Portion eingeschätzt, als Referenzsubstanz wird dabei Glukose verwendet [117]. Wie bereits in Kapitel 1.4 erläutert, beeinflusst neben der Art der KH ebenfalls die KH-Menge die glykämische Antwort und führte zum Konzept der GL [66]. Interessant sind diese Konzepte, da in der IIT davon ausgegangen wird, dass bestimmte KH-Portionen unabhängig von ihrer Zusammensetzung einen gewissen Insulinbedarf haben. Eine Berücksichtigung des GI bzw. der GL könnte möglicherweise Blutzuckerspitzen vermeiden und somit zu einer verbesserten glykämischen Kontrolle führen. Diese Thematik wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Kritiker meinen, dass durch eine Ernährung mit niedrigem GI die Nahrungsmittelauswahl eingeschränkt wird und zudem die Fettzufuhr steigt. Das Konzept des GI sei zu komplex für das Therapiemanagement des Diabetes und daher nicht von klinischem Nutzen [118-120]. Befürworter wiederum berufen sich auf den Nachweis der besseren glykämischen Kontrolle unter einer Low-GI Ernährung [42, 78, 80, 121-123]. *Brand-Miller et al.* untersuchten 2003 zu diesem Thema in einer retrospektiven Metaanalyse sechs randomisierte kontrollierte Studien zum Typ 1-Diabetes und neun Studien zum Typ 2-Diabetes [11]. Insgesamt konnte eine signifikante Reduktion des HbA_{1c} um 0,43% mittels einer Low-GI Ernährung erreicht werden. Die Ergebnisse dieser Metaanalyse stehen im Einklang mit denen aus der EURODIAB Complications Study, in der 2810 Probanden mit Typ 1-Diabetes einbezogen wurden [124]. Demnach hatten die Probanden unter einer Low-GI Ernährung um 8% niedrigere HbA_{1c}-Werte als

diejenigen mit einer High-GI Zufuhr. Beide Studien konnten insgesamt zeigen, dass der GI der Kost eine positive und unabhängige Beziehung zu den HbA_{1c}-Spiegeln aufwies.

Der Vorteil einer besseren glykämischen Kontrolle konnte auch in den wenigen Studien, die Kinder mit Typ 1-Diabetes einbezogen, nachgewiesen werden [78, 122, 123, 125-127]. Eine dieser Studien konnte nachweisen, bei allerdings kleiner Fallzahl von 16 Probanden, dass die Studienteilnehmer während des Low-GI Ernährungsmodells eine höhere Ballaststoff- und geringere Fettzufuhr aufwiesen als zum Zeitpunkt, an dem sie sich konventionell ohne Vorgaben ernähren sollten [125]. Die größte kontrollierte, randomisierte Studie, die eine Low-GI Ernährung bei Kindern mit Typ 1-Diabetes untersuchte und auch in die erwähnte Metaanalyse 2003 Eingang fand, wurde von *Gilbertson et al.* im Jahre 2001 durchgeführt [78]. Auch in dieser Studie mit 104 Kindern in einem Alter von 8 bis 13 Jahren wurde eine signifikant bessere glykämische Kontrolle unter einer Low-GI Ernährung nachgewiesen. Die Kritik der limitierten Nahrungsmittelauswahl als auch der ungünstigeren Zusammensetzung der Makronährstoffe unter dieser Ernährungsform konnte dabei nicht bestätigt werden. Bezüglich abweichender Blutzuckerspiegel während des Studienverlaufs wurde ermittelt, dass der Anteil an Patienten, die täglich bis zu 15 Hyperglykämien verzeichneten, in der Low-GI-Gruppe im Vergleich zur Kontrolle signifikant abnahm [78, 122]. Aktuell erfolgte von der Cochrane Collaboration eine Metaanalyse von 11 randomisierten kontrollierten Studien, die Low-GI/GL-Ernährungsmodelle mit High-GI/GL- oder anderweitigen Ernährungskonzepten verglichen [65]. Von diesen 11 Studien bezogen sich drei auf Patienten mit Typ 1-Diabetes [62, 78, 123] und wiederum zwei von diesen schlossen Probanden im Kindesalter ein [78, 123]. Neun dieser Studien, einschließlich aller drei Studien bezogen auf den Typ 1-Diabetes, konnten eine signifikante Verbesserung der glykämischen Kontrolle erzielen. Zusätzlich berichtete eine Studie von weniger Hypoglykämie-Episoden unter der Low-GI Ernährung [62]. Auch der Einfluss auf die Insulindosierung wurde in dieser Studie untersucht, signifikante Unterschiede konnten diesbezüglich allerdings nicht herausgearbeitet werden. Dies steht im Einklang mit dem Ergebnis der auch in dieser Metaanalyse eingeschlossenen Studie von *Gilbertson et al.* [78].

Bei Betrachtung der Studien wird insgesamt deutlich, dass sich nur wenige mit dem Thema Low-GI im Ernährungsmanagement des Typ 1-Diabetes im Kindesalter auseinandergesetzt haben, während eine Beurteilung des Nutzens einer Low-GI Ernährung bei Kindern bisher fehlt [4]. Hinzu kommt, dass die

Durchführung zweier dieser Studien bereits zwanzig Jahre zurückliegt und die glykämische Kontrolle beispielsweise am prozentualen glykosylierten Albumin gemessen wurde [123, 127]. Bei anderen wiederum ist die Studie aktuell, entspricht aber vom Design aufgrund niedriger Fallzahlen einer Pilotstudie [125, 126]. Einzig die Studie von *Gilbertson* erfüllt vom Design her die Anforderungen einer umfangreichen randomisierten kontrollierten Studie mit einem prospektivem Verlauf von 12 Monaten, einer größeren Fallzahl von 104 Probanden im Alter von 8 bis 13 Jahren und dem primären Endpunkt der glykämischen Kontrolle gemessen am HbA_{1c}.

In der Pilotstudie zeigte die Schulung hinsichtlich der glykämischen Kontrolle gemessen am HbA_{1c} für beide Ernährungsvarianten keine Vorteile gegenüber den HbA_{1c}-Werten vor Intervention. Es wurde lediglich eine leichte Abnahme des HbA_{1c} Levels in der Low-GL-Gruppe von 0.2% bzw. OptimiX-Gruppe von 0.1% als positiver Trend verzeichnet, ohne Signifikanz zu erreichen. Ein möglicher Erklärungsansatz dieses Ergebnisses wäre, dass die Studiendauer für eine signifikante Änderung des HbA_{1c} zu kurz war. In der Studie von *Gilbertson et al.* wurden erst nach einer Dauer von 12 Monaten signifikant bessere HbA_{1c} Level in der Low-GI-Gruppe erreicht [78]. Zudem wiesen beide Gruppen der vorliegenden Pilotstudie bereits zu Beginn zufrieden stellende HbA_{1c} Level auf, so dass der Spielraum von zu verbessernden Werten gering war. Die Teilnehmer ernährten sich vermutlich bereits vor Studienbeginn gesund.

Die Ergebnisse der Studie von *Gilbertson et al.* müssen jedoch ebenso kritisch gewertet werden [78]. Nach 12 Monaten Studienverlauf wird dort eine signifikant bessere glykämische Kontrolle in der Low-GI-Gruppe verglichen zur Kontrolle erreicht. In die Berechnung gehen die zu dem Zeitpunkt gemessenen HbA_{1c} Level der Low-GI-Gruppe vs. derjenigen der Kontrolle ein (8.0 ± 1.0 vs. $8.6 \pm 1.4\%$, $p=0.05$). Die Ernährung beider Gruppen unterschied sich hinsichtlich der durchschnittlichen GI-Werte am Ende der Studie nicht und somit hatte der GI keinen unabhängigen Effekt auf die glykämische Kontrolle. Klare Evidenz für eine verbesserte glykämische Kontrolle unter einer Low-GI/GL Ernährung im Ernährungsmanagement von Kindern mit Typ 1-Diabetes liegt somit nicht vor.

4.3 Auswirkungen der Ernährungsmodelle auf die Komposition der Makro- und Mikronährstoffe

Da die Bedeutung einer gesunden Ernährung vor allem in der Aufnahme von sekundären Pflanzenstoffen liegt, ist es wichtig, über die Energiezufuhr hinaus

auch die Zusammensetzung von Makro- und Mikronährstoffen zu betrachten. Die KH-Zufuhr soll laut S3-Leitlinie der DDG bei 45-60% der Gesamtenergie liegen. Dieses Ziel erreichen die Kinder beider Gruppen bereits vor der Intervention. Selbst in der Low-GL-Gruppe wird dieser Wert trotz erwünschter signifikanter Abnahme der KH-Zufuhr im Verlauf nicht unterschritten. Der Ballaststoffanteil nahm in beiden Gruppen anfangs signifikant zu, im Verlauf ließ sich dann jedoch ein etwa gleichsinniger Abfall der Zufuhr erkennen. Ungünstiger Weise zeigte sich in der OptimiX-Gruppe zu Beginn der Ernährungsumstellung eine tendenziell abnehmende PS-Zufuhr. Daraus ergab sich eine signifikante Zunahme des prozentualen MS-Anteils. In der Low-GL-Gruppe konnte dieser Effekt als Trend ebenfalls festgestellt werden. Im Verlauf nahm die Zufuhr von MS in beiden Gruppen jedoch wieder zugunsten der ernährungsphysiologisch günstigen PS tendenziell ab. Ein Erklärungsansatz könnte sein, dass in letzterem Zeitraum eventuell weniger Hypoglykämien ausgeglichen werden mussten.

Unterschiede konnten bezüglich der Fettzufuhr herausgearbeitet werden. Kritiker des Low-GI- bzw. Low-GL-Konzepts meinen, dass eine solche Ernährung zu einer erhöhten Fettzufuhr führen würde [76, 119]. In der Studie von *Gilbertson et al.* wiederum wird eine Auswirkung des Konzepts auf die Zusammensetzung der Makronährstoffe verneint. Das Ergebnis dieser Pilotstudie ergab diesbezüglich keine signifikanten Ergebnisse, zeigte allerdings den deutlichen Trend einer Zunahme der prozentualen Fettaufnahme in der Low-GL-Gruppe. In diesem Punkt ist die Ernährung mittels des OptimiX-Konzepts vorteilhaft, da eine signifikante Abnahme der Fettzufuhr nach Ernährungsumstellung nachweisbar war.

Die Qualität der Versorgung mit wichtigen Mikronährstoffen kann anhand des NQI_{Menge} bemessen werden. Dieser errechnet sich aus dem IQS der einzelnen Vitamine und Mineralstoffe. Je weniger der NQI_{Menge} von 100 abweicht, umso besser werden die D-A-CH-Referenzwerte erfüllt. Es wurde bereits festgestellt, dass sich beide Gruppen schon vor Intervention gesundheitsbewusst ernährten und einen hohen NQI_{Menge} von jeweils 79.5 aufweisen konnten. Ein signifikanter Effekt der beiden Ernährungskonzepte auf den NQI_{Menge} konnte nicht nachgewiesen werden, die Abdeckung wichtiger Mikronährstoffe blieb über den Studienverlauf hinweg ziemlich konstant.

5. Schlussfolgerung

In der Pilotstudie konnte gezeigt werden, dass sich Kinder mit Typ 1-Diabetes kohlenhydratreicher und fettärmer ernähren als gesunde Gleichaltrige.

Der Ansatz, mittels Schulung gezielt die Art der Ernährung zu ändern, war im gewählten Kollektiv und unter den gegebenen Studienbedingungen erfolgreich. Ziel der Studie war es nicht, die Überlegenheit einer Ernährungsform zu zeigen, da hierfür die Fallzahl zu gering war.

Je nach Schwerpunkt der Schulung mit einer Ernährung nach OptimiX bzw. einer Ernährung nach OptimiX mit zusätzlicher Reduktion der GL ergaben sich jedoch signifikante Unterschiede in der Nahrungsaufnahme. Da eine deutliche Evidenz für den Nutzen einer Low-GI bzw. Low-GL Ernährung in den Literaturangaben fehlt, ist es sicherlich sinnvoll, den Empfehlungen des FKE mit dem OptimiX-Modell zu folgen. Dieses Konzept basiert auf aktuellen Erkenntnissen der Wissenschaft sowie praktischen Kriterien und lässt sich somit gut in den Alltag integrieren. Die Pilotstudie konnte zeigen, dass mittels der Optimierten Mischkost eine signifikante Reduktion der Gesamtenergie- als auch Fettzufuhr erzielt werden kann. Diese Aspekte könnten in Hinblick auf das Management von Übergewicht und Adipositas im Kindesalter nützlich sein.

Weiterführende Studien größeren Umfangs und längerer Laufzeit mit gezielter Schulung von Kindern und Jugendlichen mit Typ 1-Diabetes sowie Übergewicht und Adipositas sind notwendig. Untersucht werden sollte, ob in größeren Kollektiven Unterschiede in der Ernährung von Kindern mit Typ 1-Diabetes im Vergleich zu gesunden Gleichaltrigen bestätigt werden können und inwiefern die Zusammensetzung der Makro- und Mikronährstoffe optimiert werden kann. Es ist wichtig, den Ernährungsempfehlungen für Kinder mit Diabetes mellitus eine bessere evidenzbasierte Grundlage zu bieten. Es gilt zudem herauszufinden, wie die Motivation für eine nachhaltige gesundheitsbewusste Ernährungsumstellung unterstützt und aufrechterhalten werden kann. Insgesamt sind Folgestudien mit dem Schwerpunkt der Ernährungsoptimierung im Therapieregime des Typ 1-Diabetes bei Kindern und Jugendlichen sinnvoll und wichtig.

6. Zusammenfassung

Das Ernährungsmanagement im Therapieregime des Typ 1-Diabetes bei Kindern gewinnt zunehmend an Bedeutung, die Datenlage zur Erstellung spezifischer evidenzbasierter Empfehlungen ist allerdings gering. Inwiefern der GI bzw. die GL aufgrund der vermeintlichen Vermeidung von Blutzuckerspitzen zu einer verbesserten glykämischen Kontrolle führt und in den Ernährungsempfehlungen Berücksichtigung finden soll, ist Gegenstand aktueller Diskussion. Die optimierte Mischkost Optimix entspricht den derzeitigen deutschen Ernährungsempfehlungen für Kinder. Ziel der Pilotstudie war einerseits herauszufinden, inwiefern sich die Ernährung von Kindern mit Typ 1-Diabetes von stoffwechselgesunden Gleichaltrigen unterscheidet. Zudem wurde das Profil der Probanden bezüglich des Geschlechts, Alters, BMI und HbA_{1c} mit dem Kollektiv der Diabetes-Kinder, deren Familien eine Studienteilnahme ablehnten, verglichen. Andererseits wurde untersucht, ob eine Ernährungsumstellung mittels Schulung hinsichtlich einer Optimix-Ernährung sowie einer modifizierten Low-GL-Ernährung erfolgreich sein kann und inwiefern sich beide Ernährungsvarianten bezüglich der Komposition der Makro- und Mikronährstoffe sowie des Einflusses auf die glykämische Kontrolle unterscheiden.

Diese randomisierte und kontrollierte Pilotstudie mit prospektivem Verlauf schloss 16 Kinder mit Typ 1-Diabetes im Alter von 6 bis 14 Jahren ein. Es erfolgte eine Aufzeichnung der Nahrungszufuhr mittels Drei-Tages-Ernährungsprotokollen einen Monat vor Ernährungsumstellung. Anschließend wurden die Probanden einer der beiden Ernährungsvarianten entsprechend Optimix bzw. Low-GL randomisiert zugeteilt. Über einen Studienverlauf von drei Monaten erfolgte monatlich erneut an drei aufeinander folgenden Tagen das Ausfüllen der Ernährungstagebücher. Als Vergleichskollektiv der gesunden Gleichaltrigen wurden die Probanden der EsKiMo-Studie gewählt.

In der Ergebnisauswertung unterschied sich die Ernährung der Probanden von den Teilnehmern der EsKiMo-Studie in einer signifikant höheren prozentualen KH-Zufuhr ($62.4\% \pm 5.8$ vs. $53.1\% \pm 0.8$, $p < 0.001$) und einer signifikant geringeren Fett-Zufuhr ($20\% \pm 4.3$ vs. $32.3\% \pm 0.8$, $p < 0.001$). In beiden Kollektiven ließ sich eine mangelhafte Abdeckung des Vitamin D Bedarfs nachweisen, wobei die Probanden dieser Pilotstudie die Werte der EsKiMo-Kontrollen zusätzlich noch signifikant unterschritten (IQS Probanden vs. EsKiMo: 35.26 ± 21.51 vs. 39.13 ± 4.56 , $p = 0.021$). Es zeigte sich, dass die Probanden der Pilotstudie signifikant bessere HbA_{1c}-Werte aufwiesen als

Altersgenossen mit Typ 1-Diabetes aus der DPV-Datenbank der Kinderklinik Düsseldorf (7.2 ± 0.6 vs. $7.7 \pm 0.7\%$, $p=0.02$). Hinsichtlich beider Ernährungsvarianten war drei Monate nach Intervention eine signifikante Abnahme der absoluten und relativen KH-Zufuhr in der Low-GL-Gruppe zu verzeichnen ($236 \text{ g/d} \pm 46$ bzw. $63.5\% \pm 7$ vor Intervention, $197 \text{ g/d} \pm 31$ $p=0.04$ bzw. $60.3\% \pm 5$ $p=0.04$ nach drei Monaten). In der OptimiX-Gruppe ließ sich eine signifikante Reduktion der Fett-Zufuhr ($72 \text{ g/d} \pm 20 \text{ g/d}$ vs. $58 \text{ g/d} \pm 15$ $p=0.05$) und der Gesamtenergie-Zufuhr ($1767 \text{ kcal/d} \pm 300$ vs. $1532 \text{ kcal/d} \pm 386$, $p=0.05$) nachweisen. In beiden Gruppen zeigte sich kein signifikanter Einfluss auf den HbA_{1c}-Wert ($-0,1\% \pm 0.2$, $p=0.44$ vs. $-0,1\% \pm 0.4$, $p=0.61$). Signifikante Effekte der beiden Ernährungsvarianten auf die Abdeckung wichtiger Mikronährstoffe zeigten sich nicht.

Zusammenfassend konnte in der Pilotstudie nachgewiesen werden, dass sich Kinder mit Typ 1-Diabetes kohlenhydratreicher und fettärmer ernähren als gesunde Gleichaltrige. Der Ansatz, mittels Schulung gezielt die Art der Ernährung zu ändern, war zumindest für den Untersuchungszeitraum erfolgreich. Insbesondere mit einer Schulung nach dem OptimiX-Konzept lässt sich eine signifikante Reduktion der Gesamtenergie- als auch Fettzufuhr erzielen. Die Ernährungsschulung von Kindern, Jugendlichen und Eltern sollte insbesondere im Hinblick auf eine Prävention von Übergewicht und Adipositas aber auch zur Prävention von kardiovaskulären Erkrankungen ein wichtiger Bestandteil der Diabetestherapie sein.

7. Literaturverzeichnis

1. Hürter P, Danne T. Diabetes bei Kindern und Jugendlichen, Klinik - Therapie - Rehabilitation. 6. Auflage. 2005; 9: 199-241. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
2. American Diabetes Association. Nutrition Recommendations and Interventions for Diabetes. A position statement of the American Diabetes Association. Diabetes Care. 2008; 31: 61-78.
3. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes-2007. Diabetes Care. 2007; 30: 4-41.
4. Smart C, Aslander-van Vliet E, Waldron S. Nutritional management in children and adolescents with diabetes. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2009 Compendium. Pediatric Diabetes. 2009; 10: 100-117.
5. Wabitsch M, Kunze D. Kinder und Jugendliche mit Adipositas in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2004; 47: 251-255.
6. Stachow R, Wolf J, Kromeyer-Hauschild K. Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen mit Diabetes mellitus Typ 1. Monatsschreiben Kinderheilkunde. 2003; 151: 194-201.
7. Mensink GBM, Kleiser C, Richter A. Lebensmittelverzehr bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2007; 50: 609-623.
8. Bellisle F. Effects of diet on behaviour and cognition in children. British Journal of Nutrition. 2004; 92: 227-232.
9. Kersting M, Alexy U, Kroke A, Lentze MJ. Kinderernährung in Deutschland. Ergebnisse der DONALD-Studie. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2004; 47: 213-218.
10. Buyken AE, Dettmann W, Kersting M, Kroke A. Glycaemic index and glycaemic load in the diet of healthy schoolchildren: trends from 1990 to 2002, contribution of different carbohydrate sources and relationships to dietary quality. British Journal of Nutrition. 2005; 94: 796-803.
11. Brand-Miller J, Hayne S, Petocz P, Colagiuri S. Low-Glycemic Index Diets in the Management of Diabetes. A meta-analysis of randomized controlled trials. Diabetes Care. 2003; 26: 2261-2267.

12. Kerner W, Brückel J, Böhm B. Definition, Klassifikation und Diagnostik des Diabetes mellitus. Aktualisierte Version auf den Webseiten der DDG „www.deutsche-diabetes-gesellschaft.de“ / Evidenzbasierte Leitlinien/ Definition. 10/2004. Abrufdatum: 14.11.2010
13. Giani G, Janka U, Hauner H. Epidemiologie und Verlauf des Diabetes mellitus in Deutschland. Aktualisierte Version auf den Webseiten der DDG „www.deutsche-diabetes-gesellschaft.de“ / Evidenzbasierte Leitlinien/ Epidemiologie. 05/ 2004. Abrufdatum: 14.11.2010
14. Danne T, Beyer P, Holl RW. Diagnostik, Therapie und Verlaufskontrolle des Diabetes mellitus im Kindes- und Jugendalter. Evidenzbasierte Diabetes-Leitlinie DDG. 2004; 13. Scherbaum WA, Kiess W. Kirchheim, Mainz.
15. Rosenbauer J, Icks A, Grabert M, Holl RW. Hohe Prävalenz des Typ 1- Diabetes mellitus im Kindes- und Jugendalter in Deutschland. Kinder- und Jugendmedizin. 2002; 2: A 84.
16. Nutritional Health and Medical Research Council. Australian Clinical Practice Guidelines: Type 1 Diabetes in Children and Adolescents. 2005. www.chw.edu.au/prof/services/endocrinology/apeg.
Abrufdatum:15.11.2010
17. Neu A, Eehalt S, Willasch A, Kehrer M. Rising incidence of type 1 diabetes in Germany: 12-year trend analysis in children 0-14 years of age. Diabetes Care. 2001; 24: 785-786.
18. Rosenbauer A, Icks A, Schmitter D, Giani G. Incidence of childhood type 1 diabetes mellitus is increasing at all age groups in Germany. Diabetologia. 2002; 45: 457-458.
19. Berner R, Bialek R, Forster J, Giani G. Erhebungseinheit für seltene pädiatrische Erkrankungen in Deutschland – Jahresbericht 2002. Monatsschrift für Kinderheilkunde. 2004; 152: 77-79.
20. Holterhus P, Beyer P, Bürger-Büsing J. Diagnostik, Therapie und Verlaufskontrolle des Diabetes mellitus im Kindes- und Jugendalter. S3-Leitlinie zum Diabetes bei Kindern und Jugendlichen, 2009. <http://www.uni-duesseldorf.de/AWMF/II/057-016l.pdf>. Abrufdatum: 15.11.2010
21. Ahern JA, Ramchandani N, Cooper J, Himmel A. Using a primary nurse manager to implement DCCT recommendations in a large pediatric program. The Diabetes educator. 2000; 26: 990-994.

22. Lange K, Kinderling S, Hürter P. Eine multizentrische Studie zur Prozess- und Ergebnisqualität eines strukturierten Schulungsprogramms. *Diab Stoffw.* 2001; 10: 59-65.
23. Silverstein J, Klingensmith G, Copeland K. Care of children and adolescents with type 1 diabetes mellitus: a statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care.* 2005; 28: 186 - 212.
24. International Society of Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD). ISPAD Consensus guidelines for the Management of Type 1 Diabetes Mellitus in Children and Adolescents. 2000. www.diabetesguidelines.com/health/dwk/pro/guidelines/ispad/ispad.asp.
Abrufdatum: 15.11.2010
25. Danne T, Weber B, Hartmann R, Enders I. Long-term glycemic control has a nonlinear association to the frequency of background retinopathy in adolescents with diabetes. Follow-up of the Berlin Retinopathy Study. *Diabetes Care.* 1994; 17: 1390-1396.
26. DCCT Diabetes Control and Complications Trial Research Group. The absence of a glycemic threshold for the development of long-term complications: the perspective of the Diabetes Control and Complications Trial. *Diabetes.* 1996; 45: 1289-1298.
27. Kurth BM. Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS): Ein Überblick über Planung, Durchführung und Ergebnisse unter Berücksichtigung von Aspekten eines Qualitätsmanagements. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2007; 50: 533-546.
28. Kurth BM, Bergmann KE, Dippelhofer A. Die Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Was wir wissen, was wir nicht wissen, was wir wissen werden. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2002; 45: 852-858.
29. Thefeld W, Bergmann KE, Burger M. Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey: Ermittlung des Gesundheitsverhaltens von Eltern und Kindern. *Gesundheitswesen.* 2002; 64 (Sonderheft 1): 36-42.
30. KiGGS die Studie. Thematische Schwerpunkte des Kinder- und Jugendgesundheitsurveys. 2007.
<http://www.kiggs.de/studie/themen/index.html>. Abrufdatum: 15.11.2010
31. KiGGS die Studie. Organisation der KiGGS-Studie. 2007.
<http://www.kiggs.de/studie/organisation/index.4ml>.
Abrufdatum: 15.11.2010

32. KiGGS die Studie. Der modulare Aufbau der Studie. 2007.
<http://www.kiggs.de/studie/organisation/module/index.html>
 Abrufdatum: 15.11.2010
33. Mensink GBM, Burger M. Was isst du? Ein Verzehrfragebogen für Kinder und Jugendliche. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2004; 47: 219-226.
34. Mensink GBM, Bauch A, Vohmann C, Stahl A. EsKiMo - the nutrition module in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS). Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2007; 50(5-6): 902-908.
35. Mensink GBM, Hesecker H, Richter A, Stahl A. Forschungsbericht - Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo). 2007: 1-137. Robert Koch-Institut, Universität Paderborn, Berlin, Paderborn.
36. Forschungsinstitut für Kinderernährung Dortmund. Empfehlungen für die Ernährung von Kindern und Jugendlichen - optimiX. 2005. Forschungsinstitut für Kinderernährung, Dortmund.
37. Deutsche Gesellschaft für Ernährung. 10 Regeln für eine vollwertige Ernährung. 2004. Eigenverlag, Bonn.
38. Infodienst Verbraucherschutz-Ernährung-Landwirtschaft. Die aid-Ernährungspyramide. 2006.
<http://www.aid.de/ernaehrung/ernaehrungspyramide.php>
 Abrufdatum: 15.11.2010
39. German Nutrition Society, Austrian Nutrition Society, Swiss Society for Nutrition Research & Swiss Nutrition Association. Reference Values for Nutrient Intake. 2002. Frankfurt am Main. Umschau/Braus.
40. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE). Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1. Auflage. 2000. Frankfurt am Main. Umschau/Braus.
41. Deutsche Gesellschaft für Ernährung. Der neue DGE-Ernährungskreis. 04/2004.
<http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=413>
 Abrufdatum: 15.11.2010
42. Deutsche Gesellschaft für Ernährung. Eine runde Sache: der neue DGE-Ernährungskreis. DGE aktuell. 2003: 25.
<http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=219>
 Abrufdatum: 15.11.2010

43. Alexy U, Clausen K, Kerstin M. Die Ernährung gesunder Kinder und Jugendlicher nach dem Konzept der Optimierten Mischkost. *Ernährungs Umschau*. 2008; 3: 168-177.
44. National Institute for Clinical Excellence (Nice). Type 1 diabetes diagnosis and management of type 1 diabetes in children, young people and adults. 2010. www.nice.org.uk. Abrufdatum: 15.11.2010
45. Department of Health. Dietary reference values for food energy and nutrients for the United Kingdom. Report of the Panel on Dietary Reference Values of the Committee on Medical Aspects of Food Policy. Report on Health & Social Subjects (Lond). 1991; 41: 1–210.
46. American Diabetes Association. Nutrition principles and recommendations in diabetes (Position Statement). *Diabetes Care*. 2003; 26: 51–61.
47. Toeller M, Buyken AE, Heitkamp G. Fiber intake, serum cholesterol levels and cardiovascular disease in European individuals with type 1 diabetes. EURODIAB IDDM Complications Study Group. *Diabetes Care*. 1999; 22: B21–B28.
48. Williams CL. Dietary fiber in childhood. *Journal of Pediatrics*. 2006; 149: 121–130.
49. Overby N, Margeirsdottir HD, Brunborg C, Anderssen SA. The influence of dietary intake and meal pattern on blood glucose control in children and adolescents using intensive insulin treatment. *Diabetologia*. 2007; 50: 2044-51.
50. Helgeson V, Viccaro L, Becker D. Diet of Adolescents With and Without Diabetes. *Diabetes Care*. 2006; 29: 982-987.
51. Toeller M. Evidenz-basierte Ernährungsempfehlungen zur Behandlung und Prävention des Diabetes mellitus. *Diabetes und Stoffwechsel*. 2005; 14: 81-85.
52. Garg A. High-monounsaturated-fat diets for patients with diabetes mellitus: a meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1998; 67: 577-82.
53. Astrup A, Ryan L, Grunwald G. The role of dietary fat in body fatness: evidence from a preliminary meta-analysis of ad libitum low-fat dietary intervention studies. *British Journal of Nutrition*. 2000; 83: S25-32.
54. Vessby B, Unsitupa M, Hermansen K, Riccardi G. Substituting dietary saturated for monounsaturated fat impairs insulin sensitivity in health men and women: The KANWU Study. *Diabetologia*. 2001; 44: 312-9.

55. Thomsen C, Storm H, Holst JJ, Hermansen K. Differential effects of saturated and monounsaturated fats on postprandial lipemia and glucagon-like peptide 1 responses in patients with type 2 diabetes. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2003; 77: 605-11.
56. Christiansen E, Schnider S, Palmvig B, Tauber-Lassen E. Intake of a diet high in trans monounsaturated fatty acids or saturated fatty acids. Effects on postprandial insulinemia and glycemia in obese patients with NIDDM. *Diabetes Care*. 1997; 20: 881-7.
57. Mensink RP, Zock PL, Kester AD, Katan MB. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2003; 77: 1146-55.
58. Summers LK, Fielding BA, Bradshaw HA, Ilic V. Substituting dietary saturated fat with polyunsaturated fat changes abdominal fat distribution and improves insulin sensitivity. *Diabetologia*. 2002; 45: 369-77.
59. Hu FB, Cho E, Rexrode KM, Albert CM. Fish and long-chain omega-3 fatty acid intake and risk of coronary heart disease and total mortality in diabetic women. *Circulation*. 2003; 107: 1852-7.
60. O'Hayon BE, Cummings EA, Daneman D, Ossip MG. Does dietary protein intake correlate with markers suggestive of early diabetic nephropathy in children and adolescents with Type 1 diabetes mellitus? *Diabetic Medicine*. 2000; 17: 708-12.
61. Chandalia M, Garg A, Lutjohann D, von Bergmann K. Beneficial effects of high dietary fiber intake in patients with type 2 diabetes mellitus. *New England Journal of Medicine*. 2000; 342: 1392-8.
62. Giacco R, Parillo M, Rivellese A, Lasroella G. Long-term dietary treatment with increased amounts of fiber-rich low-glycemic index natural foods improves blood glucose control and reduces the number of hypoglycemic events in type 1 diabetic patients. *Diabetes Care*. 2000; 23: 1461-1466.
63. Sacks F, Svetkey LP, Vollmer WM, Appel LJ. Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet. DASH-Sodium Collaborative Research Group. *New England Journal of Medicine*. 2001; 344: 3-10.
64. Appel L, Champagne CM, Harsha DW, Cooper LS. Effects of comprehensive lifestyle modification on blood pressure control: main results of the PREMIER clinical trial. *Journal of the American Medical Association*. 2003; 289: 2083-93.

65. Thomas D, Elliott EJ, Baur L. Low glycaemic index, or low glycaemic load, diets for diabetes mellitus. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2009.
66. Colombani PC. Glycemic index and load-dynamic dietary guidelines in the context of diseases. *Physiology & Behavior*. 2004; 83: 603-610.
67. Worm N, Muliar D. *Low Carb - die Ernährungsrevolution*. 2007. Gräfe und Unzer, München.
68. Bergmann G. *Der glykämische Index in der diätetischen Therapie des Diabetes mellitus*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ernährung und Markt (IEM). 2008. <http://www.vis.bayern.de>. Abrufdatum: 15.11.2010
69. Chiesa G, Piscopo MA, Rigamonti A, Azzinari A. Insulin therapy and carbohydrate counting. *Acta Biomed*. 2005; 76: 44-48.
70. Mann J, Hermansen K, Vessby B, Toeller M. Evidence-based nutritional recommendations for the treatment and prevention of diabetes and related complications. A European perspective (letter). *Diabetes Care*. 2002; 25: 1256-1258.
71. Wolever TM, Mehling C. Long-term effect of varying the source or amount of dietary carbohydrate on postprandial plasma glucose, insulin, triacylglycerol, and free fatty acid concentrations in subject with impaired glucose tolerance. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2003; 77: 612-621.
72. Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2002; 76: 5-56.
73. Willet WC, Manson J, Liu S. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2002; 76: 274-280.
74. Willett W. *Eat, drink and be healthy: the Harvard Medical School guide to healthy eating*. 2001. Simon & Schuster, New York.
75. Ludwig D. Dietary glycemic index and obesity. *Journal of Nutrition*. 2000; 130: 280-283.
76. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE). Glykämischer Index und glykämische Last - ein für die Ernährungspraxis des Gesunden relevantes Konzept? Teil 2: Umsetzung des Konzeptes eines niedrigen GI bzw. GL in Ernährungsempfehlungen für die Bevölkerung. Stellungnahme. *Ernährungs Umschau*. 2004; 51 (Heft 4).

77. Lafrance L, Rabasa-Lhoret R, Poisson D, Ducros F. Effects of different glycaemic index foods and dietary fibre intake on glycaemic control in type 1 diabetic patients on intensive insulin therapy. *Diabetic Medicine*. 1998; 15: 972-978.
78. Gilbertson H, Brand-Miller J, Thorburn A, Evans S. The Effect of Flexible Low Glycemic Index Dietary Advice versus Measured Carbohydrate Exchange Diets on Glycemic Control in Children with Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*. 2001; 24: 1137-1143.
79. Fontvieille A, Rizkalla S, Penfornis A, Acosta M. The use of low glycaemic index foods improves metabolic control of diabetic patients over five weeks. *Diabetic Medicine*. 1992; 9: 444-450.
80. Fontvieille A, Acosta M, Rizkalla S, Bornet F. A moderate switch from high to low glycaemic-index foods for 3 weeks improves the metabolic control of type 1 diabetic subjects. *Diabetes, nutrition & metabolism*. 1988; 1: 139-143.
81. Stene L, Ulriksen J, Magnus P. Use of cod liver oil during pregnancy associated with lower risk of Type I diabetes in the offspring. *Diabetologia*. 2000; 43: 1093-8.
82. Hyppönen E, Läärä E, Reunanen A. Intake of vitamin D and risk of type 1 diabetes: a birth-cohort Study. *Lancet*. 2001; 358: 1500-03.
83. The EURODIAB Substudy 2 Study Group. Vitamin D supplement in early childhood and risk for Type I (insulin-dependent) diabetes mellitus. *Diabetologia*. 1999; 42: 51-4.
84. Harris S. Vitamin D in Type 1 Diabetes Prevention. *Journal of Nutrition*. 2005; 135: 323–325.
85. Holl RW, Heinze E. EDV-Einsatz in Diabeteszentren. *Diabetes-Journal/Schulungsprofi*. 1995; 3: 23-30.
86. Heseke H, Oepping A, Vohmann C. Verzehrstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern für die Abschätzung eines akuten Toxizitätsrisikos durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (VELS). 2003. Forschungsbericht, Universität Paderborn.
87. Toeller M, Buyken A, Heitkamp G, Milne R. Repeatability of three-day dietary records in the EURODIAB IDDM Complications Study. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1997; 51: 74-80.

88. Himmerich S, Gedrich K, Himmerich H. Ernährungssituation in Bayern: Die Bayerische Verzehrsstudie (BVS) II - Methodik und erste Ergebnisse. *Proceedings German Nutrition Society*. 2004; 6: 82.
89. Krems C, Bauch A, Götz A. Methoden der Nationalen Verzehrsstudie II. *Ernährungs Umschau*. 2006; 53: 44-50.
90. Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, Geller F. Perzentile für den Body-Mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschreiben Kinderheilkunde*. 2001; 149: 807-818.
91. Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes-und Jugendalter. Leitlinien. 2008.
<http://www.adipositas-gesellschaft.de/daten/Leitlinie-AGA-S2-2008.pdf>
Abrufdatum: 15.11.2010
92. Gedrich K. Ökonometrische Querschnittsanalysen zum Ernährungsverhalten in Deutschland basierend auf einer Sandwich-Theory of Nutritional Behaviour und den Daten der Einkommens- und Verbraucherstichprobe 1998. 1. Auflage, 2005. Cuvillier Verlag, Göttingen.
93. Stahl A. Lebensmittelverzehr und Nährstoffzufuhr bei Kindern der deutschlandweiten EsKiMo-Studie unter besonderer Berücksichtigung des Sozialstatus. 2008. Dissertation an der Universität Paderborn, Fakultät für Naturwissenschaften Department Sport und Gesundheit.
94. Rockett H, Colditz G. Assessing diets of children and adolescents. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1997; 65: 1116-1122.
95. Livingstone M, Robson P, Wallace J. Issues in dietary intake assessment of children and adolescents. *British Journal of Nutrition*. 2004; 92: 213-222.
96. Stachow R, Wolf J, Kromeyer-Hauschild K. Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen mit Diabetes mellitus Typ 1. Prävalenz und Einflussfaktoren. *Monatsschreiben Kinderheilkunde*. 2003; 151: 194-201.
97. Virtanen S, Virta-Autio P, Räsänen L. Changes in Food Habits in Families with a Newly Diagnosed Child with Type 1 Diabetes Mellitus. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*. 2001; 14: 627-636.
98. Mayer-Davies E, Nichols M, Liese AD. Dietary intake among youth with diabetes: The SEARCH for diabetes in youth study. *Journal of the American Dietetic Association*. 2006; 106: 689-697.

99. World Health Organization (WHO). School Policy Framework. Implementation of the WHO global strategy on diet, physical activity and health. 2008. <http://www.who.int/dietphysicalactivity/SPF-en-2008.pdf>.
Abrufdatum: 15.11.2010
100. Rosario A, Kurth B. Die Verbreitung von Übergewicht und Adipositas. KIGGS-Symposium. 2006.
http://www.kiggs.de/experten/downloads/ppt_adipositas.pdf.
Abrufdatum: 15.11.2010
101. Waller H, Eiser C, Heller S. Implementing a new paediatric structured education programme. *Journal of Diabetes Nursing*. 2005; 9: 332-339.
102. Sengbusch SV, Muller-Goddefroy E, Hager S. Mobile diabetes education and care: intervention for children and young people with Type 1 diabetes in rural areas of northern Germany. *Diabetic Medicine*. 2006; 23: 122-127.
103. Knowles J, Waller H, Eiser C. The development of an innovative education curriculum for 11–16 yr old children with T1DM. *Pediatric Diabetes*. 2006; 7: 322-328.
104. Canadian Diabetes Association Clinical Practice Guidelines Expert Committee. Clinical practice guidelines for the prevention and management of diabetes in Canada. *Canadian Journal of Diabetes*. 2003; 27: chapter NutritionTherapy and Type 1 diabetes in children and adolescents. www.diabetes.ca/cpg2003. Abrufdatum: 15.11.2010
105. Australian Clinical Practice Guidelines on the management of type1 diabetes in children and adolescents. APEG. 2005. www.chw.edu.au/prof/services/endocrinology/apeg.
Abrufdatum: 15.11.2010
106. Speitling A, Huppe R, Kohlmeier M, Matiaske B. Methodenhandbuch der Verbundstudie Ernährungserhebung Risikofaktoren Analytik. VERA-Schriftenreihe. Bd. 1, 1992. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen.
107. Adolf T, Schneider R, Eberhardt W, Hartmann S. Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie (1985-1988) über die Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland. VERA-Schriftenreihe. Bd. XI, 1995: 241. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen.
108. Kroke A, Manz F, Kersting M. The DONALD Study. History, current status and future perspectives. *European Journal of Nutrition*. 2004; 43: 45-54.

109. Stahl A, Richter A, Hesecker H, Mensink GBM. Changes in food and nutrient intake of 6- to 17-year-old Germans between the 1980s and 2006. *Public Health Nutrition*. 2008; 1-12.
110. Brombach C, Wagner U, Eisinger-Watzl M. Die Nationale Verzehrsstudie II. *Ernährungs Umschau*. 2006; 53: 4-9.
111. Richter A, Vohmann C, Stahl A, Hesecker H. Der aktuelle Lebensmittelverzehr von Kindern und Jugendlichen in Deutschland - Teil 2: Ergebniss aus EsKiMo. *Ernährungs Umschau*. 2008; 55: 28-36.
112. Mensink GBM. Was essen unsere Kinder? Erste Ergebnisse aus EsKiMo. www.rki.de/cln_049/nn_197252/DE/Content/GBE/Erhebungen/Gesundheitsurveys/Eskimo/Ersteergebnisse,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Ersteergebnisse.pdf. Abrufdatum: 15.11.2010
113. Mensink GBM, Hesecker H, Stahl A, Richter A. Die aktuelle Nährstoffversorgung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse aus EsKiMo. *Ernährungs Umschau*. 2007; 11: 636-646.
114. Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpeter B, Kahl H. Biochemische Messparameter im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2007; 50: 757-770.
115. Story M, Neumark-Sztainer D, French S. Individual and environmental influences on adolescent eating behaviours. *Journal of the American Dietetic Association*. 2002; 102: 40-51.
116. Benton D. Role of parents in the determination of the food preferences of children and the development of obesity. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*. 2004; 28: 858-869.
117. Jenkins D, Kendall C, Augustin L. Glycemic index: Overview of implications in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2002; 76: 266-273.
118. Franz M. The glycemic index: Not the most effective nutrition therapy intervention. *Diabetes Care*. 2003; 26: 2466-2468.
119. Franz M. In defense of the American Dietetic Association's recommendations on the glycemic index. *Nutrition Today*. 1999; 34: 81.
120. Beebe C. Diets with a low glycemic index: Not ready for practice yet! *Nutrition Today*. 1999; 34: 82-86.
121. Slama G, Elgrably F, Kabir M, Rizkalla S. Low glycemic index foods should play a role in improving overall glycemic control in type-1 and type-2 diabetic patients and, more specifically, in correcting excessive

- postprandial hyperglycemia. Nestle Nutrition Workshop Series. Clinical & Performance Programme. 2006; 11: 73-79.
122. Gilbertson H, Brand-Miller J, Thorburn A, Evans S. Effects of low-glycemic-index dietary advice on dietary quality and food choice in children with type 1 diabetes. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2003; 77: 83-90.
 123. Collier G, Giudici S, Kalmusky J, Wolever TM. Low glycaemic index starchy foods improve glucose control and lower serum cholesterol in diabetic children. *Diabetes, nutrition & metabolism*. 1988; 1: 11-19.
 124. Buyken A, Toeller M, Heitkamp G, Karamanos B. Glycemic index in the diet of European outpatients with type 1 diabetes: relations to glycosylated hemoglobin and serum lipids. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2001; 73: 574-581.
 125. Rovner AJ, Nansel TR, Gellar L. The Effect of a Low-Glycemic Diet vs. A Standard Diet on Blood Glucose Levels and Macronutrient Intake in Children with Type 1 Diabetes. *Journal of the American Dietetic Association*. 2009; 109: 303-307.
 126. Nansel T, Gellar L, McGill A. Effect of varying glycemic index meals on blood sugar control assessed with continuous glucose monitoring in youth with type 1 diabetes on basal-bolus insulin regimens. *Diabetes Care*. 2008; 31: 695-697.
 127. Kinmonth A, Angus RM, Jenkins PA. Whole foods and increased dietary fiber improve blood glucose control in diabetic children. *Archives of Disease in Childhood*. 1982; 57: 187-194.

8. Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Mareen Wolters
Geburtsdatum	19.08.1983
Geburtsort	Nordhorn
Familienstand	ledig

Schulbildung

1990-1996	Grundschule und Orientierungsstufe Uelsen
1997-2003	Lise-Meitner Gymnasium Neuenhaus Abschluss: Abitur

Hochschulausbildung

2003-2008	Studium der Humanmedizin an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
08/2008-07/2009	Praktisches Jahr
September 2005	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
Dezember 2009	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Beruflicher Werdegang

03/2010-05/2011	Assistenzärztin in der Abteilung für Gynäkologie und Geburtshilfe, Helios Klinikum Schwelm
Seit 06/2011	Assistenzärztin in der Abteilung für Gynäkologie und Geburtshilfe, St. Elisabeth Krankenhaus Köln

9. Anhang

A I. Altersentsprechende Lebensmittelverzehrsmengen

Alter	Jahre	≥ 90% der Gesamtenergie						% der Gesamtenergie*	
		1	2 bis 3	4 bis 6	7 bis 9	10 bis 12	13 bis 14		15 bis 18
Gesamtmenge	kcal/Tag	950	1100	1450	1800	2150	2200/ 2700	2500/ 3100	
Empfohlene Lebensmittel		Mädchen/ Jungen							
reichlich									
Getränke	ml/Tag	600	700	800	900	1000	1200/ 1300	1400/ 1500	38,5
Gemüse	g/Tag	120	150	200	220	250	260/ 300	300/ 350	10,0
Obst	g/Tag	120	150	200	220	250	260/ 300	300/ 350	10,0
Kartoffeln**	g/Tag	120	140	180	220	270	270/ 330	300/ 350	11,2
Brot, Getreide (-flocken)	g/Tag	80	120	170	200	250	250/ 300	280/ 350	8,1
									Σ 77,8
mäßig									
Milchprodukte***	ml (g)/Tag	300	330	350	400	420	425/ 450	450/ 500	13,7
Fleisch, Wurst	g/Tag	30	35	40	50	60	65/ 75	75/ 85	1,9
Eier	Stück./ Woche	1-2	1-2	2	2	2-3	2-3	2-3	0,8
Fisch	g/Woche	25	35	50	75	90	100	100	0,4
									Σ 16,8
sparsam									
Öl, Margarine, Butter	g/ Tag	15	20	25	30	35	35/ 40	40/ 45	1,2
									Σ 4,7
Geduldete Lebensmittel"									
	max. kcal/Tag	100	110	150	180	220	220/ 270	250/ 310	3,5
									Σ 4,7

* Rest: 0,7% (Würzmittel, z.B. Essig, Knoblauch, Senf, Soßenpulver)

** oder Nudeln, Reis u.a. Getreide

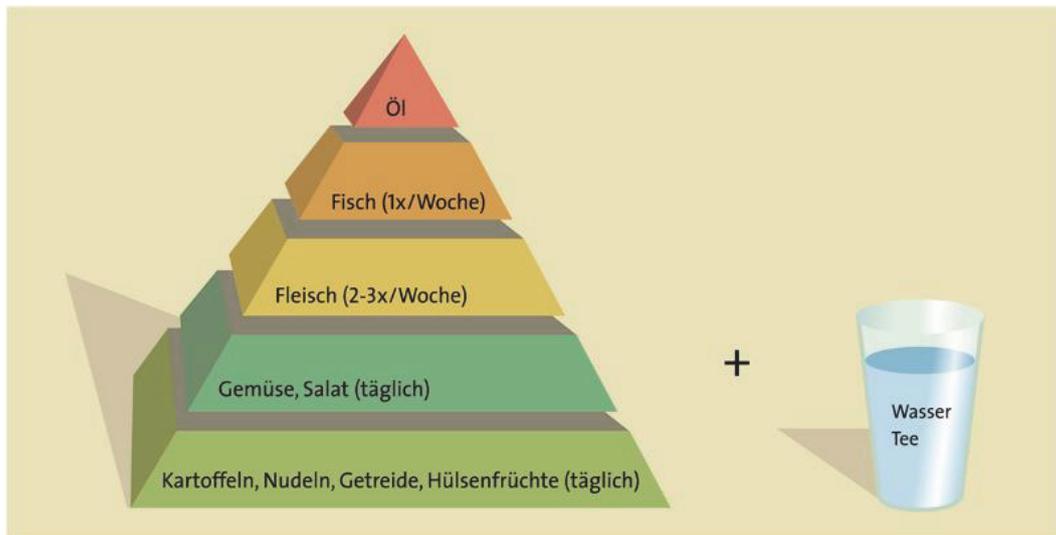
*** 100ml Milch entsprechen ca. 15g Schnittkäse oder 30g Weichkäse

" je 100 kcal = 1 Kugel Eiscreme oder 45g Obstkuchen oder 4 Butterkekse oder 4 EL Flakes oder 4 TL Zucker oder 2 EL Marmelade oder 30g Fruchtgummi oder 20g Schokolade oder 10 Stck. Chips oder 1 Glas (200ml) Limonade, Fruchtsaftgetränk oder -nektar

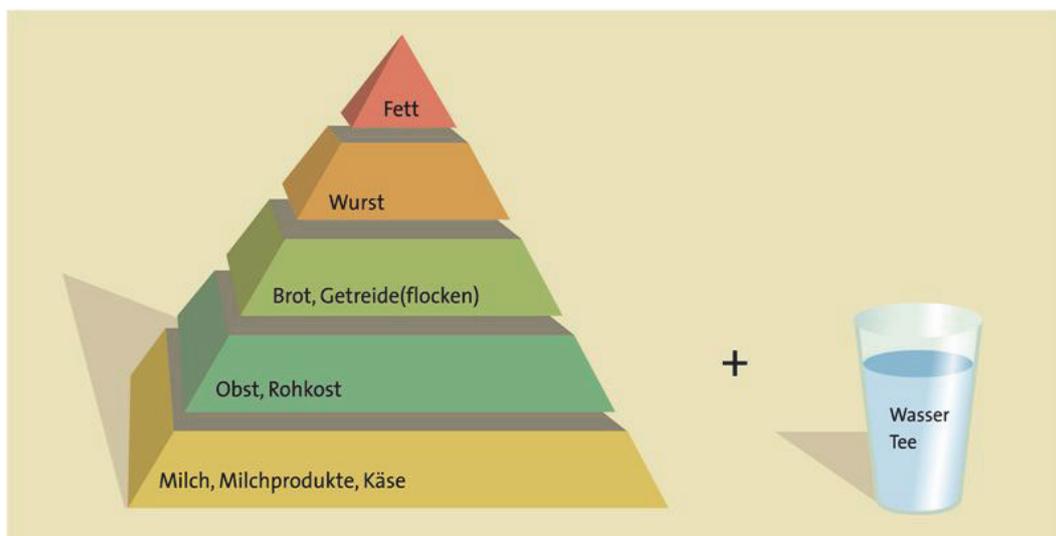
Quelle: Alexy U., Clausen K., Kerstin M., Doie Ernährung gesunder Kinder und Jugendlicher nach dem Konzept der optimierten Mischkost. Ernährungs Umschau 2008; 3: 168-177

A II. Lebensmittelpyramiden nach Optimix

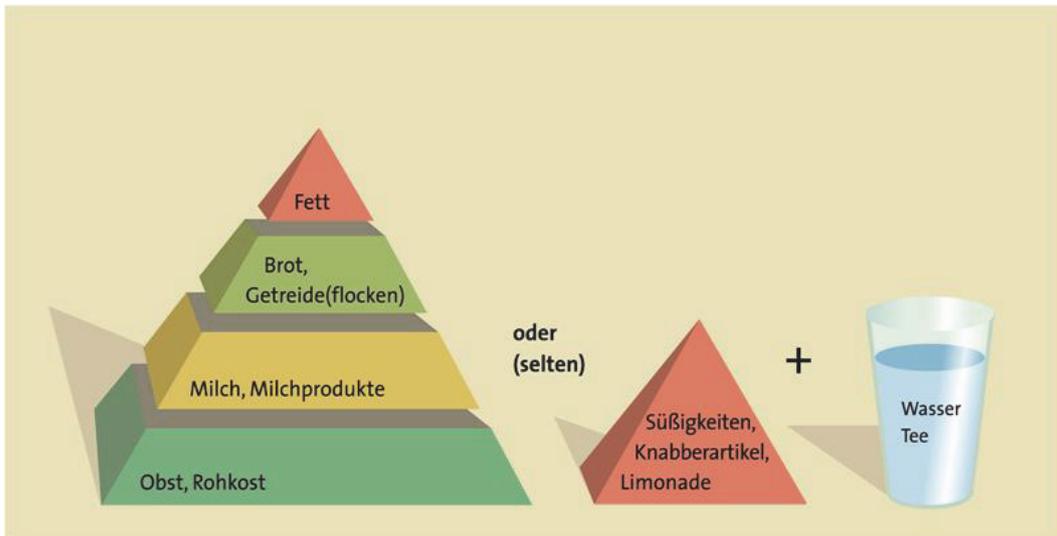
Warme Mahlzeit



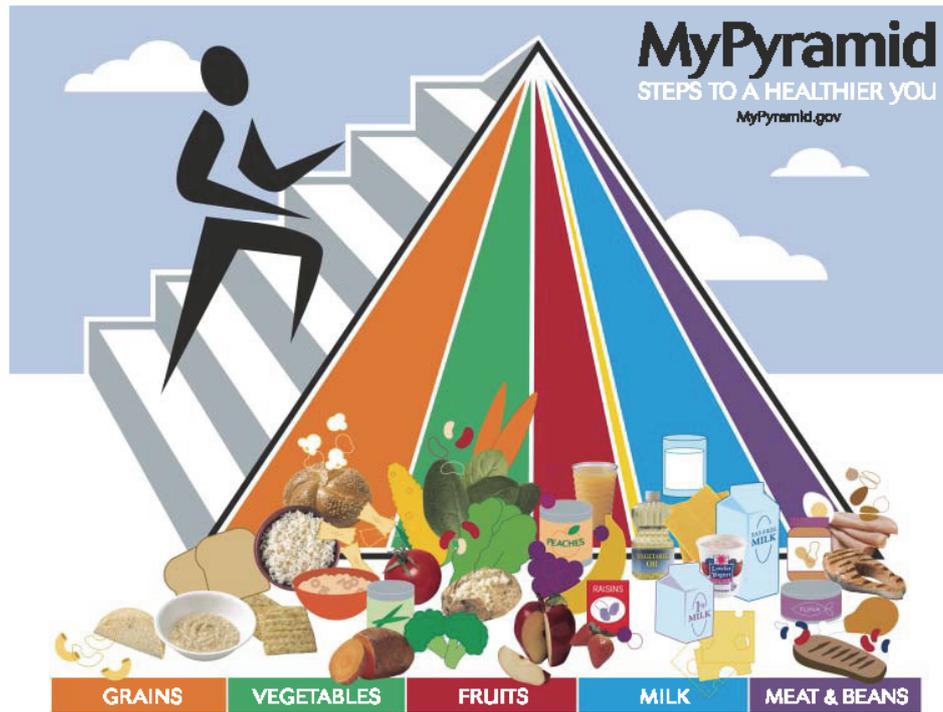
Kalte Mahlzeiten



Zwischenmahlzeiten



A III. Ernährungspyramide der ISPAD



A IV. Ernährungspyramiden nach Ludwig und Willet

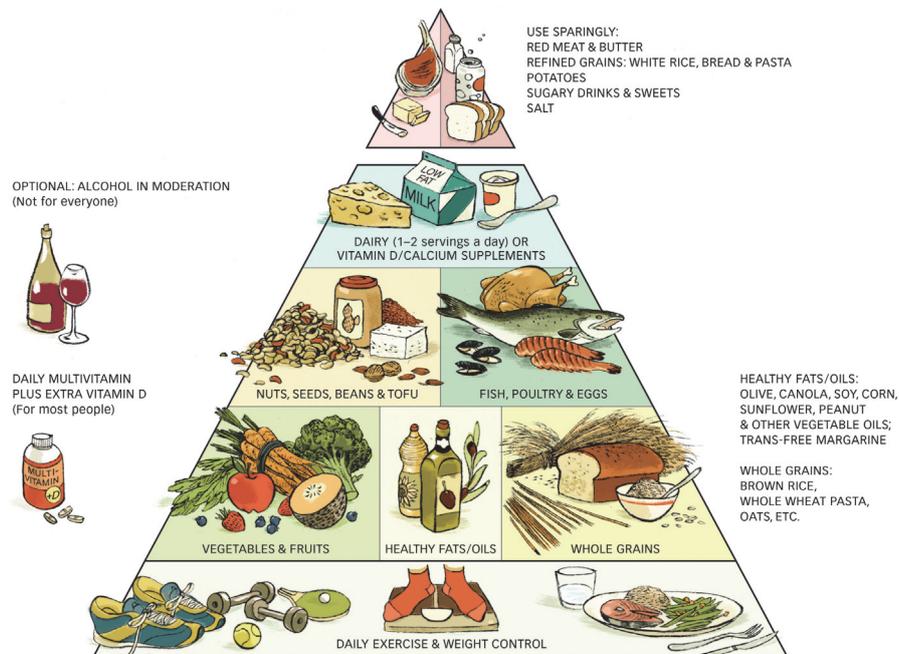
Low Glycemic Index Pyramid nach Ludwig



Healthy Eating Pyramid nach Willet

THE HEALTHY EATING PYRAMID

Department of Nutrition, Harvard School of Public Health



For more information about the Healthy Eating Pyramid:

WWW.THE NUTRITION SOURCE .ORG

Eat, Drink, and Be Healthy
by Walter C. Willett, M.D. and Patrick J. Skerrett (2005)
Free Press/Simon & Schuster Inc.

A V. Einverständniserklärung

Einverständniserklärung

Name des Patienten / der Patientin:

Geburtsdatum des Patienten / der Patientin:

Nach umfassender Information über die Studie willige(n) ich / wir ein, dass mein / unser Kind an der genannten Ernährungsstudie teilnimmt. Studienbezogene Patientendaten werden nur anonymisiert veröffentlicht.

Die Entscheidung zur Teilnahme an der Studie beruht auf Freiwilligkeit und kann jederzeit ohne Angabe von Gründen oder Inkaufnahme von Nachteilen beendet werden. Dies gilt auch dann, wenn ich / wir bereits meine Unterschrift zur Einverständniserklärung geleistet habe(n). Eine Elterninformation verbleibt bei den Eltern. Für Rückfragen steht der Projektleiter PD Dr. Meissner jederzeit zur Verfügung.

Datum, Ort

Unterschrift der/ des Sorgeberechtigten

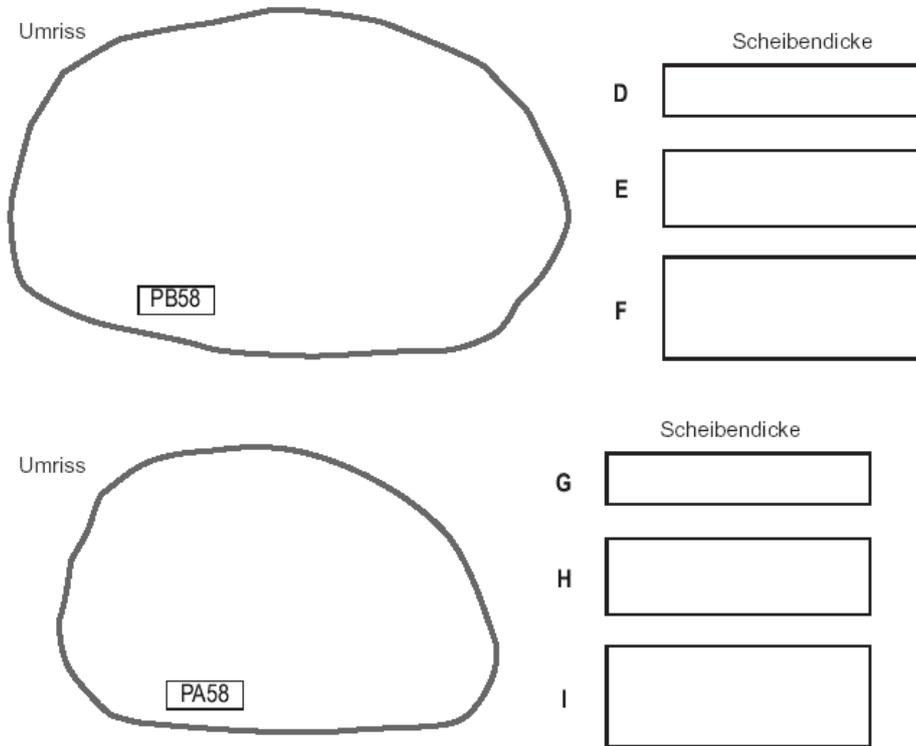
A VI. Fragebogen zur Lebensqualität



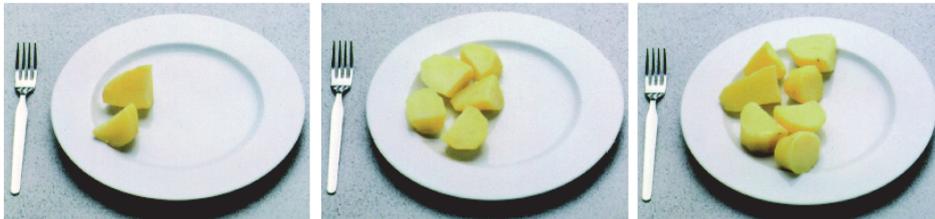
Einige Fragen zum Abschluss der Ernährungsstudie...

1. Glauben Sie, dass eine Ernährung nach Low-GL bzw. Optimix zu einer verbesserten Einstellung des Blutzuckers bzw. zu einem verbesserten HbA1c-Wert führen kann?
2. Ist Ihnen in den letzten drei Monaten eine Änderung der Blutzuckerwerte (z.B. hinsichtlich der Schwankungsbreite) aufgefallen? Wenn ja, welche Veränderung konnten Sie beobachten?
3. Ist Ihnen die Ernährungsumstellung schwer gefallen? Wenn ja, wo lagen die Schwierigkeiten?
4. Werden Sie die Ernährung nach Low-GL bzw. Optimix nach der Studie weiterführen?
5. Haben Sie den Eindruck, dass eine Ernährung nach Low-GL bzw. Optimix teurer ist als ihre ursprüngliche Ernährungsweise?
6. Fühlten Sie sich durch die Ernährung nach Low-GL bzw. Optimix in irgendeiner Weise eingeschränkt? (z.B. in Freizeitaktivitäten)
7. Hat sich die Studie, sowohl im negativen als auch positiven Sinne, auf Ihr Familienleben ausgewirkt? (z.B. Diskussionen beim Essen, mehr gemeinsame Mahlzeiten als zuvor etc.)

A VII. Beispielseiten aus dem Fotobuch



Kartoffeln, gekocht



1-1

1-2

1-3

Pommes frites



3-1

3-2

3-3