

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt  
Lehrstuhl für Marketing und Konsumforschung

# **Ernährungsmuster von Jugendlichen in Deutschland sowie ihre Determinanten und gesundheitlichen Implikationen**

**Almut Richter**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)  
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Johann Josef Hauner  
Prüfer der Dissertation: 1. Prof. Jutta Roosen, Ph.D.  
2. Prof. Dr. Helmut Heseke

Die Dissertation wurde am 21.11.2016 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch das Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 05.04.2017 angenommen.

## Zusammenfassung

Die vorherrschenden Ernährungsmuster bei Jugendlichen im Alter von 12 bis 17 Jahren wurden mittels Hauptkomponentenanalyse ermittelt. Grundlage dafür bildeten die für Deutschland repräsentativen Daten des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS Basis, 2003-2006). In KiGGS Basis wurde sowohl ein Verzehrshäufigkeitsfragebogen (FFQ) sowie, in einer Unterstichprobe (Ernährungssurvey als KiGGS Modul, EsKiMo), ein ausführliches Ernährungsinterview mit DISHES (Dietary Interview Software for Health Examination Studies) eingesetzt. Zunächst wurde die Validität des FFQs für die Altersgruppe der 12-17-Jährigen geprüft. Anschließend wurden auf der Grundlage beider Verzehrdaten jeweils bei Jungen ein „westliches“, „traditionelles“ und „gesundes“ und bei Mädchen ein „gesundes“ und „westlich/traditionelles“ Ernährungsmuster ermittelt. Für diese Ernährungsmuster wurden Unterschiede in der Nährstoffzufuhr durch Verknüpfen der Verzehrdaten mit einer Nährstoffdatenbank (Bundeslebensmittelschlüssel) ermittelt. Einen weiteren Einblick in die Nährstoffversorgung der Jugendlichen lieferten im Blut gemessene Biomarker. In linearen Regressionsmodellen wurden die Assoziationen zwischen den Ernährungsmustern und Biomarkern der Nährstoffversorgung sowie von kardiovaskulären Risikomarkern untersucht, adjustiert für mögliche Confounder. Weiterhin wurden verschiedene Determinanten der einzelnen Ernährungsmuster beschrieben. Außerdem wurde der Anteil der Jugendlichen in der Bevölkerung ermittelt, die ein bestimmtes Ernährungsmuster aufwiesen. Die Ernährungsmuster waren assoziiert mit einer unterschiedlichen Nährstoffversorgung und zeigten bereits in diesem jungen Lebensalter Differenzen in kardiovaskulären Risikomarkern. Die in Bezug auf die Lebensmittelauswahl und Nährstoffversorgung weniger günstigen Ernährungsmuster wurden u. a. häufiger bei 16- bis 17-jährigen Jungen und Jugendlichen mit einem niedrigeren sozioökonomischen Status ermittelt. Mit den „gesunden“ Ernährungsmustern assoziiert waren u. a. häufigere gemeinsame Familienmahlzeiten und mehr körperliche Aktivität. Gesundheitsförderungsmaßnahmen können von diesen Erkenntnissen profitieren.

## Summary

The prevailing dietary patterns among adolescents aged 12 to 17 years were determined using principal component analysis. Analyses were based on data from the nationwide representative Health and Examination Survey for Children and Adolescents in Germany (KiGGS Baseline). KiGGS contains data from a semi-quantitative Food Frequency Questionnaire (FFQ) provided to all survey participants, as well as a more comprehensive nutrition interview based on DISHES (Dietary Interview Software for Health Examination Studies) from a sub-sample of participants. As a first step, the validity of the FFQ was analysed. Afterwards, both food consumption data sets were used for dietary pattern analysis which identified three prevailing dietary patterns among boys (“western”, “traditional”, and “healthy”) and two among girls (“healthy” and “western/traditional”). Associations of dietary patterns with nutrient intake were determined using the German Nutrient Data Base (German: Bundeslebensmittelschlüssel). Further insight into the nutrient status of adolescents was obtained by analysing biomarkers measured in blood samples collected during KiGGS. Linear regression analyses, adjusted for possible confounders, were used to determine the associations between dietary patterns and biomarkers of nutrient status and cardiovascular risk markers. Associations between dietary patterns and determinants were also analysed. Furthermore, percentages of adolescents who belong to the different dietary patterns were determined. Dietary pattern showed significant associations with nutrient status, as well as cardiovascular risk markers, even in a population this young. Less favourable dietary patterns (regarding food choices and nutrient supply) were more often observed in certain subsets of the adolescents, e. g. among boys aged 16 to 17 years and adolescents with lower socioeconomic status. The “healthy” dietary patterns were associated with a higher frequency of joint family meals and a higher level of physical activity. Health promotion programs can benefit from these findings.

# Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>I</b>
<b>Summary</b> .....	<b>II</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Anhangverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung und Fragestellung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Hintergrund</b> .....	<b>6</b>
2.1 Ernährungsmuster als Konzept in der Epidemiologie.....	6
2.2 Bisherige Studien zu Ernährungsmustern bei Jugendlichen.....	7
2.3 Biomarker als messbare Merkmale biologischer Prozesse.....	17
2.3.1 Biomarker des Nährstoffstatus.....	17
2.3.2 Biomarker des kardiovaskulären Risikos.....	18
2.4 Kardiovaskuläre Risikofaktoren im Jugendalter.....	21
<b>3 Datengrundlagen und Methoden</b> .....	<b>23</b>
3.1 Der Kinder- und Jugendgesundheitssurvey, Welle 1 (KiGGS Basis).....	23
3.1.1 Studiendesign und Studienpopulation.....	23
3.1.2 Physiologische Messungen.....	25
3.1.3 Ärztliches Interview.....	26
3.1.4 Schriftliche Fragebögen.....	26
3.1.5 Food Frequency Questionnaire (FFQ).....	27
3.2 Ernährungsstudie als KiGGS-Modul, Welle 1 (EsKiMo I).....	28
3.2.1 Studiendesign und Studienpopulation.....	28
3.2.2 Verzehrserhebung mit DISHES.....	29
3.2.3 Verzehrserhebung mit dem FFQ.....	30
3.2.4 Fragebogen.....	30
3.2.5 Wichtige Erkenntnisse zum Lebensmittelverzehr und zur Nährstoffversorgung von Jugendlichen in Deutschland aus EsKiMo I.....	31
3.3 Datenaufbereitung.....	32
3.3.1 Aufbereitung der EsKiMo I-FFQ-Daten.....	33
3.3.2 Lebensmittelgruppierung der DISHES-Daten.....	34
3.3.3 Lebensmittelgruppierung der FFQ-Daten.....	35
3.3.4 Maßzahlen der Nährstoffzufuhr.....	35
3.4 Statistische Auswertungsmethoden.....	36
3.4.1 Gewichtung und Surveyprozeduren.....	36
3.4.2 Relative Validierung des FFQ.....	37

---

3.4.3	Hauptkomponentenanalyse.....	39
3.4.4	Statistische Kennzahlen.....	42
3.4.5	Multivariate Regressionsanalysen.....	43
3.4.6	Ausschluss von Teilnehmern.....	44
3.4.7	Berücksichtigung von Confoundern.....	45
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>48</b>
4.1	Publikation I: Relative validation of the KiGGS Food Frequency Questionnaire among adolescents in Germany .....	50
4.2	Publikation II: Dietary patterns of adolescents in Germany – Associations with nutrient intake and other health related lifestyle characteristics .....	52
4.3	Publikation III: Associations between dietary patterns and biomarkers of nutrient status and cardiovascular risk factors among adolescents in Germany .....	57
4.4	Ernährungsmuster und das Erreichen von Verzehrsempfehlungen .....	61
4.5	Zugehörigkeit der Jugendlichen zu einem oder mehreren Ernährungsmustern.....	64
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>67</b>
5.1	Interpretation der Ergebnisse .....	67
5.1.1	Ernährungsmuster.....	68
5.1.2	Determinanten der Ernährungsmuster.....	70
5.1.3	Zusammenhang zwischen Ernährungsmustern und der Nährstoffversorgung.....	72
5.1.4	Zusammenhang zwischen Ernährungsmustern und kardiovaskulären Risikomarkern.....	75
5.1.5	Validierung des Food Frequency Questionnaires (FFQ).....	77
5.2	Diskussion der Datengrundlage und Ernährungsmusteranalyse .....	81
5.2.1	Diskussion der Datengrundlage.....	81
5.2.2	Diskussion der Ernährungsmusteranalyse.....	84
5.3	Bedeutung der Ergebnisse für Public Health .....	89
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....</b>	<b>95</b>
6.1	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen bezüglich Public Health.....	95
6.2	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für zukünftige Ernährungsmusteranalysen.....	101
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>103</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>120</b>

## Tabellenverzeichnis

	<u>Seite</u>
<b>Tab. 1:</b> Analysen von Ernährungsmustern bei Jugendlichen in repräsentativen Querschnittsstudien.....	11
<b>Tab. 2:</b> Analysen von Ernährungsmustern bei Jugendlichen in Kohortenstudien .....	12
<b>Tab. 3:</b> Analysen von Ernährungsmustern bei Jugendlichen in Schulstichproben .....	13
<b>Tab. 4:</b> Im Zusammenhang mit Ernährungsmustern untersuchte Biomarker.....	26
<b>Tab. 5:</b> Umrechnung der Antwortkategorien im FFQ in Häufigkeiten .....	33
<b>Tab. 6:</b> Lebensmittelgruppen der DISHES-Daten.....	34
<b>Tab. 7:</b> Ausschluss von Surveyteilnehmern in den Analysen der Biomarker .....	45
<b>Tab. 8:</b> Erreichter Anteil der Verzehrsempfehlungen gemäß optiMIX® in Prozent, Datengrundlage: DISHES-Daten (EsKiMo I, 2006).....	62

## Anhangverzeichnis

	<u>Seite</u>
<b>Anhang 1</b> Im Zusammenhang mit den Ernährungsmustern untersuchte Biomarker und verwendete Labormethoden.....	120
<b>Anhang 2</b> Fragebogenausschnitt aus EsKiMo I .....	121
<b>Anhang 3</b> Lebensmittelgruppierung der DISHES-Daten .....	124
<b>Anhang 4</b> Lebensmittelgruppierung für die FFQ-Items .....	127
<b>Anhang 5</b> Publikation I: Relative validation of the KiGGS Food Frequency Questionnaire among adolescents in Germany.....	129
<b>Anhang 6</b> Publikation II: Dietary patterns of adolescents in Germany – Associations with nutrient intake and other health related lifestyle characteristics.....	142
<b>Anhang 7</b> Publikation III: Associations between dietary patterns and biomarkers of nutrient status and cardiovascular risk factors among adolescents in Germany .....	157

## Abbildungsverzeichnis

	<u>Seite</u>
<b>Abb. 1:</b> Sample Points in KiGGS Basis .....	24
<b>Abb. 2:</b> Ausschnitt aus dem Food Frequency Questionnaire in KiGGS Basis .....	28
<b>Abb. 3:</b> Beispiel für eine DISHES-Eingabemaske.....	30
<b>Abb. 4:</b> Überblick zu den verwendeten Datengrundlagen aus KiGGS Basis und EsKiMo I sowie durchgeführte Analysen .....	31
<b>Abb. 5:</b> Scree Plot: Darstellung der Eigenwerte je Hauptkomponente.....	41
<b>Abb. 6:</b> Ernährungsmuster der 12-17-jährigen Jungen, Datengrundlage: DISHES (EsKiMo I, 2006) .....	53
<b>Abb. 7:</b> Ernährungsmuster der 12-17-jährigen Mädchen, Datengrundlage: DISHES (EsKiMo I, 2006) .....	54
<b>Abb. 8:</b> Ernährungsmuster der 12-17-jährigen Jungen, Datengrundlage: FFQ (KiGGS Basis, 2003-2006).....	59
<b>Abb. 9:</b> Ernährungsmuster der 12-17-jährigen Mädchen, Datengrundlage: FFQ (KiGGS Basis, 2003-2006).....	59
<b>Abb. 10:</b> Zuordnung der Jungen zu den Ernährungsmustern, Anteil in Prozent.....	64
<b>Abb. 11:</b> Zuordnung der Jungen zu den Ernährungsmustern nach Altersgruppen, Anteil in Prozent.....	65
<b>Abb. 12:</b> Zuordnung der Mädchen zu den Ernährungsmustern, Anteil in Prozent.....	66
<b>Abb. 13:</b> Zuordnung der Mädchen zu den Ernährungsmustern nach Altersgruppen, Anteil in Prozent.....	66

## Abkürzungsverzeichnis

2DISHES.....	Dietary Interview Software for Health Examination Studies
EsKiMo I.....	Ernährungsstudie als KiGGS-Modul, 1. Erhebungswelle
EZ.....	Energiezufuhr
FA .....	Faktorenanalyse
FFQ .....	Food Frequency Questionnaire
g.....	Gramm
HKA .....	Hauptkomponentenanalyse
kcal .....	Kilokalorien
KiGGS Basis .....	Kinder- und Jugendgesundheitsurvey, 1. Erhebungswelle
kJ.....	Kilojoule
MC .....	Multiple Korrespondenzanalyse
OptiMIX®.....	Optimierte Mischkost vom Forschungsinstitut für Kinderernährung, Dortmund
RKI.....	Robert Koch-Institut
SES.....	Sozioökonomischer Status
WHO .....	World Health Organisation

## 1 Einleitung und Fragestellung

Die Ernährung ist in allen Lebensphasen wichtig für die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen. Kinder und Jugendliche stellen hinsichtlich der Ernährung jedoch eine besonders vulnerable Bevölkerungsgruppe dar, da sie aufgrund von Wachstum sowie entwicklungsbedingter Umstellungen der Organfunktionen und der Körperzusammensetzung einen erhöhten Bedarf an Mikro- und Makronährstoffen haben (Food and Nutrient Board, 2000; Gidding et al., 2006; Spear, 2002). Studien deuten darauf hin, dass sich Jugendliche häufig nicht entsprechend der Verzehrsempfehlungen ernähren (Banfield et al., 2016; Doidge et al., 2012; Johnson et al., 1994; Munoz et al., 1997; Neumark-Sztainer et al., 1998; Serra-Majem et al., 2007; Troiano et al., 2000; Zapata et al., 2008), dies trifft auch auf Deutschland zu (Mensink et al., 2007c; Richter et al., 2008).

Während der Adoleszenz ändert sich das Ernährungsverhalten oftmals (Boreham et al., 2004; Cusatis et al., 2000; Gallagher et al., 2006). Die Heranwachsenden werden unabhängiger von ihren Eltern bezüglich der Versorgung mit Lebensmitteln und Speisen. Gleichzeitig gewinnt der Einfluss von gleichaltrigen Freunden an Bedeutung (Jara et al., 2014; Krolner et al., 2011). Außerdem bilden sich während der Kindheit und Jugend Ernährungsgewohnheiten und Geschmackspräferenzen heraus, welche oft bis ins Erwachsenenalter bestehen bleiben und dadurch die weitere gesundheitliche Entwicklung beeinflussen (Birch et al., 1998; Gassin, 2001; Leach, 1999; Nicklaus, 2009; Nicklaus et al., 2005; Pudal et al., 1998; Tuttle, 1999).

Neue Forschungsergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Ernährung bereits in jungen Jahren für die spätere Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen (Ambrosini et al., 2014; Kaikkonen et al., 2013; Mikkila et al., 2009). In Deutschland stellen kardiovaskuläre Erkrankungen die häufigste Todesursache dar. Sie verursachen etwa 40 Prozent aller Sterbefälle (Statistisches Bundesamt). Studien zu Ernährungsmustern bei Erwachsenen haben gezeigt, dass bestimmte Ernährungsmuster mit einer geringeren Morbidität und Mortalität für kardiovaskuläre Erkrankungen verbunden sind (Aljefree et al., 2015; Centritto et al., 2009; Eilat-Adar et al., 2009; Fung et al., 2001b; Heidemann et al., 2008) und somit im Zusammenhang mit der Gesundheit des Menschen stehen.

Eine frühzeitige Einflussnahme auf adoleszente Ernährungsweisen birgt daher ein großes Präventionspotential u. a. hinsichtlich kardiovaskulärer Erkrankungen. Dafür notwendig sind grundlegende, aktuelle Informationen zu den Ernährungsgewohnheiten von Jugendlichen. Um Strategien zur Verbesserung der Ernährung zu entwickeln, sind darüber hinaus weitere Faktoren, die mit dem Ernährungsverhalten im Zusammenhang stehen, von Bedeutung.

Die Analyse von Ernährungsmustern stellt eine mögliche Analysestrategie innerhalb der Ernährungsepidemiologie dar. Ziel ist es, die komplexen, detaillierten Daten zum Lebensmittelverzehr in einer Population mit wenigen Variablen (den Ernährungsmustern) zu beschreiben (Hu, 2002; McNaughton, 2011).

Das Besondere an der Analyse von Ernährungsmustern ist dabei der Bezug zur Ernährung in ihrer Gesamtheit. Dies steht im Unterschied zu Analysen, die sich nur auf ein bestimmtes Lebensmittel (z. B. Gemüse) oder einen bestimmten Nährstoff (z. B. Folat) beziehen (Hu, 2002). Empirisch mittels multivariater, statistischer Methoden ermittelte Ernährungsmuster unterscheiden sich darüber hinaus von Ernährungsindices. Durch die Analyse von derartigen Indices, z. B. des Healthy Eating Index, wird das Erreichen von Verzehrsempfehlungen und somit die Ernährung bewertet (Kennedy et al., 1995). Empirisch ermittelte Ernährungsmuster stellen dagegen eher nicht die optimale Ernährungsweise dar, sondern sind ein Abbild der tatsächlich vorhandenen Ernährungsweisen in der Bevölkerung. Deshalb wird angenommen, dass dieser Ansatz gut geeignet ist, um Gesundheitsfördermaßnahmen in Hinblick auf eine gesündere Ernährung zu entwickeln, die an den tatsächlich vorhandenen Ernährungsgewohnheiten ansetzen (Fung et al., 2001a; Hu et al., 2000; Schulze et al., 2006; Slattery, 2008).

Ernährungsmuster sind kultur- und zeitspezifisch. Ergebnisse aus anderen Ländern können somit nicht ohne weiteres auf Deutschland übertragen werden. Momentan gibt es weltweit erst wenige Analysen von Ernährungsmustern bei Jugendlichen. In Europa wurden derartige Analysen, basierend auf bevölkerungsbezogenen, repräsentativen Daten, bisher nur in Spanien (Aranceta et al., 2003; Bibiloni et al., 2012), Schottland (Craig et al., 2010) und Nordirland (Hearty et al., 2013) vorgenommen. Für Deutschland gab es derartige Analysen für Jugendliche noch nicht.

Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, erstmals Ernährungsmuster für Jugendliche im Alter von 12-17 Jahren in Deutschland zu beschreiben. Darüber hinaus sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie sind die Jugendlichen, die sich entsprechend der jeweiligen Muster ernähren, charakterisiert (z. B. bezüglich Alter, Geschlecht und Soziodemographie)?
- Sind die Ernährungsmuster assoziiert mit weiteren Lebensstilfaktoren (z. B. körperlicher Aktivität, gemeinsamen Familienmahlzeiten) oder Kompetenzen (Kochfähigkeiten)?
- Tragen Ernährungsmuster unterschiedlich gut zur Nährstoffversorgung bei (bezüglich Nährstoffzufuhr bzw. Biomarkern des Nährstoffstatus)?
- Sind die Ernährungsmuster assoziiert mit physiologischen oder pathophysiologischen Prozessen im Körper unter Berücksichtigung möglicher Confounder?
- Wie gut tragen die Ernährungsmuster zum Erreichen der alters- und geschlechtsspezifischen Verzehrsempfehlungen bei?
- Welcher Anteil der Bevölkerung ernährt sich überwiegend entsprechend der gefundenen Ernährungsmuster oder einer Kombination aus diesen Mustern?

Als Datengrundlage wird der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS) verwendet. Die Basiserhebung wurde von Mai 2003 - Mai 2006 durch das Robert Koch-Institut, Berlin durchgeführt (Kurth et al., 2008). KiGGS Basis bietet erstmals die Möglichkeit, den Gesundheitszustand und die Ernährung von Heranwachsenden in Deutschland auf der Grundlage umfangreicher, repräsentativer Daten zu untersuchen. Neben Fragebögen zur Gesundheit und zum Gesundheitsverhalten, wurden in KiGGS Basis u. a. Biomarker im Blutserum und Blutdruckwerte erhoben. Die Ernährung wurde mittels semi-quantitativem Verzehrshäufigkeitsfragebogen (Food Frequency Questionnaire, FFQ) erfasst. In einer Unterstichprobe der KiGGS Basis-Teilnehmer (EsKiMo I-Modul: Ernährungsstudie als KiGGS-Modul) kam darüber hinaus eine detailliertere Ernährungserhebung in Form des am RKI entwickelten, modifizierten Diet History Interviews (DISHES) zum Einsatz (Mensink et al., 2007a; Mensink et al., 2001).

Zunächst wird der für die Analysen verwendete KiGGS-FFQ gegenüber den zeitgleich erhobenen DISHES-Daten innerhalb der EsKiMo I-Stichprobe validiert. Da für nahezu alle EsKiMo I-Teilnehmer sowohl DISHES- als auch FFQ-Daten vorliegen, kann die Validierung des FFQ basierend auf einem relativ großen (N=1213), für die Altersgruppe repräsentativen, Datensatz vorgenommen werden, der auch Analysen in Untergruppen ermöglicht.

Im Kapitel 2 wird der Hintergrund der vorliegenden Arbeit dargestellt. Das Konzept der Ernährungsmuster innerhalb der Ernährungsepidemiologie wird vorgestellt. Ein Literaturüberblick stellt den bisherigen Wissenstand zu Ernährungsmustern bei Jugendlichen weltweit dar. Darüber hinaus werden die im Zusammenhang mit Ernährungsmustern analysierten Biomarker erläutert.

Die verwendeten Datengrundlagen werden in Kapitel 3 beschrieben. Dazu gehören KiGGS Basis und EsKiMo I, mit ihren unterschiedlichen Erhebungsinstrumenten und Messmethoden. Zum anderen werden die verwendeten statistischen Methoden zur Datenanalyse, insbesondere die Hauptkomponentenanalyse zur Bestimmung der Ernährungsmuster, sowie die Analysemethoden für die Validierung des FFQs erläutert.

Kapitel 4 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Datenanalyse unterteilt in fünf Unterkapitel. Im ersten Unterkapitel wird das Ergebnis der Validierung des FFQs dargestellt. Das zweite Unterkapitel beschreibt die Ernährungsmuster von Jugendlichen in Deutschland, die mittels DISHES-Daten ermittelt wurden. Assoziationen der Ernährungsmuster zur Nährstoffzufuhr und zu gesundheitsrelevanten Lebensstilfaktoren werden dargestellt. Die Assoziationen der mit dem FFQ ermittelten Ernährungsmuster mit den zeitgleich erhobenen Biomarkern der Nährstoffversorgung und des kardiovaskulären Risikos werden anschließend dargestellt. Das vierte Unterkapitel betrachtet die Ernährung im Vergleich zu den jeweiligen Verzehrsempfehlungen in Abhängigkeit der Ernährungsmuster. Abschließend wird die Zugehörigkeit der Jugendlichen zu den einzelnen Ernährungsmustern auf Bevölkerungsebene anteilmäßig dargestellt.

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse diskutiert und im Zusammenhang mit bisherigen Erkenntnissen in diesem Wissensgebiet gestellt. Darüber hinaus wird die verwendete Datengrundlage und Auswertungsmethodik kritisch betrachtet.

Das sich anschließende Kapitel 6 stellt die Schlussfolgerungen aus dieser Arbeit bezüglich Public Health und zukünftige Ernährungsmusteranalysen dar.

## 2 Hintergrund

### 2.1 Ernährungsmuster als Konzept in der Epidemiologie

Viele Analysen im Bereich Ernährungsepidemiologie untersuchen den Zusammenhang von Ernährung und Krankheiten oder Krankheitsparametern basierend auf der Analyse einzelner oder weniger Lebensmittel oder Nährstoffe. Da Lebensmittel jedoch nicht isoliert voneinander konsumiert werden, sind die Effekte einzelner Lebensmittel oder Nahrungsbestandteile in Beobachtungsstudien schwer zu separieren. Auf der Lebensmittelebene kommt hinzu, dass bei einem relativ konstanten Energiebedarf der höhere Verzehr eines bestimmten Lebensmittels immer auch mit dem geringeren Verzehr eines oder mehrerer anderer Lebensmittel einhergehen muss. Daher sind Schlussfolgerungen über die Relevanz einzelner Lebensmittel schwierig.

Seit einigen Jahren gewinnt daher die Analyse von Ernährungsmustern zur Ermittlung von Effekten des ganzheitlichen Lebensmittelverzehr auf den menschlichen Organismus als ergänzender Ansatz an Bedeutung. Ernährungsmuster beschreiben die komplexen Verzehrsgewohnheiten in einer Bevölkerung reduziert auf wenige Variablen (den Ernährungsmustern) (Jacques et al., 2001). Ernährungsmusteranalysen werden somit eingesetzt, um die Ernährung einer Bevölkerungsgruppe zu beschreiben. Durch den Vergleich von Ernährungsmustern zu unterschiedlichen Zeitpunkten, können Veränderungen im Verzehrverhalten einer Population ermittelt werden. Darüber hinaus können Bevölkerungsgruppen charakterisiert werden (z. B. hinsichtlich Alter, Geschlecht und Soziodemographie), die sich entsprechend eines bestimmten Ernährungsmusters, und damit in Bezug auf eine Reihe von Lebensmitteln in einer bestimmten Weise ernähren. Weiterhin ist die Analyse des Zusammenhangs von Ernährungsmustern mit Parametern der Nährstoffversorgung oder des Gesundheitsstatus möglich. Insbesondere bei Erwachsenen (Kant, 2010; Wirfalt et al., 2013), aber auch bei jungen Erwachsenen (Mikkilä et al., 2007) und bereits bei Jugendlichen (siehe Kapitel 2.2) wurde gezeigt, dass Ernährungsmuster mit Parametern der kardiovaskulären Gesundheit assoziiert sind. Somit stehen Ernährungsmuster im Zusammenhang mit der Gesundheit des Menschen.

Es gibt drei unterschiedliche methodische Konzepte zur Ermittlung von Ernährungsmustern (Drescher et al., 2007; Michels et al., 2005; Schulze et al., 2002; Trichopoulos et al., 2001). Der, häufig auch als a-priori-Ansatz bezeichnete hypothesenorientierte Ansatz, bildet Mustervariablen auf der Basis von bestehendem Wissen zu wünschenswerten oder unerwünschten Auswirkungen von verschiedenen Nahrungsbestandteilen. Zu nennen sind hier Ernährungsindices und -scores, die z. B. den Grad der Übereinstimmung der Ernährung mit Ernährungsempfehlungen (Healthy Eating Index) oder die Vielfältigkeit der Ernährung bewerten (Dietary diversity score) (Drescher et al., 2007; Michels et al., 2005; Schulze et al., 2002; Trichopoulos et al., 2001). Um diese zu bestimmen, müssen Grenzwerte festgelegt werden (z. B. wünschenswerte Verzehrsmenge von Obst), die einer gewissen Subjektivität unterliegen. Beim explorativen Ansatz, der auch als a-posteriori-Ansatz bezeichnet wird, erfolgt die Ermittlung von Ernährungsmustern empirisch auf der Grundlage des vorliegenden, spezifischen Datenmaterials. Dazu werden multivariate, statistische Methoden wie die Cluster-, Faktoren- oder Hauptkomponentenanalyse genutzt (Michels et al., 2005; Schulze et al., 2002; Trichopoulos et al., 2001). Eine dritte Methode zur Definition von Ernährungsmustern kombiniert den explorativen Ansatz mit vorhandenem Wissen zur Entstehung einer spezifischen Krankheit. Damit werden Ernährungsmuster identifiziert, die mit einer bestimmten Krankheit assoziiert sind. Diese Methode wird als Reduced Rank Regression bezeichnet (Ambrosini et al., 2010b; Michels et al., 2005; Nettleton et al., 2007).

Im Folgenden wurde der explorative Ansatz mittels Hauptkomponentenanalyse, einer Form der Faktorenanalyse, verwendet um Ernährungsmuster zu bestimmen. Der Begriff „Ernährungsmuster“ bezieht sich hier daher immer auf diese empirisch ermittelten Ernährungsmuster.

## **2.2 Bisherige Studien zu Ernährungsmustern bei Jugendlichen**

Für Jugendliche im Alter von 12 bis 17 Jahren gibt es weltweit nur wenige explorative Analysen von Ernährungsmustern mittels Hauptkomponenten oder Faktorenanalyse.

Auf der Basis von für das Land oder eine Region repräsentativen Verzehrdaten sind hier nur einige Auswertungen zu nennen (Tab. 1), davon in Europa nur in Spanien (Aranceta et al., 2003) und den Balearen (Bibiloni et al., 2012), in Schottland (Craig

et al., 2010) und Nordirland (Hearty et al., 2013). Die meisten Publikationen wurden nach 2010 veröffentlicht, nur wenige sind älter (Aranceta et al., 2003; Lozada et al., 2007; McNaughton et al., 2008). Es wurden jeweils zwei bis fünf Ernährungsmuster identifiziert, wobei zwei oder drei Muster überwiegen. In den westlichen Industrieländern (oben genannte Studien aus Europa, sowie eine australische Studie) sind gewisse Ähnlichkeiten zwischen den gefundenen Mustern zu erkennen. So gibt es in allen Ländern ein oder mehrere Muster, die gekennzeichnet sind durch hohen Obst- und Gemüseverzehr und bezeichnet wurden als „healthy“ (Aranceta et al., 2003; Hearty et al., 2013), „vegetables“ (Craig et al., 2010; McNaughton et al., 2008), „fruit, salad, cereals, fish“ (McNaughton et al., 2008), „fruit“ (Craig et al., 2010) oder „mediterranean“ (Bibiloni et al., 2012). Die weiteren Muster unterscheiden sich jedoch deutlich zwischen den Ländern. Das „Snacky“ Ernährungsmuster in Spanien ist z. B. durch Brötchen, Kuchen, Kekse und Süßigkeiten gekennzeichnet (Aranceta et al., 2003). Das australische „high fat and sugar“ Muster beschreibt eine Ernährung in der Pies und Pasteten, Süßigkeiten, Kartoffelchips, aber auch Hamburger und Pizza bedeutend sind (McNaughton et al., 2008). Dagegen zeichnet sich das „western“ Muster auf den Balearen durch Joghurt/Käse, Milchprodukten, rotem Fleisch, Geflügel und Wurst aus (Bibiloni et al., 2012). In Nordirland wurde als „unhealthy foods“ ein Muster bezeichnet, das gekennzeichnet ist durch Pommes frites, Süßigkeiten, hochkalorische Getränke und Fleischprodukte (Hearty et al., 2013).

Darüber hinaus gibt es Analysen von Ernährungsmustern im Rahmen von Kohortenstudien (Tab. 2) sowie im Rahmen von kleineren, lokalen Studien in Schulen (Tab. 3). In den Kohortenstudien, die überwiegend in westlichen Industrieländern durchgeführt wurden/werden, gibt es jeweils ein gesundes (health-conscious, healthy, vegetable, fruit, prudent) und ein westliches oder „Fast Food“ Muster. Ausnahme hiervon bilden die Bogalusa Heart Study aus den USA, deren Datenerhebung jedoch bereits Anfang der 80iger Jahre stattgefunden hat (Nicklas et al., 1989) und die finnische „Cardiovascular Risk in Young Finns Study“, die neben einem „health-conscious“ ein „traditionelles“ Muster gefunden hat (Mikkila et al., 2005). Unter der Bezeichnung „western“ werden jedoch sehr unterschiedliche Lebensmittelkombinationen bezeichnet. Neben Hamburgern, Pommes Frites, Pizza und Softdrinks spielen dabei auch Milchprodukte (Pinho et al., 2014; Rodrigues et

al., 2012), Weißmehlprodukte (Ambrosini et al., 2010a) oder Maistortillas (Romero-Polvo et al., 2012) eine wichtige Rolle. Als „traditionell“ bezeichnete Muster wurden ebenfalls mehrfach in regionalen Studien gefunden: „varied Norwegian“ (Oellingrath et al., 2011), „Iranian traditional“ (Alizadeh et al., 2012), „traditional Korean“ (Shin et al., 2013) und „traditional“ in Brasilien (Pinho et al., 2014; Rodrigues et al., 2012). Dabei ist die Lebensmittelauswahl je nach Land erwartungsgemäß sehr unterschiedlich.

### **Ernährungsmuster und Alter und Geschlecht**

Das „Junk Food“ Muster hatte in Griechenland eine höhere Bedeutung für ältere Jugendliche (Kourlaba et al., 2009). Dagegen wurden gesündere Ernährungsmuster eher bei jüngeren Jugendlichen in Australien (McNaughton et al., 2008) und Griechenland (Kourlaba et al., 2009) beobachtet. In Brasilien wurde dagegen das westliche Muster vor allem bei unter 15-jährigen ermittelt (Rodrigues et al., 2012). Bei Jungen waren ungünstige Ernährungsmuster oftmals von größerer Bedeutung („high fat and sugar“, „western“, „junk food“) (Bibiloni et al., 2012; Kourlaba et al., 2009; McNaughton et al., 2008). Dagegen ernährten sich Mädchen häufiger nach gesunden Mustern („health-conscious“, „healthy“, „mediterranean“ (Ambrosini et al., 2010a; Bibiloni et al., 2012; Mikkilä et al., 2007). Außerdem war das traditionelle Muster in Finnland und Brasilien mit dem männlichen Geschlecht assoziiert (Mikkilä et al., 2007; Rodrigues et al., 2012).

### **Ernährungsmuster und Soziodemographie**

Zusammenhänge zwischen den Ernährungsmustern und dem Einkommen, der Bildung und dem Sozioökonomischen Status wurden häufig gefunden. Dabei waren eine höhere Bildung (Aranceta et al., 2003; Bibiloni et al., 2012; Craig et al., 2010), ein höheres Haushaltseinkommen (Craig et al., 2010) oder ein höherer Sozialstatus (Bibiloni et al., 2012; Cutler et al., 2009, 2011) assoziiert mit gesünderen Ernährungsmustern. Entgegengesetzt war ein geringeres Haushaltseinkommen mit dem westlichen Muster (Bibiloni et al., 2012) oder ein geringer sozioökonomischer Status mit einem Fast Food Muster (Cutler et al., 2011) assoziiert. Davon abweichende Ergebnisse wurden dagegen für Brasilien ermittelt, wo das westliche Muster mit einem höheren sozioökonomischen Status (Rodrigues et al., 2012) und das Junk Food Muster mit einem höheren Familieneinkommen assoziiert war (Pinho et al., 2014). In ländlichen Regionen wurde in Finnland häufiger ein „traditionelles“

Muster und in Australien vermehrt ein „vegetable pattern“ ermittelt (McNaughton et al., 2008; Mikkilä et al., 2007).

**Tab. 1:** Analysen von Ernährungsmustern bei Jugendlichen in repräsentativen<sup>1</sup> Querschnittsstudien

Land	Datengrundlage	Anzahl Teilnehmer	Alter	Erhebungsmethode	Analyse-methode <sup>2</sup>	Gefundene Ernährungsmuster	Autoren, Jahr der Veröffentlichung
Spanien	enKid study <sup>3</sup> , 1998-2000	2159	14-24	24-h Recall, FFQ	FA	Snacky/Healthy/ Protein rich/Meat rich/Ludicrous	Aranceta et al. (2003)
Mexiko	National Nutrition Surveys in Mexiko, 1999	477	12-19 <sup>4</sup>	24-h Recall	FA (21)	Wheat products, desserts and meat/Low-fat dairy, low-fiber breakfast cereals/ Sweetened beverages, industrialized foods/ Maize products, legumes	Lozada et al. (2007)
Australien	Australien National Nutrition Survey, 1995	764	12-18	108-Item FFQ	FA (86)	Fruit, salad, cereals, fish/ High fat and sugar/ Vegetables	McNaughton et al. (2008)
Schottland	Survey of Sugar Intake among Children in Scotland, 2006	512	12-17	146-Item FFQ	HKA (141)	Vegetables (Jungen), Pudding (Mädchen)/ Puddings (Jungen),fruit (Mädchen)/ Starchy food and drinks (Jungen), vegetables (Mädchen)	Craig et al. (2010)
3 Regionen in Tunesien	Survey, 2005	1019	15-19	134-Item FFQ	MC (43)	Modern/Meat-fish	Aounallah-Skhiri et al. (2011)
Balearen	Survey <sup>5</sup> , 2007-2008	1231	12-17	145-Item FFQ, 2 24h-Recalls	FA (29)	Western/ Mediterranean	Bibiloni et al. (2012)
Nord-Irland	Irish National Teens Food Survey 2005-2006	441	13-17	7 Tage Ernährungs-tagebuch	HKA (32)	Healthy foods/ Traditional foods/Sandwich foods/Unhealthy foods	Hearty et al. (2013)
China	2011 China Health and Nutrition Survey (CHNS)	1282	7-17	3 24-h Recalls	FA (20)	Modern/ Traditional north/ Traditional south	Zhang et al., (2015)

<sup>1</sup> Repräsentativ für ein Land oder eine Region.

<sup>2</sup> FA – Faktorenanalyse; MC – Multiple Korrespondenzanalyse; HKA – Hauptkomponentenanalyse. In Klammern ist die Anzahl der Lebensmittelgruppen angegeben, die in die Musteranalyse einbezogen wurden.

<sup>3</sup> Querschnittstudie der spanischen Bevölkerung.

<sup>4</sup> Nur Mädchen.

<sup>5</sup> Repräsentative Stichprobe für die Balearen.

**Tab. 2:** Analysen von Ernährungsmustern bei Jugendlichen in Kohortenstudien

Land	Datengrundlage	Anzahl Teilnehmer	Alter	Erhebungsmethode	Analyse-methode <sup>6</sup>	Gefundene Ernährungsmuster	Autoren, Jahr der Veröffentlichung
USA	longitudinale Bogalusa Heart Study, 1981-1983	1275	12-24	64-Item FFQ	FA (64)	Seafood, meats/ Snacks/fats, pasta/beef, chicken/ desserts <sup>7</sup>	Nicklas et al. (1989)
Finnland	The Cardiovascular Risk in Young Finns Study <sup>8</sup> , 2001	1786; 1200	9-24	48 h Recall	HKA (24)	Traditional/ Health-conscious	Mikkila et al. (2005/2007)
Westliches Australien	Raine Study <sup>9</sup> , Perth, Western Australia, 2003-2006	1324	14	212-Item FFQ	FA (38)	Healthy/Western	Oddy et al. (2009)
Westliches Australien	Raine Study, Perth, Western Australia, 2003-2006	1631/ 1139 <sup>10</sup>	14	212-Item FFQ	FA (38)	Healthy/Western	Ambrosini et al. (2009/2010)
Westliches Australien	Raine Study, Perth, Western Australia, 2003-2006	1799	14	212-Item FFQ	FA (38)	Healthy/Western	Howard et al. (2011)
Minnesota, USA	EAT Studie <sup>11</sup> , 1998-1999	4746	12-16	152-Item FFQ	HKA (152)	Vegetable/Fruit/ Sweet, salty snack food/ Starchy food/ Fast food	Cutler et al. (2009/ 2011/2012)
Mexiko	Health Workers Cohort Study, 2004-2006	916	7-18	116-Item FFQ	FA (28)	Western/ Prudent/High protein, fat	Romero-Polvo et al. (2012)
Westliches Australien	Raine Study, Perth, Western Australia, 2003-2006	779/741/ 470 <sup>12</sup>	14	212-Item FFQ	FA (38)	Healthy/Western	Nyaradi et al. (2015)

<sup>6</sup> FA – Faktorenanalyse; MC – Multiple Korrespondenzanalyse; HKA – Hauptkomponentenanalyse. In Klammern ist die Anzahl der Lebensmittelgruppen angegeben, die in die Musteranalyse einbezogen wurden.

<sup>7</sup> Insgesamt 17 Ernährungsmuster ermittelt.

<sup>8</sup> Kohortenstudie zu Herz-Kreislauf-Risikofaktoren.

<sup>9</sup> The Western Australian Pregnancy Cohort Study.

<sup>10</sup> 1631 beim Lebensstil, 1139 mit Biomarkern.

<sup>11</sup> Schüler aus 31 Schulen.

<sup>12</sup> 779 für Mathematiktest, 741 für den Lesetest, 470 für den Schreibtest.

**Tab. 3:** Analysen von Ernährungsmustern bei Jugendlichen in Schulstichproben

Land	Datengrundlage/ Studienteilnehmer	Anzahl Teilnehmer	Alter	Erhebungsmethode	Analyse- methode <sup>13</sup>	Gefundene Ernährungs- muster	Autoren, Jahr der Veröffent- lichung
Vyronas Region, Athen, Griechen- land	Schüler aus 12 Schulen, 2004	2118	12-17	63-Item FFQ	HKA (24)	Junk food/Red meat/ Vegetarian, Healthy/Dairy products, pasta, wholegrain/ Close to Mediterranean diet <sup>14</sup>	Kourlaba et al. (2009)
Colombo district of Sri Lanka	Schüler aus 48 Schulen, 2002	1218	15	13-Item FFQ	FA (13)	Sweet/ Healthy/ Affluent	Perera et al. (2010)
Telemark County, Norwegen	Schüler aus 53 Schulen, 2010	800	12-13	64-Item FFQ	HKA (64)	Junk, convenient/ Varied Norwegian/ Snacking/ Dieting	Oellingrath et al. (2011)
Iran, Tabriz	Talaat Intelligent Guidance School in Tabriz, Iran <sup>15</sup> , 2007	257	11-15	162-Item FFQ	FA (40)	Western-like/ sweet junk food/ Asian/Salty junk foods/Iranian traditional	Alizadeh et al. (2012)
Cuiabá, Mato Grosso, Brasilien	Zufallsauswahl von Schülern mehrerer Schulen, 2008	1139	14-19	76-Item FFQ	HKA (22)	Western/ Traditional/ Mixed	Rodrigues et al. (2012)
Maringá, Brasilien	Schüler von öffentlichen und privaten Schulen, 2007	991	14-18	11-Item FFQ	HKA (11)	Junk food/ Healthy food/ Protein food	de Moraes et al. (2012)
Seoul, Korea	Schüler einer Junior High School in Seoul, Korea, Jahr unbekannt	196	12-15	6-Tage- Verzehrs- protokoll	FA (24)	Traditional Korean/Fast food/Milk and cereals/Snacks	Shin et al. (2013)
Montes Claros, Brasilien	Schüler öffentlicher Schulen, 2011	474	11-17	94-Item FFQ	HKA (26)	Junk food/ Healthy/ Traditional	Pinho et al. (2014)

<sup>13</sup> FA – Faktorenanalyse; MC – Multiple Korrespondenzanalyse; HKA – Hauptkomponentenanalyse. In Klammern ist die Anzahl der Lebensmittelgruppen angegeben, die in die Musteranalyse einbezogen wurden.

<sup>14</sup> Weitere Muster: „traditional Greek cooked foods and legumes“, „eggs, white bread“.

<sup>15</sup> Ausschließlich Schülerinnen.

### **Ernährungsmuster und Lebensstil**

Gesündere Ernährungsmuster („fruit and vegetable“, „mediterranean“, „vegetarian/healthy“) waren häufig assoziiert mit einer höheren körperlichen Aktivität (Kourlaba et al., 2009) und einer geringeren Verweildauer vor Bildschirmen (Ambrosini et al., 2009b; Bibiloni et al., 2012; Craig et al., 2010; Kourlaba et al., 2009). Umgedreht wiesen Personen, die sich nach dem „westlichen/Junk Food“ Muster ernährten eine geringere körperliche Aktivität (Romero-Polvo et al., 2012) und eine längere Zeit vor Bildschirmen auf (Ambrosini et al., 2010a; Ambrosini et al., 2009b; Bibiloni et al., 2012; Kourlaba et al., 2009). Das „traditionelle“ Muster in Brasilien war mit höherer körperlicher Aktivität assoziiert (Rodrigues et al., 2012).

Untersuchungen zum Zusammenhang von Ernährungsmustern bei Jugendlichen und gemeinsamen Mahlzeiten in der Familie gibt es in den USA (Cutler et al., 2011) und Australien (McNaughton et al., 2008). In einer Studie in Minnesota, USA wurde das „vegetable and fruit“ und das „strachy food“ Muster (Englische Muffins/Bagel, gegrillten Käse, Pancakes, Cracker, Kartoffelbrei, Lasagne, Brezel, Maccaroni mit Käse und Spaghetti mit Soße) ermittelt (Cutler et al., 2011). Beide Muster waren positiv mit der Häufigkeit von Familienmahlzeiten und der Verfügbarkeit von gesunden Lebensmitteln sowie negativ mit der Verfügbarkeit von ungesunden Lebensmitteln zu Hause assoziiert. Dagegen war das „Fast Food“ Muster negativ mit der Häufigkeit von Familienmahlzeiten und der Verfügbarkeit von gesunden Lebensmitteln zu Hause und positiv mit der Verfügbarkeit von ungesunden Lebensmitteln assoziiert. Ernährungsmuster im Zusammenhang mit bestimmten Mahlzeiten wurden auch in Australien untersucht. Dort war ein häufigerer Frühstücksverzehr bei einem höheren Score des „vegetables“ und des „fruit, salad, cereals, and fish“ Musters festzustellen (McNaughton et al., 2008).

Ähnliche Studien beziehen sich auf Ernährungsmuster und den allgemeinen Verzehr bestimmter Mahlzeiten in Brasilien (de Moraes et al., 2012) oder Familienmahlzeiten und der allgemeinen Ernährungsqualität in den USA (Larson et al., 2007). In Brasilien war das „Junk Food“ Muster (frittierte Speisen, Süßigkeiten und Soft Drinks) positiv assoziiert mit dem Weglassen des Frühstücks bei Mädchen und dem Weglassen des Abendessens bei Jungen. Jungen, die sich nach dem „Healthy Food“ Muster (Obst und Gemüse) ernährten, verzehrten das Frühstück häufiger zu Hause.

Das „Protein Food“ Muster (Bohnen, Eier und Fleisch) war positiv assoziiert mit dem Verzehr von Lunch bei Mädchen (de Moraes et al., 2012). In den USA waren häufigere Familienmahlzeiten bei Jugendlichen mit einer qualitativ besseren Ernährung assoziiert (Larson et al., 2007).

### **Ernährungsmuster und Nährstoffversorgung**

Eine Analyse der aus Verzehrdaten ermittelten Nährstoffzufuhr im Zusammenhang mit Ernährungsmustern wurde lediglich in vier Studien durchgeführt. Alle basieren auf FFQ-Daten mit 134 (Aounallah-Skhiri et al., 2011), 212 (Ambrosini et al., 2010a), 116 (Romero-Polvo et al., 2012) oder 108 (McNaughton et al., 2008) erfragten Lebensmittel-Items. Als „gesund“ wurden Ernährungsmuster mit einem günstigeren Energie- und Nährstoffprofil bezeichnet, während das „westliche“ Muster oder das „high fat and sugar“ Muster mit einem ungünstigeren Profil assoziiert waren (Ambrosini et al., 2010a; McNaughton et al., 2008; Romero-Polvo et al., 2012). Das „moderne“ und das „Fleisch-Fisch“ Muster in Tunesien wiesen sowohl positive als auch negative Aspekte auf (Aounallah-Skhiri et al., 2011).

Assoziationen zwischen Ernährungsmustern und der Nährstoffversorgung an Hand von Biomarkern wurde bei Jugendlichen bisher nicht untersucht. Eine Kohortenstudie in Nordirland analysierte junge Erwachsene im Alter von 20 bis 25 Jahren bezüglich des Zusammenhangs von Ernährungsmustern und Biomarkern der Nährstoffversorgung (McCourt et al., 2010). Dabei waren das „traditionelle“ Muster bei weiblichen Studienteilnehmern und das „gesunde“ Muster bei männlichen Studienteilnehmern positiv mit Erythrozytenfolat und Vitamin B12 im Serum assoziiert.

### **Ernährungsmuster und kardiovaskuläre Risikomarker**

Zwei repräsentative Studien untersuchten den Zusammenhang von Ernährungsmustern und Blutdruck bei Jugendlichen. In Australien war nur in der Gruppe der 16- bis 18-Jährigen das „Fruit, Salad, Cereals, and Fish“ Muster negativ assoziiert mit dem diastolischen Blutdruck, bei jüngeren Teilnehmern gab es keinen Zusammenhang (McNaughton et al., 2008). In Tunesien war nur bei Jungen das „Meat-Fish“ Muster positiv mit dem diastolischen Blutdruck assoziiert, sowie bei Mädchen das „moderne“ Muster negativ mit dem systolischen Blutdruck (Aounallah-Skhiri et al., 2011). In Kohortenstudien wurden in querschnittlichen Auswertungen nur in Finnland ein positiver Zusammenhang zwischen dem „traditionellen“ Muster

und systolischem Blutdruck gefunden (Mikkilä et al., 2007). In den anderen Kohorten gab es keine Assoziationen zwischen Ernährungsmustern und systolischem (Ambrosini et al., 2010a; Ambrosini et al., 2009b; Nicklas et al., 1989) sowie diastolischem Blutdruck (Nicklas et al., 1989).

In drei Kohortenstudien wurde der Zusammenhang von Ernährungsmustern und Blutfetten untersucht. Mit einer höheren HDL-Cholesterin-Konzentration waren das „Snacks“, „Eggs, Sausage“ und „Fruit, vegetables“ Muster (Nicklas et al., 1989) sowie ein „gesundes“ Muster bei Jungen assoziiert (Ambrosini et al., 2009a; Ambrosini et al., 2010a). Eine geringere VLDL/LDL-Cholesterin-Konzentration wies das „fruit and vegetable“ Muster auf (Nicklas et al., 1989) während das „traditionelle“ Muster in Finnland (Mikkilä et al., 2007) und das „sugary foods“ und „fats and pasta“ Muster in den USA (Nicklas et al., 1989) mit einer höheren VLDL/LDL-Cholesterin-Konzentration assoziiert waren (Mikkilä et al., 2007). Das „fruit and vegetable“ Muster stand außerdem in einem negativen Zusammenhang zur Triglycerid-Konzentration (Nicklas et al., 1989). Das „traditionelle“ Muster in Finnland (Mikkilä et al., 2007) und das „westliche“ Muster bei Mädchen in Australien (Ambrosini et al., 2010a) waren positiv mit dem Gesamtcholesterol assoziiert. Dagegen waren die von Nicklas Anfang der 80iger Jahre in den USA ermittelten Ernährungsmuster nicht mit dem Gesamtcholesterol assoziiert (Nicklas et al., 1989).

Homocystein wurde in der entsprechenden Altersgruppe im Zusammenhang mit Ernährungsmustern bisher nur in einer finnischen Kohortenstudie bei 9- bis 24-Jährigen untersucht. Das „health conscious“ Muster war bei weiblichen Studienteilnehmern negativ mit Homocystein assoziiert. Bei männlichen Studienteilnehmern und beim „traditionellen“ Muster gab es keinen Zusammenhang (Mikkilä et al., 2007).

Frühere Studien fanden somit Zusammenhänge zwischen Ernährungsmustern und Alter, Geschlecht, Soziodemographie, körperlicher Aktivität, Nährstoffversorgung und kardiovaskulären Risikomarkern. Im Folgenden soll untersucht werden, ob es derartige Zusammenhänge auch bei deutschen Jugendlichen gibt. Darüber hinaus soll analysiert werden, ob Ernährungsmuster mit der Nutzung des Essensangebotes in der Schule und den selbst eingeschätzten Kochfähigkeiten zusammen hängen, wofür keine früheren Analysen vorliegen.

## **2.3 Biomarker als messbare Merkmale biologischer Prozesse**

Unter Biomarkern werden objektiv messbare Merkmale von biologischen Prozessen verstanden, die z. B. als Indikator für normale oder pathogene biologische Prozesse dienen (Strimbu et al., 2010). In der vorliegenden Arbeit wurden sowohl biochemische als auch physiologische Marker betrachtet. Erstere sind Substanzen, die in menschlichen Körperflüssigkeiten (oder Geweben), insbesondere in Blut und Urin, nachgewiesen werden können. Letztere stehen im Zusammenhang mit homöostatischen Prozessen oder Organsystemen, die zu physiologischen (oder pathologischen) Veränderungen führen (z. B. Blutdruck) (Benzie, 1999). Da klinische Endpunkte (z. B. Herzinfarkt) in jungen Lebensjahren selten auftreten, ist es sinnvoll, Biomarker als Risikomarker für beginnende Krankheitsprozesse zu bestimmen.

In der vorliegenden Arbeit wird zwischen Biomarkern des Nährstoffstatus (Folat, Vitamin B12 und Ferritin) sowie des kardiovaskulären Risikos (Blutfette, Homocystein, Harnsäure, HbA1c und Blutdruck) unterschieden. Diese werden im Folgenden näher beschrieben.

### **2.3.1 Biomarker des Nährstoffstatus**

Eine ausreichende Versorgung mit Nährstoffen ist in jedem Lebensalter wichtig für die Gesundheit. Im Kindes- und Jugendalter ist der Bedarf an Mikro- und Makronährstoffen aufgrund von Wachstum und Entwicklung im Verhältnis zur Energiezufuhr jedoch besonders hoch (Gidding et al., 2006; Spear, 2002).

#### **Biochemische Marker des Nährstoffstatus**

##### **Vitamine**

Vitamin B12 (Cobalamin) ist ein wasserlösliches Vitamin. Im menschlichen Organismus ist es als Coenzym an enzymatischen Reaktionen im Rahmen der Zellteilung, Blutbildung und der Funktion des Nervensystems beteiligt. Neben einer geringfügigen Synthese von Vitamin B12 durch Mikroorganismen im Dickdarm, muss dieses Vitamin über die Nahrung aufgenommen werden. Da Vitamin B12 in tierischen Lebensmitteln enthalten ist, kann es vor allem bei Veganern zu einer verminderten Zufuhr kommen (Robert Koch-Institut (Hrsg.), 2009). Als Biomarker wird Vitamin B12 eingesetzt, da ein Mangel zu Störungen des Folatstoffwechsels

sowie zur Hyperhomocysteinämie führen kann, die wiederum Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen darstellen (Hallbach, 2006; Mann et al., 1997).

Folate sind ebenfalls wasserlösliche Vitamine, die zu den B-Vitaminen gehören (Vitamin B9). Folate sind u. a. wichtig für die Eiweißsynthese sowie Zellteilung und -neubildung (Schlieper, 1997, S. 202). Darüber hinaus trägt eine ausreichende Folatezufuhr zur Senkung des Homocysteinspiegels bei (McKinley, 2000). Niedrige Folate-Konzentrationen stehen im Zusammenhang mit Neuralrohrdefekten während der Embryonalentwicklung (Busby et al., 2005). Außerdem war die Zufuhr von Folate in epidemiologischen Studien negativ mit dem Risiko für koronare Herzkrankheiten assoziiert (Drogan et al., 2006; Wang et al., 2012).

### **Mineralstoffe**

Der Serum-Ferritin-Spiegel ist ein Marker für eine unzureichende Eisenversorgung. Diese steht im Zusammenhang mit vermindertem Wachstum, geschwächtem Immunsystem und verminderter körperlicher und geistiger Leistungsfähigkeit (MPHNE-Monitoring Public Health Nutrition in Europe (Hrsg.), 2003).

### **2.3.2 Biomarker des kardiovaskulären Risikos**

In Deutschland stellen kardiovaskuläre Erkrankungen die häufigste Todesursache dar. Sie verursachen laut Statistischem Bundesamt etwa 40 Prozent aller Sterbefälle (Statistisches Bundesamt). Zu den sogenannten kardiovaskulären Risikofaktoren, die die Entstehung dieser Erkrankungen begünstigen, gehören das Alter, Übergewicht, Bluthochdruck, erhöhter Cholesterinspiegel, Diabetes und Alkoholkonsum. Als grundlegende pathologische Veränderung ist in erster Linie die Arteriosklerose zu nennen, eine Verhärtung der Gefäße durch Einlagerungen. Als Folgeerkrankung treten Angina pectoris-Anfälle, Herzinfarkte, Herzrhythmusstörungen, Kreislaufkollaps und Schlaganfälle auf. Auch arterielle Durchblutungsstörungen in den unteren Extremitäten und Bluthochdruck werden durch die Verkalkung der Arterien verursacht (Frattaroli et al., 2008; Henzen, 2001; Ohashi et al., 2011). Kardiovaskuläre Krankheiten gehören zu den nicht übertragbaren (chronischen) Erkrankungen. Sie verursachen eine hohe Krankheitslast in der Bevölkerung sowie hohe Kosten im Gesundheitswesen u. a. für Diagnostik, Therapie, Rehabilitation und Pflege. Krankheiten des Kreislaufsystems (darunter Hypertonie und ischämische Herzkrankheiten) verursachten z. B. mit 36,9 Milliarden Euro im Jahr 2008 14,5 %

aller Krankheitskosten in Deutschland. Darüber hinaus entstehen durch nicht übertragbare Krankheiten auch indirekte Kosten aufgrund erkrankungsbedingter Arbeitsunfähigkeit, Invalidität oder vorzeitiger Todesfälle (Statistisches Bundesamt, 2008). Damit stellen nicht übertragbare Krankheiten eine große Herausforderung im Bereich Public Health dar. Da diese Erkrankungen neben genetischen Faktoren vor allem durch Lebensstilveränderungen beeinflusst werden, ergibt sich ein großes Präventionspotential. Neben körperlicher Inaktivität sowie Alkohol- und Tabakkonsum ist dabei vor allem die Ernährung von Bedeutung. Hohe Verzehrsmengen an Obst, Gemüse und Fisch, die Zufuhr von ungesättigten Fettsäuren und Kalium sowie ein geringer bis moderater Alkoholkonsum haben eine protektive Wirkung gegenüber kardiovaskulären Erkrankungen. Dagegen weisen eine erhöhte Zufuhr von gesättigten und Transfettsäuren sowie ein hoher Salzkonsum eine risikoerhöhende Wirkung auf (WHO/FAO, 2003). Bezüglich Adipositas wirken sich eine hohe Zufuhr an gezuckerten Softdrinks und Fruchtsäften sowie von Lebensmitteln mit geringer Nährstoff- und Mikronährstoffdichte risikoerhöhend aus, die Zufuhr von Nicht-Stärke-Polysacchariden dagegen senkt das Risiko (WHO/FAO, 2003).

### **Biochemische und physiologische Marker des kardiovaskulären Risikos**

#### **Blutfette**

Cholesterin ist ein lebenswichtiges Lipid, das zum Aufbau von Zellmembranen und Lipoproteinen sowie als Grundbaustein von Steroidhormonen benötigt wird. Da es schlecht wasserlöslich ist, wird Cholesterin im Blutplasma an verschiedene Lipoproteine gebunden transportiert. Der überwiegende Teil des Cholesterins bindet an low density lipoprotein (LDL), der Rest an high density lipoprotein (HDL) und very low density lipoprotein (VLDL) (Riesen, 2008). Die Erhöhung des Serum-Cholesterins (Hypercholesterinämie) zählt zu den wichtigsten bekannten und behandelbaren Risikofaktoren für die Entstehung von Arteriosklerose. Dabei sind auch nicht optimale Konzentrationen von LDL und HDL in jungen Jahren assoziiert mit koronarer Arteriosklerose zwei Jahrzehnte später (Pletcher et al., 2010). Ausschlaggebend ist die Erhöhung des LDL-Cholesterins. HDL-gebundenes Cholesterin ist dagegen negativ mit dem Herz-Kreislauf-Risiko assoziiert, da dieses zum Abbau in die Leber transportiert wird. Neben genetischen Ursachen spielen Bewegungsmangel sowie Über- und Fehlernährung eine wichtige Rolle für die

Entstehung erhöhter LDL- und erniedrigter HDL-Cholesterinwerte. Häufig tritt ein geringerer HDL-Cholesterinwert in Kombination mit Übergewicht und gestörten Blutzuckerstoffwechsel auf (Robert Koch-Institut (Hrsg.), 2009).

### **Homocystein**

Homocystein ist eine schwefelhaltige Aminosäure, die beim Abbau der essentiellen Aminosäure Methionin entsteht und beim gesunden Menschen sofort abgebaut wird. Erhöhte Blutkonzentrationen von Homocystein können verursacht sein durch eine chronische Nierenerkrankung, genetische Faktoren oder eine inadäquate Versorgung mit Vitamin B12, Vitamin B6 oder Folat (Hermann, 2008). Diese Vitamine sind notwendig für den Abbau von Homocystein. Dementsprechend haben Studien einen negativen Zusammenhang zwischen Homocystein-Konzentrationen und Folat als auch Vitamin B12, und im geringem Maße auch Vitamin B6, ermittelt (McKinley, 2000). Darüber hinaus wird Homocystein in den letzten Jahren als unabhängiger Risikofaktor für die Entstehung von Arteriosklerose diskutiert (Pang et al., 2014).

### **Harnsäure**

Harnsäure entsteht im menschlichen Körper als Endprodukt des Purinstoffwechsels und wird über die Nieren ausgeschieden. Eine verminderte Ausscheidung oder eine Überproduktion führen zu Erhöhung der Harnsäurekonzentration im Serum (Hyperurikämie). Ist die Harnsäurekonzentration langfristig erhöht, führt das zu Gicht. Hyperurikämie kann genetisch bedingt sein oder aber durch eine starke Über- und Fehlernährung (proteinreiche Ernährung; Alkoholkonsum) und mangelnde körperliche Bewegung beeinflusst werden (Thomas, 2008a). Es wird angenommen, dass Harnsäure eine Rolle im Rahmen des metabolischen Syndroms<sup>16</sup> spielt (Feig et al., 2008; Soltani et al., 2013).

### **Blutzucker**

Glykolisiertes Hämoglobin (HbA<sub>1c</sub>) ist ein Reaktionsprodukt, welche durch eine enzymatische Reaktion von Serumproteinen und Hämoglobin mit Glucose (Glykosilierung) entsteht. Im Serum gemessene HbA<sub>1c</sub>-Spiegel lassen Rückschlüsse auf den Blutzuckerspiegel in den vorangegangenen 6-8 Wochen zu (Thomas, 2008b). HbA<sub>1c</sub> dient damit als Langzeitparameter zur Kontrolle des Verlaufs eines bekannten

---

<sup>16</sup> Unter der Bezeichnung „metabolisches Syndrom“ wird das gleichzeitige Auftreten von Übergewicht, Bluthochdruck, Fettstoffwechselstörung und einer erhöhten Glukosetoleranz oder Insulinresistenz zusammengefasst.

Diabetes mellitus, kann aber auch in epidemiologischen Studien verwendet werden, um Personen mit einem unerkannten Typ-2-Diabetes mellitus bzw. mit hohem Diabetes-Risiko zu ermitteln (Hallbach, 2006).

### **Blutdruck**

Das Blut wird im menschlichen Organismus durch das Herz mit einem bestimmten Druck durch die Blutgefäße gepumpt. Dieser Druck kann am Oberarm gemessen werden. Der systolische Blutdruckwert ist dabei der höchste Wert des Blutdrucks bei maximaler Kontraktion des Herzmuskels in der Anspannungs- und Auswurfphase. Der diastolische Blutdruck ist der niedrigste Wert des Blutdrucks bei Erschlaffung des Herzmuskels in der Entspannungs- und Füllphase (Pschyrembel Medizinisches Wörterbuch, 1994). Erhöhter Blutdruck (Hypertonie) ist der häufigste und wichtigste Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Niereninsuffizienz. Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) leidet weltweit jeder dritte Erwachsene an Hypertonie. Damit war zu hoher Blutdruck 2010 das weltweit wichtigste Gesundheitsrisiko, welches an 13 % aller Todesfälle beteiligt gewesen ist (Lim et al., 2012).

Hypertonie weist ein sehr hohes Präventionspotential auf, da entsprechende Lebensstilfaktoren, die das Risiko eines erhöhten Blutdrucks reduzieren, bekannt sind. Dazu gehören körperliche Aktivität, gesunde Ernährung (niedriger Kochsalzkonsum, hoher Konsum von Obst und Gemüse) sowie Vermeidung von Übergewicht und Stress (Boeing et al., 2012; Stamler et al., 1999).

## **2.4 Kardiovaskuläre Risikofaktoren im Jugendalter**

Auch wenn kardiovaskuläre Erkrankungen zumeist im höheren Lebensalter auftreten bzw. diagnostiziert werden, zeichnen sich einige Risikofaktoren und pathologische Prozesse bereits im Kindes- und Jugendalter ab.

Zu den kardiovaskulären Risikofaktoren bei Kindern und Jugendlichen zählen Übergewicht und Bewegungsmangel. In Deutschland sind 15 % aller 3-17-Jährigen übergewichtig, davon 6,3 % adipös. Der Anteil steigt mit dem Älterwerden. Unter den 14-17-Jährigen sind 17 % übergewichtig und 8,5 % adipös (Kurth et al., 2007). Von den 11-17-Jährigen ist ein Drittel der Jungen und mehr als die Hälfte der Mädchen weniger als dreimal in der Woche körperlich-sportlich aktiv (Lampert et

al., 2007) und erreicht damit nicht die empfohlene Mindestanforderung an ein gesundheitsförderndes Bewegungsverhalten (Pate et al., 1995).

Darüber hinaus wurden bei Kindern und Jugendlichen bereits erhöhte Serumlipidwerte gefunden (Robert Koch-Institut (Hrsg.), 2009). Autopsiestudien zeigten, dass Gefäßwandläsionen und fibröse Plaque in den Koronararterien und der Aorta schon bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen zwischen 15 und 34 Jahren auftreten (Daniels et al., 2008) und oftmals bis ins Erwachsenenalter bestehen bleiben (Lauer et al., 1988; Tracy et al., 1995).

Bereits bei Kindern und Jugendlichen wurden erhöhte Blutdruckwerte ermittelt. Bei den 14-17-jährigen Jugendlichen in Deutschland wiesen 52,2 % der Jungen und 26,2 % der Mädchen einen Blutdruck auf, der den Grenzwert für erhöhte Blutdruckwerte für Erwachsene überschreitet ( $\geq 120$  mmHg systolischer Blutdruck oder  $\geq 80$  mmHg diastolischer Blutdruck). Darunter sind (bei Verwendung der Grenzwerte für Erwachsene) 6 % der Jungen und 1,4 % der Mädchen mit Hypertonie ( $\geq 140$  mmHg/ $\geq 90$  mmHg). Mehr als die Hälfte der Jugendlichen mit erhöhten Blutdruckwerten weisen zusätzliche kardiovaskuläre Risikofaktoren wie Übergewicht oder erhöhte Blutfettwerte auf (Neuhauser et al., 2009). In Längsschnittstudien wurde beobachtet, dass erhöhte Blutdruckwerte oftmals im Erwachsenenalter bestehen bleiben (Lauer et al., 1989).

Somit sind Risikofaktoren und risikoförderndes Verhalten für die Entstehung von kardiovaskulären Erkrankungen bereits in der Kindheit und Jugend zu beobachten und haben Auswirkungen auf die Gesundheit im späteren Leben. Es wird vermutet, dass dies vor allem durch das beobachtete Beibehalten der Risikofaktoren mit dem Älterwerden zusammenhängt (Kaikkonen et al., 2013). Die Reduktion der Risikofaktoren kann dagegen die Entwicklung hin zu klinisch relevanten Erkrankungen verzögern (U. S. Department of Health and Human Services, 2012).

## **3 Datengrundlagen und Methoden**

### **3.1 Der Kinder- und Jugendgesundheitssurvey, Welle 1 (KiGGS Basis)**

#### **3.1.1 Studiendesign und Studienpopulation**

KiGGS ist der bundesweite repräsentative Survey zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Von Mai 2003 bis Mai 2006 nahmen 17.641 Jungen und Mädchen im Alter von 0-17 Jahren aus 167 Orten der Bundesrepublik an der KiGGS Basiserhebung teil. Ziel war eine Bestandsaufnahme zu Gesundheit, Erkrankungsprävalenzen, gesundheitsrelevanter Lebensbedingungen und Verhaltensweisen sowie der Inanspruchnahme medizinischer Leistungen (Kurth et al., 2008).

Zielpopulation von KiGGS Basis waren alle in der Bundesrepublik Deutschland lebenden und in den jeweiligen Einwohnermelderegistern mit Hauptwohnsitz gemeldeten Heranwachsenden im Alter von 0 bis 17 Jahren. Die Auswahl potenzieller KiGGS Basis-Teilnehmer erfolgte über ein komplexes zweistufiges Stichprobenverfahren. In der ersten Stufe wurden 167 Untersuchungsorte (Sample Points) gezogen (Abb. 1). Dabei wurden Gemeinden im Osten Deutschlands überproportional berücksichtigt, um die statistische Power für Ost-West-Vergleiche zu erhöhen. Abgesehen von diesem disproportionalen Sampling im Osten Deutschlands, bildeten die Sample Points die Struktur der Bundesrepublik bezüglich Gemeindetypen und räumlicher Verteilung ab. In der zweiten Stufe wurde innerhalb der Sample Points eine festgelegte Zahl von Kindern und Jugendlichen pro Altersjahrgang gezogen. Dabei erfolgte ein Oversampling von Kindern und Jugendlichen aus Familien mit Migrationshintergrund. Damit sollte die erfahrungsgemäß niedrigere Response im Vergleich zu Nicht-Migranten in dieser Bevölkerungsgruppe kompensiert werden.

Der Survey bestand aus einem Kern, der die gesundheitliche Lage der Heranwachsenden Bevölkerung mittels Basisindikatoren erfasste, sowie sechs Zusatzmodulen. In einigen dieser Module wurden als Unterstichprobe ausgewählte Teilnehmer des Kernsurveys inhaltlich vertiefend und ergänzend zu den Themen Ernährung, Umwelt, Motorik und psychische Gesundheit befragt und untersucht. Darüber hinaus wurde in einem weiteren Modul die Jodversorgung der über 6-

Jährigen untersucht und es gab ein Ländermodul mit zusätzlichen Sample Points in Schleswig Holstein.



Abb. 1: Sample Points in KiGGS Basis

Quelle: Kamtsiuris et al., 2007

Die ausgewählten Personen wurden per Brief um Teilnahme am Survey gebeten. Die Untersuchungen und Befragungen fanden in einem Studienzentrum statt. Dazu wurden alle 167 Untersuchungsorte innerhalb der drei Jahre Erhebungszeit angefahren. Die Responsequote bei KiGGS Basis lag bei 66,6 % und variierte nur geringfügig zwischen den Alters- und Geschlechtsgruppen. Ein deutlicher Unterschied in der Teilnahmebereitschaft konnte zwischen Deutschen (Responsequote: 68 %) und Nichtdeutschen (Responsequote 51 %) festgestellt werden. Außerdem war die Responsequote signifikant niedriger in Städten mit mehr als 100.000 Einwohnern gegenüber kleineren Orten (Kamtsiuris et al., 2007; Kurth et al., 2008). KiGGS Basis wurde von der Ethikkommission der Charité-Universitätsmedizin Berlin und vom Datenschutzbeauftragten der Länder und des Bundes genehmigt und vom

Bundesministerium für Gesundheit, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Robert Koch-Institut finanziert (Kurth et al., 2008).

KiGGS Basis beinhaltet Fragebögen (darunter auch ein Verzehrhäufigkeitsfragebogen, FFQ) sowohl für die Jugendlichen selbst als auch für deren Eltern, eine körperliche Untersuchung und Tests sowie ein persönliches, von einem Arzt durchgeführtes Interview. Außerdem wurden Blut- und Urinproben gewonnen.

Für die vorliegende Arbeit wurden die 12-17-Jährigen Survey-Teilnehmer ausgewählt. Deshalb beziehen sich alle weiteren Beschreibungen auf diese Altersgruppe.

### **3.1.2 Physiologische Messungen**

Die körperlichen Untersuchungen und Tests beinhalteten u. a. die Messung von Körpergröße und -gewicht sowie des Blutdrucks durch geschulte Surveymitarbeiter. Die Körpergröße wurde ohne Schuhe mit einer Genauigkeit von 0.1 cm unter Verwendung des Harpenden Stadiometers (Holtain Ltd.; Crymych, UK) gemessen. Das Körpergewicht wurde bei nur mit Unterwäsche bekleideten Teilnehmern ohne Schuhe mit einer Genauigkeit von 0,1 kg mittels elektronischer Waage bestimmt (SECA, Birmingham, UK). Durch Division des Körpergewichts in kg durch die Körpergröße in m im Quadrat wurde der Body Mass Index (BMI) bestimmt (Kurth et al., 2008).

Die standardisierte Messung von Pulsfrequenz sowie systolischen, diastolischen und arteriellen Mitteldrucks erfolgte mit einem automatischen Blutdruckmessgerät (Datascop Accutorr Plus). Die Messungen wurden im Sitzen nach ca. 5 Minuten Ruhezeit nach einem körperlich wenig anstrengendem Untersuchungsteil durchgeführt. Aus zwei Messungen wurde jeweils der Mittelwert berechnet (Kurth et al., 2008; Neuhauser et al., 2009).

In den gesammelten Blut- und Urinproben wurden eine Reihe von Gesundheitsindikatoren, Infektionsparameter, allergische Sensibilisierungen sowie Marker der Nährstoffversorgung bestimmt (Kurth et al., 2008; Thierfelder et al., 2007). Die im Folgenden betrachteten Biomarker sowie deren Messmethode sind in Anhang 1 dargestellt. Sie unterteilen sich in Biomarker der Nährstoffversorgung und kardiovaskuläre Risikomarker (Tab. 4).

**Tab. 4:** Im Zusammenhang mit Ernährungsmustern untersuchte Biomarker

Art des Biomarkers	Messwert
Nährstoffversorgung	Folat, Vitamin B12
	Ferritin
Kardiovaskuläre Risikomarker	Gesamt Cholesterin, HDL-Cholesterin, LDL-Cholesterin
	Harnsäure
	Glycohäoglobin (HbA1c)
	Homocystein <sup>17</sup>

Quelle: eigene Darstellung

### 3.1.3 Ärztliches Interview

Im ärztlichen Interview gaben die Eltern Auskunft über Erkrankungen ihrer Kinder (u. a. Diabetes mellitus und Herzkrankheiten) und die Medikamenteneinnahme. Es wurde folgende Frage gestellt: „Hat Ihr Kind innerhalb der letzten 7 Tage Medikamente angewendet? Bitte denken Sie dabei auch an Salben, Einreibungen, Empfängnisverhütung (z. B. Pille), Vitamine (z. B. Vitamin C, D, E, Multivitamine), Mineralstoffe (z. B. Magnesium, Kalzium, Silicea, Selen), medizinische Tees, pflanzliche Arzneimittel und Homöopathika!“. Alle verwendeten Medikamente, auch freiverkäufliche, wurden erfasst. Dazu wurden die Eltern vorab gebeten, die entsprechenden Verpackungen mit ins Untersuchungszentrum zu bringen (Knopf, 2007; Kurth et al., 2008).

### 3.1.4 Schriftliche Fragebögen

Mittels Fragebögen wurden die Eltern u. a. zur physischen Gesundheit ihrer Kinder, zu Verhaltensauffälligkeiten, gesundheitsrelevanten Verhalten sowie zu soziodemographischen Merkmalen befragt (Kurth et al., 2008). Der sozioökonomische Status wurde an Hand von Angaben zur Schulbildung und beruflichen Qualifikation, zur beruflichen Stellung und zum Haushaltsnettoeinkommen (Nettoeinkommen aller Haushaltsmitglieder nach Abzug von Steuern und Sozialabgaben) gemäß den Empfehlungen der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Epidemiologie erhoben<sup>18</sup>. Für diese drei Komponenten wurden jeweils Punkte von 1 bis 7 vergeben, sodass nach dem Aufsummieren Werte

<sup>17</sup> Da Homocystein eng mit dem Folat- und Vitamin B12-Stoffwechsel verbunden ist, stellt es gleichzeitig auch ein Marker für die Versorgung mit diesen Nährstoffen dar.

<sup>18</sup> <http://www.kiggs-studie.de/deutsch/studie/kiggs-basiserhebung/instrumente.html>

zwischen 3 und 21 Punkten möglich waren. Fehlende Angaben bei einem der drei Komponenten wurden durch einen Berechnungsalgorithmus geschätzt. Dieser nutzte die bekannten Zusammenhänge zwischen den Sozialvariablen um die jeweils unbekannte Dimension zu schätzen und somit fehlende Werte für den Index möglichst gering zu halten. Die Scores wurden für jedes Elternteil separat ermittelt. Um den sozioökonomischen Status des Haushaltes und damit auch des Kindes festzulegen, wurde der höhere Wert ausgewählt. Bei getrennt lebenden Eltern war ausschlaggebend bei wem das Kind hauptsächlich lebt (Lange et al., 2007; Winkler et al., 1999).

### **3.1.5 Food Frequency Questionnaire (FFQ)**

Der in KiGGS Basis eingesetzte Food Frequency Questionnaire (FFQ) wurde speziell für diesen Survey am Robert Koch Institut entwickelt. Die Lebensmittelauswahl ist auf das Verzehrsverhalten von Kindern und Jugendlichen abgestimmt. Für 45 Lebensmittel-Items wurde der Verzehr in den letzten Wochen ermittelt. Die Verzehrshäufigkeit dieser Lebensmittel-Items wurde jeweils in 10 Häufigkeitskategorien erfragt (Abb. 2). Für jedes Lebensmittel wird außerdem die Portionsgröße aus jeweils fünf Antwortmöglichkeiten ermittelt. Die Portionsgrößen unterschieden sich dabei je nach Lebensmittel-Item. Neben Gewichtsangaben erfolgt teilweise auch eine Visualisierung der mittleren Portionsgröße mittels Foto.

Der FFQ wurde den Surveyteilnehmern vorab per Post zugesendet. Er enthielt auf der ersten Seite Ausfüllhinweise. Zusätzlich gab es die Möglichkeit, über eine Servicetelefonnummer Fragen zu klären. Die 12-17-Jährigen füllten den FFQ selbst aus und brachten ihn mit ins Untersuchungszentrum. Dort bestand die Möglichkeit, Probleme beim Ausfüllen zu besprechen und es erfolgte eine erste Überprüfung der Vollständigkeit (Mensink et al., 2004; Truthmann et al., 2011). Der FFQ wurde einer relativen Validierung mittels DISHES-Daten unterzogen (Truthmann et al., 2011) (siehe Kapitel 4.1.).

**In den letzten Wochen ...**

**7** Wie oft hast du **Früchte-** oder **Kräutertee** getrunken?

Nie → (Bitte weiter mit Frage 8)

<input type="radio"/> 1 mal im Monat	<input type="radio"/> 1 mal am Tag
<input type="radio"/> 2–3 mal im Monat	<input type="radio"/> 2–3 mal am Tag
<input type="radio"/> 1–2 mal pro Woche	<input type="radio"/> 4–5 mal am Tag
<input type="radio"/> 3–4 mal pro Woche	<input type="radio"/> Öfter als 5 mal am Tag
<input type="radio"/> 5–6 mal pro Woche	

**7a** Wenn du **Früchte-** oder **Kräutertee** trinkst, wie viel trinkst du davon meistens?

1/4 Tasse (oder weniger)

1/2 Tasse

1 Tasse (150 ml)

2 Tassen

3 Tassen (oder mehr)



**Abb. 2:** Ausschnitt aus dem Food Frequency Questionnaire in KiGGS Basis

Quelle: FFQ aus KiGGS Basis

## 3.2 Ernährungsstudie als KiGGS-Modul, Welle 1 (EsKiMo I)

### 3.2.1 Studiendesign und Studienpopulation

In einer Untergruppe der KiGGS Basis-Teilnehmer wurde die Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo I), zeitversetzt zu KiGGS, durchgeführt (Bauch et al., 2006; Mensink et al., 2007a). Dazu erfolgte die Ziehung einer Unterstichprobe randomisiert nach Sample Point und stratifiziert nach Alter und Geschlecht. Angestrebt war eine Beteiligung von je 100 Jungen und Mädchen je Altersjahrgang. Um Repräsentativität in Bezug auf Saison und Region zu erreichen, fand die Erhebung über ein komplettes Jahr in 17 Erhebungsdurchgängen statt. Außerdem wurden die Points für jeden Durchgang so ausgewählt, dass möglichst unterschiedliche Gemeindegrößenklassen enthalten waren und mindestens ein Point möglichst weit entfernt von den anderen lag. Insgesamt wurden in EsKiMo I 150 Sample Points verteilt über ganz Deutschland einbezogen. Das entspricht der ursprünglich geplanten Anzahl Sample Points von KiGGS Basis, die für KiGGS Basis später auf 167 Sample Points aufgestockt wurde. Insgesamt nahmen 2.506 Kinder und Jugendliche an EsKiMo I

teil, darunter 1.272 in der Altersgruppe der 12-17-Jährigen. Die Responserate bei den 12-17-Jährigen betrug 65 % (Bauch et al., 2006; Mensink et al., 2007a; Mensink et al., 2007b).

### 3.2.2 Verzehrserhebung mit DISHES

Die 12- bis 17-jährigen EsKiMo I-Teilnehmer wurden zu Hause besucht und in einem persönlichen Interview zu ihrem Lebensmittelverzehr in den letzten vier Wochen befragt. Dazu wurde die am RKI entwickelte Software DISHES verwendet (Abb. 3). DISHES umfasst eine standardisierte, strukturierte, interviewergeführte Befragung in Form eines modifizierten Diet-History-Interviews, mit dem Ziel die übliche Ernährung zu ermitteln (Mensink et al., 2001). Die Validität von DISHES bei Erwachsenen war ähnlich wie bei drei Tagesprotokollen oder 24-Stunden Recalls (Mensink et al., 2001). Diese Erhebungsmethode wurde bereits in früheren Surveys bei Erwachsenen eingesetzt (Krems et al., 2006; Mensink, M.; Beitz, R.; Henschel, Y.; Hintzpeter, B., 2002) und für EsKiMo I speziell an die Altersgruppe der Jugendlichen angepasst (DISHES Junior). Dazu wurde die Lebensmittelauswahl zielgruppenspezifisch erweitert und die Auswahlmasken der Lebensmittel leicht verändert. Mit DISHES erfolgte eine mahlzeitenbezogene Erfassung des Lebensmittelverzehrs in den letzten vier Wochen. Je Mahlzeit wurde zuerst der Konsum typischer Lebensmittel- und Getränkegruppen mittels einer Checkliste ausgewählt. Danach erschienen detaillierte Abfragemasken zu Häufigkeit und Portionsmengen der jeweiligen Lebensmittel (sogenannte Hauptmasken). Bei jeder Hauptmaske bestand die Möglichkeit, ähnliche aber nicht so häufig konsumierte Lebensmittel über die dazugehörigen Zweite-Wahl-Masken auszuwählen. Zudem war eine Textsuchfunktion über den gesamten hinterlegten Bundeslebensmittelschlüssel Version II.3 (Hartmann 2006) mit ca. 11.000 Lebensmitteln integriert. Zusätzlich zum BLS wurde für EsKiMo I eine eigene Lebensmitteldatenbank mit insgesamt 1.225 Lebensmitteln und Produkten erstellt, die neu auf dem Markt erhältliche, noch nicht im BLS integrierte Lebensmittel sowie Markenprodukte enthielt (u. a. Fast Food Produkte, Süßigkeiten, Frühstückscerealien). Portionsmengen wurden im DISHES-Interview mit Hilfe eines Mustergeschirrs mit unterschiedlich großen Tellern, Tassen, Schüsseln und Löffeln sowie eines Fotobuches mit unterschiedlichen Portionsgrößen geschätzt. Darüber

hinaus war die Angabe von Stückzahlen oder Grammangaben möglich (Bauch et al., 2006; Mensink et al., 2007a).

**Dishes Quest - Interview - Brot und Brötchen**

Name: Robert Koch    Mahlzeit: Frühstück    täglich    Ort:    4/Woche

**Wie häufig und wie viel dieser Brotsorten isst du zum/zur Frühstück?**

**Denk dabei bitte an die letzten 4 Wochen!**

pro Monat    pro Woche

nie 1 2 3 4 5 6 täglich

Brotsorte	1	2	3	4	5	6	täglich	Wert	Einheit
Graubrot/Mischbrot (Bild)								0,00	
Vollkornbrot (Bild)								0,00	
Vollkornbrötchen								0,00	
Weißbrot (Bild)								0,00	
Weißbrötchen								0,00	
Knäckebrot								0,00	
Croissant								1,00	
Toastbrot								0,00	
andere	<input type="checkbox"/> wählen								

Zurück    Abbruch    Unterbrechen    Übersicht    Gehe zu

GP Portion  
ST Stück  
KG Kilogramm  
LT Liter  
F4 Becher groß  
F3 Becher klein  
F2 Kaffeetasse  
F1 Schnapsgläse

**Abb. 3:** Beispiel für eine DISHES-Eingabemaske

Quelle: DISHES-Software

### 3.2.3 Verzehrserhebung mit dem FFQ

Alle EsKiMo I-Teilnehmer wurden gebeten, den KiGGS Basis-FFQ ein zweites Mal auszufüllen. Dieser wurde vorab mit der Terminbestätigung zugesandt, zum persönlichen Ernährungsinterview ausgefüllt mitgebracht und direkt auf Vollständigkeit durch die Ernährungsinterviewerin überprüft (G. B. M. Mensink et al., 2007b).

### 3.2.4 Fragebogen

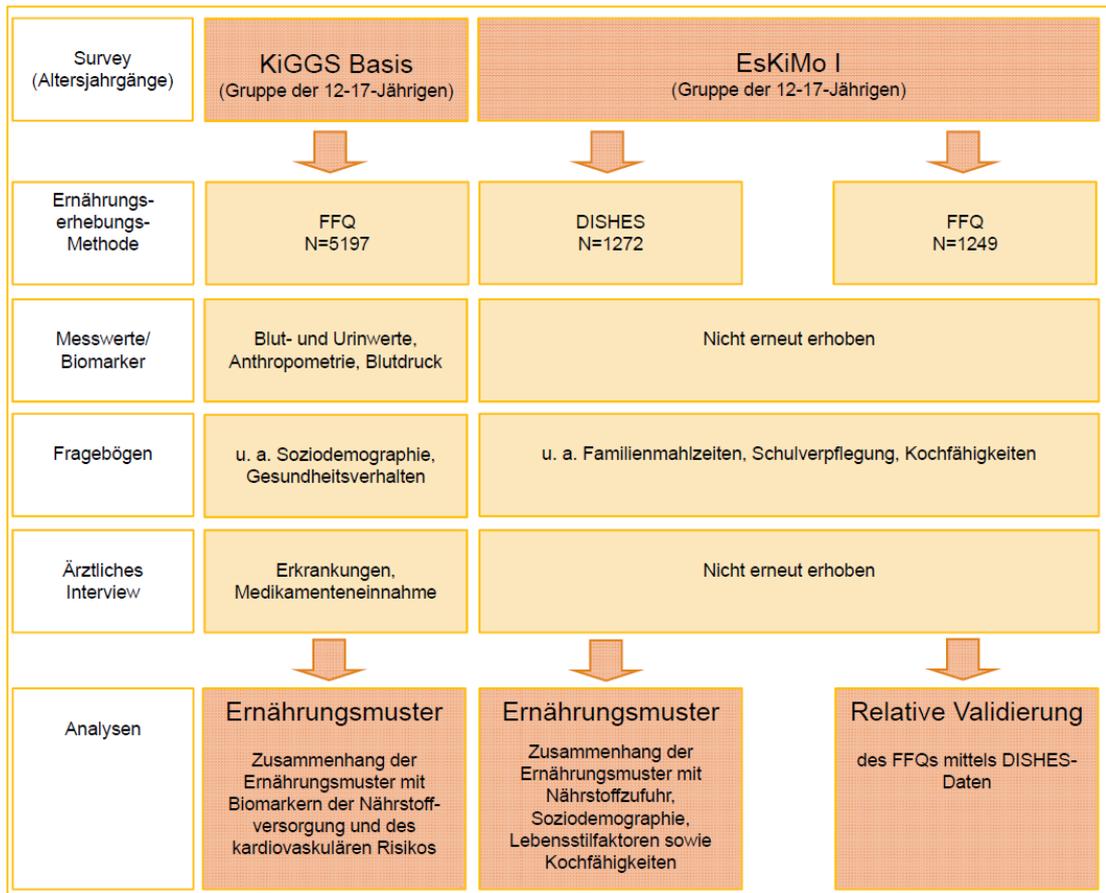
Im Anschluss an das DISHES-Interview erfolgte eine computergestützte Befragung durch die Interviewerinnen. Es wurden u. a. folgende Punkte ermittelt, die auf ihren Zusammenhang zu Ernährungsmustern bei Jugendlichen in Deutschland untersucht werden:

- Zeiten körperlicher Aktivität und Inaktivität in der Freizeit,
- Häufigkeit von gemeinsamen Familienmahlzeiten,

- Möglichkeiten und Nutzung von Schulverpflegung,
- selbst eingeschätzte Kochfähigkeiten und
- Einnahme von Supplementen.

Diese Variablen wurden für die folgenden Analysen teilweise in Kategorien zusammengefasst (siehe Anhang 2).

Zusammenfassend stehen für die folgenden Auswertungen Daten sowohl aus KiGGS Basis als auch aus EsKiMo I zur Verfügung (Abb. 4).



**Abb. 4:** Überblick zu den verwendeten Datengrundlagen aus KiGGS Basis und EsKiMo I sowie durchgeführte Analysen

Quelle: eigene Darstellung

### 3.2.5 Wichtige Erkenntnisse zum Lebensmittelverzehr und zur Nährstoffversorgung von Jugendlichen in Deutschland aus EsKiMo I

#### Lebensmittelverzehr

EsKiMo I hat ergeben, dass Jugendliche in Deutschland im Vergleich zu den empfohlenen Verzehrsmengen (Forschungsinstitut für Kinderernährung, 2005) zu

wenige pflanzliche Lebensmittel wie Obst und Gemüse sowie kohlenhydratreiche Lebensmittel (u. a. Kartoffeln und Brot) essen. Der Verzehr von tierischen Lebensmitteln wie Fleisch und Wurst ist dagegen höher als empfohlen. So essen 86 % der 12-17-jährigen Jungen mehr als die empfohlenen Mengen an Fleisch und Wurst pro Tag. Bei den Mädchen trifft das auf 63 % zu. Die meisten Jugendlichen verzehren außerdem zu viel Süßigkeiten und trinken zu viele Softdrinks. 87 % der Jungen und 79 % der Mädchen überschreiten damit die maximal geduldete Kalorienmenge für Süßigkeiten (Süßwaren, Knabberartikel, Softdrinks). Im Median wird die empfohlene Getränkemenge erreicht, jedoch besteht diese bei 12-17-jährigen Jungen zu 25 % aus Softdrinks (Richter et al., 2008). Eine weitere häufig verzehrte Lebensmittelgruppe stellt Fast Food dar. Im Mittel nehmen die Heranwachsenden in Deutschland 191 kcal pro Tag über Fast Food zu sich. Am höchsten ist der Verzehr bei 16-17-jährigen Jungen. Sie nehmen im Mittel 14 % ihrer Energie über Fast Food auf (352 kcal/Tag) (Fischer et al., 2008).

### **Nährstoffzufuhr**

Die Versorgung mit Nährstoffen von 12-17-Jährigen in Deutschland ist überwiegend gut, nur bei wenigen Nährstoffen wird im Vergleich zu den Referenzwerten im Median zu wenig zugeführt. Das sind Vitamin D und Ballaststoffe und bei Mädchen zusätzlich Eisen. Die durchschnittliche Zufuhr an Fett und Kohlenhydraten entspricht in etwa den Referenzwerten. Jedoch ist das Fettsäuremuster eher ungünstig (Verhältnis von gesättigten zu ungesättigten Fettsäuren), außerdem ist das Verhältnis von Mono- und Disacchariden zu Polysacchariden nicht optimal (Mensink et al., 2007c).

### **3.3 Datenaufbereitung**

Die Prüfung und Aufbereitung der DISHES-Daten wurde von der Autorin vorab im Rahmen der EsKiMo I-Studie durchgeführt. Der KiGGS Basis-FFQ stand für die vorliegenden Auswertungen bereits in aufbereiteter Form zur Verfügung. Der EsKiMo I-FFQ wurde durch die Autorin in gleicher Weise aufbereitet. Die dazu durchgeführten Arbeitsschritte sind im Folgenden dokumentiert. Des Weiteren wird die Gruppierung der FFQ-Items sowie der BLS-Codes aus DISHES als Grundlage für die Ernährungsmusteranalysen beschrieben.

### 3.3.1 Aufbereitung der EsKiMo I-FFQ-Daten

Die EsKiMo I-FFQ-Daten wurden auf Plausibilität und Vollständigkeit geprüft. Es wurden 39 FFQs ausgeschlossen, weil diese mehr als zehn fehlende Angaben aufwiesen. Darunter waren 30 FFQs, die komplett unausgefüllt zurückgegeben wurden. Weitere drei FFQs wurden mit Verzehrsmengen über sechs Liter bei Getränken und über vier kg bei festen Lebensmitteln ausgeschlossen. Hier ist davon auszugehen, dass die Personen den Fragebogen nicht richtig verstanden haben.

In der weiteren Bearbeitung der Daten wurde bei einer Verzehrshäufigkeit von „Nie“ die Portionsgröße auf 0 gesetzt. Zur Reduzierung von fehlenden Angaben wurden folgende Annahmen getroffen und die Daten entsprechend ergänzt: Wenn sowohl Verzehrshäufigkeit als auch Portion Missing waren, wurde ein Nicht-Verzehr angenommen (Häufigkeit „Nie“, Portionsgröße = 0). Wenn die Verzehrshäufigkeit angegeben war und die Portionsgröße fehlte, wurde letztere durch die mittlere Portion ersetzt, da diese die am häufigsten verzehrte Menge darstellte.

Die Häufigkeitskategorien wurden in eine Häufigkeit pro Monat umgerechnet. Dabei wurde zur Vereinfachung davon ausgegangen, dass ein Monat 4 Wochen bzw. 28 Tage hat. Bei Zeitspannen (z. B. 2-3 mal im Monat) wurde der Mittelwert gebildet (Tab. 5).

**Tab. 5:** Umrechnung der Antwortkategorien im FFQ in Häufigkeiten

Antwortkategorie im FFQ	Häufigkeit pro Monat
1 "Nie"	0
2 "1 mal im Monat"	1
3 "2-3 mal im Monat"	2,5
4 "1-2 mal pro Woche"	6
5 "3-4 mal pro Woche"	14
6 "5-6 mal pro Woche"	22
7 "1 mal am Tag"	28
8 "2-3 mal am Tag"	70
9 "4-5 mal am Tag"	126
10 "Öfter als 5 mal am Tag"	168

Quelle: eigene Darstellung

Anschließend wurden die Portionskategorien in Mengen umgerechnet. Für jede im FFQ angegebene Portionsgröße ist eine bestimmte Menge angegeben, die teilweise zusätzlich durch eine Abbildung im FFQ visualisiert wurde. Die Verzehrsmenge ergibt sich dann durch Multiplikation von Verzehrshäufigkeit und Portionsgröße. Durch Division durch 28 wurde daraus die mittlere Verzehrsmenge pro Tag berechnet.

Für die Analysen standen insgesamt 1216 EsKiMo I-FFQs zur Verfügung. Da von drei Teilnehmern jedoch nicht gleichzeitig ein DISHES-Datensatz vorhanden war, wurden für die FFQ-Validierung 1213 FFQ-Datensätze verwendet.

### 3.3.2 Lebensmittelgruppierung der DISHES-Daten

Aus den DISHES-Interviews lagen Verzehrdaten für 2.280 verschiedene Lebensmittel vor (BLS-Codes). Diese wurden in einem ersten Schritt in 48 Lebensmittelgruppen zusammengefasst (Tab. 6, ausführlich siehe Anhang 3).

**Tab. 6:** Lebensmittelgruppen der DISHES-Daten

<b>Lebensmittelgruppen</b>		
Vollkornbrot	Kaffee	Getreideprodukte
Weißbrot	Säfte	Reis
Süßigkeiten	Softdrinks	Müsli
Marmelade	alkoholische Getränke	Kartoffeln
Dessert	Fisch	Pommes Frites
Pfannkuchen	Geflügelfleisch	Nudeln
Knabberartikel	anderes Fleisch	Ketchup
Kuchen/Kekse	Wurst	Feinkost
Pflanzenöl	Eier	Pizza
Butter	Obst	Döner
Margarine	Salat	Falafel
Milch	anderes Gemüse	Hamburger
Joghurt	Hülsenfrüchte	Bratwurst
Käse	Pilze	Wasser
andere Milchprodukte	Nüsse	Soßen
Tee	vegetarische Gerichte	Suppen

Quelle: eigene Darstellung

Die Gruppierung orientierte sich an ähnlichen Nährstoffprofilen der Lebensmittel. Speisen wurden dabei nicht mit Hilfe der Rezepte im BLS weiter aufgeschlüsselt, sondern als solche in die Analyse aufgenommen. Das ermöglichte es auch den Aspekt des Verzehrs spezifischer Speisen zu analysieren (z. B. Fast Food Produkte wie Hamburger), die andernfalls in ihre Bestandteile (z. B. Brötchen, Fleisch, Gemüse, Ketchup) aufgeschlüsselt worden wären. Da von Zubereitungsfett und Eiweißpulver nur sehr geringe Mengen (außerhalb von Rezepten) angegeben wurden, wurden diese beiden Lebensmittelgruppen von weiteren Analysen ausgeschlossen (die Verzehrsmenge war in der 95. Perzentile jeweils 0). Andere selten verzehrt Lebensmittel wurden Gruppen zugeordnet (z. B. Getränkepulver zu Süßigkeiten). Für jede Lebensmittelgruppe wurde die mittlere tägliche Verzehrsmenge je Studienteilnehmer berechnet.

### **3.3.3 Lebensmittelgruppierung der FFQ-Daten**

Im KiGGS Basis-FFQ wurden 45 Lebensmittel/Lebensmittelgruppen (Items) erfragt. Diese wurden zu 34 Lebensmittelgruppen zusammengefasst. Die Gruppierung orientierte sich dabei an der Einteilung wie sie für die DISHES-Daten verwendet wurde. Einige Lebensmittel, die im detaillierteren und umfangreicheren DISHES-Interview ermittelt wurden, enthielt der FFQ nicht (alkoholische Getränke, Pflanzenöle, Soßen, Getreide, Feinkost, spezielle vegetarische Lebensmittel, Pilze, Orientalisches Fast Food, Pizzen). Weiterhin gibt es Lebensmittelgruppen, die in den Analysen der DISHES-Daten getrennt betrachtet wurden, im FFQ jedoch als Gesamtgruppe erfragt wurden (z. B. Nudeln/Reis). Da eine nachträgliche Trennung nicht möglich ist, ergeben sich einzelne Unterschiede in der Lebensmittelgruppierung (Anhang 4). Für jede Lebensmittelgruppe wurde die mittlere tägliche Verzehrsmenge je Studienteilnehmer berechnet.

### **3.3.4 Maßzahlen der Nährstoffzufuhr**

Die Qualität der Ernährung sollte an Hand der Nährstoff- und Energiedichte bewertet werden. Deshalb wurden:

- der Anteil der Hauptnährstoffe an der Energiezufuhr,
- die Nährstoffdichte für eine Reihe von Mikronährstoffen und Ballaststoffe
- sowie die Energiedichte für feste Lebensmittel (ohne Getränke) ermittelt.

Die Berechnung erfolgte mit folgenden Formeln:

**a) Anteil der Hauptnährstoffe an der Energiezufuhr (EZ)**

$$\text{Anteil Fett an der EZ in \%} = \text{Fettzufuhr in g/Tag} * 3,7 / \text{EZ in MJ/Tag}^{19,20}$$

$$\text{Anteil Protein an der EZ in \%} = \text{Proteinzufuhr in g/Tag} * 1,7 / \text{EZ in MJ/Tag}$$

$$\begin{aligned} \text{Anteil Kohlenhydrate} \\ \text{an der EZ in \%} \end{aligned} = \text{Kohlenhydratmenge in g/Tag} * 1,7 / \text{EZ in MJ/Tag}$$

$$\text{Anteil Alkohol an der EZ in \%} = \text{Alkoholmenge in g/Tag} * 2,9 / \text{EZ in MJ/Tag}$$

**b) Nährstoffdichten**

$$\text{Nährstoffdichte (z. B. in } \mu\text{g/MJ)} = \text{Nährstoffzufuhr in } \mu\text{g/Kalorienzufuhr in MJ}$$

**c) Energiedichte für feste Lebensmittel (ohne Getränke)**

$$\text{Energiedichte in kJ/100 g} = (\text{Energiezufuhr aus festen Lebensmitteln in kJ/Verzehrsmenge für feste Lebensmittel in g}) * 100$$

Die Nährstoffzufuhr über Supplemente wurde nicht berücksichtigt, da diese Nährstoffe nicht über die Ernährungsmuster aufgenommen werden.

### 3.4 Statistische Auswertungsmethoden

Die Berechnungen wurden mit SAS System for Windows, release 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, ND, USA) oder mit SPSS Version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) durchgeführt.

#### 3.4.1 Gewichtung und Surveyprozeduren

Um repräsentative Aussagen treffen zu können, wurde ein Gewichtungsfaktor bei den Analysen berücksichtigt. Dieser gleicht die unterschiedlich hohe Auswahlwahrscheinlichkeit der Teilnehmer, die sich aus der Art der Stichprobenziehung und dem Studiendesign ergibt, aus. Außerdem gleicht dieser die Verteilung von Alter, Geschlecht und Staatsangehörigkeit (deutsch/nicht deutsch) in

<sup>19</sup> 1 g Fett liefert 37 kJ = 0,037 MJ: deshalb berechnet sich der Anteil an der Energiezufuhr = (Fettzufuhr in g/Tag \* 0,037) \* 100 / Gesamtkalorienzufuhr in MJ/Tag.

<sup>20</sup> Umrechnung aller Nährstoffe in MJ gemäß (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE), 2015).

der Stichprobe an die Bevölkerungszahlen in Deutschland an (Stand 31.12.2004) und gleicht zusätzlich das disproportionale Sampling im Osten Deutschlands aus (Kamtsiuris et al., 2007). Für die DISHES-Daten wurde der Gewichtungsfaktor  $w_{Esk}$  erstellt und für die Analysen verwendet. Für die Auswertungen der KiGGS Basis-Daten im Zusammenhang mit Biomarkern wurde ein Gewichtungsfaktor verwendet, der speziell für Untergruppe der KiGGS Basis-Teilnehmer mit Blutwerten gebildet wurde ( $w_{KGSLab}$ ).

Die zweistufige Stichprobenziehung bei KiGGS Basis (und damit auch in der Unterstichprobe EsKiMo I), bei der die Teilnehmer in den Sample Points ausgewählt wurden, führt zu einer Clusterung der Teilnehmer in den Points (im Gegensatz zu einer komplett randomisierten Stichprobe) und zu einer daraus resultierenden Korrelation der Teilnehmer innerhalb der Points. Wird dies bei der Datenanalyse nicht berücksichtigt, werden möglicherweise zu schmale Konfidenzintervalle und zu kleine Fehlerwahrscheinlichkeiten berechnet. Deshalb wurden die für diese Art der Stichprobenziehung entwickelten Surveyprozeduren innerhalb von SAS (bzw. die Analysemethoden für komplexe Stichproben in SPSS) für die Berechnung der p-Werte, Konfidenzintervalle sowie Regressionsanalysen genutzt.

### **3.4.2 Relative Validierung des FFQ**

Semi-quantitative Food Frequency Questionnaires wie der in KiGGS Basis eingesetzte, werden weltweit bei Jugendlichen verwendet, um Informationen zum Lebensmittelverzehr zu erheben (Tabacchi et al., 2014). Um einen FFQ wie im vorliegenden Fall in einem Gesundheitssurvey einzusetzen, muss dieser die Ernährung umfassend abbilden (d. h. nicht nur bestimmte Lebensmittel oder bestimmte Nährstoffe). Dabei müssen länderspezifische Ernährungsgewohnheiten berücksichtigt werden. Außerdem ändert sich die Ernährung im Zeitverlauf. Daher ist ein aktuelles, valides, auf das jeweilige Land abgestimmtes Erhebungsinstrument notwendig. Aus diesem Grund sollte für KiGGS Basis ein FFQ abgestimmt auf das Verzehrverhalten von Kindern und Jugendlichen in Deutschland entwickelt und im Rahmen dieser Arbeit im Verhältnis zu DISHES relativ validiert werden.

Sowohl die 45 Food-Items des FFQ als auch die 2.280 BLS-Codes der DISHES-Daten wurden dazu in 40 Lebensmittelgruppen zusammengefasst. Das Zusammenfassen war notwendig, da einige Items in DISHES nicht in dieser Form

(Zustand des Lebensmittels bzw. Konservierungsform) erfragt wurden und dadurch die Bildung von identischen Lebensmittelgruppen anders nicht möglich war. Es wurden die Lebensmittel-Items „frisches Obst“ und „Konservenobst“ zu „Obst“ zusammengefasst. „Gekochtes“, „gefrorenes“, „rohes Gemüse“ und „Konservengemüse“ wurde zu „Gemüse“ zusammengefasst. Außerdem wurde „Schokolade“ der Gruppe der „Süßigkeiten“ zugeordnet. Signifikante Unterschiede wurden bei nicht überlappenden Konfidenzintervallen angenommen.

Es wurden unterschiedliche Aspekte der Validität untersucht:

#### **a) Korrelationskoeffizienten zwischen den Verzehrsmengen von FFQ und DISHES**

Die Korrelationen zwischen den Verzehrsmengen in g/Tag je Lebensmittelgruppe, ermittelt mit dem FFQ und ermittelt mit DISHES, wurden mittels Rangkorrelationsanalysen nach Spearman bestimmt.

Dies erfolgte für die gesamte Stichprobe sowie für Untergruppen nach Geschlecht (männlich/weiblich), Altersgruppe (12-13, 14-15, 16-17 Jahre), Körpergewichtstatus (normalgewichtig, übergewichtig) und nach sozioökonomischen Status (niedrig, mittel, hoch). Der Korrelationskoeffizient liegt zwischen -1 und 1, wobei 0 für keine Korrelation steht. Werte von  $|0,5| \leq r < |0,7|$  stehen für eine angemessene bis gute Korrelation, Werte  $|0,3| \leq r < |0,5|$  stehen für eine akzeptable Korrelation und Werte von  $r < 0,3$  stehen für eine schwache Korrelation (Serra-Majem et al., 2009).

#### **b) Übereinstimmung der Quartile**

Die Verzehrsmengen wurden für jede Lebensmittelgruppe in Quartile eingeteilt. Wenn mehr als 25 % der Jugendlichen die jeweilige Lebensmittelgruppe nicht verzehrt haben, wurden diese Nicht-Verzehrer als eigene Gruppe definiert und die übrigen Jugendlichen wurden in Tertile eingeteilt. Das war z. B. notwendig für die Lebensmittelgruppen Sportler-/Energiegetränke, Frucht- und Kräutertee, Kaffee, Frischkäse und Nüsse. Es wurde der Anteil Jugendlicher bestimmt, der je Lebensmittelgruppe bei beiden Erhebungsinstrumenten in das gleiche, ein angrenzendes sowie in das gegensätzliche Quartil eingeteilt wird. Zusätzlich wurde der Grad der Übereinstimmung bezüglich der Quartile mit Hilfe eines gewichteten Kappa Koeffizienten ( $Kappa_w$ ) bestimmt (Fink, 2007).

Zur Interpretation des  $Kappa_w$  wurden folgende Richtwerte verwendet (Landis et al., 1977):

$Kappa_w$	Stärke der Übereinstimmung
0,81 – 1,00	Sehr gut
0,61 – 0,80	gut
0,41 – 0,60	mittelmäßig
0,21 – 0,40	leicht
$\leq 0,20$	schwach

### c) Unterschiede in den mittleren Verzehrsmengen

Der Unterschied in den Verzehrsmengen, bestimmt mit den FFQ und mit DISHES, wurde als Unterschied in Prozent folgendermaßen bestimmt:

$$\text{Unterschied (\%)} = \frac{\text{mittlere Verzehrsmenge (FFQ-DISHES)}}{(\text{mittlere Verzehrsmenge FFQ} + \text{mittlere Verzehrsmenge DISHES})/2} * 100$$

Darüber hinaus wurden die Grenzen zwischen denen 95 % der Verzehrsmengen liegen (2,5. Perzentile und 97,5. Perzentile) ermittelt.

### 3.4.3 Hauptkomponentenanalyse

Die Ernährungsmuster in der vorliegenden Arbeit wurden mittels Hauptkomponentenanalyse ermittelt. Die meisten explorativen Ernährungsmusteranalysen basieren auf Hauptkomponentenanalysen bzw. auf Faktorenanalysen mit der Hauptkomponentenmethode, was dem gleichen mathematischen Konzept entspricht (Michels et al., 2005). Grundannahme bei einer Hauptkomponentenanalyse ist, dass es redundante Informationen in den Variablen gibt, das heißt, dass einige der Variablen miteinander korreliert sind und möglicherweise das Gleiche messen. Die Hauptkomponentenanalyse ermöglicht es in einem solchen Fall, die vorhandene Vielzahl von Variablen zu einer kleineren Anzahl an Variablen (den Hauptkomponenten) zu reduzieren. Diese erklären einen möglichst großen Anteil der Varianz in den Ausgangsdaten und sind wechselseitig voneinander unabhängig. Die Hauptkomponenten werden durch die lineare Kombination der durch die Faktorladungen optimal gewichteten Beobachtungsvariablen gebildet. Die Gewichte werden dabei so festgelegt, dass für die Gesamtstichprobe eine möglichst hohe Varianzaufklärung erreicht wird. Das

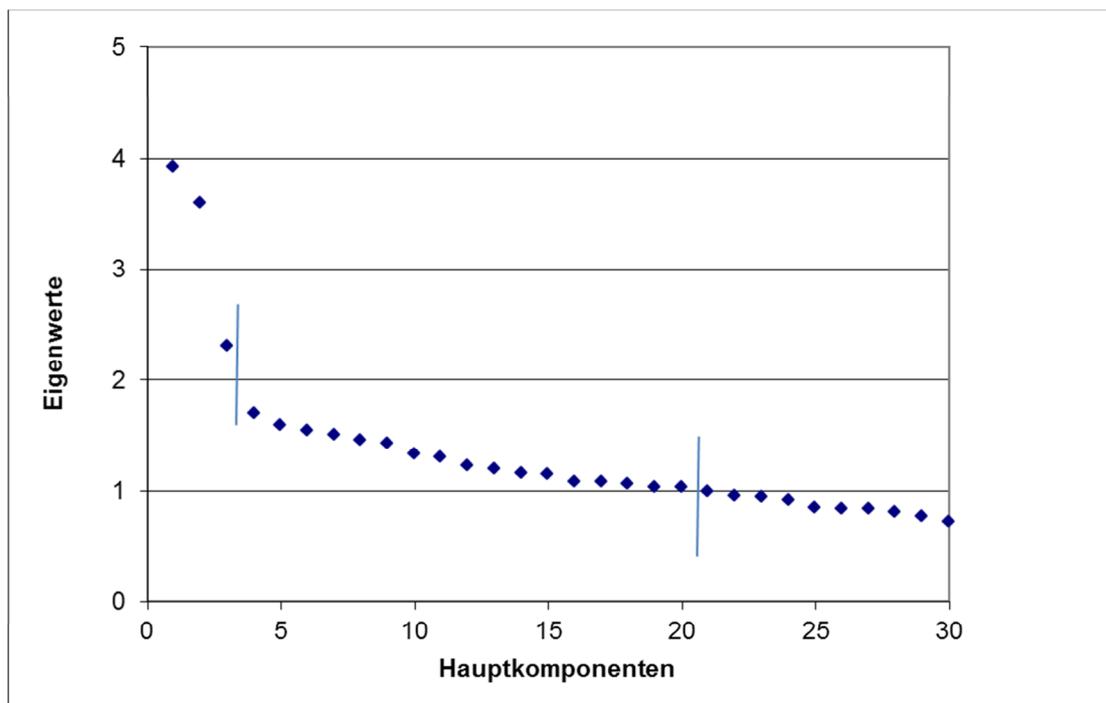
Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse ist ein Faktorscore je Hauptkomponente für jeden Untersuchungsteilnehmer. Dieser Score gibt den Grad an, zu dem die Hauptkomponente die vorliegenden Variablen erklärt (Bortz, 1999, S. 495 ff; Hatcher, 2007, S. 5 ff.). Ausgangsvariablen der Hauptkomponentenanalyse waren die z-standardisierten, mittleren, täglichen Verzehrsmengen in den gebildeten Lebensmittelgruppen (siehe Kapitel 3.3.2 und 3.3.3). Es erfolgte eine orthogonale Rotationstransformation (Varimax rotation). Die damit ermittelten Komponenten sind unkorreliert. Ziel der Rotation ist es, eine einfachere Struktur und damit bessere Interpretierbarkeit der Daten zu erlangen. Zum Erreichen dieses Ziels gilt die verwendete Rotationsform als am effizientesten (Kline, 1994, S. 56-79). Die Gesamtvarianz in den Ausgangsdaten entspricht der Summe der Varianz der einzelnen analysierten Variablen. Da die analysierten Variablen zu einer Varianz von 1 standardisiert wurden, ist die Gesamtvarianz somit identisch mit der Anzahl analysierter Variablen (hier: Anzahl der Lebensmittelgruppen). Im Ergebnis einer Hauptkomponentenanalyse erhält man maximal so viele Hauptkomponenten wie Variablen für die Analyse verwendet wurden (z. B. bei 34 Lebensmittelgruppen 34 Hauptkomponenten). Diese Anzahl muss für weitere Analysen eingeschränkt werden, andernfalls würde durch die Analyse keine Variablenreduktion erreicht werden. Im Ergebnis sind die Hauptkomponenten nach der Höhe ihrer Varianzaufklärung absteigend sortiert. Daher erklärt die erste Komponente die meiste Varianz. Die zweite erklärt das Maximum an der Varianz, die nicht durch die erste Komponente erklärt wurde. Die zweite Komponente ist dabei selbst nicht korreliert mit der ersten Komponente. Für alle weiteren Komponenten gilt sinngemäß das gleiche, sie erklären möglichst viel der übrigen Varianz und sind nicht korreliert mit den vorangegangenen Komponenten.

Die Anzahl der Muster, die in den weiteren Analysen näher betrachtet wurde, wurde nach folgenden Kriterien bestimmt, die beispielhaft erläutert werden:

- a) Der Eigenwert einer Komponente gibt an wie viel von der Gesamtvarianz aller Variablen durch diese Komponente erfasst wird (Bortz, 1999, S. 495 ff). Der Eigenwert soll größer als 1 sein (Kaiser-Guttman-Kriterium) (Guttman, 1954; H. F. Kaiser, 1960; H. F. D. Kaiser, K., 1959). Damit erklärt jede Hauptkomponente einen größeren Anteil der Varianz als die Einzelkomponente, was zur erwünschten Datenreduktion führt.

- ➔ Im vorliegenden Beispiel (Abb. 5) entsprechen 20 Hauptkomponenten diesem Kriterium.
- b) Der Scree Plot ist eine graphische Darstellung der Eigenwerte je Lebensmittelgruppe. Es wird die Stelle ermittelt, ab der sich die Eigenwerte deutlich verringern. Die Komponenten vor dieser Stelle werden als wichtig angesehen und weiter analysiert (Cattell, 1966).
- ➔ Im vorliegenden Beispiel (Abb. 5) entsprechen drei Hauptkomponenten diesem Kriterium.
- c) Das dritte Kriterium war die Interpretierbarkeit. Es sollten mindestens drei Variablen mit „signifikanten“ Ladungen größer als  $|0,4|$  im Muster enthalten sein (Hatcher, 2007, S. 29).

Der Anteil der erklärten Varianz wurde dagegen nicht als Kriterium verwendet, da diese sehr stark von der Anzahl der Ausgangsvariablen abhängig ist (McCann et al., 2001; Michels et al., 2005) und keine allgemein üblichen Grenzwerte existieren.



**Abb. 5:** Scree Plot: Darstellung der Eigenwerte je Hauptkomponente

Quelle: eigene Darstellung

Die ermittelten Faktorladungen je Lebensmittelgruppe geben die Höhe der Korrelation zur Hauptkomponente wieder. Um die Muster besser unterscheiden zu

können, wurden die Muster entsprechend ihrer hoch ladenden Lebensmitteln benannt. Dabei wurden Faktorladungen  $\geq |0,3|$  als bedeutend angesehen und für die Interpretation verwendet.

Die Analysen wurden getrennt für Jungen und Mädchen durchgeführt, da sich das Verzehrverhalten von Jungen und Mädchen in diesem Alter in vielen Aspekten unterscheidet (Mensink et al., 2007b).

#### 3.4.4 Statistische Kennzahlen

Häufigkeiten (z. B. Anteil Raucher oder Anteil Supplementennehmer) wurden als Prozentanteile je Kategorie der Variable, mit 95 % Konfidenzintervallen, dargestellt. Zur Ermittlung wurde die Prozedur PROC SURVEYFREQ verwendet. Als Signifikanztest wurden Chi-Quadrattests mit der gleichen Prozedur in SAS zu einem Signifikanzniveau von  $\alpha < 0,05$  durchgeführt.

Für kategoriale Variablen wurde zuerst die Fallzahl in den einzelnen Feldern geprüft (Anzahl je Musterquartil). Zur Beurteilung wurde der Variationskoeffizient herangezogen. Der Variationskoeffizient wird aus dem Standardfehler dividiert durch die Prävalenz ermittelt. Er drückt die Relation von Standardabweichung zum arithmetischen Mittelwert als Prozentwert aus. Gemäß den Empfehlungen von Statistics Canada wurden nur Variablen in die Analyse einbezogen, wenn der Variationskoeffizient kleiner als 33,3 % war<sup>21</sup>. Nach diesem Kriterium war keine Auswertung bezüglich des Anteils Vegetarier je Musterquartil und nach der Berufstätigkeit von Vater/Mutter (voll berufstätig/andere) möglich. Die Dauer des Fernsehens wurde von den ursprünglichen 5 Kategorien in 3 Kategorien zusammengefasst (Anhang 2).

Stetige Variablen (z. B. Alter in Jahren, Dauer der körperlichen Aktivität in Stunden pro Woche) wurden als arithmetischer Mittelwerte mit 95 % Konfidenzintervall

---

<sup>21</sup> <http://www.statcan.gc.ca/pub/13f0026m/2007001/table/tab5p1-eng.htm>

dargestellt<sup>22</sup>. Die Analyse erfolgte mit PROC SURVEYMEANS. Test auf signifikante Unterschiede zwischen den Musterquartilen wurden zum Signifikanzniveau von  $\alpha < 0,05$  mittels linearer Regressionsmodelle mit der zu untersuchenden Variable als abhängige Variable und dem Musterquartil als unabhängige Variable mit der Prozedur PROC SURVEYREG durchgeführt.

### 3.4.5 Multivariate Regressionsanalysen

Zusammenhangsanalysen bezüglich Ernährungsmusterscores und Markern des Nährstoffstatus und des kardiovaskulären Risikos wurden mittels multivariater Regressionsmodelle (PROC SURVEYREG) durchgeführt.

Für Regressionsmodelle allgemein gilt die unten dargestellte Formel. Es wird die Wirkung einer oder mehrerer unabhängiger Variablen auf eine abhängige, kontinuierliche Variable untersucht.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_i * X_i$$

Y Schätzwert der abhängigen Variable Y

$\beta_0$  konstantes Glied (entspricht dem Achsenabschnitt der Geraden)

$\beta_i$  Regressionskoeffizient ( $i = 1, 2, \dots, I$ )

$X_i$  unabhängige Variable ( $i = 1, 2, \dots, I$ )

I Zahl der unabhängigen Variablen

Im vorliegenden Beispiel war der zu untersuchende Parameter (z. B. systolischer Blutdruck) die abhängige Variable und der Musterscores die unabhängige Variable. Variablen, die als mögliche Confounder identifiziert wurden (siehe Kapitel 3.4.5), wurden je nach Regressionsmodell als weitere, unabhängige Variablen berücksichtigt. Im Ergebnis gab der Regressionskoeffizient ( $\beta$ ) die Veränderung des untersuchten Parameters pro Maßeinheit des Musterscores an. Positive

---

<sup>22</sup> Die Konfidenzintervalle wurden als logit Konfidenzintervalle berechnet. „Bei diesen Konfidenzintervallen werden die Berechnungen nicht für die Prävalenz p durchgeführt, sondern für den Logit der Prävalenz, also  $\ln p/(1-p)$  (und dann auf die Prävalenz-Skala zurückgerechnet). Diese Berechnungsweise verläuft analog zur logistischen Regression. Die resultierenden Konfidenzintervalle liegen nicht symmetrisch um die geschätzte Prävalenz. Dies gilt umso mehr, je näher die geschätzte Prävalenz an 0% oder 100% liegt. Gerade in diesen Randbereichen und bei kleinerem Stichprobenumfang zeigen die Logit-Intervalle eine bessere Anpassung an die nominale Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95% als Konfidenzintervalle, die mit der Standardformel direkt für die Prävalenz p berechnet werden. Mit den Logit-Intervallen können auch keine Werte kleiner Null oder größer 100 für das Konfidenzintervall auftreten.“ RKI internes Arbeitsdokument „Datensatzbeschreibung und Auswertungsanleitung von DEGS1“, RKI 2016.

Regressionskoeffizienten bedeuteten, dass mit höherem Musterscore der untersuchte Parameter ansteigt. Für negative Regressionskoeffizienten galt das Gegenteil.

Um adjustierte Mittelwerte der Biomarker je Musterquintil zu ermitteln, wurde der Mittelwert des Musterscores je Quintil als Klassifizierungsvariable verwendet. Mittels F-Test wurde zum Signifikanzniveau von  $\alpha < 0,05$  ermittelt, ob es signifikante Unterschiede bezüglich der Mittelwerte je Biomarker zwischen den Musterquintilen gibt. Dazu wurde als Nullhypothese geprüft, ob die Mittelwerte je Quintil identisch sind  $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ . Die entsprechende Alternativhypothese lautete  $H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ . Diese Hypothese besagte, dass sich mindestens zwei beliebige Mittelwerte voneinander unterscheiden (Bortz, 1999, S. 109 ff.). Die angegebenen 95 % Konfidenzintervalle sind ein Maß für die Präzision des jeweiligen Mittelwertes. Das Intervall gibt den Bereich an, in dem sich mit einer Konfidenz von 95 % der wahre Mittelwert befindet (Dorey, 2010). Tests auf lineare Trends bezüglich der Quartile/Quintile der Musterscores wurden ebenfalls mit linearen Regressionsmodellen zum Signifikanzniveau von  $\alpha < 0,5$  durchgeführt mit dem zu untersuchenden Parameter als abhängige, kontinuierliche Variable und dem Mittelwert des Musterscores je Quartilen/Quintilen als unabhängige, kontinuierliche Variable, ebenfalls adjustiert für Confounder.

#### **3.4.6 Ausschluss von Teilnehmern**

Die sehr umfangreichen Daten zur Gesundheit und zum Gesundheitsverhalten in KiGGS Basis ermöglichen es, einzelne Teilnehmer z. B. aufgrund von Vorerkrankungen oder der Einnahme bestimmter Medikamente oder Nährstoffsupplemente von den Analysen auszuschließen. Bei den Analysen des Zusammenhangs von Ernährungsmustern und bestimmten Biomarkern wurden Teilnehmer aufgrund der in Tab. 7 dargestellten Kriterien ausgeschlossen. Außerdem wurden 2 schwangere Mädchen bei allen Biomarkeranalysen nicht berücksichtigt.

**Tab. 7:** Ausschluss von Surveyeteilnehmern in den Analysen der Biomarker

<b>Biomarker</b>	<b>Ausschlusskriterien</b>	<b>Anzahl (Jungen/Mädchen)</b>
Folat, Vitamin B12	Einnahme von Vitaminsupplementen (ATC- Codes der Gruppe A11)	173/123
Ferritin	Einnahme von Mineralstoffsupplementen (ATC- Codes der Gruppe A12)	76/39
Blutdruck	Bestehende Herzerkrankung (Angabe aus dem ärztlichen Interview oder Einnahme von Medikamenten für das kardiovaskuläre System (ATC- Codes der Gruppe C)	103/76
Blutfette	Einnahme von Kontrazeptiva (ATC-Codes der Gruppen G03A, G03HB01, G02B)	-/397
HbA1c	Bestehender Diabetes mellitus (Angabe aus dem ärztlichen Interview oder Einnahme von Diabetes-medikamenten (ATC- Codes der Gruppe A10)	2/7

Quelle: eigene Darstellung

### 3.4.7 Berücksichtigung von Confoundern

Confounder sind Störgrößen in epidemiologischen Studien. Sie sind unabhängige Risikofaktoren für eine Erkrankung (oder eine andere Zielgröße) und haben zugleich auch einen Zusammenhang mit der Exposition (Einflussgröße) ohne ein Glied der Kausalkette zwischen Exposition und Erkrankung zu sein (Schwarz, 1998). Bei der Betrachtung von Ernährungsmustern und Biomarkerprofilen ist Alter ein wichtiger Confounder. Alter beeinflusst das Biomarkerprofil: die Blutwerte verändern sich mit dem Älterwerden. Gleichzeitig beeinflusst das Alter aber auch die Ernährungsmuster. Somit wurde im Adjustierungsmodell 1 für Alter adjustiert. Alle weiteren potentiellen Confounder wurden im Adjustierungsmodell 2 berücksichtigt. Durch theoretische Überlegungen und zusätzlich durch Korrelationsanalysen wurden folgende Confounder identifiziert und folgendermaßen operationalisiert:

- Körperliche Aktivität in Stunden pro Woche (stetige Variable): „Wie oft bist du in deiner Freizeit körperlich aktiv (z. B. Sport, Fahrrad fahren usw.), so dass du richtig ins Schwitzen kommst oder außer Atem bist? Wie viele Stunden sind das etwa in einer Woche?“
- Rauchen (ja/nein): „Rauchst du zurzeit?“ Antwortkategorien: „Nein“, „Täglich“, „Mehrmals pro Woche“, „Einmal pro Woche“, „Seltener“. Gruppierung erfolgte in „Nein“ und alle anderen Antwortkategorien als „Ja“.
- Regelmäßiger Alkoholkonsum von mindestens einem Glas Bier, Wein oder Schnaps pro Woche (ja/nein): „Hast du schon einmal Alkohol getrunken? Wie viel Alkohol trinkst du zurzeit (Hier machst du bitte eine Angabe in getränkeüblichen Gläsern.)“ für Bier, Wein/Obstwein/Sekt und Schnaps jeweils die Antwortkategorien „1 oder mehr Gläser pro Tag“, „5-6 Gläser pro Woche“, „2-4 Gläser pro Woche“, „1 Glas pro Woche“, „1-3 Gläser pro Monat“, „Weniger als 1 Glas pro Monat“, „Gar nicht“. Wenn jemals Alkohol getrunken wurde und mindestens eine der Antwortkategorien für Bier, Wein/Obstwein/Sekt oder Schnaps mindestens „1 Glas pro Woche“ war, dann ist regelmäßiger Alkoholkonsum „Ja“ sonst „Nein“.
- Durchschnittliche tägliche Kalorienzufuhr in kcal (berechnet aus den Verzehrdaten)

Bezüglich der Analyse von Ernährungsmustern und Blutdruck und Blutfetten wurde außerdem der BMI als Confounder berücksichtigt (BMI in  $\text{kg}/\text{m}^2$  berechnet aus den Messwerten, siehe Kapitel 3.1.2). Der häufig als Confounder verwendete Sozialstatus ist ein Determinant, der das Ernährungsmuster beeinflusst, was wiederum zu einem veränderten Biomarkerprofil führt. Somit ist der Sozialstatus zum großen Teil Bestandteil der Kausalkette und wurde nicht als Confounder berücksichtigt.

Um die Kalorienzufuhr als Confoundervariable zu berücksichtigen, musste diese auf Personenebene aus den FFQ-Daten abgeschätzt werden. Mit jedem Item im FFQ wird der Verzehr von Lebensmitteln mit unterschiedlichem Kaloriengehalt abgefragt. Zum Beispiel enthält die Lebensmittelgruppe „Milch“ Sorten mit unterschiedlichem Fett- und damit unterschiedlichem Kaloriengehalt. Wenn über einen FFQ die Kalorienzufuhr geschätzt werden soll, muss dennoch jedem FFQ-Item ein mittlerer Kalorienwert zugeordnet werden. Für die vorliegende Arbeit wurden dazu die

ausführlicheren Verzehrsdaten aus den DISHES-Interviews herangezogen. Diese ermöglichen es, für die untersuchte Altersgruppe den Anteil der unterschiedlichen Milcharten am Gesamt-Milchkonsum zu bestimmen. Entsprechend dieses Anteils wurde mit Hilfe des Bundeslebensmittelschlüssels Version II.3 der mittlere Kaloriengehalt des FFQ-Items Milch je 100 g, dann gewichtet bezüglich des Anteils am tatsächlichen Verzehr, ermittelt. Das erfolgte für jedes FFQ-Item.

## 4 Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Dissertation wurden in drei wissenschaftlichen Publikationen aufbereitet. Dieses Kapitel enthält Zusammenfassungen von diesen Publikationen sowie weitere, noch nicht veröffentlichte Ergebnisse, in den Unterkapiteln vier und fünf.

Datengrundlage für alle Analysen ist der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS Basis, 2003-2006) inklusive der Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo I, 2006). Die Publikationen entstanden überwiegend im Rahmen eines DFG-Projektes (RO 2506/7-1) mit dem Titel „Ernährungsmuster von Jugendlichen in Deutschland sowie ihre Determinanten und gesundheitlichen Implikationen“.

In Publikation I wird der FFQ aus KiGGS Basis mittels DISHES-Daten relativ validiert. Dabei wird auch die Validität in Untergruppen (nach Geschlecht, Alter, Sozialstatus und Körpergewichtsstatus) untersucht.

In Publikation II werden auf der Grundlage von detaillierten Verzehrdaten, die mittels DISHES erhoben wurden, Ernährungsmuster durch eine Hauptkomponentenanalyse ermittelt. Datengrundlage dafür ist EsKiMo I. Neben der Beschreibung der wichtigsten Ernährungsmuster für Jugendliche in Deutschland, werden Assoziationen dieser Muster zur Nährstoffversorgung dargestellt. Damit wird untersucht, inwieweit die Muster für die Gesundheit der Jugendlichen bezüglich ihrer Nährstoffversorgung relevant sind. Um Ansatzpunkte für Präventionsmaßnahmen zu bestimmen, werden soziodemographische Eigenschaften sowie Lebensstilfaktoren der Jugendlichen im Zusammenhang mit den gefundenen Ernährungsmustern dargestellt.

In Publikation III werden die mit dem FFQ erhobenen Verzehrdaten aus KiGGS Basis verwendet, um mittels Hauptkomponentenanalyse ebenfalls Ernährungsmuster zu bestimmen. KiGGS Basis ermöglicht es, diese Ernährungsmuster im Zusammenhang mit zeitgleich gemessenen Gesundheitsparametern aus dem Bereich der Nährstoffversorgung sowie von kardiovaskulären Risikofaktoren zu betrachten. Es wird eine detaillierte Beschreibung der Ernährungsmuster bezüglich ihrer Assoziationen zu diesen Gesundheitsparametern vorgenommen.

Die Autorin war maßgeblich für die Erhebung der Daten innerhalb der EsKiMo I-Studie zuständig (verwendete Daten für Publikation I und II). Sie hat die Studie mit vorbereitet (u. a. Anpassung der Erhebungsinstrumente an die Studie, Organisation der Feldarbeit), die Feldarbeit geleitet, die Qualitätssicherung der Feldarbeit und der Erhebungsdaten durchgeführt und die Daten aufbereitet. Außerdem hat sie an der Dokumentation der Daten und der Grundausswertung der Studienergebnisse mitgearbeitet. Die Forschungsfragen für diese Arbeit wurden im Rahmen eines Forschungsantrages für das durchgeführte DFG-Projekt durch Frau Prof. Dr. Jutta Roosen, Frau Dr. Silke Thiele, Herrn Dr. Gert Mensink und der Autorin formuliert. Publikation I wurde unter fachlicher Anleitung der Autorin federführend von Julia Truthmann erstellt. Die Autorin führte die Datenprüfung und -aufbereitung durch, unterstützte bei der statistischen Auswertung, der Dateninterpretation und der Manuskripterstellung. Publikationen II und III wurden federführend von der Autorin verfasst. Dazu gehörten die Datenaufbereitung, die Datenanalyse und -interpretation, das Schreiben des jeweiligen Manuskripts sowie die Einarbeitung von Änderungsvorschlägen von Koautoren und Gutachtern. Alle Koautoren unterstützten als Diskussionspartner bezüglich der Interpretation der Studienergebnisse und fungierten als interne Begutachter der Forschungsarbeiten und der Manuskripte.

Zwei weitere Ergebniskapitel geben bisher noch nicht publizierte Ergebnisse wieder. Zum einen wurden die Ernährungsmuster im Hinblick auf das Erreichen von alters- und geschlechtsspezifischen Verzehrsempfehlungen analysiert. Zum anderen wird beschrieben, welcher Anteil der Bevölkerung sich entsprechend eines oder mehrerer der gefundenen Muster ernährt.

#### **4.1 Publikation I: Relative validation of the KiGGS Food Frequency Questionnaire among adolescents in Germany**

Autoren: Julia Truthmann, Gert B. M. Mensink, Almut Richter

Zeitschrift: Nutrition Journal

Historie: zur Publikation angenommen am 07.12.2011,  
veröffentlicht am 07.12.2011, DOI: 10.1186/1475-2891-10-133

Ziel war es den in KiGGS Basis eingesetzten FFQ mittels des ausführlicheren, detaillierteren modifizierten Diet History Interviews DISHES für die Altersgruppe der 12-17-Jährigen relativ zu validieren (Anhang 5). Grundlage dafür waren die Daten der EsKiMo I-Studie, in der sowohl der FFQ als auch DISHES von den gleichen Jugendlichen beantwortet wurde. Für die Validierung standen Daten von 582 Jungen und 631 Mädchen zur Verfügung.

Die Korrelationskoeffizienten für die mittleren Verzehrsmengen in g/Tag in 40 Lebensmittelgruppen, ermittelt mit dem FFQ und mit DISHES, lagen zwischen 0,69 für Margarine und 0,22 für Nudeln/Reis. Die meisten Lebensmittelgruppen (27) wiesen eine Korrelation  $\geq |0,5|$  auf. Das entspricht einer angemessenen bis guten Korrelation. Akzeptabel korrelierten weitere 12 Lebensmittelgruppen (zwischen  $\geq |0,3|$  und  $< |0,5|$ ). Lediglich Nudeln/Reis wies mit  $< 0,3$  eine schwache Korrelation auf.

Die Korrelationskoeffizienten in den Untergruppen waren relativ ähnlich für Jungen und Mädchen. Nur bei drei Lebensmittelgruppen traten signifikante Geschlechtsunterschiede auf (Gemüse, Sport-/Energiegetränke und Geflügelfleisch). Tendenziell höhere Korrelationskoeffizienten zwischen FFQ und DISHES wurden für 16-17-Jährige gegenüber Jüngeren, für Jugendliche mit höherem sozioökonomischem Status gegenüber niedrigeren Statusgruppen sowie für übergewichtige Jungen gegenüber Normalgewichtigen beobachtet. Tendenziell einen geringeren Korrelationskoeffizient wiesen dagegen übergewichtige Mädchen gegenüber Normalgewichtigen auf.

Die meisten Jugendlichen wurden bezüglich ihrer mittleren täglichen Verzehrsmengen in den Lebensmittelgruppen sowohl mit den FFQ- als auch mit den

DISHES-Daten in das gleiche oder in ein angrenzendes Quartil eingeteilt. Am höchsten war der Anteil für Kaffee mit 90,8 %, am niedrigsten für Nudeln/Reis mit 70,1 %. Die Einteilung in gegensätzliche Quartile lag zwischen 1,9 % für Softdrinks sowie Mineralwasser und 9,7 % für Leitungswasser. Für die meisten Lebensmittelgruppen wurde ein gewichteter Kappa zwischen 0,21 und 0,60 erzielt (leichte bis mittelmäßige Übereinstimmung). Nur die Lebensmittelgruppen Weißbrot und Nudeln/Reis hatten Werte gleich oder kleiner 0,2 (schwache Übereinstimmung).

Die Unterschiede in den Verzehrsmengen (in Prozent), ermittelt mit dem FFQ und mit DISHES, lagen zwischen 1,4 % für Milch und 100,3 % für Nudeln/Reis. Neben Nudeln/Reis wiesen die Lebensmittelgruppen Leitungswasser, Fleischprodukte, Nüsse, Sport-/Energiegetränke, Butter, Margarine und Eis ebenfalls prozentuale Differenzen größer  $\pm 50$  % auf. Differenzen von kleiner  $\pm 10$  % wurden dagegen neben Milch für Mineralwasser, Eier, Fleisch, Fisch, Obst und Kartoffelprodukte ermittelt. Die Verzehrsmengen, die mit dem FFQ ermittelt wurden, waren dabei nicht generell höher oder niedriger als die mit DISHES ermittelten. Der Bereich zwischen der 2,5. und der 97,5. Perzentile der Verzehrsmengen, indem somit 95 % aller Verzehrsmengen liegen, war relativ breit.

### **Fazit**

Der FFQ weist insgesamt eine ausreichende bis moderate Validität, bezüglich der Fähigkeit die Studienteilnehmer in eine Reihenfolge zu bringen, auf. Das gilt nicht für Nudeln/Reis und Weißbrot. Die Ergebnisse dieser beiden Lebensmittelgruppen sollten deshalb nur mit Vorsicht interpretiert werden. Die Bestimmung von absoluten Verzehrsmengen mit dem FFQ ist nur eingeschränkt möglich. Jedoch kann für die einzelnen Lebensmittel nicht bestimmt werden, ob die FFQ- oder die DISHES-Daten eher den wahren Verzehrsmengen entsprechen. Insgesamt ist die Validität des KiGGS Basis-FFQs vergleichbar mit anderen FFQs (Cullen et al., 2004; Haftenberger et al., 2010; Marks et al., 2006; Matthys et al., 2007; Villegas et al., 2007). Er ist geeignet, um repräsentative Verzehrdaten in Bevölkerungsgruppen zu erheben und die Studienteilnehmer bezüglich ihres Lebensmittelverzehr zu vergleichen. Basierend auf den Korrelationskoeffizienten weist der FFQ eine ähnliche Validität in den Untergruppen nach Alter, Geschlecht, Körpergewichtsstatus oder sozioökonomischen Status auf.

## **4.2 Publikation II: Dietary patterns of adolescents in Germany – Associations with nutrient intake and other health related lifestyle characteristics**

Autoren: Almut Richter, Christin Heidemann, Matthias B. Schulze, Jutta Roosen, Silke Thiele, Gert B. M. Mensink

Zeitschrift: BMC Pediatrics

Historie: zur Publikation angenommen am 22.03.2012,  
veröffentlicht am 22.03.2012, DOI: 10.1186/1471-2431-12-35

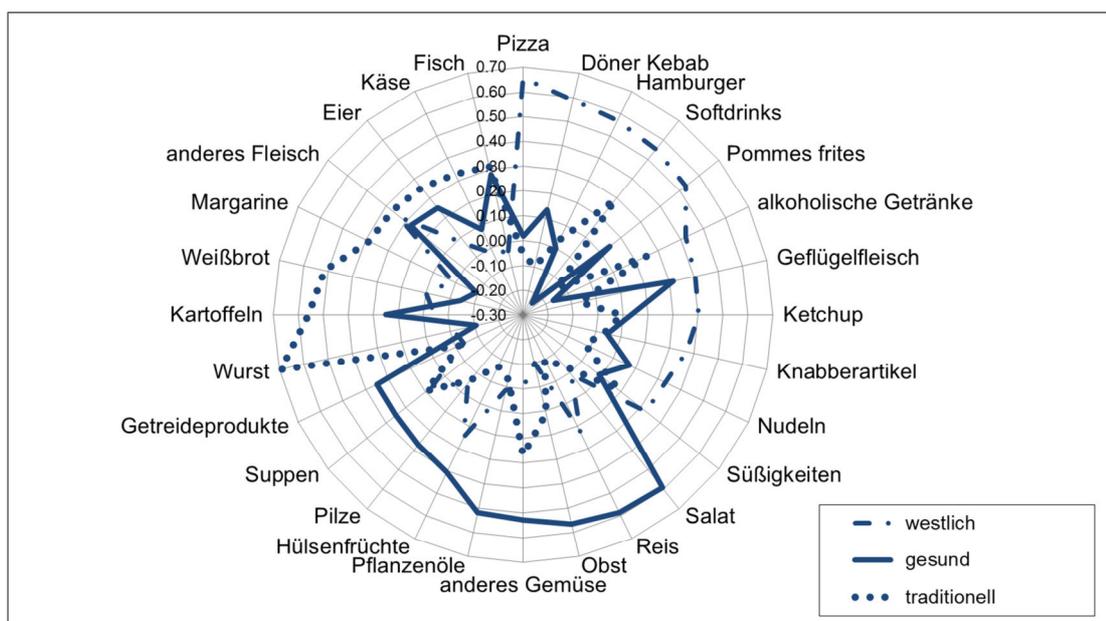
Basierend auf detaillierten, repräsentativen Daten zum Lebensmittelverzehr von Jugendlichen in Deutschland, wurden die wichtigsten Ernährungsmuster für 12-17-Jährige, getrennt für Jungen und Mädchen, ermittelt (Anhang 6). Außerdem wurde untersucht, ob diese Ernährungsmuster im Zusammenhang mit der Nährstoffzufuhr stehen. Um Zielgruppen für Public Health Maßnahmen identifizieren zu können, wurden die Jugendlichen, die sich überwiegend entsprechen eines bestimmten Musters ernähren, charakterisiert. Dabei wurden neben Alter, Geschlecht, Schultyp und soziodemographischer Status der Eltern (SES) auch Lebensstilfaktoren wie körperliche Aktivität, gemeinsame Familienmahlzeiten und Kochfähigkeiten betrachtet.

Datengrundlage war die Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo I), ein repräsentativer, bevölkerungsweiter Ernährungssurvey, in dem eine ausführliche retrospektive Ernährungsbefragung der letzten vier Wochen mittels der modifizierten Diet History Methode DISHES durchgeführt wurde.

Die Hauptkomponentenanalyse ergab drei wichtige Ernährungsmuster für Jungen und zwei für Mädchen. Diese Muster mit ihren Faktorladungen je Lebensmittelgruppe sind in Abb. 6 für Jungen und in Abb. 7 für Mädchen dargestellt. Die Faktorladungen sind dabei ein Maß für die Korrelation der Lebensmittelgruppen mit dem jeweiligen Muster. Das „westliche“ Ernährungsmuster der Jungen war gekennzeichnet durch hohe Faktorladungen für Pizza, Döner Kebab, Hamburger, Softdrinks, Pommes Frites, alkoholische Getränke, Geflügelfleisch und Ketchup. Das „gesunde“ Muster der Jungen wies hohe Faktorladungen für Salat, Reis, Obst,

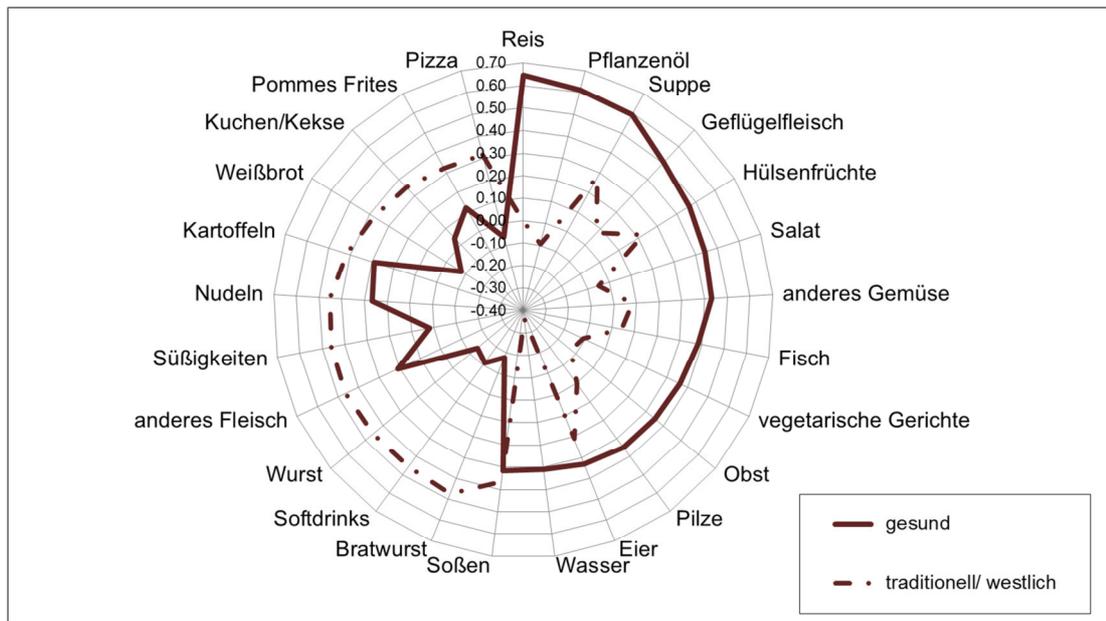
anderes Gemüse, Pflanzenöle und Hülsenfrüchte auf. Ein als „traditionell“ bezeichnetes Ernährungsmuster war gekennzeichnet durch Wurst, Kartoffeln und Weißbrot. Bei den Mädchen war das „gesunde“ Ernährungsmuster charakterisiert durch Reis, Pflanzenöl, Suppe, Geflügelfleisch, Hülsenfrüchte, Salat und anderes Gemüse, wohingegen die wichtigsten Lebensmittel im „traditionell/westlichen“ Muster Bratwurst, Softdrinks, Wurst, Fleisch, Süßigkeiten, Nudeln und Kartoffeln waren.

Ein höherer Musterscore des „westlichen“ Musters bei Jungen war assoziiert mit einem geringeren Anteil von Kohlenhydraten insgesamt sowie speziell von Polysacchariden an der Energiezufuhr, eine höhere Energiedichte (in kJ/100 g), einem höheren Anteil von einfach ungesättigten Fettsäuren und Alkohol an der Energiezufuhr sowie einer geringeren Nährstoffdichte für eine Vielzahl an Vitaminen und Mineralstoffen. Daher ist das Nährstoffprofil bei hohen Musterscores dieses Ernährungsmusters eher ungünstig. Ein höherer Musterscore im „gesunden“ Muster war dagegen negativ assoziiert mit der Energiedichte, dem Anteil von Alkohol an der Energiezufuhr sowie positiv mit dem Anteil von mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFAs) und Eiweiß an der Energiezufuhr und der Dichte der meisten untersuchten Mikronährstoffe. Somit sind höhere Scores in diesem Muster mit einer günstigeren Nährstoffzufuhr assoziiert. Das „traditionelle“ Muster hatte sowohl wünschenswerte



**Abb. 6:** Ernährungsmuster der 12-17-jährigen Jungen, Datengrundlage: DISHES (EsKiMo I, 2006)

Quelle: eigene Analysen



**Abb. 7:** Ernährungsmuster der 12-17-jährigen Mädchen, Datengrundlage: DISHES (EsKiMo I, 2006)

Quelle: eigene Analysen

Aspekte bezüglich der Nährstoffzufuhr (mehr Vitamin B12 und Vitamin D bei höheren Musterscores), als auch weniger wünschenswerte Aspekte (höhere Energiedichte, höherer Anteil an Fett, gesättigten und einfach ungesättigten Fettsäuren und Alkohol an der Energiezufuhr sowie geringere Nährstoffdichte für Ballaststoffe, Magnesium und Eisen mit höherem Musterscore). Ähnlich wie bei den Jungen, war das „gesunde“ Muster der Mädchen negativ mit der Energiedichte und positiv mit dem Anteil an Eiweiß und PUFAs an der Energiezufuhr sowie der Nährstoffdichte von Vitamin A und C, Folat, Magnesium und Eisen assoziiert. Zusätzlich waren höhere Musterscores des „gesunden“ Musters bei den Mädchen durch einen geringeren Anteil von gesättigten und einfach ungesättigten Fettsäuren und einer höheren Calciumdichte gekennzeichnet. Allerdings war die Vitamin B12-Dichte signifikant niedriger bei höherem Musterscores. Das „traditionell/westliche“ Muster der Mädchen war positiv assoziiert mit der Energiedichte und dem Anteil von Gesamtfett, gesättigten und einfach ungesättigten Fettsäuren an der Energiezufuhr und negativ mit dem Anteil von Kohlenhydraten an der Energiezufuhr sowie der Nährstoffdichte für Vitamin A, C, E und Folat. Dieses Muster korrelierte aber auch negativ mit dem Anteil von Alkohol an der Energiezufuhr. Somit sind höhere Scores in diesem Muster überwiegend mit weniger wünschenswerten Aspekten bezüglich der Nährstoffzufuhr assoziiert.

Jungen mit einem höheren Scorewert für das „westliche“ Muster waren gegenüber denen mit niedrigeren Scorewerten im Mittel älter. Unter ihnen waren anteilmäßig mehr, die eine Real- oder Hauptschule und weniger, die ein Gymnasium besuchten. Außerdem hatten ihre Familien im Mittel einen niedrigeren SES und es fand seltener ein Frühstück mit anderen Familienmitgliedern statt. Jungen, die einen hohen Scorewert im „gesunden“ Muster aufwiesen, lebten anteilmäßig häufiger in großen Städten als diejenigen mit einem niedrigeren Scorewert. Ihre Familie erreichte im Mittel einen höheren Indexwert für die soziale Schicht. Der Anteil der Jungen, der ein Gymnasium besuchte, Supplemente einnahm, körperlich aktiver war und das Abendessen zusammen mit anderen Familienmitgliedern einnahm, war bei höherem Scorewert für das „gesunde“ Muster größer. Jungen mit einem höheren Scorewert im „traditionellen“ Muster waren im Mittel älter und lebten anteilmäßig häufiger in ländlicheren Gegenden. Diese Jugendlichen aßen seltener, als diejenigen mit einem niedrigen Scorewert, gemeinsam mit anderen Familienmitgliedern zu Abend und waren körperlich aktiver. Für Mädchen mit einem hohen Scorewert im „gesunden“ Muster war für keines der untersuchten Merkmale ein signifikanter Unterschied/Trend im Vergleich zu Mädchen mit einem niedrigeren Scorewert erkennbar. Weibliche Teilnehmer mit einem hohen Scorewert im „traditionellen/westlichen“ Muster waren im Mittel jünger und besuchten häufiger eine Real- oder Hauptschule und seltener ein Gymnasium als diejenigen mit einem niedrigeren Scorewert. Der Indexwert für die soziale Schicht der Familie war geringer bei höherem Scorewert für dieses Muster. Der Anteil derjenigen, die 3-4 Stunden und mehr pro Tag fernsehen war höher als bei Mädchen mit niedrigem Scorewert in diesem Muster. Ob die selbst eingeschätzten Kochfähigkeiten „sehr gut“/„gut“ oder „schlechter“ waren oder die Häufigkeit des Mittagessens in der Schule standen dagegen in keinem signifikanten Zusammenhang mit einem der Ernährungsmuster.

### **Fazit**

Bei 12-17-jährigen Jungen in Deutschland wurden drei bedeutende Ernährungsmuster ermittelt, bei Mädchen zwei. In Bezug auf die Nährstoffzufuhr eher ungünstigere Ernährungsmuster waren häufiger bei niedrigeren SES sowie bei 16- bis 17-Jährigen Jungen zu beobachten. Das „gesunde“ Ernährungsmuster bei männlichen Teilnehmern war dagegen häufiger in größeren Städten und bei

Gymnasiasten zu finden. Bei Jungen stand das „gesunde“ Ernährungsmuster im Zusammenhang mit einem häufigeren gemeinsamen Abendessen in der Familie. Darüber hinaus war bei Jungen, im Gegensatz zu Mädchen, gesündere Ernährung mit mehr körperlicher Aktivität assoziiert.

Im Rahmen von Präventionsmaßnahmen hinsichtlich einer gesunden Ernährung sollten somit Jugendliche mit niedrigem SES und an Real- und Hauptschulen sowie 16-17-jährige Jungen und Jungen in ländlichen Regionen fokussiert werden. Bei männlichen Jugendlichen wären mögliche Ansatzpunkte die Förderung von Familienmahlzeiten und körperlicher Aktivität.

### **4.3 Publikation III: Associations between dietary patterns and biomarkers of nutrient status and cardiovascular risk factors among adolescents in Germany**

Autoren: Almut Richter, Martina Rabenberg, Julia Truthmann, Christin Heidemann, Jutta Roosen, Silke Thiele, Gert B. M. Mensink

Zeitschrift: BMC Nutrition

Historie: zur Publikation angenommen am 19.12.2006,

veröffentlicht am 05.01.2017, DOI: 10.1186/s40795-016-0123-1

In einer repräsentativen Stichprobe deutscher Jugendlicher wurden Assoziationen zwischen Ernährungsmustern und gemessenen Gesundheitsparametern (Biomarkern) der Nährstoffversorgung und des kardiovaskulären Risikos ermittelt (Anhang 7). Es gab bisher weltweit nur wenige und für Deutschland noch keine Erkenntnisse darüber, inwieweit explorativ ermittelte Ernährungsmuster bereits in diesem jungen Lebensalter mit objektiv gemessenen Gesundheitsparametern im Zusammenhang stehen.

Grundlage für die Analysen war die deutschlandweite, repräsentative KiGGS Basis-Erhebung (Kinder- und Jugendgesundheitsurvey, 2003-2006), in der die Ernährung von 12-17-Jährigen (2646 Jungen und 2551 Mädchen) mit einem Food Frequency Questionnaire erfasst wurde. Außerdem wurden in KiGGS Basis Blutproben gewonnen und auf eine Vielzahl biochemischer Marker des Ernährungs- und Gesundheitsstatus untersucht. Zusätzlich wurden in KiGGS Basis noch weitere Gesundheitsparameter gemessen, wie der systolische und diastolische Blutdruck sowie Größe und Gewicht. In einem ärztlichen Interview wurden bestehende Erkrankungen und im Arzneimittelinterview die Einnahme von Medikamenten und Nährstoffsupplementen erfragt. Aufgrund dieser Angaben erfolgte ein Ausschluss einiger KiGGS-Teilnehmer bei den Analysen wegen Vorerkrankungen, der Einnahme von Medikamenten oder Nährstoffsupplementen.

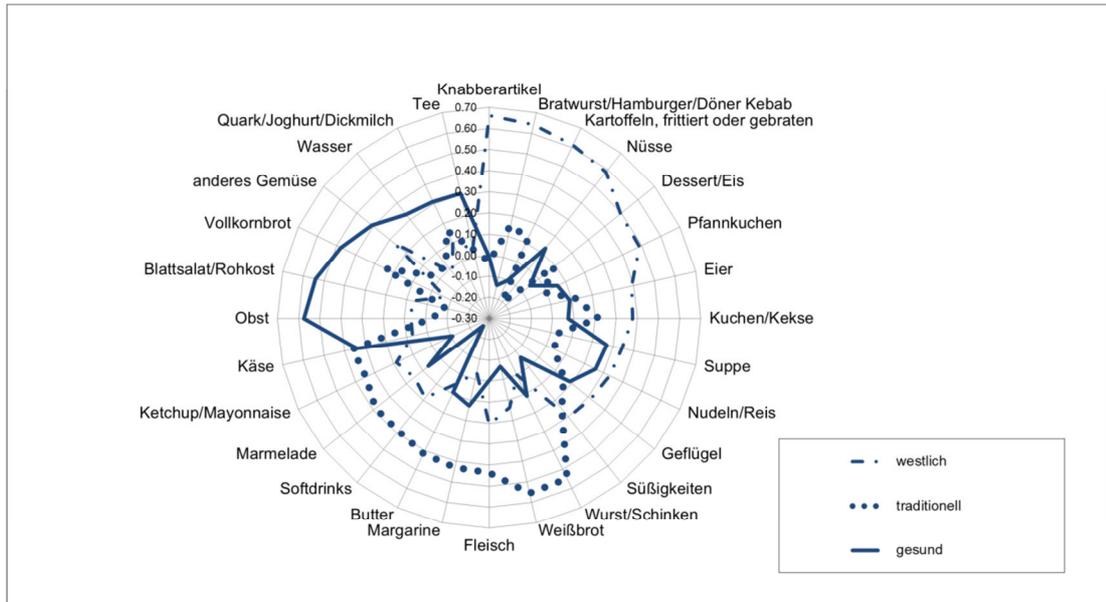
Mittels Hauptkomponentenanalyse wurden die bedeutendsten Ernährungsmuster ermittelt. Als Marker der Nährstoffversorgung wurden Folat, Vitamin B12 und Eisen betrachtet. Die untersuchten Biomarker für die kardiovaskuläre Gesundheit beinhalteten im Blutserum gemessene Blutfette (HDL, LDL und Gesamt-

Cholesterin), HbA1c, Harnsäure und Homocystein sowie den diastolischen und systolischen Blutdruck. Assoziationen der gefundenen Ernährungsmuster mit den Biomarkern wurden mit linearen Regressionsmodellen unter Berücksichtigung von Confoundern analysiert. Um den Einfluss der Adjustierung zu ermitteln, wurde im ersten Schritt nur für Alter adjustiert. Im zweiten Schritt wurden zusätzlich körperliche Aktivität, Rauchen, Alkoholkonsum sowie Gesamtkalorienzufuhr und, im Zusammenhang mit Blutdruck und Blutfetten, zusätzlich BMI als Confounder berücksichtigt.

Es wurden drei bedeutende Ernährungsmuster bei Jungen (Abb. 8) und zwei bei Mädchen (Abb. 9) ermittelt. Das „westliche“ Ernährungsmuster der Jungen war gekennzeichnet durch hohe Faktorladungen für Knabberartikel, Hamburger/Bratwurst/Döner Kebab, Pommes frites, Nüsse, Dessert/Eis und Pfannkuchen. Das zweite Muster der Jungen wies hohe Faktorladungen auf für Weißbrot, Wurst, anderes Fleisch, Margarine und Butter auf. Es wurde als „traditionelles“ Muster bezeichnet, da es Aspekte einer traditionellen deutschen Ernährungsweise aufweist. Bei Jungen wurde das dritte Muster als „gesundes“ Muster bezeichnet. Es war gekennzeichnet durch hohe Faktorladungen für Obst, Salat, Vollkornbrot und anderes Gemüse.

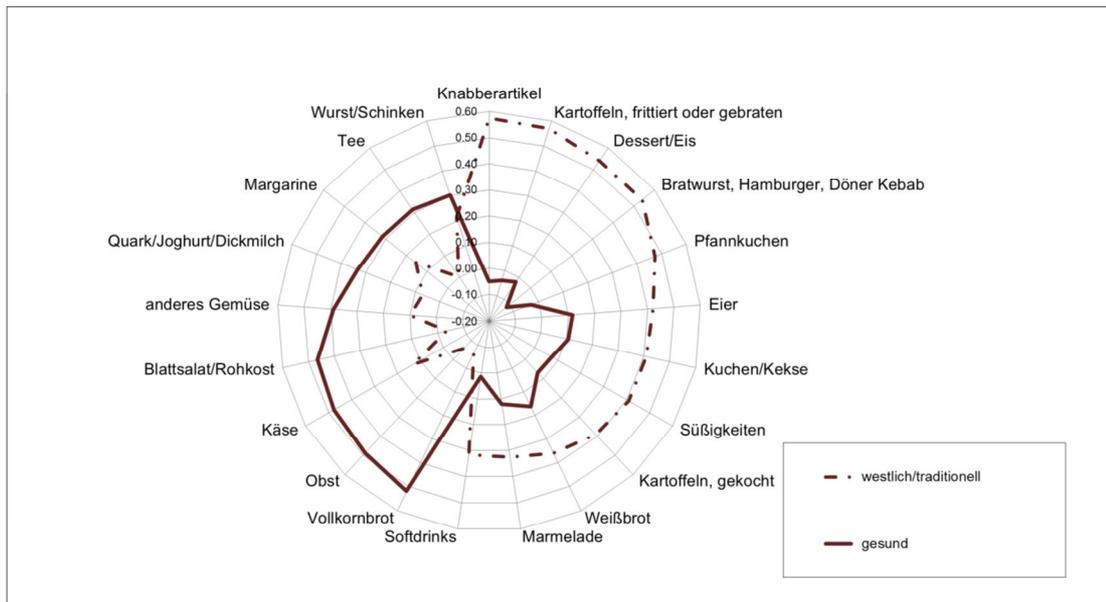
Bei Mädchen war das erste Ernährungsmuster gekennzeichnet durch hohe Faktorladungen für Knabbergebäck, Hamburger/Bratwürste/Döner Kebab, Pommes frites, Dessert/Eis, Pfannkuchen, Eier, Kuchen/Kekse und somit ähnlich zum „westlichen“ Muster der Jungen. Gleichzeitig wies es aber auch hohe Faktorladungen für Süßigkeiten, Kartoffeln und Weißbrot auf und wurde deshalb „westlich/traditionell“ genannt. Bei Mädchen gab es ebenfalls ein „gesundes“ Muster das durch Vollkornbrot, Obst, Käse und Salat charakterisiert war.

Serumfolat war negativ assoziiert mit dem „traditionellen“ Muster der Jungen und dem „westlich/traditionellen“ Muster der Mädchen sowie positiv assoziiert mit den „gesunden“ Mustern beider Geschlechter. Die Ferritin-Konzentration im Serum und der diastolische Blutdruck waren negativ assoziiert mit dem „westlichen“ Muster. Vitamin B12 war positiv assoziiert mit dem „gesunden“ Muster der Mädchen. Dagegen war die Serum-Homocystein-Konzentration negativ mit dem „gesunden“ Muster beider Geschlechter und positiv mit dem „westlich/traditionellen“ Muster der Mädchen assoziiert.



**Abb. 8:** Ernährungsmuster der 12-17-jährigen Jungen, Datengrundlage: FFQ (KiGGS Basis, 2003-2006)

Quelle: eigene Analysen



**Abb. 9:** Ernährungsmuster der 12-17-jährigen Mädchen, Datengrundlage: FFQ (KiGGS Basis, 2003-2006)

Quelle: eigene Analysen

**Fazit**

Es gibt Assoziationen zwischen den für deutsche Jugendliche gefundenen Ernährungsmustern und Biomarkern. Diese sind am deutlichsten ausgeprägt für die Marker der Nährstoffversorgung (Folat, Vitamin B12 und Ferritin im Serum). Zusätzlich gibt es Assoziationen zu der als kardiovaskulären Risikofaktor diskutierten Homocystein-Serumkonzentration. Jugendliche mit höheren Musterscores in den „gesunden“ Mustern haben mit einer besseren Nährstoffversorgung und einer geringeren Homocystein-Konzentration ein günstigeres Biomarkerprofil. Deshalb sollten diese Ernährungsmuster möglichst frühzeitig im Leben gefördert werden.

#### 4.4 Ernährungsmuster und das Erreichen von Verzehrsempfehlungen

Für Kinder und Jugendliche gibt es alters- und geschlechtsspezifische Empfehlungen bezüglich des Lebensmittelverzehr, herausgegeben vom Forschungsinstitut für Kinderernährung in Dortmund (optiMIX®) (Forschungsinstitut für Kinderernährung, 2005). Es sollte beschrieben werden, in wieweit die gefundenen Ernährungsmuster (Kapitel 4.2) zum Erreichen dieser Empfehlungen beitragen. Dazu wurde der erreichte Anteil der Empfehlung je Quartil des jeweiligen Ernährungsmusters für ausgewählte Lebensmittelgruppen ermittelt (Tab. 8).

Das „gesunde“ Ernährungsmuster war positiv mit dem erreichten Anteil der Empfehlung für den Obst- und Gemüseverzehr assoziiert. Mit den „gesunden“ Ernährungsmustern wurde im 4. Musterquartil die empfohlene Verzehrsmenge für Obst und Gemüse im Mittel zu 134 % bei Jungen bzw. 149 % bei Mädchen erreicht. Damit entsprach dieses Muster am ehesten der Empfehlung. Im „westlichen“ Ernährungsmuster nahm dagegen der erreichte Anteil der Empfehlung mit höherem Musterquartil ab. Im 4. Quartil wurden im Mittel nur 81 % der empfohlenen Obst- und Gemüsemenge verzehrt.

Obwohl alle untersuchten Ernährungsmuster positiv mit dem Verzehr von kohlenhydratreichen Lebensmitteln assoziiert waren, wurde dennoch die Empfehlung für den Verzehr von kohlenhydratreichen Lebensmitteln mit keinem der Muster im 4. Quartil erreicht und lag jeweils zwischen 71 und 80 %.

Der erreichte Anteil der empfohlenen Verzehrsmenge für Fleisch und Wurst war höher bei höheren Musterquartilen, außer beim „gesunden“ Muster der Mädchen. Insgesamt wurden im 4. Quartil die Verzehrsempfehlungen deutlich überschritten, am deutlichsten im „traditionellen“ Muster mit nahezu der dreifachen Menge der Empfehlung, am geringsten im „gesunden“ Muster der Mädchen, wo im Mittel etwa das 1,5-fache der empfohlenen Menge verzehrt wurde.

Der erreichte Anteil der geduldeten Verzehrsmenge bezüglich „Süßigkeiten, Knabberartikel und Softdrinks“ war positiv assoziiert mit dem „westlichen“, dem „traditionellen“ und dem „traditionell/westlichen“ Ernährungsmuster. Bei den „gesunden“ Mustern gab es dagegen keine signifikante Assoziation. Mit allen

Ernährungsmustern wurde im 4. Quartil die Empfehlung deutlich überschritten, mit dem „gesunden“ Mustern jedoch weniger stark als mit den anderen Mustern.

**Tab. 8:** Erreichter Anteil der Verzehrsempfehlungen gemäß optiMIX® in Prozent, Datengrundlage: DISHES-Daten (EsKiMo I, 2006)

Jungen	westliches Ernährungsmuster					gesundes Ernährungsmuster				
	Quartile	Q1	Q2	Q3	Q4	p for Trend	Q1	Q2	Q3	Q4
Obst und Gemüse	97	83	77	81	<b>0,0294</b>	50	68	86	134	<b>&lt;,0001</b>
kohlenhydratreiche Lebensmittel	64	57	61	76	<b>0,0002</b>	56	58	66	79	<b>&lt;,0001</b>
Fleisch, Wurst	167	183	207	285	<b>&lt;,0001</b>	196	190	219	255	<b>&lt;,0001</b>
Süßigkeiten, Knabberartikel, Softdrinks	163	230	273	353	<b>&lt;,0001</b>	299	228	242	274	0,3494

Jungen	traditionelles Ernährungsmuster				
	Quartile	Q1	Q2	Q3	Q4
Obst und Gemüse	82	80	87	88	0,2659
kohlenhydratreiche Lebensmittel	57	59	67	80	<b>&lt;,0001</b>
Fleisch, Wurst	156	184	237	296	<b>&lt;,0001</b>
Süßigkeiten, Knabberartikel, Softdrinks	220	242	270	323	<b>&lt;,0001</b>

Mädchen	gesundes Ernährungsmuster					westlich/traditionelles Ernährungsmuster				
	Quartile	Q1	Q2	Q3	Q4	p for Trend	Q1	Q2	Q3	Q4
Obst und Gemüse	67	85	109	149	<b>&lt;,0001</b>	112	101	93	106	0,2867
kohlenhydratreiche Lebensmittel	50	55	64	71	<b>&lt;,0001</b>	48	54	62	78	<b>&lt;,0001</b>
Fleisch, Wurst	136	136	122	158	0,112	85	107	139	230	<b>&lt;,0001</b>
Süßigkeiten, Knabberartikel, Softdrinks	237	204	202	216	0,286	113	181	234	345	<b>&lt;,0001</b>

Quelle: eigene Analysen

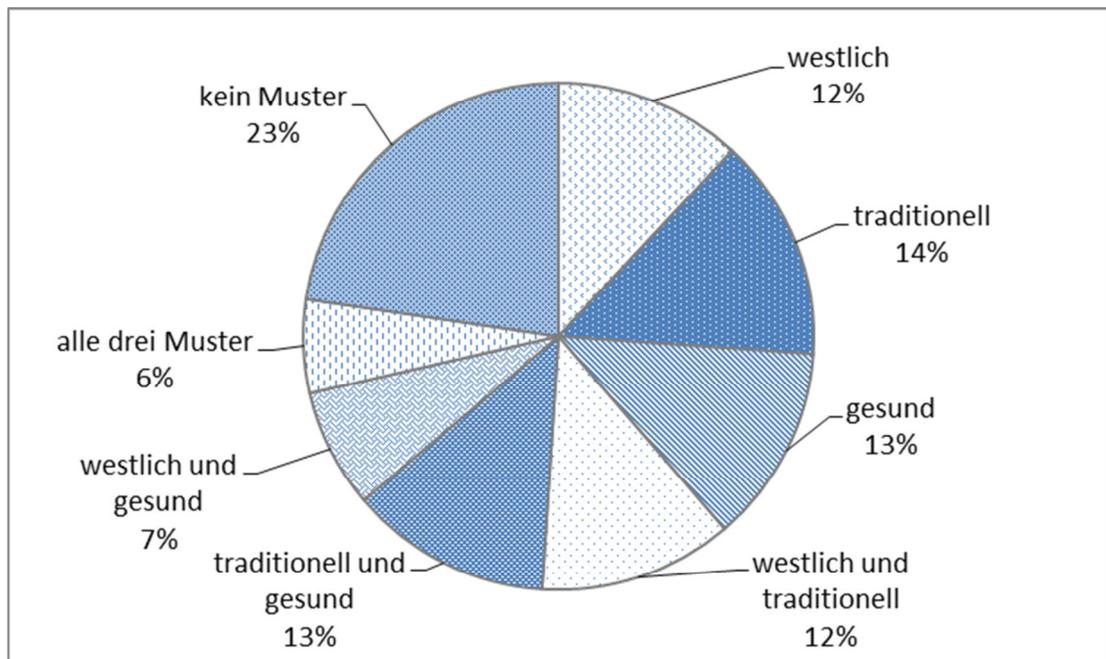
**Fazit**

Die gesunden Ernährungsmuster entsprachen am ehesten den Verzehrsempfehlungen gemäß der optimierten Mischkost (optiMIX®) für Jugendliche. Das galt vor allem für den Obst- und Gemüseverzehr. Der insgesamt sehr hohe Süßigkeiten- sowie Fleisch- und Wurstkonsum in dieser Bevölkerungsgruppe wurde jedoch auch von den Jugendlichen mit hohen Scorewerten im gesunden Muster überschritten, wenn auch weniger stark als bei anderen Ernährungsmustern. Der zu geringe Verzehr von kohlenhydratreichen Lebensmitteln der meisten Jugendlichen unterschied sich dagegen kaum zwischen den Ernährungsmustern.

#### 4.5 Zugehörigkeit der Jugendlichen zu einem oder mehreren Ernährungsmustern

Eine Eigenschaft der Hauptkomponentenanalyse ist, dass jeder Studienteilnehmer einen Musterscore für jedes Muster zugeordnet bekommt. Das bedeutet, dass eine Person sowohl einen hohen Score in Muster A und gleichzeitig einen hohen Score in Muster B haben kann, wenn sie entsprechend aus beiden Mustern die prägenden Lebensmittel in hohen Mengen zu sich nimmt. Begrenzt wird diese Kombinationsmöglichkeit mehrerer Muster durch die biologisch bedingte Obergrenze der Gesamtverzehrmenge. Somit gehören die Jugendlichen in unterschiedlich starkem Maß jeweils jedem Muster an.

Die Zugehörigkeit einer Person zu ausschließlich einem oder zu einer Kombination aus mehreren Mustern kann dargestellt werden, indem diejenigen mit einem Scorewert von  $> 0$  als zugehörig und die mit einem Scorewert von  $\leq 0$  als nicht zugehörig angenommen werden. Grundlage für diese Analysen bildeten die mit den DISHES-Daten ermittelten Ernährungsmuster (Kapitel 4.2).

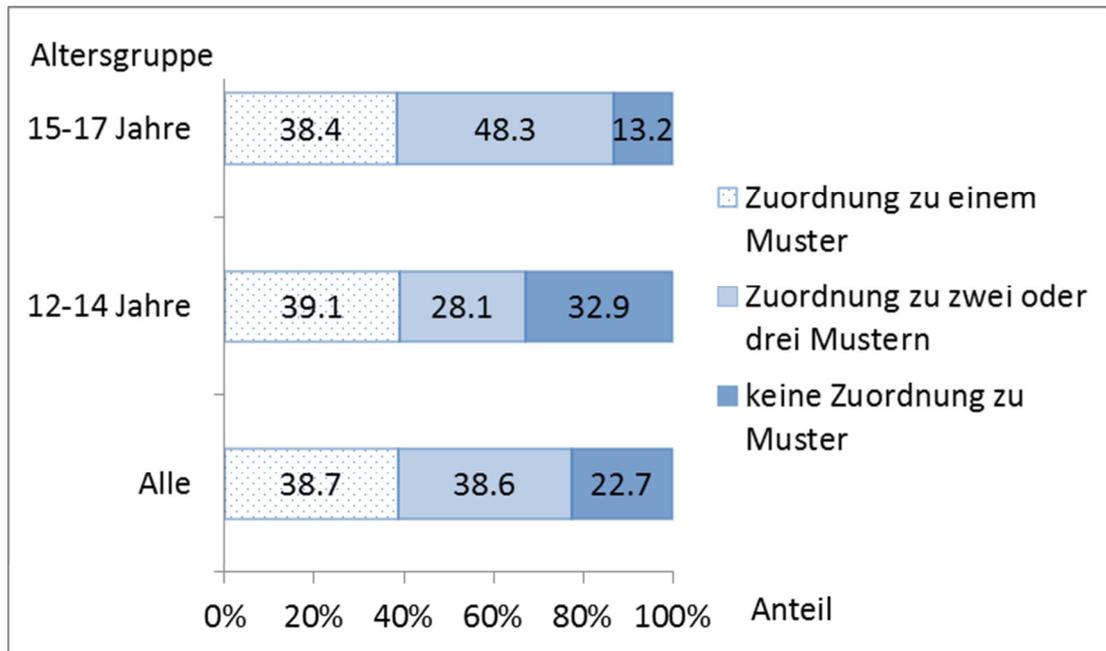


**Abb. 10:** Zuordnung der Jungen zu den Ernährungsmustern, Anteil in Prozent

Quelle: eigene Analysen

Von den Jungen gehörten 14 % ausschließlich zum „traditionellen“ Ernährungsmuster. Weitere 13 % gehörten ausschließlich zum gesunden Muster und 12 % zum westlichen Muster. Zusammenfassend waren insgesamt rund 40 % der

Jungen ausschließlich einem der drei Ernährungsmuster zuzuordnen (Abb. 10). Weitere 40 % der Jungen ernährten sich gemäß einer Kombination aus zwei oder drei Ernährungsmustern. Rund jeder fünfte Junge gehörte keinem der Muster mit einem Score  $> 0$  an. Dieser Anteil Jungen betrug bei 12-14-Jährigen 33 %, bei 15-17-Jährigen nur 13 % (Abb. 11).



**Abb. 11:** Zuordnung der Jungen zu den Ernährungsmustern nach Altersgruppen, Anteil in Prozent

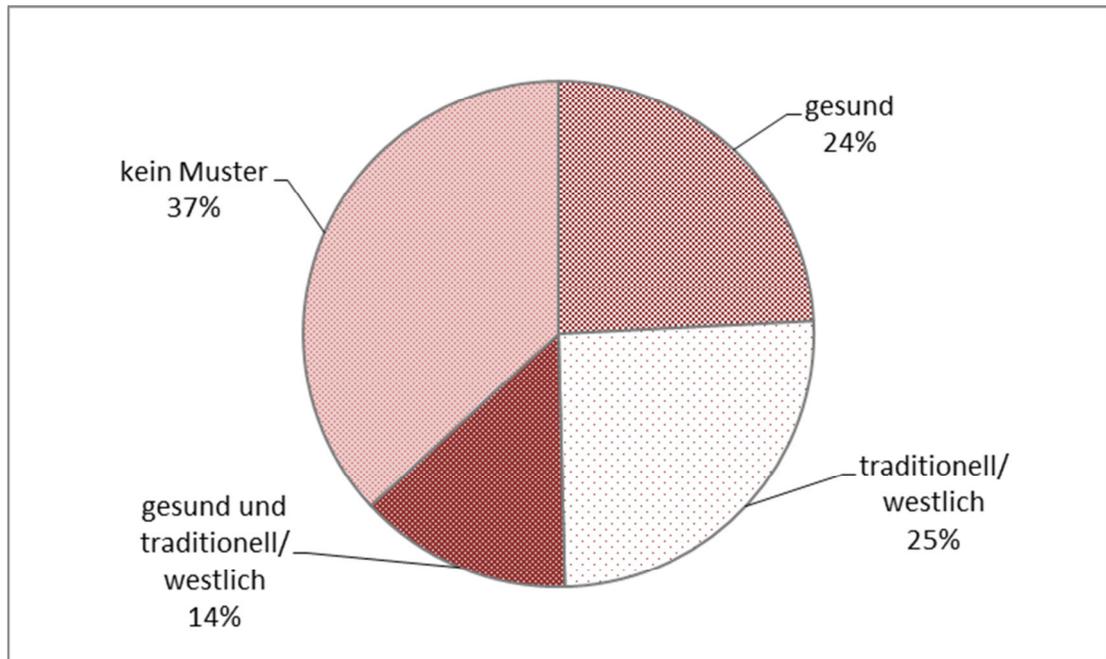
Quelle: eigene Analysen

Ein Viertel der Mädchen ernährte sich entsprechend des „traditionell/westlichen“ Musters, fast ein weiteres Viertel (24 %) nach dem „gesunden Muster“. Somit konnte rund die Hälfte der Mädchen ausschließlich einem der zwei Ernährungsmuster zugeordnet werden (Abb. 12). Weitere 14 % gehörten zu beiden Ernährungsmustern. Mit 37 % konnten deutlich mehr Mädchen als Jungen keinem der untersuchten Ernährungsmuster zugeordnet werden. Der Unterschied zwischen den zwei Altersgruppen ist bei Mädchen dagegen deutlich geringer als bei Jungen (Abb. 13).

### Fazit

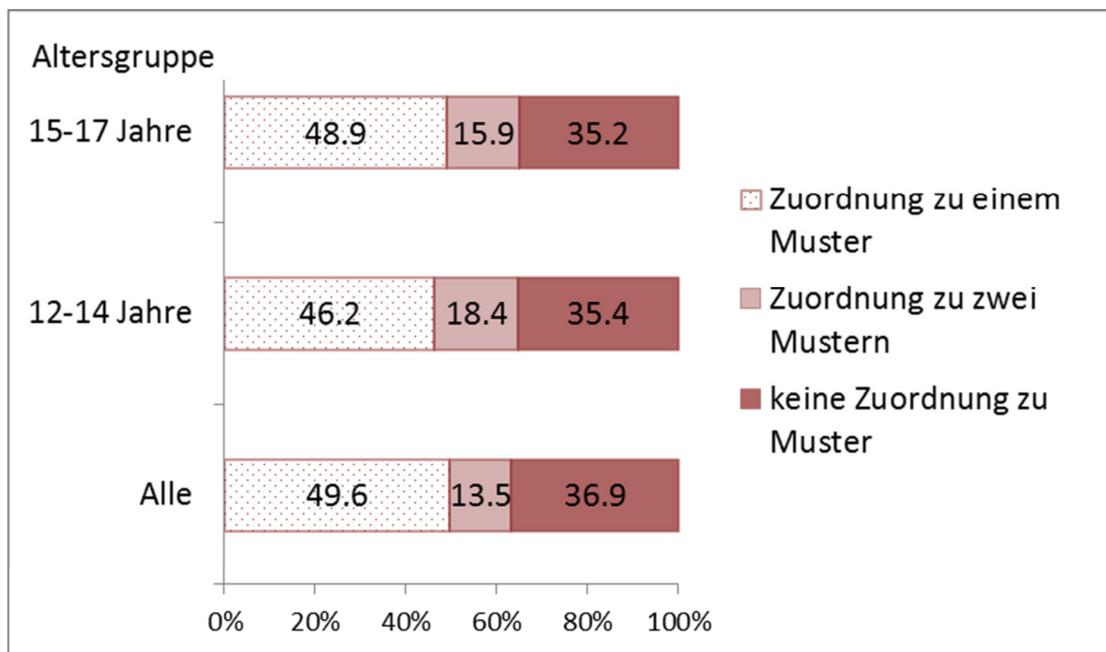
Rund 40 % der Jungen und 50 % der Mädchen wurden einem der untersuchten Ernährungsmuster zugeordnet. Weitere rund 40 % der Jungen und 14 % der Mädchen ernährten sich entsprechend einer Kombination aus zwei oder drei

Mustern. Bei Jungen konnten 23 % keinem der Muster mit einem Score  $> 0$  zugeordnet werden, bei Mädchen traf das dagegen sogar auf 37 % zu.



**Abb. 12:** Zuordnung der Mädchen zu den Ernährungsmustern, Anteil in Prozent

Quelle: eigene Analysen



**Abb. 13:** Zuordnung der Mädchen zu den Ernährungsmustern nach Altersgruppen, Anteil in Prozent

Quelle: eigene Analysen

## 5 Diskussion

### 5.1 Interpretation der Ergebnisse

Auf der Grundlage von repräsentativen Verzehrdaten des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS Basis) wurden mittels Hauptkomponentenanalyse die wichtigsten Ernährungsmuster bei deutschen Jugendlichen im Alter von 12 bis 17 Jahren, getrennt nach dem Geschlecht, ermittelt. Zunächst wurde dazu der eingesetzte Verzehrshäufigkeitsfragebogen (FFQ) einer relativen Validierung unterzogen. Demnach ist der FFQ geeignet, um repräsentative Verzehrdaten in Bevölkerungsgruppen zu erheben und die Studienteilnehmer bezüglich ihres Lebensmittelverzehr zu vergleichen.

Das „westliche“ Ernährungsmuster der Jungen war gekennzeichnet durch Knabberartikel, Döner Kebab, Hamburger, Pommes Frites, Süßigkeiten und Nudeln. Diese Ernährungsweise war assoziiert mit einer geringeren Nährstoffdichte, insbesondere für Ballaststoffe, Beta-Carotin, Eisen und Calcium sowie einem geringerem Serum-Ferritin-Spiegel und diastolischen Blutdruck. Ein Ernährungsmuster mit Weißbrot, Wurst, Fleisch, Margarine und Käse wurde als „traditionelles“ Ernährungsmuster bezeichnet. Jungen, die sich stark entsprechend dieses Musters ernährten, wiesen eine höhere Nährstoffdichte für Vitamin B12 und D auf, einer geringere Nährstoffdichte für Ballaststoffe, Magnesium und Eisen sowie einer geringere Serum-Folat-Konzentration. Ein „gesundes“ Ernährungsmuster bei Jungen und Mädchen war charakterisiert durch Obst, Salat und anderes Gemüse, bei Mädchen zusätzlich durch Wasser. Bei beiden Geschlechtern war dieses Muster mit einer höheren Nährstoffdichte für eine Vielzahl Vitamine und Mineralstoffe sowie einer höheren Serumfolat- und einer geringeren Serumhomocystein-Konzentration assoziiert, bei Mädchen zusätzlich mit einer höheren Vitamin B12-Serumkonzentration. Das „westlich/traditionelle“ Ernährungsmuster der Mädchen war gekennzeichnet durch Pommes Frites, Bratwurst, Süßigkeiten, Kartoffeln, Kuchen/Kekse, Weißbrot und Softdrinks. Mädchen, die sich stark entsprechend dieses Musters ernährten, hatten einer geringere Nährstoffdichte für Vitamin A, C, E und Folat sowie eine geringere Serum-Folat- und eine höhere Serum-Homocystein-Konzentration.

Das „westliche“ und „westlich/traditionelle“ Ernährungsmuster ist wegen seiner geringeren Nährstoffdichte, höheren Energiedichte sowie ungünstigerem Biomarkerprofil (mit Ausnahme des etwas geringeren diastolischen Blutdrucks bei höheren Scores des „westlichen“ Musters) weniger wünschenswert. Diese Muster waren häufiger bei Jugendlichen mit geringerem SES und bei älteren Jungen sowie bei jüngeren Mädchen zu finden. Außerdem ernährten sich mehr Schüler in Haupt- und Realschulen als Gymnasiasten entsprechend dieser Muster. Bei Jungen war dieses Muster mit einem selteneren Familienfrühstück, bei Mädchen mit einer höheren Fernsehdauer assoziiert.

Die eher „traditionelle“ Ernährung war häufiger in ländlichen Gebieten bei älteren Jungen verbreitet. Sie war mit einem selteneren Familienabendbrot und höherer körperlicher Aktivität verbunden. Dieses Muster birgt hinsichtlich der Nährstoffversorgung sowohl positive als auch negative Aspekte. Positiv ist außerdem die höhere körperliche Aktivität. Die „gesunden“ Ernährungsmuster waren mit einem insgesamt günstigeren Biomarker-Profil und einer höheren Nährstoffdichte assoziiert und entsprechen am ehesten den Empfehlungen für den Lebensmittelverzehr in dieser Altersgruppe. Bei Jungen war dieses Muster mit einem höheren sozioökonomischen Status, häufigeren Besuch eines Gymnasiums statt einer Haupt- oder Realschule, höherer körperlicher Aktivität und häufigeren Familienabendbrot verbunden. Bei Mädchen gab es keine derartigen Zusammenhänge.

### **5.1.1 Ernährungsmuster**

Auch in anderen Ländern wurde meistens, wie auch in Deutschland, ein als gesund eingestuftes Ernährungsmuster (healthy, health-conscious, prudent, vegetarian/healthy, fruit, vegetable) gefunden. Dieses Muster wies hohe Korrelationen zu den pflanzlichen Lebensmitteln Obst und/oder Gemüse auf. Darüber hinaus waren häufig Muster zu finden, die als „westlich“, „Fast Food“ oder „Junk Food“ bezeichnet wurden. Das für deutsche Jugendliche gefundene „westliche“ Muster war relativ ähnlich zum „Junk/Convenient“ Muster von Schülern in Norwegen (Pommes Frites in Fast Food Restaurants, Hamburger/Kebab, Pommes Frites beim Dinner, Plätzchen/Kekse/Cracker, Wurst/Hot Dog, Pizza, Waffeln, Süßigkeiten, Knabbergebäck, Weißbrot, Eiscreme, Wurst zum Dinner, Pfannkuchen) (Oellingrath et al., 2011). Der in dieser Studie eingesetzte FFQ fragte ähnliche

Lebensmittelgruppen ab wie der KiGGS Basis-FFQ, sodass durch die ähnlichen Erhebungsmethoden die Ergebnisse besser vergleichbar waren. Da in Norwegen bei einzelnen Lebensmitteln auch nach dem Ort des Verzehrs (z. B. Fast Food Restaurant) und nach dem Verzehrzeitpunkt (z. B. zwischen den Mahlzeiten) gefragt wurde, war eine detaillierte Charakterisierung des Verzehrsmusters (Convenient) möglich, die mit dem KiGGS Basis-FFQ nicht möglich war. Auch ein „Snacking“ Muster, wie in Norwegen, konnte nicht identifiziert werden, da in KiGGS Angaben zum Verzehrzeitpunkt nicht erhoben worden.

Weiterhin bestand eine gewisse Ähnlichkeit des „westlichen“ Musters zu dem „westlichen“ Muster einer amerikanischen Kohortenstudie mit Hamburgern, Pommes frites, frittierten Lebensmitteln und Softdrinks (Cutler et al., 2009) und dem „westlichen“ Muster von Schülern in Seoul, Korea mit Softdrinks, Pommes Frites, Hamburger, Gebäck/Kekse, Pizza (Shin et al., 2013). Insgesamt überwogen jedoch die Unterschiede zwischen den Studienergebnissen; auch bei gleichlautenden Musterbezeichnungen. So war z. B. das „westliche“ Muster auf den Balearen und in Brasilien hoch korreliert mit Milchprodukten (Bibiloni et al., 2012; Pinho et al., 2014; Rodrigues et al., 2012), wohingegen Milchprodukte keine Rolle im „westlichen“ Muster der Jugendlichen in Deutschland spielten. In Mexiko wies das als „westlich“ bezeichnete Muster auch hohe Korrelationen zu Maistortillas auf (Romero-Polvo et al., 2012). In einer australischen Kohortenstudie waren im „westlichen“ Muster auch Weißmehlprodukte und Wurst von großer Bedeutung (Ambrosini et al., 2010a). Diese Lebensmittelgruppen wurden in der vorliegenden Studie dem „traditionellen“ bzw. „traditionell/westlichen“ Muster zugeordnet.

Unterschiede in den Ernährungsmustern spiegeln die unterschiedlichen, kulturell bedingten Ernährungsweisen wider. Auch bei der Interpretation der Muster gibt es regionale Unterschiede. Das ist beim „traditionellen“ Muster eines Landes am prägnantesten. Aber auch die Interpretation, was ein „westliches“ Muster ausmacht, ist somit verschieden. Darüber hinaus sind Unterschiede zwischen den Studienergebnissen auch begründet in unterschiedlichen Erhebungsmethoden und Analysestrategien (siehe dazu unter Kapitel 5.2.2).

### 5.1.2 Determinanten der Ernährungsmuster

Mittels Ernährungsmustern können Bevölkerungsgruppen, die sich bezüglich einer Reihe von Lebensmittel in einer bestimmten Weise ernähren, beschrieben werden.

In beiden Ernährungsmusteranalysen wurde ein Zusammenhang zwischen den Mustern und Alter ermittelt. Jungen mit höheren Scores in weniger wünschenswerten Mustern waren älter. Da es sich um eine Querschnittstudie handelt, können Veränderungen im zeitlichen Verlauf nicht ermittelt werden. Jedoch scheint es, dass Jungen ihr Ernährungsverhalten während der Jugendzeit in Richtung weniger wünschenswerter Ernährungsmuster verändern. Bei Mädchen scheint das Gegenteil der Fall zu sein. Mädchen mit höheren Scores im „gesunden“ Muster waren älter. Die größere Bedeutung von ungesünderen Ernährungsmustern bei älteren Jugendlichen, wie für deutsche männliche Jugendliche beobachtet, wurde ebenfalls in Griechenland (Kourlaba et al., 2009) ermittelt. Gesündere Ernährungsmuster bei jüngeren Jugendlichen wurden ebenfalls in Australien (McNaughton et al., 2008) und Griechenland (Kourlaba et al., 2009) festgestellt. Eine Ausnahme dazu stellt Brasilien dar, wo das westliche Muster vor allem bei unter 15-jährigen vorkam (Rodrigues et al., 2012).

Nahezu eindeutig ist die Studienlage bezüglich des Zusammenhangs von höherer Bildung, höherem Einkommen und höherem Sozialstatus mit gesünderen Ernährungsmustern (Aranceta et al., 2003; Bibiloni et al., 2012; Craig et al., 2010; Cutler et al., 2009). Dagegen waren ein geringes Einkommen oder ein geringer Sozialstatus mit dem „westlichen“ oder „Fast Food“ Muster assoziiert (Bibiloni et al., 2012; Cutler et al., 2009). Gegensätzliche Ergebnisse wurden nur für Brasilien ermittelt. Dort war ein höherer Sozialstatus oder ein höheres Familieneinkommen mit dem „westlichen“ oder „Junk Food“ Muster assoziiert, da in Brasilien dieser Ernährungsstil eher nur für wohlhabende Bevölkerungsteile möglich ist (Pinho et al., 2014; Rodrigues et al., 2012). Auch in der vorliegenden Arbeit für deutsche Jugendliche wurde ein Zusammenhang zwischen dem „westlichen“ und „traditionell/westlichen“ Muster und einem niedrigeren Sozialstatus und zwischen dem „gesunden“ Muster (nur bei Jungen) und einem höherem Sozialstatus ermittelt. Bei Mädchen gab es dagegen diesen Zusammenhang zwischen dem „gesunden“ Muster und soziodemographischen Status nicht. Die Analyse des Sozialstatus beantwortet die Frage nicht, welcher Aspekt (Bildung, Einkommen, beruflicher

Status) mit einem gesünderen Ernährungsmuster verbunden ist oder ob alles gleich wichtig ist.

Das häufigere Auftreten eines traditionellen Musters in ländlichen Regionen wurde ähnlich wie in Deutschland auch in Finnland beobachtet (Mikkilä et al., 2007). Anders als in Australien, wo das „vegetable pattern“ mit ländlichen Regionen assoziiert war, war das gesunde Muster bei Jungen in Deutschland häufiger in größeren Städten zu finden. Ein häufigeres Auftreten des „westlichen“ Musters in größeren Städten, wie es wegen der dort vorhandenen leichteren Verfügbarkeit von Fast Food zu vermuten wäre, wurde dagegen für deutsche Jugendliche nicht beobachtet.

Ein Zusammenhang zwischen einem aktiveren Lebensstil mit gesünderen Ernährungsmustern wurde bereits in mehreren Studien beschrieben (Ambrosini et al., 2009b; Bibiloni et al., 2012; Craig et al., 2010; Kourlaba et al., 2009; Rodrigues et al., 2012; Romero-Polvo et al., 2012). Auch bei deutschen Jungen waren das „gesunde“ und das „traditionelle“ Muster mit einer höheren körperlichen Aktivität assoziiert. Bei Mädchen bestand kein Zusammenhang zwischen dem Ernährungsmuster und der körperlichen Aktivität. Es war jedoch bei Mädchen ein positiver Zusammenhang zwischen dem „traditionell/westlichen“ Muster und der Fernsehdauer zu beobachten.

Bei deutschen Jungen war bei höherem Musterscores im gesunden Muster der Anteil Supplementnehmer höher. Auch bei den Mädchen war eine solche Tendenz erkennbar (nicht signifikant). In Japan (Okubo et al., 2008) und Finnland (Mikkilä et al., 2005) wurde ebenfalls ein höherer Anteil an Supplementnehmern bei höherem Musterscore im gesunden Muster beobachtet. Beim traditionellen finnischen Ernährungsmuster war dagegen der Anteil Supplementnehmer geringer (Mikkilä et al., 2005).

In Deutschland wurden Zusammenhänge zwischen gemeinsamen Familienmahlzeiten und Ernährungsmustern für Jungen ermittelt. Das Familienfrühstück war negativ assoziiert mit dem „westlichen“ Ernährungsmuster, wohingegen das Abendbrot positiv assoziiert war mit dem „gesunden“ und negativ mit dem „traditionellen“ Muster. Möglicherweise wirken sich gemeinsame Familienmahlzeiten günstig auf die Häufigkeit gesunder Ernährungsmuster bei

Jungen aus. Bei Mädchen gab es keine derartigen Zusammenhänge. Auch Studien in anderen Ländern kamen zu dem Ergebnis, dass Familienmahlzeiten mit einer qualitativ besseren Ernährung assoziiert sind, sowohl bezüglich Ernährungsmuster (Cutler et al., 2011; McNaughton et al., 2008), als auch allgemein (Larson et al., 2007). Jedoch wurden in diesen Studien Geschlechtsunterschiede nicht näher untersucht.

In der vorliegenden Studie wurde kein Zusammenhang zwischen Ernährungsmustern und dem Verzehr einer Mittagsmahlzeit in der Schule oder den Kochfähigkeiten der Jugendlichen festgestellt. Zu vermuten wäre, dass die Kochfähigkeiten spätestens mit dem Auszug aus dem Elternhaus an Bedeutung für die Ernährungsgewohnheiten gewinnen. Bei Jugendlichen in Neuseeland waren bessere Kochkenntnisse mit einem höheren Verzehr von Obst und Gemüse, häufigeren gemeinsamen Familienmahlzeiten und seltenerem Fast Food-Konsum verbunden (Utter et al., 2015).

### **5.1.3 Zusammenhang zwischen Ernährungsmustern und der Nährstoffversorgung**

Die Ernährungsmuster tragen unterschiedlich gut zur Nährstoffversorgung bei.

Bezüglich der Folatversorgung wurde sowohl die Zufuhr in Form der Folatdichte ( $\mu\text{g}/\text{MJ}$ ) sowie die Versorgung in Form der Serumkonzentration ( $\text{ng}/\text{ml}$ ) betrachtet. Biomarker haben dabei den Vorteil, dass diese unabhängig von den Verzehrdaten ermittelt wurden. Die Ergebnisse beider Analysen weisen in die gleiche Richtung: die „gesunden“ Muster sind mit einer besseren Folatversorgung assoziiert, wohingegen das „westliche“ und „traditionell/westliche“ mit einer geringeren Nährstoffdichte und das „traditionelle“ und „westlich/traditionelle“ mit einer geringeren Serumkonzentration assoziiert sind. Das ist biologisch plausibel, da die „gesunden“ Muster durch hohe Verzehrsmengen an Obst, Gemüse und Getreideprodukte (z. B. angereicherte Frühstückscerealien) gekennzeichnet sind. In allen Musterquintilen wird im Mittel eine Serumfolatkonzentration von mindestens 7  $\text{ng}/\text{ml}$  erreicht. Bei einer Konzentration von unter 3,089  $\text{ng}/\text{ml}$  (entspricht 7  $\text{nmol}/\text{l}$ ) wird von einem Folatmangel ausgegangen (Deutsche Gesellschaft für Ernährung et al., 2015). Somit ist die Folatversorgung im Mittel, unabhängig vom Ernährungsmuster, als ausreichend zu beurteilen.

Obwohl das „westliche“, „traditionelle“ und „traditionell/westliche“ Ernährungsmuster charakterisiert sind durch den Verzehr von eisenreichen Lebensmitteln wie Fleisch und Wurst, ist die Eisendichte bei höheren Scores in diesen Mustern geringer. Ein Grund dafür ist, dass die wichtigsten Eisenquellen für Jugendliche in Deutschland Brot, Obstsaft, Gemüse, Obst und Frühstückscerealien sind (Mensink et al., 2007b). Dementsprechend ist die Eisendichte bei höheren Scores in den „gesunden“ Mustern höher. Bei der Betrachtung von Zufuhrwerten unberücksichtigt ist jedoch die höhere Absorptionsrate von Eisen aus tierischen Quellen. Dagegen ist der ebenfalls untersuchte Biomarker Ferritin im Serum ein Indikator für die Eisenreserven im Körper. Auch Ferritin war bei höheren Scores des „westlichen“ Musters niedriger. Die anderen Ernährungsmuster waren nicht mit Ferritin assoziiert. Die Eisenversorgung der Jungen gilt gemäß EsKiMo als ausreichend, jedoch unterschreiten Mädchen im Median den Referenzwert für die Eisenzufuhr (Mensink et al., 2007b).

Die Zufuhr von Vitamin B12 war höher bei höheren Scores im „traditionellen“ Muster und niedriger bei höheren Scores im „gesunden“ Muster der Mädchen. Das ist plausibel, da dieses Vitamin ausschließlich in tierischen Lebensmitteln (u. a. Fleisch, Fisch, Eier, Milch und Käse) enthalten ist. In pflanzlichen Lebensmitteln ist es dagegen nur dann in geringen Mengen enthalten, wenn diese eine Bakteriengärung durchlaufen haben (z. B. Sauerkraut). Da insgesamt in der Bevölkerung der Verzehr von tierischen Lebensmitteln hoch ist, gilt die Vitamin B12-Versorgung im Allgemeinen als ausreichend. Nur bei langjähriger veganer Ernährung ist eine Unterversorgung zu befürchten (Deutsche Gesellschaft für Ernährung et al., 2015). Die Ergebnisse zur Konzentration des Vitamins im Blutserum zeigten in eine andere Richtung als die Zufuhrwerte. Im Serum gemessene Vitamin-B12-Konzentrationen waren höher bei höheren Scores im „gesunden“ Muster der Mädchen, tendenziell auch bei den Jungen (jedoch im adjustierten Modell nicht signifikant). Eventuell sind dafür angereicherte Lebensmittel wie Frühstückscerealien, Säfte oder Sojamilch verantwortlich, die bei der Berechnung der Zufuhrwerte aufgrund der Produktvielfalt und den unterschiedlichen Anreicherungsmengen ungenügend berücksichtigt wurden, aber eventuell besonders häufig von Jugendlichen mit hohen Scores in den „gesunden“ Mustern verzehrt werden.

Die gesunden Ernährungsmuster weisen bei höheren Musterscores eine höhere Ballaststoffdichte auf. Für alle anderen Muster ist das Gegenteil der Fall. Für Kinder wird eine Ballaststoffdichte von 2,4 g/MJ empfohlen. Für Erwachsene beträgt die empfohlene Menge 3,9 g/MJ (Deutsche Gesellschaft für Ernährung et al., 2015). Eine spezielle Empfehlung für Jugendliche gibt es nicht. Nur mit den gesunden Mustern wird im 4. Quartil die empfohlene Zufuhrmenge für Kinder erreicht. Wichtige Ballaststoffquellen sind Vollkornprodukte, Gemüse und Obst, die alle wichtige Bestandteile des „gesunden“ Musters sind. Eine hohe Ballaststoffzufuhr senkt das Risiko für Adipositas, Bluthochdruck und koronare Herzkrankheit (Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg), 2011).

Die „gesunden“ Ernährungsmuster wiesen bei höheren Musterscores eine günstigere Fettsäurezusammensetzung mit einem höheren Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren und einem geringeren Anteil gesättigter Fettsäuren an der Energiezufuhr auf, was in Übereinstimmung zu der höheren Bedeutung von Pflanzenölen und Fisch und der geringeren Bedeutung von Fleisch und Wurst in diesem Mustern steht.

Das „westliche“ Ernährungsmuster war positiv assoziiert mit der Energiedichte. Im höchsten Musterquartil wurde die empfohlene Energiedichte von 524 kJ/100 g (WCRF/AICR, 2007) deutlich überschritten. Sie betrug im Mittel 725 kJ/100 g fester Lebensmittel. Das „traditionelle“ Muster der Jungen und das „traditionell/westlich“ Muster der Mädchen waren ebenfalls durch eine höhere Energiedichte bei einem höheren Musterquartil gekennzeichnet. Diese liegt im obersten Quartil mit 708 kJ/100 g (Jungen) bzw. 674 kJ/100 g (Mädchen) ebenfalls deutlich über der Empfehlung. Dagegen war die Energiedichte bei höherem Musterquartil der „gesunden“ Muster niedriger und lag dort im 4. Quartil bei 599 (Jungen) bzw. 540 kJ/100 g (Mädchen) und somit deutlich weniger oberhalb der Empfehlung. Eine höhere Energiedichte wird mit einem höheren Risiko für die Entstehung von Übergewicht in Verbindung gebracht (Deutsche Gesellschaft für Ernährung et al., 2015).

Frühere Studien zur Nährstoffzufuhr kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Bei höheren Scores des „gesunden“ Muster lag ein günstigeres Energie- und Nährstoffprofil vor, bei höheren Scores des „westlichen“ Musters ein ungünstigeres Profil (Ambrosini et al., 2010a; McNaughton et al., 2008; Romero-Polvo et al., 2012).

Analysen zum Zusammenhang von Ernährungsmustern und Biomarkern der Vitamin- und Mineralstoffversorgung fehlten für Jugendliche bisher. Eine Kohortenstudie bei jungen Erwachsenen in Nordirland ermittelte höhere Erythrozytenfolat- und Vitamin B12-Serumspiegel bei höheren Musterscores des „gesunden“ Musters bei Männern und des „traditionellen“ Musters bei Frauen (genaue Lebensmittelzusammensetzung wurde nicht dargestellt) (McCourt et al., 2010). Somit stand das „traditionelle“ Muster in Nordirland in einem positiven Zusammenhang zu Biomarkern der Nährstoffversorgung, während das in Deutschland nicht der Fall war. In Bezug auf das „gesunde“ Muster wurden in Deutschland ähnliche Ergebnisse wie in Nordirland ermittelt, mit einem positiven Zusammenhang des „gesunden“ Musters zu den Serumkonzentrationen von Folat und Vitamin B12 (bei Mädchen, bei Jungen nur tendenziell, nicht signifikant).

#### **5.1.4 Zusammenhang zwischen Ernährungsmustern und kardiovaskulären Risikomarkern**

In KiGGS wurden nur einige Marker des kardiovaskulären Risikos gemessen. Es wurden Assoziationen zwischen den Ernährungsmustern und diesen Markern gefunden. Am deutlichsten waren die Assoziationen für Homocystein. Es wurden in dieser relativ jungen, überwiegend gesunden Population keine Zusammenhänge zwischen den Ernährungsmustern und systolischen Blutdruck, Blutfetten, HbA1c und Harnsäure im Serum gefunden.

Die Rolle von Homocystein als unabhängiger Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen wird kontrovers diskutiert (Pang et al., 2014). Es wurde gezeigt, dass Homocystein bei älteren Menschen ein unabhängiger Risikofaktor für die Mortalität aufgrund kardiovaskulärer Ereignisse ist (de Ruijter et al., 2009). Schon länger bekannt ist der Zusammenhang zwischen Homocystein, Vitamin B12 und Folat. Vitamin B12 und Folat werden zum Abbau von Homocystein benötigt. Deshalb besteht eine negative Assoziation zwischen Homocystein und den beiden Vitaminen (McKinley, 2000). Diese biochemischen Zusammenhänge spiegeln sich auch in den Ergebnissen der vorliegenden Studie wider. Jugendliche mit höheren Scores in den „gesunden“ Mustern haben höhere Folat- und Vitamin-B12-Konzentrationen bei geringeren Homocystein-Konzentrationen. Der gefundene Zusammenhang von gesunden Ernährungsmustern zu einer geringeren Homocystein-Konzentration im

Blut wurde auch in einer finnischen Kohortenstudie bei 9- bis 24-Jährigen Mädchen (Mikkilä et al., 2007) sowie bei jungen Erwachsenen in Nordirland (McCourt et al., 2014) ermittelt. Das „traditionelle“ Muster in Finnland zeigte keinen Zusammenhang zur Homocystein-Konzentration. Dagegen war in Nordirland das „westliche“ Muster mit einer höheren Homocystein-Konzentrationen assoziiert (McCourt et al., 2014) ähnlich zum „traditionell und westlichen“ Muster in Deutschland.

In der vorliegenden Studie wurde nur für die 15- bis 17- jährigen Jungen ein Zusammenhang zwischen den Ernährungsmustern und diastolischen Blutdruck ermittelt. Dieser war nicht in der erwarteten Richtung, da das westliche Muster hoch korreliert ist mit rotem Fleisch, Süßigkeiten und Desserts/Eis und niedrig korreliert mit Obst, Gemüse, Vollkornprodukten und Fisch. Gleichzeitig ist das Muster jedoch auch hoch korreliert mit Nüssen und Geflügelfleisch. Das sind Lebensmittel, die im Rahmen der DASH-Diät empfohlen werden (Dietary Approach to Stop Hypertension) (U. S. Department of Health and Human Services, 2006). Auch wenn der Trend signifikant ist, so sind die Unterschiede zwischen den Quintilen sehr gering (1,5 mmHg zwischen dem höchsten und niedrigsten Quintil). Außerdem gibt es eine Reihe weiterer Faktoren, die neben der Ernährung den Blutdruck beeinflussen. Für einige wichtige Confounder wurde in diesem Zusammenhang adjustiert (BMI, körperliche Aktivität, Alkoholkonsum und Alter) und es wurde eine Analyse getrennt nach Geschlechtern durchgeführt. Nicht berücksichtigt werden konnte z. B. der Salzkonsum, da dieser nicht detailliert erhoben wurde. Bisher wurden Assoziationen zwischen Ernährungsmustern und Blutdruckwerten bei Jugendlichen nur in Untergruppen bei 16-17-Jährigen (McNaughton et al., 2008) oder nur für Mädchen (Aounallah-Skhiri et al., 2011) sowie in einer Kohortenstudie für das „traditionelle“ Muster in Finnland (Mikkilä et al., 2007) ermittelt, mehrmals gab es keinen Zusammenhang (Ambrosini et al., 2010a; Ambrosini et al., 2009b; Nicklas et al., 1989). Demnach war das „Fruit, Salad, Cereals, and Fish“ Muster in Australien sowie das „modern“ Muster in Tunesien mit einem wünschenswerten, niedrigeren Blutdruck assoziiert (Aounallah-Skhiri et al., 2011; McNaughton et al., 2008). Das „Meat and Fish“ Muster in Tunesien sowie das „traditionelle“ Muster in Finnland waren dagegen mit einem höheren Blutdruck assoziiert (Aounallah-Skhiri et al., 2011; Mikkilä et al., 2007).

Für Jugendliche in Deutschland wurde kein Zusammenhang zwischen Ernährungsmustern und Blutfetten ermittelt, wie er häufig in erwachsenen Bevölkerungen gefunden wurde (Aljefree et al., 2015; Arisawa et al., 2014; Choi et al., 2015), auch bereits in Deutschland (Heidemann et al., 2011). Bisherige Untersuchungen zu Assoziationen zwischen Blutfetten und Ernährungsmustern, zeigen auf, dass Muster wie „fruit and vegetable“ (Nicklas et al., 1989) und „healthy“ bei Jungen (Ambrosini et al., 2010a; Ambrosini et al., 2009b) mit günstigeren Blutfettwerten verbunden sind. Dagegen waren das „traditionelle“ Muster in Finnland (Mikkilä et al., 2007) oder das „sugar foods“ und „fats and pasta“ Muster in den USA (Nicklas et al., 1989) mit eher ungünstigeren Blutfettwerten assoziiert. Diese Ergebnisse beruhen alle auf längsschnittlichen Auswertungen in Kohortenstudien bei Jugendlichen. In einem bevölkerungsweiten Survey wurde der Zusammenhang von Ernährungsmustern und Blutfetten bei Jugendlichen in der vorliegenden Studie erstmalig analysiert.

#### **5.1.5 Validierung des Food Frequency Questionnaires (FFQ)**

FFQs werden vor allem mit dem Ziel eingesetzt die Studienteilnehmer gemäß ihres Verzehrverhaltens in eine Rangfolge zu bringen (W. C. Willett, 1998a, S. 74-94). Aus diesem Grund ist der Aspekt der Einteilung der Studienteilnehmer in Quartile von besonderer Bedeutung. Bei den meisten Lebensmittelgruppen wurden mehr als 80 % der Studienteilnehmer mit beiden Erhebungsinstrumenten in das gleiche oder das angrenzende Quartil eingeteilt. Darüber hinaus wurde für nahezu alle Lebensmittelgruppen eine mittelmäßige bis leichte Korrelation bezüglich der Quartils-Zuordnung gemäß gewichteten Kappa-Werten ermittelt. Nur die Lebensmittelgruppen Weißbrot und Nudeln/Reis wiesen lediglich schwache Kappawerte auf.

Bei 67,5 % der Lebensmittelgruppen wurde darüber hinaus eine angemessene bis gute Korrelation der Verzehrsmengen beider Erhebungsinstrumente ermittelt. Weitere 30 % wiesen akzeptablen Korrelationskoeffizienten auf. Allein die Lebensmittelgruppe Nudeln/Reis zeigte nur eine schwache Korrelation der Verzehrsmengen zwischen den beiden Erhebungsinstrumenten.

Die Eignung des FFQs wurde zusätzlich in Untergruppen geprüft (nach Geschlecht, Altersgruppen, Körpergewichtsstatus und sozioökonomischen Status). Auch in den

Untergruppen wurden für die meisten Lebensmittelgruppen ausreichende bis moderate Korrelationskoeffizienten ermittelt. Nur die Lebensmittelgruppen Nudeln/Reis, Weißbrot, Vollkornbrot, Kuchen/Gebäck und Sport-/Energiegetränke wiesen in mehreren Untergruppen Korrelationskoeffizienten  $< |0,3|$  auf und können somit nur mit Vorsicht interpretiert werden. Darüber hinaus gab es einige Unterschiede in der Höhe der Korrelationen in den Untergruppen. Ältere Jugendliche wiesen tendenziell höhere Korrelationskoeffizienten auf, vermutlich wegen ihrer besseren kognitiven Fähigkeiten (Livingstone et al., 2000). Außerdem wählen ältere Jugendliche wahrscheinlich öfters als jüngere selbst ihre Speisen aus und sind sich deshalb bewusster darüber was sie gegessen haben. Eine etwas höhere Validität bei älteren Jugendlichen wurde auch in früheren Studien beobachtet (Cullen et al., 2008; Liese et al., 2015; Preston et al., 2011). Übergewichtige Mädchen wiesen geringere Korrelationskoeffizienten auf als Normalgewichtige. Das unterstreicht die These, dass Körpergewicht und Körperselbstbild einen wichtigen Einfluss auf das Antwortverhalten von Mädchen haben (Boschi et al., 2003). Jungen sind dagegen eher weniger besorgt um ihr Körpergewicht, wie bereits in anderen Studien ermittelt wurde (Bandini et al., 1997; Wardle et al., 1990). Des Weiteren wiesen Jugendliche aus Familien mit niedrigeren sozioökonomischen Status (SES) häufiger geringere Korrelationen auf als diejenigen aus höheren Statusgruppen. Andere Studien, die dies bei Jugendlichen untersucht haben, fehlen bisher. Studien bei Erwachsenen fanden einen negativen Zusammenhang zwischen SES und Underreporting (Price et al., 1997; Stallone et al., 1997). Underreporting ist ein möglicher Bias bei Verzehrerhebungen und könnte einer der Gründe für die geringere Validität in dieser Untergruppe sein. Dennoch sind die Unterschiede zwischen den Untergruppen nur sehr gering und für die meisten Lebensmittelgruppen wurde eine akzeptable bis gute Korrelation ermittelt. Deshalb ist der KiGGS-FFQ auch für die Erhebung des Ernährungsverhaltens in den untersuchten Untergruppen als geeignet zu bewerten.

Die ermittelten absoluten Verzehrsmengen wiesen größere Unterschiede zwischen den Erhebungsinstrumenten auf. Bei acht Lebensmittelgruppen betrugen die Unterschiede mehr als 50 %, darunter Nudeln/Reis mit der höchsten Differenz von 100,3 %. Die gefundenen Differenzen bei den Verzehrsmengen verdeutlichen, dass der FFQ weniger gut geeignet ist, absolute Verzehrsmengen zu bestimmen. Andere

Validierungsstudien kamen zu ähnlichen Ergebnissen (Cullen et al., 2004; Matthys et al., 2007).

Korrelationskoeffizienten werden sehr häufig in Validierungsstudien ermittelt (Cade et al., 2004; Liese et al., 2015; Tabacchi et al., 2014). Ihre Bestimmung ist jedoch zur Beurteilung der Validität allein nicht ausreichend, da Korrelationskoeffizienten lediglich die Stärke des Zusammenhangs von zwei Methoden messen, nicht jedoch deren Übereinstimmung (Ambrosini et al., 2001; Bland et al., 1999). Dennoch sind geringe Korrelationen ein Indikator für mögliche Fehlerquellen (Bellach, 1993) und sie ermöglichen den Vergleich mit anderen Studien.

Vorteile der durchgeführten Validierung liegen in der sehr umfangreichen Datenbasis mit einer für eine Validierung relativ großen Stichprobe, die wegen der per Zufallsauswahl ermittelten Teilnehmer aus einer für Deutschland repräsentativen Auswahl an Sample Points hinsichtlich Bundesländer und Gemeindestruktur eine sehr große Heterogenität aufweist. Darüber hinaus erfolgte die Erfassung über 12 Monate, sodass ein gesamtes Jahr inklusive der jahreszeitlichen Schwankungen im Verzehrverhalten in den Daten abgebildet wurde.

Das in einer Validierungsstudie als Referenz verwendete Erhebungsinstrument sollte idealerweise unabhängige Fehlerquellen aufweisen (W. Willett et al., 1998, S. 101-147). Dennoch werden auch häufig 24-h Recalls zur Validierung von FFQs verwendet (Cullen et al., 2008; Liese et al., 2015; Tabacchi et al., 2014; Vereecken et al., 2010), obwohl diese beiden Methoden ähnliche Fehlerquellen aufweisen. In der vorliegenden Studie wurden zwei Erhebungsinstrumente miteinander verglichen, die beide auf dem Gedächtnis der Teilnehmer sowie ihrer Fähigkeit Portionsgrößen zu schätzen beruhen. Somit wird die Validität möglicherweise überschätzt. Für die Validierungsstudie wurden Daten der EsKiMo I-Studie genutzt, die nicht primär als Validierungsstudie geplant war. Die Nutzung eines anderen Erhebungsinstruments (z. B. Wiegeprotokolle) war deshalb nicht möglich. Dennoch gibt es Unterschiede zwischen den Erhebungsinstrumenten: DISHES wurde als Interview von geschulten Ernährungswissenschaftlern erhoben, wohingegen der FFQ von den Jugendlichen selbstständig ausgefüllt wurde. Außerdem handelt es sich bei DISHES um ein offenes Interview, wohingegen im FFQ eine feste Lebensmittelliste abgefragt wurde. Die Portionsgrößenschätzung innerhalb des DISHES-Interviews ist an Hand einer Reihe von Mustergeschirren, einem Fotobuch mit verschiedenen abgebildeten

Portionsgrößen sowie als Stück- oder Grammmenge oder als Anzahl Standardportionen möglich. Im FFQ stehen dagegen nur jeweils fünf Portionsgrößen zur Auswahl. Darüber hinaus wird der Lebensmittelverzehr innerhalb von DISHES mahlzeitenbasiert und sehr detailliert erfragt. Somit wird DISHES als geeignetes Erhebungsinstrument für den Vergleich mit dem FFQ angesehen. Der FFQ wurde vor dem DISHES-Interview an die Studienteilnehmer verschickt und dadurch einige Tage vor dem DISHES-Interview beantwortet. Die Reihenfolge der Erhebungsinstrumente kann von Bedeutung sein, wenn sich dadurch eine Beeinflussung des Antwortverhaltens ergibt. Da das weniger aufwendige Instrument als erstes beantwortet wurde, kann davon ausgegangen werden, dass dieses das Antwortverhalten im DISHES-Interview kaum beeinflusst hat.

Für die meisten Lebensmittel-Items des FFQ konnte eine ausreichende Validität ermittelt werden. Nur wenige Lebensmittel-Items sollten für zukünftige Erhebungen eventuell überarbeitet werden. Besonders problematisch hat sich das Lebensmittel-Item Nudeln/Reis erwiesen. Das liegt vermutlich an den sehr unterschiedlich großen Portionsgrößen mit denen diese Lebensmittel üblicherweise verzehrt werden, sodass ein Zusammenfassen als ein Item sich als ungünstig erwiesen hat. Auch die Verzehrsmengen von Brot sind hinsichtlich der sehr unterschiedlichen Brotformen und Scheibendicken, welche in Deutschland üblich sind, die zu einer hohen Spannweite des Gewichtes einer Scheibe Brot führen, schwierig in einem FFQ zu quantifizieren. In DISHES wurden dagegen speziell für diese Lebensmittelgruppe eine Reihe von Schablonen, die die Brotformen und Scheibendicken veranschaulichten, für die Portionsgrößenschätzung verwendet. Gemüse zeigte bei der Einteilung in Quartile eine geringe Übereinstimmung, wie sie bereits in eine Reihe anderer Studien ebenfalls ermittelt wurde sowohl bei Jugendlichen (Cullen et al., 2004; Liese et al., 2015; Matthys et al., 2007) als auch bei Erwachsenen (Haftenberger et al., 2010; Marks et al., 2006; Shu et al., 2004). Das liegt eventuell an der Schwierigkeit, Portionsgrößen für diese sehr heterogene Lebensmittelgruppe zu schätzen. Weiterhin wird jeder Portionsgröße ein mittleres Gewicht zugeordnet, auch wenn die in diesem Item zusammen gefassten Lebensmittel aufgrund ihrer unterschiedlichen Dichte bei gleicher Portionsgröße verschieden schwer sind (z. B. Blattsalat und Tomaten). Darüber hinaus wurde im KiGGS-FFQ Gemüse in den Kategorien „gekocht“, „gefroren“, „Konserve“ und „roh“ erfragt. Das erschwert es

vermutlich gerade Jugendlichen, wenn diese ihre Speisen nicht selbst zubereiten, die Verzehrsmengen den richtigen Kategorien zuzuordnen. In DISHES wurde dagegen nicht nach dem Zustand des Gemüses beim Einkauf gefragt und für jede Gemüseart war ihr spezifisches Gewicht hinterlegt.

## **5.2 Diskussion der Datengrundlage und Ernährungsmusteranalyse**

### **5.2.1 Diskussion der Datengrundlage**

#### **Survey**

Die vorliegende Arbeit basiert auf der ersten für Deutschland repräsentativen Erhebung der Gesundheit von Kindern und Jugendlichen, dem Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS Basis). Durch das Querschnittsdesign des Surveys ist eine aktuelle Bestandsaufnahme des Gesundheitszustands und –verhaltens in dieser Bevölkerungsgruppe möglich. KiGGS Basis bildet damit eine wichtige Grundlage für gesundheitspolitische Entscheidungen sowie zur Bewertung und Planung von Präventionsmaßnahmen. Die Daten können außerdem zur Generierung von Hypothesen als Ausgangspunkt für weitere Studien verwendet werden (Kurth et al., 2008). Nachteile eines Surveys sind die gleichzeitige Erfassung von Exposition und Erkrankung, obwohl lange Zeiträume zwischen Ursache und Wirkung liegen können. Durch eine erneute Befragung (KiGGS 1: 2009-2012) und Untersuchung und Befragung (KiGGS 2: 2014-2016) wird es in Zukunft möglich sein, längsschnittliche Auswertungen bezüglich der Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland vorzunehmen.

#### **Verzehrserhebung**

FFQs stellen ein geeignetes Erhebungsinstrument für den Einsatz in großen epidemiologischen Studien dar (Cade et al., 2004; Hu et al., 1999; Ortiz-Andrellucchi et al., 2009; Tabacchi et al., 2014). Der Zeitaufwand für die Studienteilnehmer zum Ausfüllen ist gering, was eine höhere Responserate begünstigt. Da der FFQ von den Studienteilnehmern selbst ausgefüllt wurde war außerdem kein Interviewer notwendig, was zu geringeren Kosten führte, einen möglichen Interviewerbias verhinderte und folglich zu einer höheren Standardisierung beitrug (Mensink et al., 2004; Willett, 1998b). Der KiGGS-FFQ wurde innerhalb dieser Arbeit gegenüber DISHES validiert und zeigte ausreichende bis moderate Validität für die meisten Lebensmittel-Items (Truthmann et al., 2011).

Ein Nachteil des FFQs ist, dass nur eine begrenzte und vordefinierte Lebensmittelauswahl erfragt wird. Dadurch ist es möglich, dass wichtige Lebensmittel, beispielsweise bedingt durch regionale Verzehrsgewohnheiten oder Ernährungsweisen anderer Kulturkreise, in den Fragebogen nicht mit einbezogen wurden (Thompson et al., 2013). DISHES ist dagegen ein offenes Interview. Teilweise wird in FFQs auf die Erhebung von Portionsgrößen verzichtet (Thompson et al., 2013). Der eingesetzte FFQ in KiGGS Basis erfragte für jede Lebensmittelgruppe die übliche Portionsgröße in fünf Portionsgrößen. Aus Verzehrshäufigkeit und Portionsgröße konnte somit durchschnittliche, tägliche Verzehrsmengen abgeschätzt werden.

FFQs wurden sehr häufig zur Ermittlung von Ernährungsmustern verwendet (Tab. 1, Tab. 2 und Tab. 3) und wurden dafür als geeignet bewertet (Fung et al., 2001a; Hu et al., 1999). Dabei gibt es eine große Spannbreite bei den erfragten Lebensmittel-Items. Es wurden zwischen 11 (de Moraes et al., 2012) und 212 Items (Ambrosini et al., 2010a) erfragt und zu einer unterschiedlichen Anzahl von Lebensmittelgruppen zusammen gefasst (zwischen 11 und 152). Nur wenige Studien basieren auf 24-h Recalls (Aranceta et al., 2003; Lozada et al., 2007; Mikkilä et al., 2007) oder Verzehrprotokollen (Hearty et al., 2013; Shin et al., 2013). Sowohl 24-h Recalls (Aranceta et al., 2003; Lozada et al., 2007; Mikkilä et al., 2007) als auch Verzehrprotokolle (Hearty et al., 2013; Shin et al., 2013) haben jedoch den Nachteil, dass nur wenige Tage erfasst werden. Da Ernährungsmuster das übliche Ernährungsverhalten widerspiegeln sollen, sind zu deren Bestimmung Verzehrdaten notwendig die möglichst einen längeren Zeitraum abbilden. Im Hinblick auf Auswirkungen der Ernährung auf die Gesundheit ist die längerfristige Ernährungsweise entscheidender als einzelne Tage, die durch die Variation von Tag zu Tag nicht zwangsläufig die übliche Ernährung widerspiegeln. Sowohl FFQ als auch DISHES erfassen die längerfristige Ernährung.

DISHES wurde für Erwachsene validiert (Mensink et al., 2001). In einem Pretest wurde die Machbarkeit bezüglich des Einsatzes bei Jugendlichen getestet und es wurde als geeignet bewertet. Die detaillierte Erfassung der verzehrten Lebensmittel über vier Wochen mit DISHES ermöglichte es, die Energie- und Nährstoffzufuhr der Studienteilnehmer zu ermitteln. Mit FFQ-Daten wird dies oftmals auch praktiziert (Aounallah-Skhiri et al., 2011) (Ambrosini et al., 2010a; Romero-Polvo et al., 2012;

Tabacchi et al., 2014). Je nach Anzahl der erfragten Lebensmittel-Items und je nach der individuellen Passgenauigkeit dieser Items für die Ernährungsweise können dabei jedoch wichtige Lebensmittel als Quelle für einen Nährstoff fehlen. Jedoch wurden in der vorliegenden Arbeit die FFQ-Daten verwendet, um die Energiezufuhr abzuschätzen. Dazu wurde der mittlere Kaloriengehalt jedes Lebensmittel-Items im FFQ auf der Grundlage der DISHES-Daten bestimmt. Diese ermöglichen es den Anteil einzelner Lebensmittel innerhalb des Lebensmittel-Items für diese Altersgruppe zu bestimmen (siehe dazu 3.4.7). Infolge der begrenzten Anzahl an Lebensmittel-Items des verwendeten FFQs, stellt die ermittelte Kalorienzufuhr dennoch nur eine grobe Schätzung der Gesamtkalorienzufuhr dar, die lediglich für die Energieadjustierung genutzt wurde.

Nachteile beider eingesetzter Ernährungserhebungsmethoden (DISHES und FFQ) sind, dass der Verzehr auf Eigenangaben beruht. Diese können durch sozial erwünschtes Antwortverhalten bezüglich bestimmter Lebensmittel beeinflusst sein. Sozial erwünschtes Antwortverhalten kann zudem unterschiedlich stark zwischen den Geschlechtern oder je nach dem Ausmaß von vorhandenem Übergewicht, je nach Einkommen oder je nach Bildung der befragten Personen auftreten (Gemming et al., 2014; Kant, 2004; Pryer et al., 1997; Subar et al., 2001; Thompson et al., 2013). Dadurch können potenzielle Verzerrungen auch unterschiedlich stark innerhalb der Ernährungsmuster ausgeprägt sein. Darüber hinaus wird sowohl mit dem FFQ als auch mit DISHES die Ernährung retrospektiv erfasst. Das bedeutet, dass die Methoden vom Erinnerungsvermögen der Befragten abhängig sind.

Beide Methoden zur Erhebung des Lebensmittelverzehrs haben sehr ähnliche Ergebnisse bezüglich der Ernährungsmuster ergeben. Es scheinen daher beide Instrumente gleich gut geeignet, um Ernährungsmuster bei Jugendlichen in Deutschland zu bestimmen. Unterschiede zwischen den Ernährungsmustern ergeben sich u. a. durch im FFQ im Vergleich zu DISHES nicht erhobene Lebensmitteln (z. B. Pizza, alkoholische Getränke, Pflanzenöl) sowie durch unterschiedliche Lebensmittelgruppierung (z. B. wurden in DISHES Nudeln und Reis unterschiedlichen Mustern zugeordnet, während sie im FFQ als gemeinsame Lebensmittelgruppe erfragt wurden, wodurch keine getrennte Analyse möglich war) (siehe Anlage 4). Wenige Lebensmittelgruppen wurden, je nach Erhebungsinstrument, unterschiedlichen Mustern zugeordnet, z. B. Softdrinks, Fleisch und Eier

(westlich/traditionell), Nüsse (westlich/gesund), Geflügelfleisch (traditionell/gesund) oder Suppe (westlich/gesund).

Sowohl die FFQ-Validierung als auch die Ernährungsmusteranalysen, bei denen Nudeln und Reis zu unterschiedlichen Mustern zugeordnet wurden (DISHES-Daten), legten eine Trennung dieser Lebensmittelitems im FFQ nahe. Dies wurde in einer Neufassung des FFQs umgesetzt. Außerdem werden jetzt Obst und Gemüse weniger differenziert nach ihrem Zustand beim Einkauf erfragt, indem nur noch eine Unterscheidung nach roh und gegart beim Verzehr erfolgt. Pizza und alkoholische Getränke wurden ergänzt. Für die Ernährungsmuster von Bedeutung, aber weiterhin nicht im FFQ enthalten, sind die Getreideprodukte (Bulgur, Popcorn, Reiswaffel), vegetarische Gerichte (Soja, Tofu und Tofuerzeugnisse, vegetarische Brotaufstriche, Bratlinge) sowie Pflanzenöl. Suppe wurde dagegen aus dem FFQ entfernt, da diese wegen ihrer sehr unterschiedlichen Zusammensetzung kaum eine Aussage zur Ernährungsqualität ermöglicht. Bei den Musteranalysen gehörte diese einmal zum „westlichen“ Muster (FFQ-Daten) und einmal zum „gesunden“ Muster der Jungen (DISHES-Daten).

### **Biomarker**

Für die Analysen bezüglich kardiovaskulärer Biomarker wäre die Blutentnahme bei nüchternen Surveyteilnehmern wünschenswert. Dies war jedoch aufgrund der Untersuchungstermine, die über den gesamten Tag verteilt bis in die Abendstunden hinein vergeben wurden, nicht für alle Teilnehmer realisierbar. Serumfolat gilt als geeigneter Parameter zur Bewertung der Folatversorgung auf Bevölkerungsebene (Green, 2011). Ein noch besseres Maß für die längerfristige Versorgung mit Folat wäre die Konzentration in den Erythrozyten (Green, 2011), die für KiGGS Basis jedoch wegen methodischer Probleme für die Analysen nicht zur Verfügung stand.

### **5.2.2 Diskussion der Ernährungsmusteranalyse**

Die vorliegende Arbeit zeichnet sich dadurch aus, dass erstmals für die Altersgruppe der 12-17-Jährigen in Deutschland auf der Basis repräsentativer Verzehrdaten Ernährungsmuster bestimmt wurden. Die dazu verwendeten DISHES-Daten bilden dabei den Lebensmittelverzehr sehr detailliert ab. Dadurch konnte, unter Verwendung einer Nährstoffdatenbank (Bundeslebensmittel Version II.3) sowie innerhalb der EsKiMo-Studie recherchierten Nährwertangaben, die mit den

Ernährungsmustern assoziierte Nährstoffzufuhr sehr differenziert beschrieben werden (u. a. Vitamine und Mineralstoffe, der Beitrag der Hauptnährstoffe zur Energiezufuhr). Durch KiGGS standen weiterhin eine Reihe gemessener Biomarker der Nährstoffversorgung und des kardiovaskulären Risikos zur Verfügung. Biomarker sind ein wichtiger Indikator für die Nährstoffversorgung, da sie unabhängig von den Verzehrdaten ermittelt werden. Analysen von Ernährungsmustern im Zusammenhang mit Biomarkern der Nährstoffversorgung gibt es für diese Altersgruppe bisher noch nicht, im Zusammenhang mit kardiovaskulären Risikomarkern im Rahmen bevölkerungsweiter, repräsentativer Studien nur sehr wenige (Aounallah-Skhiri et al., 2011; McNaughton et al., 2008). Da KiGGS ein ausführliches, ärztliches Interview beinhaltete, war es (im Unterschied zu früheren Studien) möglich, Jugendliche aufgrund von Vorerkrankungen oder von Medikamenteneinnahme bei einzelnen Analysen auszuschließen.

Im Ernährungsmodul EsKiMo I wurden darüber hinaus mit der Ernährung assoziierte Verhaltensweisen (z. B. Familienmahlzeiten, Teilnahme an der Schulverpflegung) und Kompetenzen (Kochkenntnisse) sowie weitere Aspekte des Gesundheitsverhaltens (körperliche Aktivität, Fernsehdauer, Einnahme von Nährstoffsupplementen) erfragt, welche wichtige Erkenntnisse des Zusammenhangs von Ernährungsmustern mit diesen Faktoren liefern konnten und damit Impulse für gezielte Präventionsmaßnahmen für gesündere Lebensstile in dieser Altersgruppe liefern. Da aus früheren Analysen bekannt war, dass sich Jungen und Mädchen in ihren Verzehrsgewohnheiten unterschieden (Mensink et al., 2007b) wurden alle Analysen getrennt nach Geschlecht vorgenommen.

Innerhalb der Ernährungsmusteranalyse mussten eine Reihe von Entscheidungen getroffen werden. Diese bezogen sich auf die Gruppierung der erfragten Lebensmittel-Items für die Analyse, Standardisierung und/oder Energieadjustierung der Erhebungsvariablen, Auswahl der Analyseverfahren (Faktorenanalyse, Hauptkomponentenanalyse, Clusteranalyse, Verwendung eines Rotationsverfahrens), Auswahl der Musteranzahl für die weiteren Analysen, Interpretation der Muster (z. B. bis zu welchen Ladungen die Lebensmittelgruppen als bedeutend angesehen werden) und Namensgebung der Muster (Kant, 2010; Martinez et al., 1998; Moeller et al., 2007; Tucker, 2010).

Die eingesetzte Hauptkomponentenanalyse wird sehr häufig für Ernährungsmusteranalysen eingesetzt (Tab. 1, Tab. 2 und Tab. 3) und wird als geeignet beurteilt (Hu et al., 1999). Dennoch gibt es die Forderung, weitere methodische Forschung auf dem Gebiet der Ernährungsmusteranalyse durchzuführen (Kant, 2010; Moeller et al., 2007; Tucker, 2010) und einen Konsens bezüglich der einzusetzenden Methoden und Analyseschritte zu finden (Kant, 2004; Moeller et al., 2007). Da dies bisher nicht realisiert wurde, ist es umso wichtiger, die vorgenommenen Analyseschritte und Entscheidungen genau zu dokumentieren. Bezüglich der Namensgebung der Muster ist es wichtig, dass auch die genauen Lebensmittelgruppen mit ihren Faktorladungen publiziert werden (Slattery, 2010), um die Interpretation nicht nur auf die „Kurzbezeichnungen“ zu beziehen. In der vorliegenden Arbeit wurden außerdem zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse die Analysen ähnlich wie in anderen Studien durchgeführt (Cutler et al., 2009; Kourlaba et al., 2009).

Die Anzahl der verwendeten Lebensmittelgruppen für die Ernährungsmusteranalyse wurde in früheren Studien sehr unterschiedlich gewählt (zwischen 11 und 152, siehe Tab. 1., Tab. 2 und Tab. 3). Generell haben weniger differenzierte Lebensmittelgruppen den Nachteil, dass sie weniger detailliert interpretiert werden können und dadurch Informationen verloren gehen (z. B. Fleisch und Wurst als eine Lebensmittelgruppe). Auch bei sehr vielen kleinteiligen Lebensmittelgruppen kann die Interpretation erschwert und letztendlich das Ziel der Informationsreduzierung nicht erreicht werden. Für sehr viele Lebensmittelgruppen ist außerdem eine ausreichend große Anzahl an Studienteilnehmern erforderlich. So wird z. B. empfohlen, dass die Stichprobe mindestens fünfmal so viele Fälle wie erfragte Items umfassen sollte (Nunnally et al., 1994; Osborne et al., 2004). Das bedeutet, dass bei den verwendeten 38 Lebensmittelgruppen mindestens 190 Studienteilnehmer notwendig waren, was in der vorliegenden Studie deutlich überschritten wurde. Auch wenn die Lebensmittelitems 1:1 aus dem FFQ in die Faktorenanalyse übernommen werden, so ist die Entscheidung über wichtige Lebensmittelgruppen, die erfragt werden und die Gruppierung dieser, bereits bei der Fragebogenerstellung getroffen worden. Somit haben ausführlichere Ernährungserhebungsmethoden, wie das eingesetzte DISHES und auch 24-h Recalls den Vorteil, dass die Lebensmittelgruppierung erst bei der Analyse erfolgt und dadurch auch geprüft

werden kann, wie sich veränderte Gruppierungen auf das Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse auswirken würden. In der vorliegenden Arbeit wurde geprüft, ob sich durch eine deutlich weniger differenzierte Lebensmittelgruppierung grundsätzlich etwas an den Mustern ändern würde. Das war nicht der Fall. Eine andere Studie prüfte ebenfalls den Einfluss von unterschiedlichen Lebensmittelgruppierungen auf die gefundenen Ernährungsmuster und kam zu dem gleichen Ergebnis (McCann et al., 2001).

Es gibt unterschiedliche Ansätze, wie die Verzehrsdaten in die Musteranalyse einfließen. Häufig wird die individuelle, mittlere tägliche Verzehrsmenge je Lebensmittelgruppe als Grundlage für die Hauptkomponentenanalyse verwendet (Alizadeh et al., 2012; Ambrosini et al., 2009a; Ambrosini et al., 2010a; Ambrosini et al., 2009b; Craig et al., 2010; Howard et al., 2011; Mikkila et al., 2005; Nyaradi et al., 2015; Oddy et al., 2009; Zhang et al., 2015). Bei der Verwendung eines FFQ liegen jedoch teilweise nur Informationen zur Verzehrshäufigkeit ohne Mengenangaben vor (Cutler et al., 2009; de Moraes et al., 2012; Nicklas et al., 1989; Oellingrath et al., 2011; Pinho et al., 2014; Rodrigues et al., 2012). Des Weiteren gibt es auch Studien, die den Anteil der Lebensmittelgruppen an der Gesamtenergiezufuhr (Hearty et al., 2013; Shin et al., 2013) oder die Energiedichte in g/1000 kcal (Aounallah-Skhiri et al., 2011) verwendet haben, wohingegen andere Studien die Energieadjustierung erst innerhalb des multivariaten Regressionsmodells vorgenommen haben (Oddy et al., 2009).

In der vorliegenden Studie wurde sowohl bei den DISHES- als auch bei den FFQ-Daten die z-standardisierte, mittlere tägliche Verzehrsmenge für die Musteranalysen verwendet. Diese liefert genauere Informationen als die Verwendung von Verzehrshäufigkeiten. Außerdem ist sie bezüglich Public Health relevanter Aussagen leichter zu interpretieren als der Anteil eines Lebensmittels an der Gesamtenergiezufuhr. Die Energieadjustierung erfolgte erst im Rahmen der Regressionsanalyse und nicht bereits im Vorfeld der Hauptkomponentenanalyse. Diese Vorgehensweise wird empfohlen, weil der Einfluss auf das Ergebnis leicht geprüft werden kann, wenn die Energieadjustierung erst im letzten Analyseschritt erfolgt (Northstone et al., 2007).

Da die Hauptkomponentenanalyse rein datenbasiert durchgeführt wird, sind die Ergebnisse spezifisch für das untersuchte Datenmaterial und damit spezifisch für die

untersuchte Population zum untersuchten Zeitpunkt. Das erschwert die Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Studienpopulationen oder von unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb einer Population. Eine Lösungsmöglichkeit dafür bietet die Bestimmung von „Simplified Pattern“ wie sie von Schulze et al. vorgeschlagen wurde (Schulze et al., 2003). Diese vereinfachten Musterscores werden durch die Summierung der standardisierten Verzehrsmengen der Lebensmittelgruppen ermittelt, ohne die innerhalb der Ernährungsmusteranalyse ursprünglich vorgenommene Gewichtung mit den Faktorladungen. Die so ermittelten vereinfachten Scores jedes Studienteilnehmers sind ebenfalls ein Grad für die Übereinstimmung des Verzehrverhaltens mit dem jeweiligen Muster. Die Bestimmung ist jedoch ohne aufwendige statistische Verfahren möglich und kann in der gleichen Weise in unterschiedlichen Datensätzen bestimmt werden. Daher wird eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse ermöglicht. Außerdem kann durch die Auswahl der wichtigsten Lebensmittelgruppen für ein Muster die Anzahl an notwendigen Analyse- bzw. Erhebungsvariablen reduziert werden. Wenn im vorliegenden Beispiel alle ermittelten Lebensmittelgruppen mit Faktorladungen  $\geq 0,3$  verwendet werden, um einen vereinfachten Musterscore zu berechnen, sind 8 bis 12 Lebensmittelgruppen (je nach Muster) notwendig, um den vereinfachten Score zu ermitteln (FFQ-Daten). Damit sind insgesamt 29 der ursprünglich für die PCA verwendeten 34 Lebensmittelgruppen notwendig (entspricht 40 der 45 FFQ-Items). Nicht relevant sind dann Säfte, Milch, Frühstückscerealien, Fisch und Kaffee. Diese Variante ist sehr trennscharf bezüglich der Lebensmittelzuordnung zu den Mustern. Einzig Käse kommt bei Jungen in zwei Mustern gleichzeitig vor („traditionell“ und „gesund“). Der Pearson Korrelationskoeffizient zwischen dem ursprünglichen und dem vereinfachten Musterscore beträgt bei Jungen 0,94 für das „westliche“ Muster, 0,89 für das „traditionelle“ Muster und 0,83 für das „gesunde“ Muster. Bei Mädchen beträgt dieser 0,96 für das „westlich/traditionelle“ Muster und 0,90 für das „gesunde“ Muster, was sehr hohen Korrelationen entspricht. Vereinfachte Ernährungsmuster wurden bisher selten für Jugendliche ermittelt und verzeichneten ähnliche Korrelationskoeffizienten wie in der vorliegenden Arbeit (McNaughton et al., 2008; Naja et al., 2015).

Mit den DISHES-Ernährungsmustern wurden bei 48 Lebensmittelgruppen und zwei Ernährungsmustern bei Jungen 18,1 % und bei drei Ernährungsmustern bei Mädchen

13,1 % der Varianz erklärt. Bei den FFQ-Mustern waren es bei 34 Lebensmittelgruppen 21,5 % bei Jungen und 15,5 % bei Mädchen. Die Varianzaufklärung ist sehr stark abhängig von der Anzahl der Lebensmittelgruppen (McCann 2001). Diese war bei vergleichbaren Studien zu Ernährungsmustern bei Jugendlichen sehr unterschiedlich (zwischen 11 und 152) (Tab. 1, Tab. 2 und Tab. 3). Studien mit ähnlicher Anzahl Lebensmittelgruppen kamen zu ähnlich hohen Varianzaufklärungen für eine gleiche Anzahl an Ernährungsmustern (Bibiloni et al., 2012; Hearty et al., 2013; Kourlaba et al., 2009; Romero-Polvo et al., 2012). Wichtig ist die Interpretierbarkeit der Muster, die durch eine größere Lebensmittelanzahl eher gegeben ist (McCann et al., 2001), auch wenn dadurch der Anteil erklärter Varianz sinkt. Außerdem ist die Varianzaufklärung von der Höhe der Varianz in den Ausgangsdaten abhängig. Diese ist in den vorliegenden Daten durch die bevölkerungsweite Stichprobe mit unterschiedlichen Ethnien und regionalen Besonderheiten im Lebensmittelverzehr sowie der Erfassung aller Jahreszeiten als verhältnismäßig hoch anzunehmen. Eine höhere Varianzaufklärung wurde in regionalen Studien ermittelt (Perera et al., 2010; Pinho et al., 2014; Rodrigues et al., 2012; Shin et al., 2013). Da sich die Ernährungsgewohnheiten in diesem Alter stärker verändern als im Erwachsenenalter, ist die Varianz in den Verzehrdaten eventuell auch größer je weiter die untersuchte Alterspanne gefasst ist. So untersuchte Ambrosini et al. Ernährungsmuster nur bei 14-Jährigen. Mit 38 Lebensmittelgruppen und zwei Mustern konnte dabei 38 % der Varianz erklärt werden (Ambrosini et al., 2009b).

Einige Studien bei Erwachsenen untersuchten bisher die Reproduzierbarkeit und Validität von Ernährungsmustern. Diese kamen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass Ernährungsmuster reproduzierbar über die Zeit (Hu et al., 1999; Khani et al., 2004; Liu et al., 2015); Newby, Weismayer, Akesson, Tucker, & Wolk, 2006) und valide zwischen verschiedenen Ernährungserhebungsmethoden sind (Khani et al., 2004; Liu et al., 2015; Loy et al., 2013; Togo et al., 2003). Bei Jugendlichen wurde dieser Aspekt bisher nicht untersucht.

### **5.3 Bedeutung der Ergebnisse für Public Health**

Eine ausgewogene Ernährung ist wichtig für die Gesundheit während des Wachstums und der Entwicklung von Jugendlichen. Darüber hinaus ist bekannt, dass

die Ernährung und weitere Faktoren wie körperliche Aktivität und das Körpergewicht einen Einfluss auf die Gesundheit im weiteren Lebensverlauf haben. Besonders in Hinblick auf kardiovaskuläre Erkrankungen, Diabetes und Krebs, die die wichtigsten Todesursachen in Deutschland darstellen und zu einer hohen Krankheitslast in der Bevölkerung und hohen direkten und indirekten Krankheitskosten führen, ist die Ernährung bereits in jungen Lebensjahren wegweisend für den weiteren Lebensverlauf (Baker et al., 2007; Franks et al., 2010; Kaikkonen et al., 2013; Lauer et al., 1989; Lauer et al., 1988; Magnussen et al., 2010; Morrison et al., 2010; Tracy et al., 1995). Das ist vermutlich vor allem begründet durch die in der Kindheit und Jugend erlernten Ernährungs- und Lebensstilgewohnheiten, die häufig eine hohe Persistenz ins Erwachsenenalter aufweisen (Gassin, 2001; Kaikkonen et al., 2013; Pudal et al., 1998; Tuttle, 1999). Umso bedenklicher ist, dass Jugendliche in Deutschland momentan häufig die bestehenden Verzehrsempfehlungen nicht erreichen (z. B. für Obst und Gemüse) oder deutlich überschreiten (z. B. für Fleisch und Wurst) (Richter et al., 2008). Daraus ergibt sich ein großes Präventionspotential. Durch die Veränderung des Ernährungsverhaltens in jungen Jahren, kann das individuelle Lebensrisiko für ernährungsbedingte Erkrankungen gesenkt werden. Da es darüber hinaus nicht das einzelne Lebensmittel oder den bestimmten Nährstoff gibt, der entscheidend ist für die Gesundheit, scheint die Förderung eines insgesamt gesunden Ernährungsmusters sinnvoll zu sein. Dieses kann möglicherweise gleichzeitig präventiv bezüglich eine Reihe von Erkrankungen wirken (Slattery, 2010).

Die Ernährung ändert sich oft während der Adoleszenz. Damit kann diese Lebensphase genutzt werden, um die Ernährung in eine gesundheitsförderliche Richtung zu beeinflussen. Das ist z. B. über Schulen und Berufsschulen möglich, über die der Großteil der Jugendlichen gut erreichbar ist. In diesem Setting kann nicht nur Einfluss auf das persönliche Wissen, Einstellungen und Verhalten (z. B. durch entsprechende Unterrichtseinheiten), sondern auch auf die Verhältnisse genommen werden (z. B. Speisenauswahl in der Schulmensa, Süßigkeitenautomaten, Angebot im Schulkiosk, kostenlose Wasserspender). Präventionsprogramme müssen sowohl die Jugendlichen, als auch ihre Familien (Mihas et al., 2010; Pearson et al., 2010; Rasmussen et al., 2006; Stephens et al., 2015) und Freunde (z. B. in der Schule) mit einbeziehen (Fortin et al., 2015; Stephens et al., 2015), da diese bei

Jugendlichen einen wichtigen Einfluss auf das Ernährungsverhalten ausüben. Unterstützt werden muss ein insgesamt gesundheitsfördernder Lebensstil inklusive körperlicher Aktivität, Möglichkeiten der Stressreduktion sowie einem verantwortungsvollen Umgang mit Alkohol und Tabak, um ein wünschenswertes Gesundheitsprofil für die Zukunft zu erzielen. Dabei sollte nicht nur Wissen vermittelt werden, sondern auch Gesundheitskompetenzen gestärkt werden. Zu den Kompetenzen gehören z. B. Recherchestrategien bezüglich wissenschaftlich fundierter Gesundheitsinformationen. Das Wissen über gesunde Lebensführung erweitert sich fortlaufend und neben dem Finden von seriösen Informationen ist auch die Interpretation und Übertragung auf das persönliche Lebensumfeld notwendig. Bei Erwachsenen wurde gezeigt, dass eine höhere Gesundheitskompetenz („Health Literacy“) mit einem günstigeren Ernährungsverhalten, weniger verhaltensbezogenen Risikofaktoren und einem besseren Gesundheitszustand assoziiert ist (Jordan et al., 2015).

Ernährungsmusteranalysen sind empirisch und spezifisch für das untersuchte Datenmaterial - in diesem Fall für die Jugendlichen in Deutschland zum untersuchten Zeitpunkt. Es gibt Ähnlichkeiten zwischen den Ernährungsmustern von Jugendlichen in Deutschland zu den Ernährungsmustern von Jugendlichen in anderen westlichen Industrieländern. Dennoch gibt es Unterschiede bezüglich der Musterzusammensetzungen. Das bezieht sich nicht nur auf das traditionell deutsche Ernährungsverhalten, sondern auch auf die Zusammensetzung des gesunden oder westlichen Ernährungsmusters. Deshalb können Erkenntnisse aus anderen Ländern nicht ohne weiteres auf Deutschland übertragen werden, sondern es ist notwendig, auf der Basis von aktuellen Verzehrdaten für die jeweilige Population spezifische Ernährungsmuster zu ermitteln. Dies wurde in der vorliegenden Arbeit für deutsche Jugendliche realisiert. Die ermittelten Ernährungsmustervariablen können in weiteren Analysen verwendet werden, um Assoziationen mit bestimmten Gesundheits-Outcomes zu ermitteln oder als Confoundervariable bei der Untersuchung von anderen Expositions-Krankheits-Zusammenhängen.

Die Ernährung eines Individuums wird durch den Verzehr einer Vielzahl von Lebensmitteln in unterschiedlichen Mengen charakterisiert. Dennoch sind für deutsche Jugendliche typische Ernährungsmuster erkennbar. Mit den ermittelten Ernährungsmustern kann das Ernährungsverhalten eines Großteils der Jugendlichen

beschrieben werden, auch wenn nicht alle Jugendlichen den Mustern eindeutig zuzuordnen sind. Bei den Jungen konnten 23 %, bei den Mädchen sogar 37 % keinem der Ernährungsmuster zugeordnet werden (Scorewert > 0). Dieser Anteil betrug bei 12-14-Jährigen Jungen 33 %, bei 15-17-Jährigen dagegen nur 13 %. Somit ist in der letztgenannten Altersgruppe der Anteil Jungen, die sich entsprechend eines oder mehrere der gefundenen Ernährungsmuster ernähren, besonders hoch (87 %). Bei Mädchen unterscheidet sich der Anteil derjenigen, der keinem der Muster zugeordnet wurde, dagegen nicht zwischen den Altersgruppen.

Die gefundenen Ernährungsmuster sind bezüglich des Ernährungsverhaltens gut interpretierbar. So sind alle Lebensmittelgruppen mit Ladungen  $\geq 0,3$  im gesunden Muster tatsächlich solche Lebensmittel, die im Rahmen einer gesunden Ernährungsweise empfohlen werden (z. B. Obst, Gemüse, Vollkornbrot, Milchprodukte, Wasser, Tee) (Ausnahme: Wurst/ Schinken im gesunden Muster der Mädchen). Die gezeigten Assoziationen mit der Nährstoffzufuhr und dem Biomarkerprofilen sind darüber hinaus biologisch plausibel (außer „westliches“ Muster und diastolischer Blutdruck). So haben z. B. Jugendliche mit hohen Musterscores im gesunden Muster eine geringere Serum-Homocystein-Konzentration. Diese Assoziationen zur Nährstoffzufuhr und zum Biomarkerprofil unterstreichen die Bedeutung der Ernährungsmuster für die Gesundheit der Jugendlichen. Auch wenn in diesem Alter noch kaum Zusammenhänge zu Biomarkern des kardiovaskulären Risikos ermittelt wurden, beeinflussen Ernährungsmuster, wenn diese über längere Zeiträume beibehalten werden, die gesundheitliche Entwicklung, z. B. bezüglich Adipositas (Ambrosini et al., 2014) und kardiovaskulären Risikofaktoren (Kaikkonen et al., 2013). Im Erwachsenenalter wurde dementsprechend in vielen Studien der Zusammenhang zwischen Ernährungsmustern und kardiovaskulären Risikofaktoren belegt (Aljefree et al., 2015; Centritto et al., 2009; Eilat-Adar et al., 2009; Fung et al., 2001b; Heidemann et al., 2008)

Bestimmte Lebensmittelgruppen, die für einzelne Muster von Bedeutung sind, werden mit der Entstehung von Krankheiten bzw. der Erhöhung des Erkrankungsrisikos in Verbindung gebracht. So ist ein hoher Konsum von Softdrinks mit der Entstehung von Übergewicht und Adipositas assoziiert und hat möglicherweise weitere negative Auswirkungen auf die Gesundheit wie die

Erhöhung des Diabetesrisikos ("Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases," 2003; James et al., 2005; Vartanian et al., 2007). Bei Jungen war das „westliche“ Ernährungsmuster (aus DISHES-Daten) bzw. das „traditionelle“ Muster (FFQ-Daten) hoch korreliert mit dem Konsum von Softdrinks. Der Mittelwert im höchsten Quartil des westlichen Musters (DISHES-Daten) betrug 1,1 Liter Softdrinks pro Tag. Der geringste Softdrinkkonsum im 4. Musterquartil war bei den „gesunden“ Mustern zu verzeichnen (Mittelwert 0,4 Liter pro Tag bei Jungen/0,3 Liter bei Mädchen). Eine weitere viel konsumierte Lebensmittelgruppe bei den 12-17-Jährigen stellt Fast Food dar. Typische Vertreter von Fast Food sind überwiegend gekennzeichnet durch eine hohe Energiedichte und eine ungünstige Nährstoffzusammensetzung mit einem hohen Fettanteil, vielen gesättigten Fettsäuren und Cholesterin (Hearst et al., 2013). Das „westliche“ Ernährungsmuster der Jungen und das „westlich/traditionelle“ Ernährungsmuster der Mädchen waren hoch korreliert mit dem Verzehr von Fast Food-Produkten (Pizza, Döner Kebab, Hamburger, Pommes Frites, Bratwurst). Folglich sind Fast-Food-Lebensmittel eindeutig diesen beiden Mustern zuzuordnen. Ausnahme davon bildet Falafel, das dem traditionellen (Jungen) bzw. „gesunden“ Muster (Mädchen) zugeordnet wurde und somit nicht zu dem üblichen Verzehrsmuster der anderen Fast Food-Produkte gehörte. In der Lebensmittelgruppe Falafel wurden Falafel, vegetarischer Döner und türkische Pizza zusammengefasst. Insgesamt wird durch den Konsum von Fast Food und Softdrinks das Risiko für Übergewicht sowie für einen gestörten Fett- und Zuckerstoffwechsel erhöht (Astrup, 2005; Bahadoran et al., 2013; Francis et al., 2009; Garcia et al., 2012; James et al., 2005; Malik et al., 2006; Rosenheck, 2008; Schroder et al., 2007; Vartanian et al., 2007). Weiterhin ist der geringe Obst- und Gemüseverzehr im „traditionellen“ und „westlichen“ Ernährungsmuster von gesundheitlicher Bedeutung. Pflanzliche Lebensmittel weisen ein hohes präventives Potential bezüglich Herz-Kreislaufkrankungen und Krebs auf und sollen deshalb reichlich verzehrt werden (Boeing et al., 2012).

Die Ernährungsmuster wurden nicht abgeleitet, um neue Empfehlungen zum Lebensmittelverzehr in dieser Altersgruppe zu entwickeln. Vielmehr sollte bestimmt werden, wie die einzelnen vorhandenen Muster mit der Nährstoffversorgung, dem Biomarkerprofil hinsichtlich kardiovaskulären Risikomarkern und dem Erreichen von Verzehrsempfehlungen assoziiert sind, um damit für die Gesundheit

wünschenswerte und weniger wünschenswerte Ernährungsmuster zu identifizieren. Darauf aufbauend konnten durch die untersuchten Determinanten für die Zugehörigkeit zu bestimmten Ernährungsmustern Zielgruppen für Präventionsmaßnahmen bezüglich einer gesünderen Ernährung ermittelt werden. Außerdem wurden Faktoren, die mit einer gesünderen Ernährung assoziiert sind (z. B. gemeinsame Familienmahlzeiten und körperliche Aktivität) ermittelt. Dieses Wissen kann im Rahmen von Gesundheitsförderungsmaßnahmen genutzt werden.

## 6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

### 6.1 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen bezüglich Public Health

Jugendliche ernähren sich häufig nicht entsprechend der Verzehrsempfehlungen (Banfield et al., 2016; Doidge et al., 2012; Johnson et al., 1994; Munoz et al., 1997; Neumark-Sztainer et al., 1998; Serra-Majem et al., 2007; Troiano et al., 2000; Zapata et al., 2008). Frühere Analysen der EsKiMo-Daten sowie die hier präsentierten, zeigten dies auch für deutsche Jugendliche (Mensink et al., 2007b; Mensink et al., 2007c; Richter et al., 2008).

Ein „gesundes“ Ernährungsmuster<sup>23</sup> ...

- ... war bei Jungen und Mädchen vorhanden.
- ... war charakterisiert durch Obst, Salat und anderes Gemüse; bei Mädchen zusätzlich durch Wasser.
- ... wurde von 38 % der Mädchen entweder ausschließlich oder in Kombination mit einem anderen Muster praktiziert. Bei den Jungen traf das auf 33 % zu.
- ... war bei beiden Geschlechtern mit einer besseren Nährstoffversorgung, mit einer höheren Nährstoffdichte für eine Vielzahl Vitamine und Mineralstoffe (u. a. von Vitamin C, D, E, Folat) sowie einer höheren Serumfolat- und bei Mädchen zusätzlich mit einer höheren Vitamin B12-Serum-Konzentration assoziiert. Außerdem war die Energiedichte dieser Ernährungsweise geringer und die Ballaststoffdichte höher.
- ... war bei beiden Geschlechtern mit einer wünschenswerten, geringeren Serum-Homocystein-Konzentration assoziiert.
- ... entsprach am ehesten den Empfehlungen für den Lebensmittelverzehr in dieser Altersgruppe (Empfehlung für Obst und Gemüse wird erreicht). Jedoch werden auch bei hoher Übereinstimmung mit diesem Muster zu

---

<sup>23</sup> Wenn im Folgenden Vergleiche mit Empfehlungen vorgenommen werden oder absolute Werte zwischen den Mustern verglichen werden, bezieht sich dies jeweils auf die mittleren Werte, die im höchsten Quartil/Quintil dieses Musters ermittelt wurden.

wenige kohlenhydratreiche Lebensmittel konsumiert.

... war bei Jungen mit einem höheren sozioökonomischen Status, häufigeren Besuch eines Gymnasiums im Vergleich zu Haupt- oder Realschule, höherer körperlicher Aktivität und häufigeren Familienabendbrot assoziiert. Bei Mädchen gab es keine derartigen Zusammenhänge.

Deshalb: Dieses Muster sollte möglichst frühzeitig im Leben gefördert werden und es ist anzustreben, dass diese Ernährungsweise auch während der Adoleszenz beibehalten wird. Zum Beispiel scheinen sich gemeinsame Familienmahlzeiten bei Jungen positiv auf die Ernährungsqualität auszuwirken. Außerdem war bei Jungen eine höhere körperliche Aktivität mit dem häufigeren Auftreten des „gesunden“ Ernährungsmusters assoziiert.

Ein „traditionelles“ Ernährungsmuster ...

... wurde bei Jungen ermittelt.

... war charakterisiert durch Weißbrot, Wurst, Fleisch, Margarine und Käse.

... wurde von 40 % der Jungen ausschließlich oder in Kombination mit einem der anderen Muster realisiert.

... wies sowohl wünschenswerte Aspekte bezüglich der Nährstoffzufuhr auf (höhere Dichte für Vitamin B12 und Vitamin D), als auch weniger wünschenswerte Aspekte (höhere Energiedichte, höherer Anteil an Fett, gesättigten und ungesättigten Fettsäuren und Alkohol an der Energiezufuhr sowie geringere Nährstoffdichte für Ballaststoffe, Magnesium und Eisen).

... wies eine geringere Serum-Folat-Konzentration auf.

... war gekennzeichnet durch die im Mustervergleich höchste Überschreitung der Verzehrsempfehlung für Fleisch und Wurst (im Mittel wurde das Dreifache der empfohlenen Menge verzehrt).

... war häufiger in ländlichen Gebieten und bei älteren Jungen verbreitet.

... war mit einem selteneren Familienabendbrot und höherer körperlicher Aktivität assoziiert.

Deshalb: Das „traditionelle“ Ernährungsmuster war durch einen nicht wünschenswerten hohen Energieanteil von gesättigten, einfach ungesättigten Fettsäuren und Alkohol sowie durch einen niedrigen Energieanteil von Polysacchariden sowie einer niedrigeren Mineralstoffdichte gekennzeichnet. Zum Teil vorteilhaft an diesem Ernährungsmuster war der höhere Verzehr von Fisch und Käse. Durch den hohen Konsum von Fleisch und Wurst war außerdem die Vitamin B12-Dichte hoch. Das „traditionelle“ Ernährungsmuster war mit einer höheren körperlichen Aktivität assoziiert. Insgesamt überwiegen jedoch die weniger wünschenswerten Aspekte. Jugendliche, die sich stark traditionell ernähren, sollten vor allem ihren Fleisch- und Wurstverzehr deutlich reduzieren zugunsten von mehr pflanzlichen Lebensmitteln.

Ein „westliches“ Ernährungsmuster ...

... wurde bei Jungen ermittelt.

... war gekennzeichnet durch Knabberartikel, Döner Kebab, Hamburger, Pommes Frites, Süßigkeiten und Nudeln.

... wurde von 31 % der Jungen ausschließlich oder in Kombination mit einem der anderen Muster realisiert.

... war mit einer geringeren Ballaststoffdichte, einer geringeren Nährstoffdichte u. a. für Vitamin C, D, E, B12 und Folat sowie Calcium, Magnesium und Eisen sowie einer geringeren Serum-Ferritin-Konzentration assoziiert. Die Energiedichte war im Mustervergleich am höchsten.

... war mit einem höheren Anteil ungesättigter Fettsäuren und Alkohol sowie einem geringeren Anteil von Polysacchariden an der Energiezufuhr assoziiert.

... war am schlechtesten geeignet um die Empfehlungen für den Verzehr von Obst und Gemüse zu erreichen. Dagegen wurde die geduldete

Kalorienmenge für Süßigkeiten/Knabberartikel/Softdrinks am deutlichsten überschritten.

... war häufiger bei älteren Jungen, bei geringerem sozioökonomischen Status und bei Haupt- und Realschülern im Vergleich zu Gymnasiasten zu finden und war mit einem selteneren Familienfrühstück assoziiert.

Deshalb: Die ungünstige Lebensmittelauswahl, die ungünstigen Relationen der Hauptnährstoffe zueinander sowie die hohe Energiedichte bei geringerer Nährstoffdichte zeichnen das „westliche“ Ernährungsmuster als weniger wünschenswert aus. Dennoch sind die gemessenen kardiovaskulären Risikomarker Blutfette, Homocystein, Harnsäure und HbA1c nicht erhöht. Dies liegt eventuell darin begründet, dass dieses Muster erst bei älteren Jungen an Bedeutung gewinnt und sich negative Auswirkungen auf die Gesundheit wegen der kurzen Dauer dieser Ernährungsform momentan noch nicht zeigen. Diese sind jedoch wegen der ungünstigen Lebensmittelauswahl zu befürchten (u. a. Adipositas und Diabetes), wenn diese Ernährungs-gewohnheiten über längere Zeiträume beibehalten werden. Positiv war, dass die „westliche“ Ernährungsweise nicht mit einer geringeren körperlichen Aktivität assoziiert war.

Ein „traditionell/westliches“ Ernährungsmuster ...

... wurde bei Mädchen ermittelt.

... war gekennzeichnet durch Pommes Frites, Bratwurst, Süßigkeiten, Kartoffeln, Kuchen/Kekse, Weißbrot und Softdrinks.

... wurde von 39 % der Mädchen ausschließlich oder in Kombination mit einem anderen Muster praktiziert.

... war bezüglich Nährstoffdichte ähnlich ungünstig wie das westliche Ernährungsmuster der Jungen mit einer geringeren Nährstoffdichte u. a. für Vitamin C, E, Folat sowie Calcium, Magnesium und Eisen, einer geringeren Ballaststoffdichte sowie einem geringeren Anteil von Kohlenhydraten an der Energiezufuhr, einer höheren Energiedichte und einem höheren Anteil von Fett an der Energiezufuhr. Darüber hinaus

war die Serum-Folat-Konzentration niedriger.

- ... wies als einziges Muster eine erhöhte Serum-Homocystein-Konzentration auf, einem für kardiovaskuläre Risiken diskutierten Biomarker.
- ... war gekennzeichnet durch den doppelten Verzehr der empfohlenen Fleisch- und Wurstmenge sowie der dreifachen der geduldeten Kalorienzufuhr über Süßigkeiten/Knabberartikel/Softdrinks. Allerdings wurde mit diesem Muster die Empfehlung für Obst und Gemüse erreicht.
- ... war mit einem geringerem Alter, einem geringeren sozioökonomischen Status und dem häufigeren Besuch von Haupt- oder Realschule im Vergleich zum Gymnasium sowie einer längeren Fernsehdauer assoziiert.

Deshalb: Das „traditionell/westliche“ Ernährungsmuster war hinsichtlich der damit verbundenen Nährstoffzufuhr, insbesondere dem niedrigeren Anteil an Polysacchariden an der Energiezufuhr, der niedrigeren Ballaststoff- und Eisendichte und der höheren Energiedichte weniger wünschenswert. Insgesamt ist die Kombination von einer weniger wünschenswerter Ernährung mit einer höheren Dauer von körperlicher Inaktivität ein Hinweis auf einen insgesamt ungünstigeren Lebensstil, der z. B. das Risiko für Übergewicht erhöht. Mädchen, die sich stark entsprechend dieses Musters ernähren sind im Mittel jünger. Das lässt vermuten, dass dieses Muster mit dem Älterwerden an Bedeutung verliert zu Gunsten des gesunden Ernährungsmusters, wo das mittlere Alter höher lag (jedoch nur in den Analysen der FFQ-Daten). Dies bedarf weiterer Analysen, insbesondere auf der Grundlage längsschnittlicher Daten.

Interventionen zur Verbesserung der Qualität der Ernährung, müssen vor allem bei Jugendlichen mit niedrigem SES und an Haupt- und Realschulen eine hohe Priorität in der Gesundheitsförderung erhalten. Bezüglich des „traditionellen“ Musters sollte vor allem der ländliche Raum fokussiert werden. Das „westliche“ Muster war dagegen unabhängig von der Gemeindegröße verbreitet. Bei Jungen wurde das

„westliche“ und das „traditionelle“ Ernährungsmuster häufiger bei 16- bis 17-Jährigen ermittelt als bei jüngeren Jugendlichen. Diese Muster scheinen mit dem Alterwerden an Bedeutung zu gewinnen. Somit scheint sich das Ernährungsverhalten von Jungen im Laufe der Adoleszenz qualitativ eher zu verschlechtern hin zu einem verstärkten Konsum von Fast Food, Knabberartikeln, Süßigkeiten, Softdrinks und alkoholischen Getränken (westliches Muster) bzw. von Wurst, Fleisch sowie Weiß- und Mischbrot (traditionelles Muster).

Insgesamt betrachtet gibt es deutliche Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen, die bei Maßnahmen der Gesundheitsförderung berücksichtigt werden sollten. Ausschließlich dem gesunden Muster zugeordnet wurden nur 13 % der Jungen, aber 24 % der Mädchen. Der Anteil derjenigen, die sich entsprechend des „gesunden“ Musters oder einer Kombination aus „gesundem“ und weiterem Muster ernährten war dagegen zwischen den Geschlechtern nahezu identisch (39/38 %). Bei Mädchen lag der Anteil, der keinem der Ernährungsmuster mit einem Scorewert von  $> 0$  zugeordnet werden konnte, höher als bei Jungen. Möglicherweise gibt es größere, individuelle Unterschiede und damit eine größere Vielfalt im Ernährungsverhalten der Mädchen. Bei Jungen bestanden darüber hinaus eine Reihe von Assoziationen zwischen dem „gesunden“ Muster und soziodemographischen und verhaltensbezogenen Faktoren (z. B. soziodemographischer Status, körperliche Aktivität, Häufigkeit von Familienfrühstück). Gesundere Ernährung war bei Jungen Bestandteil eines insgesamt gesünderen bzw. gesundheitsbewussten Lebensstils mit mehr körperlicher Aktivität und häufigerer Einnahme von Supplementen. Ein Lebensstil bestehend aus gesunder Ernährung und körperlicher Aktivität sollte gefördert werden. Die Einnahme von Supplementen ist dagegen meistens nicht erforderlich (Beitz et al., 2002). Ansatzpunkte für Präventionsmaßnahmen zur Verbesserung der Ernährungsweise wären bei Jungen die Förderung von gemeinsamen Familienmahlzeiten, da sich diese möglicherweise positiv auf das Ernährungsverhalten auswirken. Außerdem war bei Jungen das „gesunde“ Ernährungsmuster mit mehr körperlicher Aktivität assoziiert, die ebenfalls gefördert werden sollte. Bei Mädchen wurde, im Gegensatz zu den Jungen, kein Zusammenhang von Ernährungsmustern zu Familienmahlzeiten, Supplementeneinnahme oder körperlicher Aktivität gefunden. Jedoch ist bei den Mädchen eine längere Dauer von körperlicher Inaktivität in Form einer längeren

Fernsehdauer bei höherer Übereinstimmung mit dem „traditionell/westlichen“ Ernährungsmuster zu beobachten, was einen insgesamt ungesünderen Lebensstil bezüglich Ernährung und Bewegung darstellt. Auch bei den Mädchen sollte somit eine gesündere Ernährung mit mehr körperlicher Aktivität gefördert werden, um ungesündere Aspekte der Ernährung sowie Zeiten von Inaktivität zurückzudrängen.

## **6.2 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für zukünftige Ernährungsmusteranalysen**

Die Analyse von Ernährungsmustern ermöglicht neue Einblicke in die Ernährungsweise einer Bevölkerung. Für Deutschland wurden Ernährungsmuster für 12-17-Jährige analysiert.

Es gibt bisher keine Ernährungsmusteranalysen für jüngere deutsche Kinder. Diese könnten auf der Basis der KiGGS-Basis-Daten ebenfalls abgeleitet werden. Für Erwachsene wäre es möglich, mit den zwischen 2008 und 2011 erhobenen DEGS1-Daten eine aktuelle Bestandsaufnahme der Ernährungsmuster vorzunehmen und diese ebenfalls im Zusammenhang mit gemessenen Gesundheitsparametern zu betrachten.

Es ist bekannt, dass sich Ernährungsgewohnheiten und Geschmackspräferenzen während der Kindheit und Jugend herausbilden (Birch et al., 1998; Leach, 1999; Nicklaus, 2009) und oftmals beibehalten werden (Gassin, 2001; Pudal et al., 1998; Tuttle, 1999). Die Analyse von Ernährungsmustern und deren Veränderungen im Lebensverlauf stellt in diesem Zusammenhang eine neue Möglichkeit dar, Verzehrsgewohnheiten im Lebensverlauf zu untersuchen und damit assoziierte Determinanten (z. B. für positive Veränderungen) zu ermitteln. Einige Studien deuten darauf hin, dass während der Kindheit auf Personenebene ein moderates Beibehalten von Ernährungsmustern stattfindet (Ambrosini et al., 2014), teilweise wurde auch nur ein geringes bis mäßiges Beibehalten beobachtet (Oellingrath 2011) oder es gab deutliche Unterschiede je nach Muster (Li et al., 2008). In einer amerikanischen Kohortenstudie bei Schülern in Minnesota (EAT-I und EAT-II) waren auf Gruppenebene die meisten Ernährungsmuster nach 5 Jahren weiterhin zu beobachten, jedoch kam beim zweiten Erhebungszeitraum, im Alter von ca. 17-20 Jahren, ein Fast Food Muster dazu (Cutler, 2009). Das weitestgehende Beibehalten von Ernährungsmustern aus der Kindheit (3- bis 18-Jährige) ins Erwachsenenalter

(21 Jahre später) wurde in einer Kohortenstudie in Finnland beobachtet (Mikkilä et al., 2005). Damit standen diese Muster auch im Zusammenhang mit kardiovaskulären Risikofaktoren und Markern für subklinische Arteriosklerose im Erwachsenenalter (Kaikkonen et al., 2013).

Durch das Studiendesign von KiGGS, das neben repräsentativen Querschnittsstichproben auch eine Fortführung der Studie als Kohorte beinhaltet, wird es voraussichtlich möglich sein, das Beibehalten von Ernährungsmustern von der Jugend ins junge Erwachsenenalter zu untersuchen. Mit KiGGS Welle 2 werden dazu von 2014 bis 2016 alle ursprünglichen KiGGS Basis-Teilnehmer, die in die vorliegende Analyse einbezogen wurden sind, erneut gebeten den FFQ auszufüllen. Die 12-17-jährigen Teilnehmer aus KiGGS Basis werden dann zwischen 24 und 30 Jahren alt sein. Gerade das junge Erwachsenenalter ist verbunden mit Veränderungen im Lebensumfeld (z. B. Beginn/Abschluss eines Studiums, Berufstätigkeit, Auszug bei den Eltern, Eheschließung, Familiengründung), dessen Auswirkungen auf das Beibehalten oder Verändern von Ernährungsmustern untersucht werden sollten. Möglicherweise ist dabei der Ansatz der vereinfachten Ernährungsmusteranalyse (siehe Kapitel 5.2.2) gut geeignet, um für die ermittelten Ernährungsmuster zu einem späteren Zeitpunkt das Vorhandensein oder Veränderungen dieser Muster zu quantifizieren.

Im Bereich Prävention wird momentan von der WHO ein Richtungswechsel von der Verhaltens- zur Verhältnisprävention gefordert (World Health Organisation (WHO), 2016). Bisherige Ansätze, die auf das gesundheitsbewusste Verhalten und die Vernunft des Einzelnen abzielten, konnten die Ausbreitung chronischer Krankheiten nicht aufhalten. Um die entsprechenden Verhältnisse gezielt fördern zu können, müssen diese untersucht und bekannt sein. Deshalb sollte in zukünftigen Studien weiter untersucht werden, welche Verhältnisse (z. B. Verzehrsorte) sich günstig auf das Ernährungsverhalten von Jugendlichen auswirken.

## Literaturverzeichnis

- Alizadeh, M., Mohtadinia, J., Pourghasem-Gargari, B., & Esmailzadeh, A. (2012). Major Dietary Patterns among Female Adolescent Girls of Talaat Intelligent Guidance School, Tabriz, Iran. *Iran Red Crescent Med J*, *14*(7), 436-441. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22997560>
- Aljefree, N., & Ahmed, F. (2015). Association between dietary pattern and risk of cardiovascular disease among adults in the Middle East and North Africa region: a systematic review. *Food Nutr Res*, *59*, 27486. doi:10.3402/fnr.v59.27486
- Ambrosini, G. L., de Klerk, N. H., Musk, A. W., & Mackerras, D. (2001). Agreement between a brief food frequency questionnaire and diet records using two statistical methods. *Public Health Nutr*, *4*(2), 255-264. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11299099>
- Ambrosini, G. L., de Klerk, N. H., O'Sullivan, T. A., Beilin, L. J., & Oddy, W. H. (2009a). The reliability of a food frequency questionnaire for use among adolescents. *Eur J Clin Nutr*, *63*(10), 1251-1259. doi:10.1038/ejcn.2009.44
- Ambrosini, G. L., Emmett, P. M., Northstone, K., & Jebb, S. A. (2014). Tracking a dietary pattern associated with increased adiposity in childhood and adolescence. *Obesity (Silver Spring)*, *22*(2), 458-465. doi:10.1002/oby.20542
- Ambrosini, G. L., Huang, R. C., Mori, T. A., Hands, B. P., O'Sullivan, T. A., de Klerk, N. H., Beilin, L. J., Oddy, W. H. (2010a). Dietary patterns and markers for the metabolic syndrome in Australian adolescents. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, *20*(4), 274-283. doi:10.1016/j.numecd.2009.03.024
- Ambrosini, G. L., Johns, D. J., & Jebb, S. A. (2010b). Identifying dietary patterns by using reduced rank regression. *Am J Clin Nutr*, *92*(6), 1537; author reply 1537-1538. doi:10.3945/ajcn.2010.30155
- Ambrosini, G. L., Oddy, W. H., Robinson, M., O'Sullivan, T. A., Hands, B. P., de Klerk, N. H., Silburn, S. R., Zubrick, S. R., Kendall, G. E., Stanley, F. J., Beilin, L. J. (2009b). Adolescent dietary patterns are associated with lifestyle and family psycho-social factors. *Public Health Nutr*, *12*(10), 1807-1815. doi:S1368980008004618
- Aounallah-Skhiri, H., Traissac, P., El Ati, J., Eymard-Duvernay, S., Landais, E., Achour, N., Delpeuch, F., Ben Romdhane, H., Maire, B. (2011). Nutrition transition among adolescents of a south-Mediterranean country: dietary patterns, association with socio-economic factors, overweight and blood pressure. A cross-sectional study in Tunisia. *Nutr J*, *10*, 38. doi:10.1186/1475-2891-10-38
- Aranceta, J., Perez-Rodrigo, C., Ribas, L., & Serra-Majem, L. (2003). Sociodemographic and lifestyle determinants of food patterns in Spanish children and adolescents: the enKid study. *Eur J Clin Nutr*, *57 Suppl 1*, S40-44. doi:10.1038/sj.ejcn.16018131601813
- Arisawa, K., Uemura, H., Yamaguchi, M., Nakamoto, M., Hiyoshi, M., Sawachika, F., & Katsuura-Kamano, S. (2014). Associations of dietary patterns with metabolic syndrome and insulin resistance: a cross-sectional study in a Japanese population. *J Med Invest*, *61*(3-4), 333-344. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25264052>
- Astrup, A. (2005). Super-sized and diabetic by frequent fast-food consumption? *Lancet*, *365*(9453), 4-5. doi:10.1016/S0140-6736(04)17674-5

- Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Hosseini-Esfahani, F., & Azizi, F. (2013). Fast food consumption and the risk of metabolic syndrome after 3-years of follow-up: Tehran Lipid and Glucose Study. *Eur J Clin Nutr*, *67*(12), 1303-1309. doi:10.1038/ejcn.2013.217
- Baker, J. L., Olsen, L. W., & Sorensen, T. I. (2007). Childhood body-mass index and the risk of coronary heart disease in adulthood. *N Engl J Med*, *357*(23), 2329-2337. doi:10.1056/NEJMoa072515
- Bandini, L. G., Cyr, H., Must, A., & Dietz, W. H. (1997). Validity of reported energy intake in preadolescent girls. *Am J Clin Nutr*, *65*(4 Suppl), 1138S-1141S. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9094910>
- Banfield, E. C., Liu, Y., Davis, J. S., Chang, S., & Frazier-Wood, A. C. (2016). Poor Adherence to US Dietary Guidelines for Children and Adolescents in the National Health and Nutrition Examination Survey Population. *J Acad Nutr Diet*, *116*(1), 21-27. doi:10.1016/j.jand.2015.08.010
- Bauch, A., Mensink, G. B. M., Vohmann, C., Stahl, A., Fischer, J., Kohler, S., Six, J., Hesecker, H. (2006). EsKiMo - Die Ernährungsstudie bei Kindern und Jugendlichen. *Ernährungsumschau*, *53*, 380-385.
- Beitz, R., Mensink, G. B. M., Fischer, B., & Thamm, M. (2002). Vitamins--dietary intake and intake from dietary supplements in Germany. *Eur J Clin Nutr*, *56*(6), 539-545. doi:10.1038/sj.ejcn.1601346
- Bellach, B. (1993). Remarks on the use of Pearson's correlation coefficient and other association measures in assessing validity and reliability of dietary assessment methods. *Eur J Clin Nutr*, *47 Suppl 2*, S42-45. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8262017>
- Benzie, I. F. (1999). Vitamin C: prospective functional markers for defining optimal nutritional status. *Proc Nutr Soc*, *58*(2), 469-476. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10466192>
- Bibiloni, M., Martinez, E., Llull, R., Pons, A., & Tur, J. A. (2012). Western and Mediterranean dietary patterns among Balearic Islands' adolescents: socio-economic and lifestyle determinants. *Public Health Nutr*, *15*(4), 683-692. doi:10.1017/S1368980011002199
- Birch, L. L., & Fisher, J. O. (1998). Development of eating behaviors among children and adolescents. *Pediatrics*, *101*(3 Pt 2), 539-549. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=12224660](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12224660)
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1999). Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res*, *8*(2), 135-160. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10501650>
- Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, D., Kroke, A., Leschik-Bonnet, E., Muller, M. J., Oberritter, H., Schulze, M., Stehle, P., Watzl, B. (2012). Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *Eur J Nutr*, *51*(6), 637-663. doi:10.1007/s00394-012-0380-y
- Boreham, C., Robson, P. J., Gallagher, A. M., Cran, G. W., Savage, J. M., & Murray, L. J. (2004). Tracking of physical activity, fitness, body composition and diet from adolescence to young adulthood: The Young Hearts Project, Northern Ireland. *Int J Behav Nutr Phys Act*, *1*(1), 14. doi:10.1186/1479-5868-1-14
- Bortz, J. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler* (Vol. 5., vollst. überarb. Aufl.). Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hongkong; London; Mailand; Paris; Singapur; Tokio: Springer.

- Boschi, V., Siervo, M., D'Orsi, P., Margiotta, N., Trapanese, E., Basile, F., Nasti, G., Papa, A., Bellini, O., Falconi, C. (2003). Body composition, eating behavior, food-body concerns and eating disorders in adolescent girls. *Ann Nutr Metab*, 47(6), 284-293. doi:72401
- Busby, A., Abramsky, L., Dolk, H., Armstrong, B., & Eurocat Folic Acid Working, G. (2005). Preventing neural tube defects in Europe: population based study. *BMJ*, 330(7491), 574-575. doi:10.1136/bmj.330.7491.574
- Cade, J. E., Burley, V. J., Warm, D. L., Thompson, R. L., & Margetts, B. M. (2004). Food-frequency questionnaires: a review of their design, validation and utilisation. *Nutr Res Rev*, 17(1), 5-22. doi:10.1079/NRR200370
- Cattell, R. B. (1966). *The scree test for the number of factors* (Vol. 1). Multivariate Research Behaviour. Seite 245-276.
- Centritto, F., Iacoviello, L., di Giuseppe, R., De Curtis, A., Costanzo, S., Zito, F., Grioni, S., Donati, M. B., de Gaetano, G., Di Castelnuovo, A., MOLI-SANI sani Investigators (2009). Dietary patterns, cardiovascular risk factors and C-reactive protein in a healthy Italian population. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 19(10), 697-706. doi:10.1016/j.numecd.2008.11.009
- Choi, J. H., Woo, H. D., Lee, J. H., & Kim, J. (2015). Dietary Patterns and Risk for Metabolic Syndrome in Korean Women: A Cross-Sectional Study. *Medicine (Baltimore)*, 94(34), e1424. doi:10.1097/MD.0000000000001424
- Craig, L. C., McNeill, G., Macdiarmid, J. I., Masson, L. F., & Holmes, B. A. (2010). Dietary patterns of school-age children in Scotland: association with socio-economic indicators, physical activity and obesity. *Br J Nutr*, 103(3), 319-334. doi:S0007114509991942
- Cullen, K. W., Watson, K., & Zakeri, I. (2008). Relative reliability and validity of the Block Kids Questionnaire among youth aged 10 to 17 years. *J Am Diet Assoc*, 108(5), 862-866. doi:10.1016/j.jada.2008.02.015
- Cullen, K. W., & Zakeri, I. (2004). The youth/adolescent questionnaire has low validity and modest reliability among low-income African-American and Hispanic seventh- and eighth-grade youth. *J Am Diet Assoc*, 104(9), 1415-1419. doi:10.1016/j.jada.2004.06.022
- Cusatis, D. C., Chinchilli, V. M., Johnson-Rollings, N., Kieselhorst, K., Stallings, V. A., & Lloyd, T. (2000). Longitudinal nutrient intake patterns of US adolescent women: the Penn State Young Women's Health Study. *J Adolesc Health*, 26(3), 194-204. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10706167>
- Cutler, G. J., Flood, A., Hannan, P., & Neumark-Sztainer, D. (2009). Major patterns of dietary intake in adolescents and their stability over time. *J Nutr*, 139(2), 323-328. doi:jn.108.090928
- Cutler, G. J., Flood, A., Hannan, P., & Neumark-Sztainer, D. (2011). Multiple sociodemographic and socioenvironmental characteristics are correlated with major patterns of dietary intake in adolescents. *J Am Diet Assoc*, 111(2), 230-240. doi:S0002-8223(10)01833-X
- Daniels, S. R., Greer, F. R., & Committee on, N. (2008). Lipid screening and cardiovascular health in childhood. *Pediatrics*, 122(1), 198-208. doi:10.1542/peds.2008-1349
- de Moraes, A. C., Adami, F., & Falcao, M. C. (2012). Understanding the correlates of adolescents' dietary intake patterns. A multivariate analysis. *Appetite*, 58(3), 1057-1062. doi:10.1016/j.appet.2012.01.024

- de Ruijter, W., Westendorp, R. G., Assendelft, W. J., den Elzen, W. P., de Craen, A. J., le Cessie, S., & Gussekloo, J. (2009). Use of Framingham risk score and new biomarkers to predict cardiovascular mortality in older people: population based observational cohort study. *BMJ*, *338*, a3083. doi:10.1136/bmj.a3083
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung, & Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (Hrsg). (2015). *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Bonn.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg). (2011). Kohlenhydratzufuhr und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten - Evidenzbasierte Leitlinie. Retrieved from <https://www.dge.de/wissenschaft/leitlinien/leitlinie-kohlenhydrate/>
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE). (2015). In D. G. f. E. e. V. (DGE) (Ed.). Bonn.
- Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. (2003). *World Health Organ Tech Rep Ser*, *916*, i-viii, 1-149, backcover. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12768890>
- Doidge, J. C., & Segal, L. (2012). Most Australians do not meet recommendations for dairy consumption: findings of a new technique to analyse nutrition surveys. *Aust N Z J Public Health*, *36*(3), 236-240. doi:10.1111/j.1753-6405.2012.00870.x
- Dorey, F. J. (2010). In brief: statistics in brief: Confidence intervals: what is the real result in the target population? *Clin Orthop Relat Res*, *468*(11), 3137-3138. doi:10.1007/s11999-010-1407-4
- Drescher, L. S., Thiele, S., & Mensink, G. B. M. (2007). A new index to measure healthy food diversity better reflects a healthy diet than traditional measures. *J Nutr*, *137*(3), 647-651. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17311954>
- Drogan, D., Klipstein-Grobusch, K., Dierkes, J., Weikert, C., & Boeing, H. (2006). Dietary intake of folate equivalents and risk of myocardial infarction in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)--Potsdam study. *Public Health Nutr*, *9*(4), 465-471. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16870018>
- Eilat-Adar, S., Mete, M., Nobmann, E. D., Xu, J., Fabsitz, R. R., Ebbesson, S. O., & Howard, B. V. (2009). Dietary patterns are linked to cardiovascular risk factors but not to inflammatory markers in Alaska Eskimos. *J Nutr*, *139*(12), 2322-2328. doi:10.3945/jn.109.110387
- Feig, D. I., Kang, D. H., & Johnson, R. J. (2008). Uric acid and cardiovascular risk. *N Engl J Med*, *359*(17), 1811-1821. doi:10.1056/NEJMra0800885
- Fink, A. (2007). *Epidemiological Field Work in Population-Based Studies*. Berlin: Springer-Verlag.
- Fischer, J., Richter, A., Vohmann, C., Stahl, A., Heseker, H., & G.B.M., M. (2008). Fast-Food-Verzehr von Jugendlichen in Deutschland, Teil 2: Nährstoffzufuhr und Diskussion. *Ernährungsumschau*, *55*(10/08), 579-583.
- Food and Nutrient Board, I. o. M., . (2000). *Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline*. Washington D. C. : National Academy Press.
- Forschungsinstitut für Kinderernährung. (2005). *Empfehlungen für die Ernährung von Kindern und Jugendlichen. Die optimierte Mischkost optiMIX (Vol. 5. überarbeitete Fassung)*. Dortmund.

- Fortin, B., & Yazbeck, M. (2015). Peer effects, fast food consumption and adolescent weight gain. *J Health Econ*, *42*, 125-138. doi:10.1016/j.jhealeco.2015.03.005
- Francis, D. K., Van den Broeck, J., Younger, N., McFarlane, S., Rudder, K., Gordon-Strachan, G., Grant, A., Johnson, A., Tulloch-Reid, M., Wilks, R. (2009). Fast-food and sweetened beverage consumption: association with overweight and high waist circumference in adolescents. *Public Health Nutr*, *12*(8), 1106-1114. doi:10.1017/S1368980009004960
- Franks, P. W., Hanson, R. L., Knowler, W. C., Sievers, M. L., Bennett, P. H., & Looker, H. C. (2010). Childhood obesity, other cardiovascular risk factors, and premature death. *N Engl J Med*, *362*(6), 485-493. doi:10.1056/NEJMoa0904130
- Frattaroli, J., Weidner, G., Merritt-Worden, T. A., Frenda, S., & Ornish, D. (2008). Angina pectoris and atherosclerotic risk factors in the multisite cardiac lifestyle intervention program. *Am J Cardiol*, *101*(7), 911-918. doi:10.1016/j.amjcard.2007.11.039
- Fung, T. T., Rimm, E. B., Spiegelman, D., Rifai, N., Tofler, G. H., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2001a). Association between dietary patterns and plasma biomarkers of obesity and cardiovascular disease risk. *Am J Clin Nutr*, *73*(1), 61-67. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11124751>
- Fung, T. T., Willett, W. C., Stampfer, M. J., Manson, J. E., & Hu, F. B. (2001b). Dietary patterns and the risk of coronary heart disease in women. *Arch Intern Med*, *161*(15), 1857-1862. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11493127>
- Gallagher, A. M., Robson, P. J., Livingstone, M. B., Cran, G. W., Strain, J. J., Murray, L. J., Savage, J. M., Boreham, C. A. (2006). Tracking of energy and nutrient intakes from adolescence to young adulthood: the experiences of the Young Hearts Project, Northern Ireland. *Public Health Nutr*, *9*(8), 1027-1034. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17125567>
- Garcia, G., Sunil, T. S., & Hinojosa, P. (2012). The fast food and obesity link: consumption patterns and severity of obesity. *Obes Surg*, *22*(5), 810-818. doi:10.1007/s11695-012-0601-8
- Gassin, A. L. (2001). Helping to promote healthy diets and lifestyles: the role of the food industry. *Public Health Nutr*, *4*(6A), 1445-1450. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11918498>
- Gemming, L., Jiang, Y., Swinburn, B., Utter, J., & Mhurchu, C. N. (2014). Under-reporting remains a key limitation of self-reported dietary intake: an analysis of the 2008/09 New Zealand Adult Nutrition Survey. *Eur J Clin Nutr*, *68*(2), 259-264. doi:10.1038/ejcn.2013.242
- Gidding, S. S., Dennison, B. A., Birch, L. L., Daniels, S. R., Gillman, M. W., Lichtenstein, A. H., Rattay, K. T., Steinberger, J., Stettler, N., van Horn, L., American Heart Association (2006). Dietary recommendations for children and adolescents: a guide for practitioners. *Pediatrics*, *117*(2), 544-559. doi:10.1542/peds.2005-2374
- Green, R. (2011). Indicators for assessing folate and vitamin B-12 status and for monitoring the efficacy of intervention strategies. *Am J Clin Nutr*, *94*(2), 666S-672S. doi:10.3945/ajcn.110.009613
- Guttman, L. (1954). Some necessary conditions for common factor analysis. *Psychometrika*, *19*, 149-161.

- Haftenberger, M., Heuer, T., Heidemann, C., Kube, F., Krems, C., & Mensink, G. B. M. (2010). Relative validation of a food frequency questionnaire for national health and nutrition monitoring. *Nutr J*, *9*, 36. doi:10.1186/1475-2891-9-36
- Hallbach, J. (2006). *Klinische Chemie und Hämatologie für den Einstieg*. (Vol. 2. überarbeitete Auflage). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Hatcher, L. (2007). *A Step-by-Step Approach to Using the SAS System for Factor Analysis and Structural Equation Modeling* (9. ed.): SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina, S. 1 ff..
- Hearst, M. O., Harnack, L. J., Bauer, K. W., Earnest, A. A., French, S. A., & Michael Oakes, J. (2013). Nutritional quality at eight U.S. fast-food chains: 14-year trends. *Am J Prev Med*, *44*(6), 589-594. doi:10.1016/j.amepre.2013.01.028
- Hearty, A. P., & Gibney, M. J. (2013). Dietary patterns in Irish adolescents: a comparison of cluster and principal component analyses. *Public Health Nutr*, *16*(5), 848-857. doi:10.1017/S1368980011002473
- Heidemann, C., Scheidt-Nave, C., Richter, A., & Mensink, G. B. M. (2011). Dietary patterns are associated with cardiometabolic risk factors in a representative study population of German adults. *Br J Nutr*, *106*(8), 1253-1262. doi:10.1017/S0007114511001504
- Heidemann, C., Schulze, M. B., Franco, O. H., van Dam, R. M., Mantzoros, C. S., & Hu, F. B. (2008). Dietary patterns and risk of mortality from cardiovascular disease, cancer, and all causes in a prospective cohort of women. *Circulation*, *118*(3), 230-237. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.108.771881
- Henzen, C. (2001). [Risk factors for arteriosclerosis]. *Praxis (Bern 1994)*, *90*(4), 91-95. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11213573>
- Hermann, W. (2008). *Hyperhomocysteinämie, Homocystein* (Vol. 7. Auflage): TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/Main.
- Howard, A. L., Robinson, M., Smith, G. J., Ambrosini, G. L., Piek, J. P., & Oddy, W. H. (2011). ADHD is associated with a "Western" dietary pattern in adolescents. *J Atten Disord*, *15*(5), 403-411. doi:10.1177/1087054710365990
- Hu, F. B. (2002). Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. *Curr Opin Lipidol*, *13*(1), 3-9. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=11790957](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=11790957)
- Hu, F. B., Rimm, E., Smith-Warner, S. A., Feskanich, D., Stampfer, M. J., Ascherio, A., Sampson, L., Willett, W. C. (1999). Reproducibility and validity of dietary patterns assessed with a food-frequency questionnaire. *Am J Clin Nutr*, *69*(2), 243-249. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9989687>
- Hu, F. B., Rimm, E. B., Stampfer, M. J., Ascherio, A., Spiegelman, D., & Willett, W. C. (2000). Prospective study of major dietary patterns and risk of coronary heart disease in men. *Am J Clin Nutr*, *72*(4), 912-921. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11010931>
- Jacques, P. F., & Tucker, K. L. (2001). Are dietary patterns useful for understanding the role of diet in chronic disease? *Am J Clin Nutr*, *73*(1), 1-2. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11124739>
- James, J., & Kerr, D. (2005). Prevention of childhood obesity by reducing soft drinks. *Int J Obes (Lond)*, *29* Suppl 2, S54-57. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16385753>

- Jara, E., Ozer, E. J., & Seyer-Ochi, I. (2014). A case study of middle school food policy and persisting barriers to healthful eating. *Ecol Food Nutr*, 53(3), 333-346. doi:10.1080/03670244.2014.872906
- Johnson, R. K., Johnson, D. G., Wang, M. Q., Smiciklas-Wright, H., & Guthrie, H. A. (1994). Characterizing nutrient intakes of adolescents by sociodemographic factors. *J Adolesc Health*, 15(2), 149-154. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8018688>
- Jordan, S., & Hoebel, J. (2015). [Health literacy of adults in Germany: Findings from the German Health Update (GEDA) study]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 58(9), 942-950. doi:10.1007/s00103-015-2200-z
- Kaikkonen, J. E., Mikkila, V., Magnussen, C. G., Juonala, M., Viikari, J. S., & Raitakari, O. T. (2013). Does childhood nutrition influence adult cardiovascular disease risk?--insights from the Young Finns Study. *Ann Med*, 45(2), 120-128. doi:10.3109/07853890.2012.671537
- Kaiser, H. F. (1960). *The application of electronic computers to factor analysis* (Vol. 20).
- Kaiser, H. F. D., K. (1959). Analytic determination of comon factors. . *Amer. Psychol.*, 14, 425ff.
- Kamtsiuris, P., Lange, M., & Schaffrath Rosario, A. (2007). [The German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS): sample design, response and nonresponse analysis]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 50(5-6), 547-556. doi:10.1007/s00103-007-0215-9
- Kant, A. K. (2004). Dietary patterns and health outcomes. *J Am Diet Assoc*, 104(4), 615-635. doi:10.1016/j.jada.2004.01.010
- Kant, A. K. (2010). Dietary patterns: biomarkers and chronic disease risk. *Appl Physiol Nutr Metab*, 35(2), 199-206. doi:10.1139/H10-005
- Kennedy, E. T., Ohls, J., Carlson, S., & Fleming, K. (1995). The Healthy Eating Index: design and applications. *J Am Diet Assoc*, 95(10), 1103-1108. doi:10.1016/S0002-8223(95)00300-2
- Khani, B. R., Ye, W., Terry, P., & Wolk, A. (2004). Reproducibility and validity of major dietary patterns among Swedish women assessed with a food-frequency questionnaire. *J Nutr*, 134(6), 1541-1545. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15173426>
- Kline, P. (1994). *An easy guide to factor analysis*. New York: Routledge. S. 56-79
- Knopf, H. (2007). [Medicine use in children and adolescents. Data collection and first results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 50(5-6), 863-870. doi:10.1007/s00103-007-0249-z
- Kourlaba, G., Panagiotakos, D. B., Mihas, K., Alevizos, A., Marayiannis, K., Mariolis, A., & Tountas, Y. (2009). Dietary patterns in relation to socio-economic and lifestyle characteristics among Greek adolescents: a multivariate analysis. *Public Health Nutr*, 12(9), 1366-1372. doi:S1368980008004060
- Krems, C., Bauch, A., Götz, A., Heuer, T., Hild, A., Möseneder, J., & Brombach, C. (2006). Methoden der neuen Nationalen Verzehrsstudie II. *Ernährungs-Umschau*, 53(2), 44-50.

- Krolner, R., Rasmussen, M., Brug, J., Klepp, K. I., Wind, M., & Due, P. (2011). Determinants of fruit and vegetable consumption among children and adolescents: a review of the literature. Part II: qualitative studies. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 8, 112. doi:10.1186/1479-5868-8-112
- Kurth, B. M., Kamtsiuris, P., Holling, H., Schlaud, M., Dolle, R., Ellert, U., Kahl, H., Knopf, H., Lange, M., Mensink, G.B.M., Neuhauser, H., Schaffrath Rosario, A., Scheidt-Nave, C., Schenk, L., Schlack, R., Stolzenberg, H., Thamm, M., Thierfelder, W., Wolf, U. (2008). The challenge of comprehensively mapping children's health in a nation-wide health survey: design of the German KiGGS-Study. *BMC Public Health*, 8, 196. doi:10.1186/1471-2458-8-196
- Kurth, B. M., & Schaffrath Rosario, A. (2007). [The prevalence of overweight and obese children and adolescents living in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 50(5-6), 736-743. doi:10.1007/s00103-007-0235-5
- Lampert, T., Mensink, G. B. M., Romahn, N., & Woll, A. (2007). [Physical activity among children and adolescents in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 50(5-6), 634-642. doi:10.1007/s00103-007-0224-8
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159-174. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/843571>
- Lange, M., Kamtsiuris, P., Lange, C., Schaffrath Rosario, A., Stolzenberg, H., & Lampert, T. (2007). [Sociodemographic characteristics in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS) - operationalisation and public health significance, taking as an example the assessment of general state of health]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 50(5-6), 578-589. doi:10.1007/s00103-007-0219-5
- Larson, N. I., Neumark-Sztainer, D., Hannan, P. J., & Story, M. (2007). Family meals during adolescence are associated with higher diet quality and healthful meal patterns during young adulthood. *J Am Diet Assoc*, 107(9), 1502-1510. doi:S0002-8223(07)01292-8
- Lauer, R. M., & Clarke, W. R. (1989). Childhood risk factors for high adult blood pressure: the Muscatine Study. *Pediatrics*, 84(4), 633-641. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2780125>
- Lauer, R. M., Lee, J., & Clarke, W. R. (1988). Factors affecting the relationship between childhood and adult cholesterol levels: the Muscatine Study. *Pediatrics*, 82(3), 309-318. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3405659>
- Leach, H. (1999). *Food Habits*. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press. S. 515-521.
- Li, J., & Wang, Y. (2008). Tracking of dietary intake patterns is associated with baseline characteristics of urban low-income African-American adolescents. *J Nutr*, 138(1), 94-100. doi:138/1/94
- Liese, A. D., Crandell, J. L., Tooze, J. A., Fangman, M. T., Couch, S. C., Merchant, A. T., Bell, R. A., Mayer-Davis, E. J. (2015). Relative validity and reliability of an FFQ in youth with type 1 diabetes. *Public Health Nutr*, 18(3), 428-437. doi:10.1017/S1368980014000408

- Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H. et al. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, *380*(9859), 2224-2260. doi:10.1016/S0140-6736(12)61766-8
- Liu, X., Wang, X., Lin, S., Song, Q., Lao, X., & Yu, I. T. (2015). Reproducibility and Validity of a Food Frequency Questionnaire for Assessing Dietary Consumption via the Dietary Pattern Method in a Chinese Rural Population. *PLoS One*, *10*(7), e0134627. doi:10.1371/journal.pone.0134627
- Livingstone, M. B., & Robson, P. J. (2000). Measurement of dietary intake in children. *Proc Nutr Soc*, *59*(2), 279-293. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10946797>
- Loy, S. L., & Jan Mohamed, H. J. (2013). Relative validity of dietary patterns during pregnancy assessed with a food frequency questionnaire. *Int J Food Sci Nutr*, *64*(6), 668-673. doi:10.3109/09637486.2013.787398
- Lozada, A. L., Flores, M., Rodriguez, S., & Barquera, S. (2007). [Dietary patterns in Mexican adolescent girls. A comparison of two methods. National Nutrition Survey, 1999]. *Salud Publica Mex*, *49*(4), 263-273. doi:S0036-36342007000400006
- Magnussen, C. G., Koskinen, J., Chen, W., Thomson, R., Schmidt, M. D., Srinivasan, S. R. et al. (2010). Pediatric metabolic syndrome predicts adulthood metabolic syndrome, subclinical atherosclerosis, and type 2 diabetes mellitus but is no better than body mass index alone: the Bogalusa Heart Study and the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Circulation*, *122*(16), 1604-1611. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.110.940809
- Malik, V. S., Schulze, M. B., & Hu, F. B. (2006). Intake of sugar-sweetened beverages and weight gain: a systematic review. *Am J Clin Nutr*, *84*(2), 274-288. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16895873>
- Mann, J., & Truswell, A. S. (1997). *Essentials of human nutrition*. Oxford.
- Marks, G. C., Hughes, M. C., & van der Pols, J. C. (2006). Relative validity of food intake estimates using a food frequency questionnaire is associated with sex, age, and other personal characteristics. *J Nutr*, *136*(2), 459-465. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16424128>
- Martinez, M. E., Marshall, J. R., & Sechrest, L. (1998). Invited commentary: Factor analysis and the search for objectivity. *Am J Epidemiol*, *148*(1), 17-19. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=9663398](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=9663398)
- Matthys, C., Pynaert, I., De Keyzer, W., & De Henauw, S. (2007). Validity and reproducibility of an adolescent web-based food frequency questionnaire. *J Am Diet Assoc*, *107*(4), 605-610. doi:10.1016/j.jada.2007.01.005
- McCann, S. E., Marshall, J. R., Brasure, J. R., Graham, S., & Freudenheim, J. L. (2001). Analysis of patterns of food intake in nutritional epidemiology: food classification in principal components analysis and the subsequent impact on estimates for endometrial cancer. *Public Health Nutr*, *4*(5), 989-997. doi:S1368980001001033

- McCourt, H. J., Draffin, C. R., Woodside, J. V., Cardwell, C. R., Young, I. S., Hunter, S. J., Murray, L. J., Boreham, C. A., Gallagher, A. M., Neville, C. E., McKinley, M. C., Young Hearts Study Group (2014). Dietary patterns and cardiovascular risk factors in adolescents and young adults: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Br J Nutr*, *112*(10), 1685-1698. doi:10.1017/S0007114514002682
- McCourt, H. J., Whittle, C. R., Young, I. S., Hunter, S. J., Murray, L. J., Boreham, A. M., Gallagher, A. M., Cardwell, C. R., Woodside, J. V., Kinley, M. C. (2010). Dietary patterns and cardiovascular risk factors in young adults: the Young Hearts Project, Northern Ireland. *Proceedings of the Nutrition Society*, *69*, E365.
- McKinley, M. C. (2000). Nutritional aspects and possible pathological mechanisms of hyperhomocysteinaemia: an independent risk factor for vascular disease. *Proc Nutr Soc*, *59*(2), 221-237. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10946791>
- McNaughton, S. A. (2011). Understanding the eating behaviors of adolescents: application of dietary patterns methodology to behavioral nutrition research. *J Am Diet Assoc*, *111*(2), 226-229. doi:10.1016/j.jada.2010.10.041
- McNaughton, S. A., Ball, K., Mishra, G. D., & Crawford, D. A. (2008). Dietary patterns of adolescents and risk of obesity and hypertension. *J Nutr*, *138*(2), 364-370. doi:138/2/364
- Mensink, G. B. M., Bauch, A., Vohmann, C., Stahl, A., Six, J., Kohler, S., Fischer, J., Hesecker, H. (2007a). [EsKiMo - the nutrition module in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, *50*(5-6), 902-908. doi:10.1007/s00103-007-0254-2
- Mensink, G. B. M., & Burger, M. (2004). [What do you eat? Food frequency questionnaire for children and adolescents]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, *47*(3), 219-226. doi:10.1007/s00103-003-0794-z
- Mensink, G. B. M., Haftenberger, M., & Thamm, M. (2001). Validity of DISHES 98, a computerised dietary history interview: energy and macronutrient intake. *Eur J Clin Nutr*, *55*(6), 409-417. doi:10.1038/sj.ejcn.1601174
- Mensink, G. B. M., Hesecker, H., Richter, A., Stahl, A., & Vohmann, C. (2007b). *Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo)*. *Forschungsbericht*. Retrieved from Berlin, Paderborn:
- Mensink, G. B. M., Hesecker, H., Stahl, A., Richter, A., & Vohmann, C. (2007c). Die akute Nährstoffversorgung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Ernährungsumschau*, *54*(11/07).
- Mensink, G. B. M.; Beitz, R.; Henschel, Y.; Hintzpeter, B. (2002). *Was essen wir heute? Ernährungsverhalten in Deutschland*: Robert Koch-Institut.
- Michels, K. B., & Schulze, M. B. (2005). Can dietary patterns help us detect diet-disease associations? *Nutr Res Rev*, *18*(2), 241-248. doi:S0954422405000181
- Mihas, C., Mariolis, A., Manios, Y., Naska, A., Arapaki, A., Mariolis-Sapsakos, T., & Tountas, Y. (2010). Evaluation of a nutrition intervention in adolescents of an urban area in Greece: short- and long-term effects of the VYRONAS study. *Public Health Nutr*, *13*(5), 712-719. doi:10.1017/S1368980009991625

- Mikkilä, V., Rasanen, L., Laaksonen, M. M., Juonala, M., Viikari, J., Pietinen, P., & Raitakari, O. T. (2009). Long-term dietary patterns and carotid artery intima media thickness: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Br J Nutr*, *102*(10), 1507-1512. doi:10.1017/S000711450999064X
- Mikkilä, V., Räsänen, L., Raitakari, O. T., Marniemi, J., Pietinen, P., Rönnemaa, T., & Viikari, J. (2007). Major dietary patterns and cardiovascular risk factors from childhood to adulthood. The Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Br J Nutr*, *98*(1), 218-225.
- Mikkilä, V., Rasanen, L., Raitakari, O. T., Pietinen, P., & Viikari, J. (2005). Consistent dietary patterns identified from childhood to adulthood: the cardiovascular risk in Young Finns Study. *Br J Nutr*, *93*(6), 923-931. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=16022763](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16022763)
- Moeller, S. M., Reedy, J., Millen, A. E., Dixon, L. B., Newby, P. K., Tucker, K. L., Krebs-Smith, S. M., Guenther, P. M. (2007). Dietary patterns: challenges and opportunities in dietary patterns research an Experimental Biology workshop, April 1, 2006. *J Am Diet Assoc*, *107*(7), 1233-1239. doi:10.1016/j.jada.2007.03.014
- Morrison, J. A., Glueck, C. J., Horn, P. S., & Wang, P. (2010). Childhood predictors of adult type 2 diabetes at 9- and 26-year follow-ups. *Arch Pediatr Adolesc Med*, *164*(1), 53-60. doi:10.1001/archpediatrics.2009.228
- MPHNE-Monitoring Public Health Nutrition in Europe (Hrsg.). (2003). *Nutritional indicators and determinants of health status* Retrieved from Huddinge, London:
- Munoz, K. A., Krebs-Smith, S. M., Ballard-Barbash, R., & Cleveland, L. E. (1997). Food intakes of US children and adolescents compared with recommendations. *Pediatrics*, *100*(3 Pt 1), 323-329. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9282700>
- Naja, F., Hwalla, N., Itani, L., Karam, S., Mehio Sibai, A., & Nasreddine, L. (2015). A Western dietary pattern is associated with overweight and obesity in a national sample of Lebanese adolescents (13-19 years): a cross-sectional study. *Br J Nutr*, 1-11. doi:10.1017/S0007114515003657
- Nettleton, J. A., Steffen, L. M., Schulze, M. B., Jenny, N. S., Barr, R. G., Bertoni, A. G., & Jacobs, D. R., Jr. (2007). Associations between markers of subclinical atherosclerosis and dietary patterns derived by principal components analysis and reduced rank regression in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *Am J Clin Nutr*, *85*(6), 1615-1625. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17556701>
- Neuhauser, H. K., Rosario, A. S., Thamm, M., & Ellert, U. (2009). Prevalence of children with blood pressure measurements exceeding adult cutoffs for optimal blood pressure in Germany. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, *16*(2), 195-200. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19378395>
- Neumark-Sztainer, D., Story, M., Resnick, M. D., & Blum, R. W. (1998). Lessons learned about adolescent nutrition from the Minnesota Adolescent Health Survey. *J Am Diet Assoc*, *98*(12), 1449-1456. doi:S0002-8223(98)00329-0

- Nicklas, T. A., Webber, L. S., Thompson, B., & Berenson, G. S. (1989). A multivariate model for assessing eating patterns and their relationship to cardiovascular risk factors: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutr*, 49(6), 1320-1327. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=2729171](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=2729171)
- Nicklaus, S. (2009). Development of food variety in children. *Appetite*, 52(1), 253-255. doi:10.1016/j.appet.2008.09.018
- Nicklaus, S., Boggio, V., Chabanet, C., & Issanchou, S. (2005). A prospective study of food variety seeking in childhood, adolescence and early adult life. *Appetite*, 44(3), 289-297. doi:10.1016/j.appet.2005.01.006
- Northstone, K., Ness, A. R., Emmett, P. M., & Rogers, I. S. (2007). Adjusting for energy intake in dietary pattern investigations using principal components analysis. *Eur J Clin Nutr*. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=17522611](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17522611)
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric Theory* (Vol. 3rd ed.). New York: McGraw-Hill. S. 445 ff.
- Nyaradi, A., Li, J., Hickling, S., Foster, J. K., Jacques, A., Ambrosini, G. L., & Oddy, W. H. (2015). A Western dietary pattern is associated with poor academic performance in Australian adolescents. *Nutrients*, 7(4), 2961-2982. doi:10.3390/nu7042961
- Oddy, W. H., Robinson, M., Ambrosini, G. L., O'Sullivan, T. A., de Klerk, N. H., Beilin, L. J., Silburn, S. R., Zubrick, S. R., Stanley, F. J. (2009). The association between dietary patterns and mental health in early adolescence. *Prev Med*, 49(1), 39-44. doi:10.1016/j.ypmed.2009.05.009
- Oellingrath, I. M., Svendsen, M. V., & Brantsaeter, A. L. (2011). Tracking of eating patterns and overweight - a follow-up study of Norwegian schoolchildren from middle childhood to early adolescence. *Nutr J*, 10, 106. doi:10.1186/1475-2891-10-106
- Ohashi, Y., Shimamoto, K., Sato, S., Iso, H., Kita, Y., Kitamura, A., Saito, I., Kiyohara, Y., Kawano, H., Nakagawa, H., Toyoshima, H., Ando, T., Taguri, M., Haradai, A., Ueshima, H., Japan Arteriosclerosis Longitudinal Study Group (2011). [Association of obesity and other cardiovascular risk factors with stroke the Japan Arteriosclerosis Longitudinal Study--Existing Cohorts Combined (JALS-ECC)]. *Nihon Kosho Eisei Zasshi*, 58(12), 1007-1015. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22413568>
- Okubo, H., Sasaki, S., Murakami, K., Kim, M. K., Takahashi, Y., Hosoi, Y., & Itabashi, M. (2008). Three major dietary patterns are all independently related to the risk of obesity among 3760 Japanese women aged 18-20 years. *Int J Obes (Lond)*, 32(3), 541-549. doi:0803737
- Ortiz-Andrellucchi, A., Henriquez-Sanchez, P., Sanchez-Villegas, A., Pena-Quintana, L., Mendez, M., & Serra-Majem, L. (2009). Dietary assessment methods for micronutrient intake in infants, children and adolescents: a systematic review. *Br J Nutr*, 102 Suppl 1, S87-117. doi:10.1017/S0007114509993163
- Osborne, J. W., & Costello, A. B. (2004). Sample size and subject to item ratio in principal components analysis. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 9 (11).

- Pang, X., Liu, J., Zhao, J., Mao, J., Zhang, X., Feng, L., Han, C., Li, M., Wang, S., Wu, D. (2014). Homocysteine induces the expression of C-reactive protein via NMDAr-ROS-MAPK-NF-kappaB signal pathway in rat vascular smooth muscle cells. *Atherosclerosis*, 236(1), 73-81. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2014.06.021
- Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G. W., King A. C. et al. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*, 273(5), 402-407. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7823386>
- Pearson, N., Atkin, A. J., Biddle, S. J., Gorely, T., & Edwardson, C. (2010). Parenting styles, family structure and adolescent dietary behaviour. *Public Health Nutr*, 13(8), 1245-1253. doi:10.1017/S1368980009992217
- Perera, I., & Ekanayake, L. (2010). Relationship between dietary patterns and dental caries in Sri Lankan adolescents. *Oral Health Prev Dent*, 8(2), 165-172. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20589251>
- Pinho, L., Silveira, M. F., Botelho, A. C., & Caldeira, A. P. (2014). Identification of dietary patterns of adolescents attending public schools. *J Pediatr (Rio J)*, 90(3), 267-272. doi:10.1016/j.jped.2013.04.006
- Pletcher, M. J., Bibbins-Domingo, K., Liu, K., Sidney, S., Lin, F., Vittinghoff, E., & Hulley, S. B. (2010). Nonoptimal lipids commonly present in young adults and coronary calcium later in life: the CARDIA (Coronary Artery Risk Development in Young Adults) study. *Ann Intern Med*, 153(3), 137-146. doi:10.7326/0003-4819-153-3-201008030-00004
- Preston, A. M., Palacios, C., Rodriguez, C. A., & Velez-Rodriguez, R. M. (2011). Validation and reproducibility of a semi-quantitative food frequency questionnaire for use in Puerto Rican children. *P R Health Sci J*, 30(2), 58-64. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21682147>
- Price, G. M., Paul, A. A., Cole, T. J., & Wadsworth, M. E. (1997). Characteristics of the low-energy reporters in a longitudinal national dietary survey. *Br J Nutr*, 77(6), 833-851. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9227182>
- Pryer, J. A., Vrijheid, M., Nichols, R., Kiggins, M., & Elliott, P. (1997). Who are the 'low energy reporters' in the dietary and nutritional survey of British adults? *Int J Epidemiol*, 26(1), 146-154. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9126514>
- Pschyrembel Medizinisches Wörterbuch*. (1994). (Vol. 257. Auflage). Hamburg: Nikol Verlagsgesellschaft mbH.
- Pudel, V., & Westernhöfer, J. (1998). Ernährungspsychologie. Eine Einführung (Vol. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage). Göttingen, Hofgrede.
- Rasmussen, M., Krolner, R., Klepp, K. I., Lytle, L., Brug, J., Bere, E., & Due, P. (2006). Determinants of fruit and vegetable consumption among children and adolescents: a review of the literature. Part I: Quantitative studies. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 3, 22. doi:10.1186/1479-5868-3-22
- Richter, A., Vohmann, C., Stahl, A., Hesecker, H., & Mensink, G. B. M. (2008). Der aktuelle Lebensmittelverzehr von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Ernährungsumschau*, 55(1/08), S. 28-36.
- Riesen, W. F. (2008). *Fettstoffwechsel*. Frankfurt/M.

- Robert Koch-Institut (Hrsg.). (2009). *Bevölkerungsbezogene Verteilungswerte ausgewählter Laborparameter aus der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS)*. Retrieved from Berlin:
- Rodrigues, P. R., Pereira, R. A., Cunha, D. B., Sichieri, R., Ferreira, M. G., Vilela, A. A., & Goncalves-Silva, R. M. (2012). Factors associated with dietary patterns in adolescents: a school-based study in Cuiaba, Mato Grosso. *Rev Bras Epidemiol*, *15*(3), 662-674. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23090312>
- Romero-Polvo, A., Denova-Gutierrez, E., Rivera-Paredes, B., Castanon, S., Gallegos-Carrillo, K., Halley-Castillo, E., Borges, G., Flores, M., Salmeron, J. (2012). Association between dietary patterns and insulin resistance in Mexican children and adolescents. *Ann Nutr Metab*, *61*(2), 142-150. doi:10.1159/000341493
- Rosenheck, R. (2008). Fast food consumption and increased caloric intake: a systematic review of a trajectory towards weight gain and obesity risk. *Obes Rev*, *9*(6), 535-547. doi:10.1111/j.1467-789X.2008.00477.x
- Schlieper, C. A. (1997). *Grundfragen der Ernährung* (Vol. 13. Auflage). Hamburg: Dr. Felix Büchner - Handwerk und Technik.
- Schroder, H., Fito, M., Covas, M. I., & investigators, R. (2007). Association of fast food consumption with energy intake, diet quality, body mass index and the risk of obesity in a representative Mediterranean population. *Br J Nutr*, *98*(6), 1274-1280. doi:10.1017/S0007114507781436
- Schulze, M. B., & Hoffmann, K. (2006). Methodological approaches to study dietary patterns in relation to risk of coronary heart disease and stroke. *Br J Nutr*, *95*(5), 860-869. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16611375>
- Schulze, M. B., Hoffmann, K., Kroke, A., & Boeing, H. (2003). An approach to construct simplified measures of dietary patterns from exploratory factor analysis. *Br J Nutr*, *89*(3), 409-419. doi:10.1079/BJN2002778S0007114503000485
- Schulze, M. B., & Hu, F. B. (2002). Dietary patterns and risk of hypertension, type 2 diabetes mellitus, and coronary heart disease. *Curr Atheroscler Rep*, *4*(6), 462-467. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12361494>
- Schwarz. (1998). *Das Public Health Buch. Gesundheit und Gesundheitswesen*. München-Wien-Baltimore: Urban&Schwarzenberg.
- Serra-Majem, L., Frost Andersen, L., Henrique-Sanchez, P., Doreste-Alonso, J., Sanchez-Villegas, A., Ortiz-Andrelluchi, A., Negri, E., La Vecchia, C. (2009). Evaluating the quality of dietary intake validation studies. *Br J Nutr*, *102 Suppl 1*, S3-9. doi:10.1017/S0007114509993114
- Serra-Majem, L., Ribas-Barba, L., Salvador, G., Serra, J., Castell, C., Cabezas, C., & Plasencia, A. (2007). Compliance with dietary guidelines in the Catalan population: basis for a nutrition policy at the regional level (the PAAS strategy). *Public Health Nutr*, *10*(11A), 1406-1414. doi:10.1017/S1368980007001012
- Shin, S., Hong, K., Kang, S. W., & Joung, H. (2013). A milk and cereal dietary pattern is associated with a reduced likelihood of having a low bone mineral density of the lumbar spine in Korean adolescents. *Nutr Res*, *33*(1), 59-66. doi:10.1016/j.nutres.2012.11.003

- Shu, X. O., Yang, G., Jin, F., Liu, D., Kushi, L., Wen, W., Gao, Y. T., Zheng, W. (2004). Validity and reproducibility of the food frequency questionnaire used in the Shanghai Women's Health Study. *Eur J Clin Nutr*, 58(1), 17-23. doi:10.1038/sj.ejcn.1601738
- Slattery, M. L. (2008). Defining dietary consumption: is the sum greater than its parts? *Am J Clin Nutr*, 88(1), 14-15. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18614718>
- Slattery, M. L. (2010). Analysis of dietary patterns in epidemiological research. *Appl Physiol Nutr Metab*, 35(2), 207-210. doi:10.1139/H10-006
- Soltani, Z., Rasheed, K., Kapusta, D. R., & Reisin, E. (2013). Potential role of uric acid in metabolic syndrome, hypertension, kidney injury, and cardiovascular diseases: is it time for reappraisal? *Curr Hypertens Rep*, 15(3), 175-181. doi:10.1007/s11906-013-0344-5
- Spear, B. A. (2002). Adolescent growth and development. *J Am Diet Assoc*, 102(3 Suppl), S23-29. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=11902385](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=11902385)
- Stallone, D. D., Brunner, E. J., Bingham, S. A., & Marmot, M. G. (1997). Dietary assessment in Whitehall II: the influence of reporting bias on apparent socioeconomic variation in nutrient intakes. *Eur J Clin Nutr*, 51(12), 815-825. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9426356>
- Stamler, J., Stamler, R., Neaton, J. D., Wentworth, D., Daviglius, M. L., Garside, D., Dyer, A. R., Liu, K., Greenland, P. (1999). Low risk-factor profile and long-term cardiovascular and noncardiovascular mortality and life expectancy: findings for 5 large cohorts of young adult and middle-aged men and women. *JAMA*, 282(21), 2012-2018. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10591383>
- Statistisches Bundesamt. Die 10 häufigsten Todesursachen. Sterbefälle insgesamt nach der ICD-10 im Jahr 2014. Retrieved from <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Todesursachen/Tabellen/HaeufigsteTodesursachen.html;jsessionid=72789C9F149CC3584B323E3DBD945F52.cae2>
- Stephens, L. D., McNaughton, S. A., Crawford, D., & Ball, K. (2015). Nutrition promotion approaches preferred by Australian adolescents attending schools in disadvantaged neighbourhoods: a qualitative study. *BMC Pediatr*, 15, 61. doi:10.1186/s12887-015-0379-7
- Strimbu, K., & Tavel, J. A. (2010). What are biomarkers? *Curr Opin HIV AIDS*, 5(6), 463-466. doi:10.1097/COH.0b013e32833ed177
- Subar, A. F., Thompson, F. E., Kipnis, V., Midthune, D., Hurwitz, P., McNutt, S., McIntosh, A., Rosenfeld, S. (2001). Comparative validation of the Block, Willett, and National Cancer Institute food frequency questionnaires : the Eating at America's Table Study. *Am J Epidemiol*, 154(12), 1089-1099. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11744511>
- Tabacchi, G., Amodio, E., Di Pasquale, M., Bianco, A., Jemmi, M., & Mammina, C. (2014). Validation and reproducibility of dietary assessment methods in adolescents: a systematic literature review. *Public Health Nutr*, 17(12), 2700-2714. doi:10.1017/S1368980013003157

- Thierfelder, W., Dortschy, R., Hintzpeter, B., Kahl, H., & Scheidt-Nave, C. (2007). [Biochemical measures in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 50(5-6), 757-770. doi:10.1007/s00103-007-0238-2
- Thomas, L. (2008a). *Harnsäure* (Vol. 7. Auflage): TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/Main.
- Thomas, L. (2008b). *Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik*. (Vol. 7. Auflage). Frankfurt/M: TH-Books Verlagsgesellschaft mbH.
- Thompson, F. E., & Subar, A. F. (2013). *Dietary assessment methodology* (Vol. Third edition). London: Academic press. S. 5-44.
- Togo, P., Heitmann, B. L., Sorensen, T. I., & Osler, M. (2003). Consistency of food intake factors by different dietary assessment methods and population groups. *Br J Nutr*, 90(3), 667-678. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13129474>
- Tracy, R. E., Newman, W. P., 3rd, Wattigney, W. A., & Berenson, G. S. (1995). Risk factors and atherosclerosis in youth autopsy findings of the Bogalusa Heart Study. *Am J Med Sci*, 310 Suppl 1, S37-41. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7503122>
- Trichopoulos, D., & Ligiou, P. (2001). Dietary patterns and mortality. *Br J Nutr*, 85(2), 133-134. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11242479>
- Troiano, R. P., Briefel, R. R., Carroll, M. D., & Bialostosky, K. (2000). Energy and fat intakes of children and adolescents in the united states: data from the national health and nutrition examination surveys. *Am J Clin Nutr*, 72(5 Suppl), 1343S-1353S. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11063476>
- Truthmann, J., Mensink, G. B. M., & Richter, A. (2011). Relative validation of the KiGGS Food Frequency Questionnaire among adolescents in Germany. *Nutr J*, 10(1), 133. doi:10.1186/1475-2891-10-133
- Tucker, K. L. (2010). Dietary patterns, approaches, and multicultural perspective. *Appl Physiol Nutr Metab*, 35(2), 211-218. doi:10.1139/H10-010
- Tuttle, C. (1999). *Childhood and Adolescence*. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press. S. 481-487.
- U. S. Department of Health and Human Services, National Heart, Lung, and Blood Institute,. (2006). Your Guide to Lowering Your Blood Pressure with DASH. *NIH Publication, no. 06-4082*.
- U. S. Department of Health and Human Services, National Heart, Lung, and Blood Institute,. (2012). *Expert Panel on Integrated Guidelines for Cardiovascular Health and Risk Reduction in Children and Adolescents Summary Report*. Retrieved from
- Utter, J., Denny, S., Lucassen, M., & Dyson, B. (2015). Adolescent Cooking Abilities and Behaviors: Associations With Nutrition and Emotional Well-Being. *J Nutr Educ Behav*. doi:10.1016/j.jneb.2015.08.016
- Vartanian, L. R., Schwartz, M. B., & Brownell, K. D. (2007). Effects of soft drink consumption on nutrition and health: a systematic review and meta-analysis. *Am J Public Health*, 97(4), 667-675. doi:10.2105/AJPH.2005.083782

- Vereecken, C. A., De Bourdeaudhuij, I., & Maes, L. (2010). The HELENA online food frequency questionnaire: reproducibility and comparison with four 24-h recalls in Belgian-Flemish adolescents. *Eur J Clin Nutr*, *64*(5), 541-548. doi:10.1038/ejcn.2010.24
- Villegas, R., Yang, G., Liu, D., Xiang, Y. B., Cai, H., Zheng, W., & Shu, X. O. (2007). Validity and reproducibility of the food-frequency questionnaire used in the Shanghai men's health study. *Br J Nutr*, *97*(5), 993-1000. doi:10.1017/S0007114507669189
- Wang, Z. M., Zhou, B., Nie, Z. L., Gao, W., Wang, Y. S., Zhao, H., Zhu, J., Yan, J. J., Yang, Z. J., Wang, L. S. (2012). Folate and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of prospective studies. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, *22*(10), 890-899. doi:10.1016/j.numecd.2011.04.011
- Wardle, J., & Marsland, L. (1990). Adolescent concerns about weight and eating; a social-development perspective. *J Psychosom Res*, *34*(4), 377-391. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2376839>
- WCRF/AICR. (2007). *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective*. Retrieved from Washington DC:
- WHO/FAO. (2003). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. Retrieved from Geneva:
- Willett, W., & Lenart, E. (1998). *Reproducibility and validity of food-frequency questionnaires*. New York: Oxford University Press. S. 101-147.
- Willett, W. C. (1998a). *Food-frequency Methods*. New York: Oxford University Press. S. 74-94.
- Willett, W. C. (1998b). *Nutritional Epidemiology. 2nd ed.* New York: Oxford University Press.
- Winkler, J., & Stolzenberg, H. (1999). [Social class index in the Federal Health Survey]. *Gesundheitswesen*, *61 Spec No*, S178-183. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10726418>
- Wirfalt, E., Drake, I., & Wallstrom, P. (2013). What do review papers conclude about food and dietary patterns? *Food Nutr Res*, *57*. doi:10.3402/fnr.v57i0.20523
- World Health Organisation (WHO). (2016). *Growing up unequal: gender and socioeconomic differences in young people's health and well-being. HEALTH BEHAVIOUR IN SCHOOL-AGED CHILDREN (HBSC) STUDY: INTERNATIONAL REPORT FROM THE 2013/2014 SURVEY*. Retrieved from [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0003/303438/HSBC-No7-Growing-up-unequal-full-report.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/303438/HSBC-No7-Growing-up-unequal-full-report.pdf?ua=1)
- Zapata, L. B., Bryant, C. A., McDermott, R. J., & Hefelfinger, J. A. (2008). Dietary and physical activity behaviors of middle school youth: the youth physical activity and nutrition survey. *J Sch Health*, *78*(1), 9-18; quiz 65-17. doi:10.1111/j.1746-1561.2007.00260.x
- Zhang, J., Wang, H., Wang, Y., Xue, H., Wang, Z., Du, W., Su, C., Zhang, J., Jiang, H., Zhai, F., Zhang, B. (2015). Dietary patterns and their associations with childhood obesity in China. *Br J Nutr*, *113*(12), 1978-1984. doi:10.1017/S0007114515001154

## Anhang

### Anhang 1 Im Zusammenhang mit den Ernährungsmustern untersuchte Biomarker und verwendete Labormethoden

(nach Thierfelder et al., 2007; Dortschy et al., 2009)

Biomarker	Labormethode	Gerätetyp
<b>Nährstoffstatus</b>		
Folat (2003-2005) [ng/ml]	Elektro-Chemilumineszenz-Bindungsassay	Elecsys E2010
Folat (2005-2006) [ng/ml]	Elektro-Chemilumineszenz-Bindungsassay	Elecsys E2010
Vitamin B12 [ng/l]	Elektro-Chemilumineszenz-Bindungsassay	Elecsys E2010
Ferritin [ $\mu$ g/l]	Elektro-Chemilumineszenz-Bindungsassay	Elecsys E2010
<b>Kardiovaskuläre Risikomarker</b>		
Gesamtcholesterin [mg/dl]	Vollenzymatische Cholesterin-Oxidase-PAP-Methode (Roche, Mannheim)	Hitachi 917
HDL-Cholesterin [mg/dl]	Homogener enzymatischer Farbttest (Roche, Mannheim)	Hitachi 917
LDL-Cholesterin [mg/dl]	Homogener enzymatischer Farbttest (Roche, Mannheim)	Hitachi 917
Homocystein [ $\mu$ mol/l]	Fluoreszenzpartikel-Immunoassay (Abbott)	AxSYM (Abbott)
Harnsäure [mg/dl]	Uricase-PAP-Reaktion (Roche, Mannheim)	Hitachi 917
HbA1c [%]	High-performance liquid chromatography (HPLC)	Diastat (Bio-Rad, München)

## Anhang 2 Fragebogenschnitt aus EsKiMo I

Freizeitverhalten		
		Analysevariablen
8.	<b>Wie lange beschäftigst du dich durchschnittlich pro Tag mit folgenden Dingen?</b>	
	<b>Fernsehen</b>	
	1 = ‚nie‘ 2 = ‚30 Min‘ 3 = ‚1-2 Std‘ 4 = ‚3-4 Std‘ 5 = ‚mehr‘	Fernsehdauer Kategorisierung: 1+2 = ‚0 bis 30 Minuten‘ 3 = ‚1 bis 2 Stunden‘ 4+5 = ‚3 bis 4 Stunden oder mehr‘
9.	<b>Wie oft bist du in deiner Freizeit körperlich aktiv (z. B. Sport, Fahrrad fahren usw.), sodass du richtig ins Schwitzen kommst oder außer Atem bist?</b>	
	1 = ‚nie , [Weiter zu 10.] 2 = ‚etwa jeden Tag‘ 3 = ‚3-5 mal in der Woche‘ 4 = ‚etwa 1-2 mal in der Woche‘ 5 = ‚etwa 1-2 mal im Monat‘	
9.1	<b>Wie viele Stunden sind das etwa in der Woche?</b>	
	Stunden [Anzahl]	Stunden körperliche Aktivität pro Woche

## Verpflegung in der Schule und zu Hause

		Analysevariablen
12.	<b>Hast du die Möglichkeit ein warmes Mittagessen in der Schule zu bekommen?</b>	
	1 = ‚Ja‘ [weiter mit 12.1] 2 = ‚Nein‘ [weiter mit 13.]	

## Fortsetzung Anhang 2

<b>12.1</b>	<b>Ich esse dort regelmäßig</b>	
	<p>1 = ‚Ja‘ [weiter mit 12.1.1]  2 = ‚Nein‘ [weiter mit 12.1.2]</p>	
<b>12.1.1</b>	<b>Wie häufig?</b>	
	<p>1 = ‚täglich‘  2 = ‚3-4 mal in der Woche‘  3 = ‚1-2 mal in der Woche‘  4 = ‚seltener‘ [weiter mit 13.]</p>	<p>Häufigkeit Schulverpflegung  1 = ‚täglich‘  2 = ‚3-4 mal in der Woche‘  3 = ‚1-2 mal in der Woche‘  4 = ‚seltener‘  5 = ‚unregelmäßig oder nie‘</p> <p>Wenn Frage 12 oder 12.1 verneint wurde, dann wurde 12.1.1 auf Ausprägung 5 codiert</p>
<b>13.</b>	<b>Gibt es in deinem Haushalt Mahlzeiten, die von allen gemeinsam eingenommen werden?</b>	
	<p>. = ‚keine Angabe‘  1 = ‚Ja‘ [weiter mit 13.1]  2 = ‚Nein‘ [weiter mit 14.]</p>	
<b>13.1</b>	<b>Welche Mahlzeiten sind das und wie häufig werden sie von allen gemeinsam eingenommen?</b>	
	Frühstück	
	<p>. = ‚keine Angabe‘  1 = ‚tgl.‘  2 = ‚3-5/Wo‘  3 = ‚1-2/Wo‘  4 = ‚seltener‘  5 = ‚nie‘</p>	<p>Familienmahlzeiten: Frühstück  Kategorisierung:  1+2 = ‚mind. 3-5 mal pro Woche‘  3+4+5 = ‚seltener oder nie‘</p>

**Fortsetzung Anhang 2**

	Mittagessen	
	. = ‚keine Angabe‘ 1 = ‚tgl. ‚ 2 = ‚3-5/Wo ‚ 3 = ‚1-2/Wo‘ 4 = ‚seltener‘ 5 = ‚nie‘	Familienmahlzeiten: Mittagessen Kategorisierung: 1+2 = ‚mind. 3-5 mal pro Woche‘ 3+4+5 = ‚seltener oder nie‘
	Abendessen	
	. = ‚keine Angabe‘ 1 = ‚tgl. ‚ 2 = ‚3-5/Wo ‚ 3 = ‚1-2/Wo‘ 4 = ‚seltener‘ 5 = ‚nie‘	Familienmahlzeiten: Abendessen Kategorisierung: 1+2 = ‚mind. 3-5 mal pro Woche‘ 3+4+5 = ‚seltener oder nie‘

**Nahrungsergänzungsmittel**

		Analysevariablen
16.	<b>Nimmst du Nahrungsergänzungsmittel (Vitamine, Mineralstoffe) in Form von Tabletten, Tropfen etc. ein?</b>	Einnahme von Supplementen ‚Ja‘ = wenn mindestens eine Nennung ‚Nein‘ = wenn keine Nennung

**Lebensmittelzubereitung**

		Analysevariablen
17.	<b>Wie gut kannst du deiner Meinung nach kochen?</b>	
	. = ‚keine Angabe‘ 1 = ‚sehr gut‘ 2 = ‚gut‘ 3 = ‚durchschnittlich‘ 4 = ‚wenig‘ 5 = ‚gar nicht‘ 6 = ‚ich koche nicht/trifft nicht zu‘	Kochfähigkeiten Kategorisierung: 1 = ‚sehr gut‘ 2 = ‚gut‘ 3, 4, 5, 6 = ‚schlechter‘

Quelle: Fragebogen in EsKiMo I

**Anhang 3 Lebensmittelgruppierung der DISHES-Daten**

<b>Lebensmittelgruppe</b>	<b>Einzel Lebensmittel</b>
Vollkornbrot	Vollkorn- und Schwarzbrot, Vollkornbrötchen, Vollkornspezialbrote und -brötchen
Weißbrot	Weiß- und Feinbrot, Weißbrötchen, Weißspezialbrote und -brötchen, Mehrkornbrot, Grau- und Mischbrot, Mehrkornbrötchen, Knäckebrot, Grau- und Mischspezialbrote und Mischbrötchen, Broterzeugnisse, Croissants, belegte Brote und Toasts
Süßigkeiten	Schokolade, schokoladenhaltige Süßwaren, Pralinen und Süßwarenerzeugnisse, Zucker und Zuckeraustauschstoffe, Süßstoffe Zuckerwaren und Bonbons, Müsli- und Fruchteriegel, Getränkepulver und -granulat (Kakaopulver, Zitronenteepulver)
Marmelade	Süße Brotaufstriche, Sirup und Honig, Konfitüren und Marmeladen, Pflaumenmus, Nuss-Nougat-Creme
Dessert	Cremes und Süßspeisen (inkl. Pudding, Rote Grütze), Speiseeis
Pfannkuchen	Pfannkuchen süß oder pikant
Knabberartikel	Knabbergebäck pikant (Kartoffelchips, Sticks, Chipsletten, Brotchips, Grissini, Tortillachips, Kräcker, Salzstangen, Flips)
Kuchen/Kekse	Torten, Kuchen, Kleinteile und Teilchen (z. B. Apfeltasche, Pfannkuchen, Mandelhörnchen), andere Backwarenerzeugnisse süß (Strudel), Blätterteig, Plätzchen und Kekse
Pflanzenöl	Pflanzliche Öle (z. B. Olivenöl, Leinöl, Sonnenblumenöl)
Butter	Butter, Butter fettreduziert
Margarine	Margarine, Halbfettmargarine
Milch	Milch und Trinkmilch vollfett, fettreduziert, mit geschmacksgebenden Zusätzen
Joghurt	Joghurt vollfett, fettreduziert, mit geschmacksgebenden Zusätzen
Käse	Hartkäse, Schnittkäse, Weichkäse, Sauermilch-, Koch-, Molken- und Schmelzkäse, Käsegerichte (Käsefondue, gebackener Camembert)
Andere Milchprodukte	Frischkäse (pur oder mit Kräutern), Quark (pur, süß oder herzhaft), Kefir, Buttermilch, Dickmilch, Molke, Sahne, Saure Sahne, Schmand, Kondensmilch, Milch- und Milchprodukterzeugnisse (z. B. Kaffeeweiß, Magermilchpulver, Milcheiweiß)
Tee	Schwarzer und grüner Tee, Kräuter- und Früchtetee

**Fortsetzung Anhang 3**

Kaffee	Kaffee, koffeinhaltige Getränke (z. B. Latte Macchiato, Cappuccino), Kaffee-Ersatz, Malzkaffee
Säfte	Obstsäfte, Fruchtsaftgetränke, Nektare, Gemüsesäfte z. B. Tomate, Möhre
Softdrinks	Limonaden, Malzbier, sonstige alkoholfreie Getränke (z. B. Eistee), Energiedrinks, isotonische Getränke
alkoholische Getränke	Bier, Biermischgetränke, Weiß- und Rotwein, Rosé, Sekt, weinähnliche Getränke (z. B. Obstwein, Honigwein), Weinmischgetränke (z. B. Glühwein, Bowle), Likör und Likörwein, Branntwein, Spirituosen (z. B. Rum, Whisky), Cocktails, Alkopops
Fisch	Fettfische, mittelfette Fische, Magerfische, Krebs- und Muscheltiere (z. B. Garnelen, Krabben, Muscheln), Fischerzeugnisse (Konserven, Fischstäbchen, Calamari), Fischgerichte
Geflügel- fleisch	Geflügel und Federwild, Fleischgerichte vom Geflügel, Geflügelprodukte (z. B. Hähnchen, Ente, Gans, Pute, Taube, Strauß, Chicken Wings)
anderes Fleisch	Rind, Kalb, Fleischgerichte vom Rind oder Kalb, Schwein, Fleischgerichte vom Schwein, Schaf, Lammgerichte, Hammelgerichte, andere Haustiere (Kaninchen, Pferd), Wild (Hirsch, Reh, Hase, Wildschwein), Fleischgerichte vom Wild (z. B. Hirschragout, Wildschweinbraten), Innereien, Hackfleisch, Hackfleischgerichte (z. B. Hackbraten, Königsberger Klopse)
Wurst	Brühwurst (z. B. Bockwurst, Wiener Würstchen, Leberkäse, Mortadella, Bierschinken), Wurstwaren fettarm, Fleischerzeugnisse Wurstwaren (Wurstkonserven, Pasteten, Corned Beef), Rohwurst z. B. Salami, Tee-, Mettwurst, Kochwurst z. B. Blut-, Leberwurst, Fleischwaren z. B. Pökelware (Kasseler), Rauchfleisch, Fleischwarenerzeugnisse z. B. Sülzen und Aspik, Speck und Schinken vom Schwein
Eier	Eier, Eiergerichte (z. B. Spiegelei, Rührei, Omelett, Eierfrikassee)
Obst	Kernobst, Steinobst, Beerenfrüchte, Südfrüchte, Zitrusfrüchte, Obsterzeugnisse, Obstsalat
Salat	Salatgemüse (z. B. Kopfsalat, Feldsalat, Radicchio, Chicorée), Blattgemüse (z. B. Blattspinat, Bleichsellerie, Mangold, Rhabarber), Gemüsesalat roh, Kräuter
anderes Gemüse	Sprossen- und Lauchgemüse, Fruchtgemüse, Wurzel- und Knollengemüse, Sprossen (z. B. Bambus- und Sojasprossen), Kohlgemüse, Algen, Gemüse-mischungen, sauer eingelegtes Gemüse, Gemüsegerichte und -beilagen (auch eingelegte Zwiebeln, Röstgemüse, Oliven, Antipasti)

**Fortsetzung Anhang 3**

Hülsenfrüchte	Hülsenfrüchte (z. B. Bohnen grün, Zuckererbsen, Erbsen grün, Kichererbsen, Bohnen weiß, Kidneybohnen)
Pilze	Speisepilze
Nüsse	Nüsse, Nussähnliche Früchte und Kerne (Erdnuss, Cashewnuss, Paranuss, Mandeln, Pinienkerne, Kürbiskerne, Sonnenblumenkerne), Samen (Sesam, Mohn), Nuss- und Samenerzeugnisse (Studentenfutter, Erdnussbutter)
vegetarische Gerichte	Soja, Tofu und Erzeugnisse (z. B. Sojamilch, Tofubratling), Vegetarische Brotaufstriche, Bratlinge
Getreideprodukte	Sonstige Getreide und -produkte: Graupen, Grütze, Bulgur andere Getreide und getreideähnliche (z. B. Gemüsemais, Grünkern, Hirse,), Getreideerzeugnisse (z. B. Popcorn, Reiswaffeln, Puffreis, Wraps, Tacos)
Reis	Reis geschält, ungeschält, Reis und Reisgerichte, Reissalat auch Polenta und Couscous
Müsli	Cornflakes, Müsli, Cerealienspezialitäten
Kartoffeln	Kartoffeln, Kartoffelgerichte (z. B. Kartoffelaufläufe, Kartoffelsalat, Bratkartoffeln)
Pommes Frites	Pommes Frites
Nudeln	Teigwaren, Teigwarenerzeugnisse (Ravioli, Tortellini), Nudelgerichte, Nudelsalat, Nudelaufläufe
Ketchup	Ketchup, Mayonnaise, Senf, Gewürzsoßen
Feinkost	Feinkostsalate (z. B. Eier-, Fleisch-, Geflügel-, Thunfischsalat)
Pizza	Pizzen, Zwiebelkuchen, Specktorte
Döner	Döner Kebab mit Fleisch
Falafel	Falafel, Pide mit Käse, Börek, türkische Pizza, vegetarischer Döner
Hamburger	Hamburger, Cheeseburger u. a. Burger
Bratwurst	Bratwürste, Currywürste, Frikadelle, Hot Dog
Wasser	Mineralwasser, Leitungswasser
Soßen	warme Soßen
Suppen	Suppen und Brühen

Quelle: eigene Gruppierung

**Anhang 4 Lebensmittelgruppierung für die FFQ-Items**

<b>FFQ-Item (Anzahl: 45)</b>	<b>Gebildete Lebensmittelgruppen (Anzahl: 34)</b>	<b>Anmerkungen</b>
Milch	Milch	
Erfrischungsgetränke	Softdrinks	gruppiert analog zu DISHES
Sportler-/Energiegetränke		
Fruchtsaft, -nektar, Gemüsesaft	Saft	
Leitungswasser	Wasser	gruppiert analog zu DISHES
Mineralwasser		
Früchte-, Kräutertee	Tee	gruppiert analog zu DISHES
Schwarzer, grüner Tee		
Kaffee	Kaffee	
Müsli, Cornflakes, Smacks	Müsli	
Vollkornbrot und -brötchen, Schwarzbrot	Vollkornbrot	
Weißbrot, Graubrot, Brötchen	Weißbrot	
Butter	Butter	
Margarine	Margarine	
Käse	Käse	gruppiert analog zu DISHES
Frischkäse		
Quark, Joghurt, Dickmilch	Quark, Joghurt, Dickmilch	in DISHES getrennte Gruppen für „Joghurt“ und „andere Milch- produkte“
Eier	Eier	
Suppe	Suppe	
Fleisch	Fleisch	
Geflügel	Geflügel	
Wurst, Schinken	Wurst, Schinken	
Fisch	Fisch	

**Fortsetzung Anhang 4**

Nudeln, Reis	Nudeln, Reis	in DISHES „Nudeln“ und „Reis“ getrennt
Gekochte Kartoffeln	Kartoffeln, gekocht	
Frittierte, gebratene Kartoffeln	Kartoffeln, frittiert oder gebraten	In DISHES nur frittierte Kartoffeln (Pommes)
Bratwurst, Currywurst, Hamburger, Döner Kebab	Bratwurst, Hamburger, Döner Kebab	in DISHES „Döner“, „Hamburger“ und „Bratwurst“ getrennt
Ketchup, Mayonnaise	Ketchup/Mayonnaise	
Kuchen, Gebäck	Kuchen/Kekse	gruppiert analog zu DISHES
Kekse		
Schokolade, Schokoriegel	Süßigkeiten	gruppiert analog zu DISHES
Süßigkeiten (z.B. Bonbons, Fruchtgummis)		
Eis	Dessert/Eis	gruppiert analog zu DISHES
Pudding, Milchreis		
Pfannkuchen	Pfannkuchen	
Honig, Marmelade	Marmelade	gruppiert analog zu DISHES
Nuss-Nougatcreme		
Knabberartikel	Knabberartikel	
Nüsse	Nüsse	
Frisches Obst	Obst	gruppiert analog zu DISHES
Gekochtes Obst, Konservenobst		
Gekochtes, frisches Gemüse	Anderes Gemüse	gruppiert analog zu DISHES
Tiefkühlgemüse		
Konservengemüse		
Blattsalat, Rohkost, rohes Gemüse	Blattsalat, Rohkost	in DISHES nur Blattsalat

Quelle: eigene Gruppierung

**Anhang 5   Publikation I: Relative validation of the KiGGS Food Frequency  
Questionnaire among adolescents in Germany**

RESEARCH

Open Access

# Relative validation of the KiGGS Food Frequency Questionnaire among adolescents in Germany

Julia Truthmann<sup>1</sup>, Gert BM Mensink<sup>2</sup> and Almut Richter<sup>2\*</sup>

## Abstract

**Background:** The aim of this study was to determine the relative validity of the self-administered Food Frequency Questionnaire (FFQ) "What do you eat?", which was used in the German National Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS 2003-2006).

**Methods:** The validation was conducted in the EsKiMo Nutrition Module, a subsample of KiGGS. The study population included 1,213 adolescents aged between 12 and 17. A modified diet history interview DISHES (Dietary Interview Software for Health Examination Studies) was used as the reference method. In order to compare the food groups, the data assessed with both instruments were aggregated to 40 similar food groups. The statistical analysis included calculating and comparing Spearman's correlation coefficients, calculating the mean difference between both methods, and ranking participants (quartiles) according to food group consumption, including weighted kappa coefficients. Correlations were also evaluated for relative body weight and socioeconomic status subgroups.

**Results:** In the total study population the Spearman correlation coefficients ranged from 0.22 for pasta/rice to 0.69 for margarine; most values were 0.50 and higher. The mean difference ranged between 1.4% for milk and 100.3% for pasta/rice. The 2.5 percentiles and 97.5 percentiles indicated a wide range of differences. Classifications in the same and adjacent quartile varied between 70.1% for pasta/rice and 90.8% for coffee. For most groups, Cohen's weighted kappa showed values between 0.21 and 0.60. Only for white bread and pasta/rice were values less than 0.20. Most of the 40 food groups showed acceptable to good correlations in all investigated subgroups concerning age, sex, body weight and socio-economic status.

**Conclusions:** The KiGGS FFQ showed fair to moderate ranking validity except for pasta/rice and white bread. However, the ability to assess absolute intakes is limited. The correlation coefficients for most food items were similar for normal weight and overweight as well as for different socio-economic status groups. Overall, the results of the relative validity were comparable to FFQs from the current literature.

**Keywords:** adolescents, dietary surveys, nutrition assessment, Germany, population characteristics, epidemiology

## Background

Diet plays an important role for physical development and health status in the early life stages. Behavioural aspects contributing to disease risk in adulthood often originate in childhood and adolescence [1]. The accurate assessment of dietary intake is essential in order to investigate the relationship between diet and health [2]. Large studies and accurate methods are necessary for

many nutrition research questions, but these are expensive and time consuming. Food Frequency Questionnaires (FFQs) assess the usual diet of study participants by asking the respondents about the frequency and portion size of predefined foods. In general, FFQs are time and cost efficient and have therefore become established in estimating usual food intake in population studies [3]. However, FFQs are known to have limitations and to be prone to measurement errors [4]. Especially children and adolescents have problems estimating the usual portion sizes and remembering their diet over a long time period. The reasons are, among others, unstructured

\* Correspondence: RichterA@rki.de

<sup>2</sup>Robert Koch Institute, Department of Epidemiology and Health Reporting, Post box 65 02 61, D-13302 Berlin, Germany

Full list of author information is available at the end of the article

eating patterns and more frequent meals outside the home [5]. Although some FFQ validation studies have been conducted for adolescents [6-10], validity in subgroups concerning age, sex, body weight, socio-economic status, etc. was not well examined [11]. Since biased results, even after stratification, can lead to wrong associations, the relative validity of FFQs should be determined by comparison with an established method in the population of interest.

A self-administered, semi-quantitative FFQ was used in the German National Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS 2003-2006) [12]. The main purpose of this questionnaire was to rank participants according to their food intake, but not to estimate the complete diet. Data are used to analyse diet-disease associations, as confounding variables within other exposure-disease associations, and to compare consumption patterns within population groups. In the 2006 EsKiMo study (Eating Study as a KiGGS Module), the detailed food consumption of adolescents was assessed by means of a modified diet history interview (DISHES) in a subsample of KiGGS participants. Furthermore, the participants were asked to complete the KiGGS FFQ a second time. Although EsKiMo was not primarily designed as a validation study, it enabled a food-group validation of the KiGGS FFQ using DISHES, a more comprehensive dietary assessment method, which was already validated for adults [13]. Since the EsKiMo module included a large representative sample of German adolescents, validity in subgroups concerning age, sex, body weight, and socio-economic status was also verified.

## Methods

### Study design

The KiGGS study was conducted between 2003 and 2006 by the Robert Koch Institute. It collected comprehensive, nationally representative data on the health of children and adolescents [14]. The aim of this nationwide survey was to give an overview of many relevant health aspects among children and adolescents. The survey included 17,641 participants aged 0 to 17 who lived in Germany and were registered in local population registries. Children and adolescents with a migration background were also included [15]. Special efforts were undertaken to include migrants: e.g. oversampling and translation of letters of invitation, information material and health questionnaires. The study consisted of the KiGGS core survey and five additional modules: the Iodine Module, the Nutrition Module (EsKiMo), the Mental Health Module (BELLA), the State Module "Schleswig-Holstein", the Motor Activity Module (MoMo), and the Environmental Module (KUS), which aimed to explore certain health-relevant topics in more

detail. It would have been too costly and time intensive to conduct all the measurements in the total sample and would probably have reduced the compliance and response rate. In the core survey participants were enrolled in two steps. First, 167 sample points were chosen randomly, but in proportion to the size of the respective federal state and community. Within these points, persons were randomly selected, stratified by age, from local population registries. All participants were interviewed and investigated comprehensively about their health history and status, health behaviour, socio-demographic characteristics, etc. The FFQ "What do you eat?" was used to assess the usual diet. This questionnaire exists in two versions which differ only in the form of address. One was to be completed by the parents of the 1- to 10-year-olds, with questions formulated as "How often did your child eat...?". The other questionnaire was to be completed by the participants aged 11 to 17, with questions formulated as "How often did you eat...?".

The EsKiMo study was conducted from January to December 2006. The participants in EsKiMo were randomly selected from the KiGGS sample and stratified by age and sample point. The rationale was that about one hundred boys and girls were chosen per age group for statistically sound analyses. The validation was conducted with dietary data from 1,272 adolescents aged 12 to 17 years. The FFQ was sent to the EsKiMo participants by post three to four weeks prior to a local visit for the more comprehensive and detailed diet history interview (DISHES interview). Both instruments therefore cover largely the same time frame. The seasonality of diet was reflected at the group level by the equal distribution of the assessment over the year. Food consumption data from both methods were converted to mean intakes as grams per day, and food groups from the DISHES interview were aggregated to food groups comparable to those of the FFQ. The survey was approved by the German Federal Data-Protection Office and by the Ethics Committee of Charité University Medicine (university hospital). Respondents were informed in detail about the study objectives, interview and examination procedures, as well as the handling of data records and analysis under pseudonymous conditions, and gave their written consent. Design and methods are described in detail elsewhere [14,16].

### Dietary assessment

The self-administered FFQ "What do you eat" was developed at the Robert Koch Institute to assess the usual intake of several food groups in the KiGGS core survey (2003-2006). The food groups most often consumed by children and adolescents were selected based on data from previous surveys and the advice of

nutrition survey experts [17]. Questions on the frequency and the amount of 45 food items consumed “during the last few weeks” were included. Additional questions related to specific nutritional demands (multi-vitamin tablets, convenience foods, light products). The frequency of consumption was assessed using ten response categories: never, once a month, two to three times a month, once or twice a week, three to four times a week, five to six times a week, once a day, two to three times a day, four to five times a day, more than five times a day. In addition, participants were asked to indicate the portion size of the food items, which was given in five item-specific categories. Several pictures were used to illustrate portion sizes. The time frame “during the last few weeks” for the FFQ was based on pre-test experience, since some participants reported that it was difficult to give an answer for exactly “the last four weeks”. However, the predefined answer categories for the frequency of consumption imply a time frame of about four weeks, since the lowest frequencies relate to a frequency per month (once a month, two to three times a month). The FFQ and a covering letter were sent to the respondents by postal mail three to four weeks prior to the visit. The first page of the FFQ provides instructions on completing the questionnaire. During the survey period a telephone hotline offered support with completing the questionnaire. Furthermore, support was offered when questionnaires were collected on local visit for the DISHES interview. The development process and design are described in detail elsewhere [17].

The DISHES interview is a modified diet history interview for assessing the usual dietary intake, with a reference period of the last four weeks. This was used as reference instrument. The DISHES software facilitates a standardized, structured and interviewer-guided assessment. The procedure has a meal-based structure similar to many 24-hour recall instruments. It is standardized, but still open-ended and allows the assessment of all possible food items in detail. The DISHES interview was conducted by trained nutritionists at the residence of the participants. First, usual meal patterns were obtained. In the next step, food intakes consumed during each meal were assessed by a check list. Subsequently, the frequency and portion size of each food consumed at the different meals was determined in detail. Additional food items could be chosen by searching the food code database. In general, estimation of portion sizes was facilitated using standardized tableware models. In addition, a picture book adapted from the EPIC-SOFT Picture Book [18] could be used to determine the portion size of selected food items. The DISHES software codes food items and connects the codes with the German Food Code and Nutrient

Database (BLS II.3), which includes 10,654 food codes [19]. For the EsKiMo study, the software was adapted for the target group of adolescents (DISHES Junior). Additional foods (1,225 food codes), not yet available in the BLS but often consumed by adolescents, were incorporated into the database. The average duration of an interview in the EsKiMo Study was 49 minutes. The instrument had been previously validated for adults [13] and used in several national nutrition surveys [16,20,21].

In the KiGGS study (2003-2006), the parents were asked about their income, occupational status and education. This information was used to calculate a family socio-economic status index, developed for the survey. The index was categorized into low (3-8 points), medium (9-14 points) and high (15-21 points) [22]. According to this index, 27.5% of the KiGGS participants were allocated to the low, 45.4% to the medium, and 27.1% to the high socio-economic status group [23]. Furthermore, the body weight and height of the adolescents was assessed by standardized measurement. The body mass index (BMI) was calculated from body height and weight. According to the Kromeyer-Hauschild method, participants with a BMI above the 90<sup>th</sup> percentile of the age- and gender-specific reference values were categorized as overweight [24].

#### Data and statistical analysis

The 45 FFQ items were aggregated to 40 food groups to enable a direct comparison of the two instruments. The FFQ items “fresh fruits” and “tinned fruits” were aggregated to fruits, and “cooked”, “frozen”, “tinned” and “raw vegetables” were aggregated to vegetables, since the original differentiation is not provided within the DISHES data. Furthermore, chocolate was added to the sweets group. Food frequency data were recoded into times of servings per month (one month being defined as 28 days). The arithmetic mean was used for frequency bands, and the frequency “more than five times a day” was set to six times a day. Portion categories were converted into gram amounts using predefined standard portion sizes. The average food-group intake was calculated by multiplying the frequency and portion size. For further information on the recoding of frequency and portion-size data, see Additional file 1. Food-level data were converted using SAS version 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA). For most food groups, the food consumption was not normally distributed. Nonparametric Spearman rank-correlation coefficients were therefore calculated. Correlation coefficients were calculated for all participants and stratified by sex, age group, BMI, and socio-economic status. The commonly desired outcome from an FFQ is a good-ranking capability of participants [25]. To evaluate the agreement in ranking, participants were grouped into quartiles for

each food group. Construction of quartiles was impossible for food groups where more than 25% of participants reported no consumption. Zero consumers were therefore defined as one group and the remaining participants grouped into tertiles. This was necessary for the following 20 food groups (percentages of zero consumers FFQ;DISHES): sport/energy drinks (64%;92%), tap water (46%;82%), fruit/herbal tea (33%;58%), black/green tea (73%;88%), coffee (69%;74%), breakfast cereals (17%;33%), brown bread (11%;39%), butter (31%;41%), margarine (46%;42%), cream cheese (37%;59%), eggs (13%;26%), fish (23%;33%), pasta/rice (0%;28%), cookies (17%;35%), ice cream (12%;30%), cream desserts/pudding/rice pudding (29%;41%), pancakes (29%;55%), sweet spreads (23%;37%), hazelnut spread (28%;44%), and nuts (52%;70%). Classification into the same, adjacent and opposite quartile or group was subsequently calculated. In addition, the degree of agreement was evaluated with the weighted kappa coefficient ( $\kappa_w$ ) using the formula [26]:

$$\kappa_w = \frac{O_w - C_w}{1 - C_w}$$

For this, a cross table (4 × 4) of frequencies was calculated for each food group. The observed proportion of agreement ( $O_w$ ) and the expected proportion of agreement by chance ( $C_w$ ) were derived. The weighting factors were 1 for complete agreement (same quartile), 0.66 for persons differing in one category (adjacent quartile), 0.33 for persons differing in two categories, and 0 for complete disagreement (opposite quartile). The mean intakes derived from the FFQ and the mean differences between both methods were calculated according to the formula: Mean of difference = Mean (FFQ - DISHES). Furthermore, the mean % of difference was calculated according to the formula:

$$\text{Difference (\%)} = \frac{\text{Mean (FFQ - DISHES)}}{(\text{Mean}_{\text{FFQ}} + \text{Mean}_{\text{DISHES}})/2} * 100$$

The 2.5 percentiles and the 97.5 percentiles of the difference were calculated. This represents the range of 95% of all differences. All statistical analyses were performed using SPSS version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). Non-overlapping 95% confidence intervals were considered statistical significant.

## Results

The present analysis included 1,249 EsKiMo participants, who completed both instruments (FFQ and DISHES interview). Within the core KiGGS study, participants were excluded from the analysis of FFQ data if they reported having consumed over six litres of beverages and over four kilos solid food, or if there were

more than 20 food items missing. Since the validation study is primarily for the evaluation of KiGGS, we used the same criteria. Thirty respondents had too many missing values for frequency questions and were excluded from the validation. Three respondents were excluded because of implausibly high consumption data. Finally, the sample for the statistical analysis included 1,213 adolescents aged 12 to 17. The characteristics of the validation sample are shown in Table 1. The sample includes 582 boys and 631 girls.

## Correlations

Table 2 shows the correlation between the two methods in different food groups. The correlation coefficients for the total group of participants varied between 0.22 (pasta/rice) and 0.69 (margarine); most values were 0.50 and higher. Correlation coefficients between 0.3 and 0.5 were observed for potato products, pancakes, meat, vegetables, cakes/pastries, tap water, cookies, poultry, nuts, bread and sport/energy drinks. Only for the food group pasta/rice was the correlation coefficient less than 0.3.

## Subgroups

Correlation coefficients were similar for boys and girls in most food groups (Table 2). Nevertheless, significant differences between the sexes were observed in three food groups. The correlation coefficients for vegetables and sport/energy drinks in the female study group were significantly lower and the correlation coefficient for poultry significant higher than in the male group.

**Table 1 Characteristics of study participants**

	n	%
Sex		
Male	582	48.0
Female	631	52.0
Age group		
12-13 years	416	34.3
14-15 years	427	35.2
16-17 years	370	30.5
Body weight (BMI <sup>a</sup> )		
Under-/normal weight (≤ P90)	1005	82.9
Overweight (>P97)	201	16.6
Missing	7	0.6
Socio-economic status <sup>b</sup>		
Low	249	20.5
Medium	617	50.9
High	331	27.3
Missing	16	1.3

Abbreviation: BMI (body mass index), P (Percentile)

<sup>a</sup> According to Kromeyer-Hauschild et al. [24]

<sup>b</sup> According to Winkler [22]

**Table 2 Correlation coefficients (95% CI) of food group intake between both methods by sex and age\***

Food group	all n = 1213	Sex		Age group		
		Male n = 582	Female n = 631	12-13 years n = 416	14-15 years n = 427	16-17 years n = 370
Margarine	0.69	0.65 (.60-.69)	0.73 (.69-.76)	0.71 (.66-.75)	0.67 (.61-.72)	0.69 (.63-.74)
Coffee	0.68	0.66 (.61-.70)	0.69 (.65-.73)	<b>0.57 (.50-.63)</b>	0.66 (.60-.71)	<b>0.70 (.64-.75)</b>
Hazelnut spread	0.67	0.63 (.58-.68)	0.71 (.67-.75)	0.68 (.62-.73)	0.68 (.63-.73)	0.64 (.58-.70)
Sweet spreads	0.66	0.65 (.60-.69)	0.67 (.62-.71)	0.65 (.59-.70)	0.64 (.58-.69)	0.69 (.63-.74)
Breakfast cereals	0.66	0.67 (.62-.71)	0.64 (.59-.68)	<b>0.58 (.51-.64)</b>	0.66 (.60-.71)	<b>0.71 (.66-.76)</b>
Milk	0.66	0.66 (.61-.70)	0.65 (.60-.69)	0.64 (.58-.69)	0.69 (.64-.74)	0.65 (.59-.71)
Mineral water	0.66	0.68 (.63-.72)	0.63 (.58-.67)	0.61 (.55-.67)	0.67 (.61-.72)	0.68 (.62-.73)
Soda	0.65	0.68 (.63-.72)	0.60 (.55-.65)	0.63 (.57-.68)	0.64 (.58-.69)	0.68 (.62-.73)
Butter	0.63	0.63 (.58-.68)	0.62 (.57-.67)	0.58 (.51-.64)	0.67 (.61-.72)	0.63 (.56-.69)
Fruits	0.63	0.62 (.57-.67)	0.62 (.57-.67)	0.60 (.53-.66)	0.63 (.57-.68)	0.66 (.60-.71)
Fruit/herbal tea	0.62	0.60 (.55-.65)	0.63 (.58-.67)	<b>0.67 (.61-.72)</b>	<b>0.54 (.47-.60)</b>	0.64 (.58-.70)
Green/black tea	0.62	0.58 (.52-.63)	0.65 (.60-.69)	<b>0.56 (.49-.62)</b>	<b>0.71 (.66-.75)</b>	<b>0.57 (.50-.64)</b>
Cheese	0.61	0.60 (.55-.65)	0.62 (.57-.67)	0.60 (.53-.66)	0.60 (.54-.66)	0.62 (.55-.68)
Fish	0.60	0.57 (.51-.62)	0.63 (.58-.67)	<b>0.56 (.49-.62)</b>	<b>0.55 (.48-.61)</b>	<b>0.70 (.64-.75)</b>
Ice cream	0.59	0.56 (.50-.61)	0.62 (.57-.67)	0.61 (.55-.67)	0.59 (.52-.65)	0.57 (.50-.64)
Eggs	0.58	0.54 (.48-.60)	0.60 (.55-.65)	0.61 (.55-.67)	0.56 (.49-.62)	0.57 (.50-.64)
Cream cheese	0.58	0.52 (.46-.58)	0.62 (.57-.67)	0.62 (.56-.68)	0.54 (.47-.60)	0.57 (.50-.64)
Salty snacks	0.57	0.58 (.52-.63)	0.55 (.49-.60)	0.60 (.53-.66)	0.56 (.49-.62)	0.55 (.47-.62)
Ketchup/mayonnaise	0.56	0.57 (.51-.62)	0.54 (.48-.59)	0.58 (.51-.64)	0.51 (.44-.58)	0.61 (.54-.67)
Curd <sup>1</sup>	0.56	0.54 (.48-.60)	0.57 (.51-.62)	0.52 (.45-.59)	0.58 (.51-.64)	0.58 (.51-.64)
Meat products	0.55	0.49 (.43-.55)	0.58 (.53-.63)	0.50 (.42-.57)	0.55 (.48-.61)	0.60 (.53-.66)
Potatoes	0.54	0.52 (.46-.58)	0.55 (.49-.60)	0.48 (.40-.55)	0.60 (.54-.66)	0.57 (.50-.64)
Juice	0.54	0.53 (.47-.59)	0.55 (.49-.60)	0.58 (.51-.64)	0.48 (.40-.55)	0.57 (.50-.64)
Fast food <sup>2</sup>	0.53	0.50 (.44-.56)	0.47 (.41-.53)	0.49 (.41-.56)	<b>0.45 (.37-.52)</b>	<b>0.62 (.55-.68)</b>
Soup	0.52	0.51 (.45-.57)	0.53 (.47-.58)	0.50 (.42-.57)	0.54 (.47-.60)	0.51 (.43-.58)
Sweets <sup>3</sup>	0.52	0.51 (.45-.57)	0.51 (.45-.57)	0.50 (.42-.57)	0.49 (.41-.56)	0.55 (.47-.62)
Pudding/rice pudding	0.50	0.50 (.44-.56)	0.49 (.43-.55)	0.46 (.38-.53)	0.51 (.44-.58)	0.53 (.45-.60)
Potato products	0.49	0.47 (.40-.53)	0.50 (.44-.56)	0.50 (.42-.57)	0.42 (.34-.50)	0.55 (.47-.62)
Pancakes	0.49	0.47 (.40-.53)	0.51 (.45-.57)	0.49 (.41-.56)	0.43 (.35-.50)	0.55 (.47-.62)
Meat	0.47	0.41 (.34-.48)	0.47 (.41-.53)	0.44 (.36-.51)	0.45 (.37-.52)	0.52 (.44-.59)
Vegetables	0.44	<b>0.58 (.52-.63)</b>	<b>0.40 (.33-.46)</b>	0.47 (.39-.54)	0.41 (.33-.49)	0.45 (.36-.53)
Cakes/pastries	0.44	0.44 (.37-.50)	0.43 (.36-.49)	0.39 (.31-.47)	0.47 (.39-.54)	0.46 (.38-.54)
Tap water	0.43	0.44 (.37-.50)	0.41 (.34-.47)	0.41 (.33-.49)	0.43 (.35-.50)	0.43 (.34-.51)
Cookies	0.41	0.44 (.37-.50)	0.40 (.33-.46)	0.43 (.35-.51)	0.44 (.36-.51)	0.36 (.27-.45)
Poultry	0.39	<b>0.30 (.22-.37)</b>	<b>0.46 (.40-.52)</b>	0.39 (.31-.47)	0.37 (.29-.45)	0.43 (.34-.51)
Nuts	0.38	0.37 (.30-.44)	0.38 (.31-.44)	0.46 (.38-.53)	0.40 (.32-.48)	0.38 (.29-.46)
Brown bread <sup>4</sup>	0.35	0.36 (.29-.43)	0.34 (.27-.41)	0.32 (.23-.40)	0.32 (.23-.40)	0.43 (.34-.51)
White bread <sup>5</sup>	0.31	0.23 (.15-.31)	0.33 (.26-.40)	0.27 (.18-.36)	0.31 (.22-.39)	0.62 (.55-.68)
Sport/energy drinks	0.31	<b>0.38 (.31-.45)</b>	<b>0.18 (.10-.25)</b>	<b>0.32 (.23-.40)</b>	<b>0.31 (.22-.39)</b>	<b>0.29 (.19-.38)</b>
Pasta/rice	0.22	0.19 (.11-.27)	0.26 (.19-.33)	0.17 (.08-.26)	0.25 (.16-.34)	0.25 (.15-.34)
Mean	0.53	0.52	0.53	0.52	0.52	0.56

Abbreviation: CI (confidence interval)

\*Non-overlapping 95% confidence intervals (bold) were considered statistically significant

<sup>1</sup>Curd, yoghurt, soured milk

<sup>2</sup>Burger, doner kebab, fried/grilled sausage, curried sausage

<sup>3</sup>Sweets, fruit chews, chocolate

<sup>4</sup>Brown bread, brown bun

<sup>5</sup>White bread, white bun

Compared to younger participants, adolescents aged 16 to 17 showed a tendency to higher correlation coefficients. Significantly higher correlation coefficients were observed for 16- to 17-year-olds than for younger adolescents for fish and white bread. In addition, 16- to 17-year-old adolescents had significantly higher coefficients for coffee and breakfast cereals than 12- to 13-year-olds, and higher coefficients for fast food than 14- to 15-year-olds. Table 3 shows the correlation coefficients between the mean daily food intake assessed with the FFQ and the DISHES interview stratified for relative bodyweight (normal weight, overweight) and socio-economic status (low, medium, high). Coefficients for overweight adolescents were lower than those for adolescents with normal body weight in most cases. Significant differences were observed in the case of fruit/herbal tea, butter, cream cheese, meat products, cakes/pastries, sweets, and hazelnut spread; correlation coefficients were higher among normal-weight respondents. After additionally stratifying for sex, a tendency towards lower correlation coefficients was observed among overweight girls compared to normal-weight girls, while overweight boys often showed higher coefficients than normal-weight boys (see Additional file 2, Table S1). A comparison between adolescents with low and high socio-economic status showed a tendency towards higher coefficients for adolescents with higher status (Table 4). Significant differences between these groups were found in the case of milk, fruit/herbal tea, breakfast cereals, meat products, potatoes, fast food, ketchup/mayonnaise, and cakes/pastries; correlation was higher for high socio-economic status. A further stratification for sex showed similar results for boys and girls (see Additional file 2, Table S2).

#### Ranking classification

Table 5 presents the agreement between quartiles of food consumption from the FFQ and quartiles from the DISHES interview. The proportion of participants classified in the same and adjacent quartile varied between 70.1% for pasta/rice and 90.8% for coffee. Classification in opposite quartiles varied between 1.9% for soda/mineral water and 9.7% for tap water. For most food groups Cohen's weighted kappa showed values between 0.21 and 0.60. Only the food groups white bread and pasta/rice showed values below 0.20.

#### Mean differences

Table 4 shows the mean food-group intakes per day estimated by the two methods and the 2.5 and 97.5 percentiles of the differences. The mean difference ranged from 1.4% for milk to 100.3% for pasta/rice. Milk, mineral water, eggs, meat, fish, fruits and potato products showed differences of less than 10%. Food

consumption as assessed by the FFQ was not generally higher or lower than the consumption estimated by the DISHES interview. The intake of soda, juice, mineral water, fruit/herbal tea, coffee, breakfast cereals, white bread, butter, margarine, meat products, fish, vegetables, fast food, ketchup/mayonnaise, cookies, sweets, pudding/rice pudding, sweet spreads, hazelnut spread, and nuts assessed by the FFQ was lower than the estimates by the DISHES interview. The intake of milk, sport/energy drinks, tap water, black/green tea, brown bread, cheese, curd, cream cheese, eggs, soup, meat, poultry, fruits, pasta/rice, potatoes, potato products, cakes/pastries, ice cream, pancakes, and salty snacks was higher. The 2.5 percentiles and 97.5 percentile of differences covered a wide range.

#### Discussion

In the present study, the validity of the KiGGS FFQ was evaluated in comparison to a diet history method instrument. Due to measurement errors and limitations within every dietary assessment method, only relative validity can be determined. The FFQ showed a fair to moderate agreement in ranking participants towards their intake for most food groups compared to the DISHES interview [27]. Only white bread and pasta/rice showed slight agreement. The correlation coefficients varied between 0.22 for pasta/rice and 0.69 for margarine. A reasonable to good correlation between the two instruments was found for 67% of the food groups [28]. The average of the observed correlation coefficients was higher or equal to other FFQ validation studies for adolescents [6-9,29-32]. The observed correlation coefficients are also similar to results from FFQ validation studies for adults [33-36]. Individual, higher coefficients for adults may be caused by an established meal structure and therefore a better memory on portion size and frequency. By contrast, the food frequency and portion sizes of adolescents are not constant [37]. Agreement of mean intake is rather low in most food groups. Some food groups - like milk, mineral water, eggs, meat fish, fruits and potato products - show small average differences. However, on the individual level there is a wide range of differences for every food group. The FFQ should therefore perhaps not be used to estimate absolute intakes. Other youth validation studies on food group level came to similar results [9,29].

The validation was performed using food consumption data from the EsKiMo module. This offered the advantage of a large validation sample that is representative of German adolescents, which also made it possible to evaluate the validity in subgroups. However, there may have been a tendency to select participants who were especially interested in their health and nutrition, since the EsKiMo participants agreed to participate for a

**Table 3 Correlation coefficients (95% CI) of food group intake between both methods in subgroups\***

Food group	Body weight <sup>a</sup>		Socio-economic status <sup>b</sup>		
	normal weight n = 1005	overweight n = 201	low n = 249	medium n = 617	high n = 331
Milk	0.67 (.63-.70)	0.65 (.56-.72)	<b>0.58 (.49-.66)</b>	0.66 (.61-.70)	<b>0.74 (.69-.79)</b>
Soda	0.67 (.63-.70)	0.54 (.43-.63)	0.62 (.54-.69)	0.63 (.58-.68)	0.67 (.61-.73)
Sport/energy drinks	0.33 (.27-.38)	0.17 (.03-.30)	0.19 (.07-.31)	0.32 (.25-.39)	0.38 (.28-.47)
Juice	0.56 (.52-.60)	0.46 (.34-.56)	0.44 (.33-.54)	0.56 (.50-.61)	0.58 (.50-.65)
Tap water	0.44 (.39-.49)	0.35 (.22-.47)	0.34 (.23-.45)	0.41 (.34-.47)	0.49 (.40-.57)
Mineral water	0.67 (.63-.70)	0.56 (.46-.65)	0.67 (.60-.73)	0.67 (.62-.71)	0.62 (.55-.68)
Fruit/herbal tea	<b>0.64 (.60-.68)</b>	<b>0.47 (.35-.57)</b>	<b>0.47 (.37-.56)</b>	<b>0.62 (.57-.67)</b>	<b>0.71 (.65-.76)</b>
Green/black tea	0.61 (.57-.65)	0.64 (.55-.72)	0.69 (.62-.75)	0.57 (.51-.62)	0.61 (.54-.67)
Coffee	0.68 (.65-.71)	0.67 (.59-.74)	0.64 (.56-.71)	0.65 (.60-.69)	0.75 (.70-.79)
Breakfast cereals	0.66 (.62-.69)	0.66 (.57-.73)	<b>0.50 (.40-.59)</b>	<b>0.69 (.65-.73)</b>	<b>0.73 (.68-.78)</b>
Brown bread <sup>1</sup>	0.36 (.30-.41)	0.30 (.17-.42)	0.29 (.17-.40)	0.35 (.28-.42)	0.39 (.29-.48)
White bread <sup>2</sup>	0.31 (.25-.36)	0.33 (.20-.45)	0.33 (.21-.44)	0.28 (.21-.35)	0.35 (.25-.44)
Butter	<b>0.64 (.60-.68)</b>	<b>0.49 (.38-.59)</b>	0.42 (.31-.52)	0.65 (.60-.69)	0.70 (.64-.75)
Margarine	0.69 (.66-.72)	0.67 (.59-.74)	0.65 (.57-.72)	0.68 (.64-.72)	0.73 (.68-.78)
Cheese	0.63 (.59-.67)	0.51 (.40-.61)	0.49 (.39-.58)	0.64 (.59-.68)	0.63 (.56-.69)
Curd <sup>3</sup>	0.56 (.52-.60)	0.53 (.42-.62)	0.46 (.36-.55)	0.58 (.53-.63)	0.59 (.51-.66)
Cream cheese	<b>0.61 (.57-.65)</b>	<b>0.43 (.31-.54)</b>	0.59 (.50-.67)	0.55 (.49-.60)	0.65 (.58-.71)
Eggs	0.59 (.55-.63)	0.57 (.47-.66)	0.58 (.49-.66)	0.58 (.53-.63)	0.59 (.51-.66)
Soup	0.50 (.45-.54)	0.61 (.52-.69)	0.48 (.38-.57)	0.49 (.43-.55)	0.60 (.53-.66)
Meat	0.46 (.41-.51)	0.50 (.39-.60)	0.41 (.30-.51)	0.45 (.38-.51)	0.55 (.47-.62)
Poultry	0.41 (.36-.46)	0.33 (.20-.45)	0.36 (.25-.46)	0.40 (.33-.46)	0.43 (.34-.51)
Meat products	<b>0.58 (.54-.62)</b>	<b>0.42 (.30-.53)</b>	<b>0.46 (.36-.55)</b>	0.55 (.49-.60)	<b>0.63 (.56-.69)</b>
Fish	0.60 (.56-.64)	0.62 (.53-.70)	0.56 (.47-.64)	0.57 (.51-.62)	0.67 (.61-.73)
Fruits	0.64 (.60-.68)	0.58 (.48-.67)	0.55 (.46-.63)	0.67 (.62-.71)	0.60 (.53-.66)
Vegetables	0.45 (.40-.50)	0.40 (.28-.51)	0.40 (.29-.50)	0.45 (.38-.51)	0.51 (.43-.59)
Pasta/rice	0.21 (.15-.27)	0.29 (.16-.41)	0.14 (.02-.26)	0.21 (.13-.28)	0.29 (.19-.39)
Potatoes	0.56 (.52-.60)	0.43 (.31-.54)	<b>0.42 (.31-.52)</b>	0.54 (.48-.59)	<b>0.60 (.53-.66)</b>
Potato products	0.48 (.43-.53)	0.50 (.39-.60)	0.42 (.31-.52)	0.49 (.43-.55)	0.52 (.44-.59)
Fast food <sup>4</sup>	0.53 (.48-.57)	0.51 (.40-.61)	<b>0.42 (.31-.52)</b>	0.51 (.45-.57)	<b>0.60 (.53-.66)</b>
Ketchup/mayonnaise	0.55 (.51-.59)	0.62 (.53-.70)	<b>0.39 (.28-.49)</b>	0.58 (.53-.63)	<b>0.63 (.56-.69)</b>
Cakes/pastries	<b>0.47 (.42-.52)</b>	<b>0.28 (.15-.40)</b>	<b>0.36 (.25-.46)</b>	0.43 (.36-.49)	<b>0.56 (.48-.63)</b>
Cookies	0.41 (.36-.46)	0.43 (.31-.54)	0.39 (.28-.49)	0.43 (.36-.49)	0.39 (.29-.48)
Sweets <sup>5</sup>	<b>0.54 (.49-.58)</b>	<b>0.36 (.23-.47)</b>	0.48 (.38-.57)	0.54 (.48-.59)	0.49 (.40-.57)
Ice cream	0.61 (.57-.65)	0.50 (.39-.60)	0.53 (.43-.61)	0.61 (.56-.66)	0.59 (.51-.66)
Pudding/rice pudding	0.50 (.45-.54)	0.47 (.35-.57)	0.38 (.27-.48)	0.53 (.47-.58)	0.55 (.47-.62)
Pancakes	0.50 (.45-.54)	0.43 (.31-.54)	0.42 (.31-.52)	0.48 (.42-.54)	0.58 (.50-.65)
Sweet spreads	0.65 (.61-.68)	0.66 (.57-.73)	0.63 (.55-.70)	0.63 (.58-.68)	0.71 (.65-.76)
Hazelnut spread	<b>0.68 (.65-.71)</b>	<b>0.50 (.39-.60)</b>	0.58 (.49-.66)	0.69 (.65-.73)	0.71 (.65-.76)
Salty snacks	0.57 (.53-.61)	0.56 (.46-.65)	0.50 (.40-.59)	0.56 (.50-.61)	0.63 (.56-.69)
Nuts	0.36 (.30-.41)	0.46 (.34-.56)	0.31 (.19-.42)	0.37 (.30-.44)	0.45 (.36-.53)
Mean	0.54	0.49	0.46	0.53	0.58

Abbreviation: CI (confidence interval)

<sup>a</sup> According to Kromeyer-Hauschild et al. [24]

<sup>b</sup> According to Winkler [22]

\*Non-overlapping 95% confidence intervals (bold) were considered statistically significant

<sup>1</sup>Brown bread, brown bun

<sup>2</sup>White bread, white bun

<sup>3</sup>Curd, yoghurt, soured milk

<sup>4</sup>Burger, doner kebab, fried/grilled sausage, curried sausage

<sup>5</sup>Sweets, fruit chews, chocolate

**Table 4 Mean of food intake assessed by the FFQ and mean of difference between both methods**

Food group	n	FFQ		Mean difference*	Mean difference%**	P2.5-P97.5 of mean difference
		Mean	SD			
Milk	1205	230.2	355.8	3.1	1.4	-406.1-738.5
Soda	1205	383.9	698.6	-44.8	-11.0	-1518.8-1608.4
Sport/energy drinks	1201	26.0	110.7	11.5	56.8	-85.5-200
Juice	1200	306.3	526.9	-172.6	-44.0	-1456.8-964.1
Tap water	1204	246.3	622.4	142.3	81.2	-599.1-2090
Mineral water	1206	636.2	922.0	-60.3	-9.0	-1845-2248.8
Fruit/herbal tea	1203	75.1	206.1	-23.7	-27.2	-522.9-277.9
Green/black tea	1207	33.4	182.2	8.1	27.6	-116.8-150
Coffee	1208	24.3	87.7	-6.4	-23.2	-159.5-113
Breakfast cereals	1207	21.5	33.8	-3.7	-15.8	-89.8-66.6
Brown bread <sup>1</sup>	1206	64.0	95.1	9.5	16.0	-190-250
White bread <sup>2</sup>	1210	66.6	86.8	-30.1	-36.9	-197.3-187.2
Butter	1193	5.2	9.4	-4.7	-62.3	-43.1-18.4
Margarine	1206	4.0	8.3	-5.6	-82.4	-45.3-10
Cheese	1203	24.9	40.2	5.9	26.9	-49.2-111
Curd <sup>3</sup>	1206	73.5	103.9	14.2	21.4	-137.2-200
Cream cheese	1200	6.5	19.2	1.4	24.3	-18.6-30
Eggs	1200	13.2	22.5	0.3	2.3	-32.8-40
Soup	1209	75.4	118.6	8.0	11.2	-181.4-185.7
Meat	1202	43.2	60.6	3.3	8.0	-86.4-113.6
Poultry	1199	24.1	33.1	8.9	45.3	-38-81.3
Meat products	1200	20.4	24.5	-26.3	-78.3	-119.3-30.6
Fish	1210	10.8	17.9	-0.3	-2.7	-34.4-30.9
Fruits	1207	214.7	304.1	12.9	6.2	-392.9-650.5
Vegetables	1192	137.3	158.2	-36.8	-23.6	-370.2-263.6
Pasta/rice	1208	52.4	61.2	35.0	100.3	-36.8-183.3
Potatoes	1207	79.6	79.0	18.0	25.5	-102.7-196.9
Potato products	1209	21.4	45.5	0.4	1.9	-62.1-64.3
Fast food <sup>4</sup>	1209	22.7	72.2	-11.3	-39.8	-110.4-41.8
Ketchup/mayonnaise	1205	4.2	9.9	-1.5	-30.0	-25.5-14.2
Cakes/pastries	1208	25.1	36.2	6.1	27.7	-52.9-97.5
Cookies	1203	5.8	10.5	-1.1	-17.5	-36.7-23.5
Sweets <sup>5</sup>	1201	28.8	53.5	-10.0	-29.6	-97.8-70.3
Ice cream	1205	34.2	100.2	22.0	95.0	-20.5-150
Pudding/rice pudding	1212	17.1	37.1	-6.6	-32.4	-94.9-52.4
Pancakes	1211	12.7	55.0	3.7	34.1	-30.1-35.7
Sweet spreads	1208	5.1	8.9	-3.0	-45.8	-33.1-14.1
Hazelnut spread	1205	6.0	12.4	-3.3	-43.1	-40-13.7
Salty snacks	1211	10.0	30.8	2.4	27.3	-24.4-36.8
Nuts	1210	1.3	5.3	-1.2	-64.9	-18.9-5.4

Abbreviation: FFQ (food frequency questionnaire), P (percentile), SD (standard deviation)

\*Calculated according to formula: mean of difference = Mean (FFQ - DISHES);

\*\*Calculated using the formula: Difference (%) =  $\frac{\text{Mean (FFQ - DISHES)}}{(\text{Mean}_{\text{FFQ}} + \text{Mean}_{\text{DISHES}})/2} * 100$

<sup>1</sup>Brown bread, brown bun

<sup>2</sup>White bread, white bun

<sup>3</sup>Curd, yoghurt, soured milk

<sup>4</sup>Burger, doner kebab, fried/grilled sausage, curried sausage

<sup>5</sup>Sweets, fruit chews, chocolate

**Table 5 Agreement of quartiles for food group intake assessed by both methods**

Food group	Same (%)	Adjacent (%)	Opposite (%)	Weighted kappa
Quartile				
Mineral water	51,1	37,5	1,9	0,494
Milk	49,5	38,6	2,0	0,472
Soda	48,1	40,1	1,9	0,471
Fruits	47,2	40,4	2,5	0,455
Cheese	46,8	37,4	2,7	0,445
Salty snacks	44,3	38,0	3,5	0,396
Curd <sup>1</sup>	42,9	42,3	2,1	0,393
Ketchup/mayonnaise	43,4	41,5	2,7	0,391
Potatoes	45,3	37,4	3,4	0,389
Meat products	42,4	40,2	2,8	0,385
Fast food <sup>2</sup>	43,8	41,9	2,4	0,374
Soup	42,0	38,1	3,4	0,367
Potato products	40,9	39,1	3,5	0,351
Sweets <sup>3</sup>	41,2	39,1	2,2	0,350
Cakes/pastries	41,1	38,2	4,0	0,320
Cookies	40,1	37,7	6,1	0,301
Vegetables	38,9	39,3	4,5	0,300
Meat	39,5	36,5	5,9	0,299
Poultry	37,9	36,8	7,3	0,273
Juice	44,7	38,3	4,3	0,202
White bread <sup>4</sup>	33,1	40,2	6,4	0,192
Adapted groups*				
Coffee	75,2	15,6	3,1	0,589
Margarine	55,1	35,0	2,3	0,543
Black/green tea	77,4	13,2	2,7	0,499
Hazelnut spread	50,8	35,6	2,6	0,497
Sweet spreads	49,0	38,4	3,1	0,482
Breakfast cereals	47,9	40,7	2,0	0,479
Butter	49,7	37,0	4,2	0,477
Fruit/herbal tea	51,0	32,6	4,9	0,454
Fish	48,3	36,2	3,4	0,451
Ice cream	44,1	40,0	3,5	0,419
Eggs	44,8	41,5	2,3	0,410
Cream cheese	50,4	29,2	5,8	0,399
Pudding/rice pudding	45,8	33,9	5,4	0,379
Pancakes	46,7	31,4	8,2	0,371
Nuts	54,2	21,8	9,3	0,295
Tap water	53,6	22,7	9,7	0,293
Brown bread <sup>5</sup>	37,6	37,1	8,4	0,250
Sport/energy drinks	66,1	13,5	8,8	0,202
Pasta/rice	31,1	39,0	9,6	0,151

\*Since more than 25% of participants reported no consumption, these were defined as one group and the remaining participants were grouped into tertiles.

<sup>1</sup>Curd, yoghurt, soured milk

<sup>2</sup>Burger, doner kebab, fried/grilled sausage, curried sausage

<sup>3</sup>Sweets, fruit chews, chocolate

<sup>4</sup>White bread, white bun

<sup>5</sup>Brown bread, brown bun

second time. Calculation of correlation coefficients is a common method in validation studies [38]. One main reason may be that it facilitates comparisons with other study results [39]. However, correlation coefficients only measure the strength of the association between two methods, not the agreement, and can be a misleading indicator of validity [40,41]. Nevertheless, calculating correlation coefficients was included in this study since small correlation coefficients can be indicators of potential error sources [42]. Additional analyses, like Bland Altman analysis or ranking classification, can avoid misleading conclusions. For the Bland Altman analysis it is assumed that the differences between two measurements are normally distributed [43]. Since in our study the differences were not normally distributed, and this could not be improved by log-transformation, the differences between the two instruments were calculated on the basis of untransformed data. Furthermore, we included an adapted analysis, which approximates the analysis of limits of agreement. Percentiles (2.5/97.5) of differences between the methods were calculated, which also represents 95% of differences. There are some limitations to be considered in relation to this validation study. For the assessment of validity, the reference method should have independent error sources [44]. Contrary to this, the reference instrument DISHES also relies on the memories of the participants and their perceptions of portion sizes, like the FFQ. This may result in unrealistically higher estimates of validity. Since the EsKiMo study was not primarily designed as a validation study, the choice of another reference method was not applicable. However, the DISHES interviews were conducted by trained nutritionists and supported by standardized software, while the FFQ was self-administered. Dietary intake information was more detailed and assessed in a meal-based structure. The DISHES interview used a variety of tableware models, standard portions and a picture book for estimating portion sizes. Furthermore, the list of food items assessed by the FFQ was fixed, while the DISHES interview was open-ended. The DISHES interview therefore seems an acceptable method of comparison. The DISHES method was previously validated for adults, but not for adolescents. It has also been used in some large nutrition surveys. Nevertheless, a pre-test was conducted to test feasibility among adolescents and the food-code database was adopted for younger persons. The FFQ was filled in by respondents several days before the DISHES interview was conducted. The sequence of instruments is relevant, since one measurement may affect a later response [44]. However, the reverse sequence would probably have a larger effect, since the diet history is a more comprehensive instrument which may have a larger impact on a person's memory and awareness of the actual diet. In

addition, the items in DISHES are more detailed and asked in a face-to-face setting. We therefore think the influence on recall of the applied sequence is minor.

The FFQ seems to be suitable for all considered sub-populations, since most food groups showed reasonable to acceptable correlation coefficients. Only the groups pasta/rice, white/brown bread, and cakes/pastries showed correlation coefficients of below 0.3; these should be interpreted with caution. Despite these results, certain differences between the BMI and socio-economic groups were found. As expected, older participants (aged 16 to 17 years) showed a tendency towards higher correlation coefficients than younger ones (12 to 13 years), because their cognitive abilities were better developed [37]. Furthermore, older adolescents choose their food themselves more often; they are also more conscious of what they eat. Correlation coefficients were lower for overweight adolescent girls compared to normal-weight girls. This finding might be expected, since thinness and body image have an important influence on female adolescents' dietary reporting [45]. Boys are less likely to be concerned about their body image. This relationship is in line with results from other studies [46,47]. In addition, participants who live in families with a low socio-economic status showed lower correlations more often than participants in families with high socio-economic status. To our knowledge, similar studies in such subgroups have not been performed among adolescents. However, some studies among adults found an inverse association between socio-economic status and underreporting [48,49], which is a potential source of bias in nutritional epidemiology and could be one reason for lower reporting validity. Nevertheless, the difference between subgroups is marginal and most food groups showed acceptable to good correlations. The KiGGS-FFQ is thus also suitable for groups with lower socio-economic status and higher body mass index.

Some differences in ranking and mean estimates between the instruments may be caused by differences in the measurement of portion sizes. While the DISHES interview assesses food intake with a variety of standard portions, tableware models and a picture book, the FFQ uses predefined, simple categories. The variability of values measured by the FFQ is therefore rather low. The relatively weak ranking agreement in the case of vegetables is discussed in other studies among adolescents [9,29], and also in adult populations [33,35,50]. One possible explanation is again related to difficulties in estimating portion size in some food groups. Some broad food items like "cooked", "frozen", "tinned", and "raw vegetables" may complicate the estimation of these predefined portion sizes. For instance, lettuce and tomatoes both belong to the raw vegetables group, even though one portion of each may have very different

weights. In addition, adolescents in particular may have problems defining the origin of their foods, because they normally do not prepare meals themselves. Accordingly, dividing vegetables into the groups frozen and tinned seems difficult for this age group. This difference was not assessed in the DISHES interview. These items were therefore grouped. The food group pasta/rice showed slight agreement among ranking participants in terms of food intake. One possible explanation is the different use of the two products. Pasta is often the main component of a meal like spaghetti bolognese, while rice is eaten as a side dish. It is therefore difficult to predefine a portion size for both products together. The DISHES interview assesses the amounts separately for every food and in as much detail as possible. The group white bread also showed only slight agreement in ranking. This may be due to a lack of experience among adolescents regarding the classification of bread.

## Conclusions

The FFQ shows fair to moderate ranking validity for most food groups except pasta/rice and white bread. Estimates for these two food groups should be interpreted with caution. As for the complete diet, the ability to assess absolute intakes using the FFQ is limited; but also for single foods there is no evidence whether the data of the DISHES interview or the FFQ are closer to the truth. Overall, the relative validity of the KiGGS FFQ is comparable to FFQs from the current literature [9,29,33,35,36]. The FFQ seems suitable for collecting representative dietary data at the population level, which allows exposure comparison and confounder adjustments. Based on correlation coefficients, the validity is similar for age, sex, body weight, and socio-economic status subgroups.

## Additional material

**Additional file 1: Recoding of frequency and portion size data.** The file contains information about the recoding of the frequencies and the portion sizes of each food item to calculate the average food-group intake per day.

**Additional file 2: Correlation coefficients between both methods by body weight, socio-economic status and sex.** The file contains the results of correlation analyses of food group intake between both instruments for subgroups according to body weight, socio-economic status and sex.

## List of abbreviations used

BMI: Body mass index; CI: Confidence interval; DISHES: Dietary Interview Software for Health Examination Studies; EsKiMo: Eating Study as a KiGGS Module; FFQ: Food Frequency Questionnaire; KiGGS: German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents; P: Percentile; SD: Standard deviation.

## Acknowledgements

This study was supported by the German Research Foundation. KiGGS was funded by the German Ministry of Health, the Ministry of Education and Research and the Robert Koch Institute. EsKiMo was funded by the German Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection. We would like to thank the families who participated in KiGGS and EsKiMo.

## Author details

<sup>1</sup>Technische Universität München, School of Management, Marketing and Consumer Research, Alte Akademie 16, D-85350 Freising, Germany. <sup>2</sup>Robert Koch Institute, Department of Epidemiology and Health Reporting, Post box 65 02 61, D-13302 Berlin, Germany.

## Authors' contributions

GBMM was one of the designers and the project leader of EsKiMo; AR organized the field work and data handling of EsKiMo; JT conducted the presented analysis and drafted the manuscript; GBMM and AR assisted with statistical analysis, interpreting the results and writing the manuscript. GM is the main responsible developer of DISHES and of the FFQ. AR was involved in the development of DISHES. All the authors were involved in the critical revision of the manuscript for important intellectual content. All authors read and approved the final manuscript.

## Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Received: 9 August 2011 Accepted: 7 December 2011

Published: 7 December 2011

## References

1. WHO: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *WHO Technical Report Series* 2003, **916**.
2. Beaton GH: Approaches to analysis of dietary data: relationship between planned analyses and choice of methodology. *Am J Clin Nutr* 1994, **59**:253-261.
3. Rockett HR, Berkey CS, Colditz GA: Evaluation of dietary assessment instruments in adolescents. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2003, **6**:557-562.
4. Kristal AR, Peters U, Potter JD: Is it time to abandon the food frequency questionnaire? *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005, **14**:2826-2828.
5. Livingstone MB, Robson PJ, Wallace JM: Issues in dietary intake assessment of children and adolescents. *British Journal of Nutrition* 2004, **92**:213-222.
6. Papadopoulou SK, Barboukis V, Dalkiranis A, Hassapidou M, Petridou A, Mougios V: Validation of a questionnaire assessing food frequency and nutritional intake in Greek adolescents. *Int J Food Sci Nutr* 2008, **59**:148-154.
7. Araujo MC, Yokoo EM, Pereira RA: Validation and calibration of a semiquantitative food frequency questionnaire designed for adolescents. *J Am Diet Assoc* 2010, **110**:1170-1177.
8. Ambrosini GL, de Klerk NH, O'Sullivan TA, Beilin LJ, Oddy WH: The reliability of a food frequency questionnaire for use among adolescents. *Eur J Clin Nutr* 2009, **63**:1251-1259.
9. Matthys C, Pynaert I, De Keyzer W, De Henauw S: Validity and reproducibility of an adolescent web-based food frequency questionnaire. *J Am Diet Assoc* 2007, **107**:605-610.
10. Rockett HR: Validity and reliability of the youth/adolescent questionnaire. *J Am Diet Assoc* 2005, **105**:1867, author reply 1867-1868.
11. Moore GF, Tapper K, Murphy S, Clark R, Lynch R, Moore L: Validation of a self-completion measure of breakfast foods, snacks and fruits and vegetables consumed by 9- to 11-year-old schoolchildren. *Eur J Clin Nutr* 2007, **61**:420-430.
12. Kurth BM: Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS): Ein Überblick über Planung, Durchführung und Ergebnisse unter Berücksichtigung von Aspekten eines Qualitätsmanagements. (The German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS): an overview of planning, implementation and results taking into account aspects of quality management). *Bundesgesundheitsbl- Gesundheitsforsch- Gesundheitsschutz* 2007, **50**:533-546.

13. Mensink GBM, Haftenberger M, Thamm M: **Validity of DISHES 98, a computerised dietary history interview: energy and macronutrient intake.** *Eur J Clin Nutr* 2001, **55**:409-417.
14. Kurth BM, Kamtsiuris P, Holling H, Schlaud M, Dolle R, Ellert U, Kahl H, Knopf H, Lange M, Mensink GBM, et al: **The challenge of comprehensively mapping children's health in a nation-wide health survey: design of the German KiGGS-Study.** *BMC Public Health* 2008, **8**:196.
15. Kamtsiuris P, Lange M, Schaffrath Rosario A: **Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS): Stichprobendesign, Response und Nonresponse-Analyse. (The German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)): Sample design, response and nonresponse analysis.** *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 2007, **50**:547-556.
16. Mensink GBM, Bauch A, Vohmann C, Stahl A, Six J, Kohler S, Fischer J, Hesecker H: **EsKiMo - Das Ernährungsmodul im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). (EsKiMo - the nutrition module in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)).** *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2007, **50**:902-908.
17. Mensink GBM, Burger M: **Was isst du? Ein Verzehrshäufigkeitsfragebogen für Kinder und Jugendliche. (What do you eat? Food frequency questionnaire for children and adolescents).** *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2004, **47**:219-226.
18. van Kappel AL, Amoyel J, Slimani N, Vozar B, Riboli E: **EPIC-SOFT Picture Book for Estimation of Food Portion Sizes** Lyon: IARC; 1994.
19. Hartmann BM, Bell S, Vásquez-Cañedo AL, Götz A, Brombach C: **Der Bundeslebensmittelschlüssel - Aktuelle Entwicklungen, Potenzial und Perspektiven. (The German Nutrient Database (BLS) - Current developments, potential and prospects).** *Ernährungs Umschau* 2006, **53**:124-129.
20. Mensink GBM, Hermann-Kunz E, Thamm M: **Der Ernährungssurvey. (The nutrition survey).** *Das Gesundheitswesen* 1998, **60**:S83-S86.
21. Krems C, Bauch A, Götz A, Heuer T, Hild A, Möseneder J, Brombach C: **Methoden der nationalen Verzehrsstudie II. (Methods of the National Nutrition Survey II).** *Ernährungs-Umschau* 2006, **53**:44-50.
22. Winkler J, Stolzenberg H: **Der Sozialschichtindex im Bundes-Gesundheitssurvey. (Social Status Scaling in the German national Health Interview and Examination Survey).** *Gesundheitswesen* 1999, **61**:178-183.
23. Lange M, Kamtsiuris P, Lange C, Schaffrath Rosario A, Stolzenberg H, Lampert T: **Messung soziodemographischer Merkmale im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS) und ihre Bedeutung am Beispiel der Einschätzung des allgemeinen Gesundheitszustands. (Sociodemographic characteristics in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS) - operationalisation and public health significance, taking as an example the assessment of the general state of health).** *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 2007, **50**:578-589.
24. Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, Geller F, Geiß HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Korte W, Menner H, et al: **Perzentile für den Body-Mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. (Percentiles of body mass index in children and adolescents evaluated from different regional German studies).** *Monatsschrift Kinderheilkunde* 2001, **8**:807-818.
25. Willett W: **Food-frequency Methods.** In *Nutritional Epidemiology*. Edited by: Willett W. New York: Oxford University Press; 1998:74-94.
26. Fink A: **Epidemiological Field Work in Population-Based Studies.** In *Handbook of Epidemiology*. Edited by: Ahrens W, Pigeot I. Berlin: Springer-Verlag; 2007.
27. Landis JR, Koch GG: **The measurement of observer agreement for categorical data.** *Biometrics* 1977, **33**:159-174.
28. Serra-Majem L, Frost Andersen L, Henríquez-Sánchez P, Doreste-Alonso J, Sánchez-Villegas A, Ortiz-Andrelluchi A, Negri E, La Vecchia C: **Evaluating the quality of dietary intake validation studies.** *British Journal of Nutrition* 2009, **102**:S3-S9.
29. Cullen KW, Zakeri I: **The youth/adolescent questionnaire has low validity and modest reliability among low-income African-American and Hispanic seventh- and eighth-grade youth.** *J Am Diet Assoc* 2004, **104**:1415-1419.
30. Hong TK, Dibley MJ, Sibbritt D: **Validity and reliability of an FFQ for use with adolescents in Ho Chi Minh City, Vietnam.** *Public Health Nutr* 2010, **13**:368-375.
31. Slater B, Philippi ST, Fisberg RM, Latorre MR: **Validation of a semi-quantitative adolescent food frequency questionnaire applied at a public school in Sao Paulo, Brazil.** *Eur J Clin Nutr* 2003, **57**:629-635.
32. Watson JF, Collins CE, Sibbritt DW, Dibley MJ, Garg ML: **Reproducibility and comparative validity of a food frequency questionnaire for Australian children and adolescents.** *Int J Behav Nutr Phys Act* 2009, **6**:62.
33. Haftenberger M, Heuer T, Heidemann C, Kube F, Krems C, Mensink G: **Relative validation of a food frequency questionnaire for national health and nutrition monitoring.** *Nutrition Journal* 2010, **9**:36.
34. Kesse-Guyot E, Castetbon K, Touvier M, Hercberg S, Galan P: **Relative validity and reproducibility of a food frequency questionnaire designed for French adults.** *Ann Nutr Metab* 2010, **57**:153-162.
35. Marks GC, Hughes MC, van der Pols JC: **Relative validity of food intake estimates using a food frequency questionnaire is associated with sex, age, and other personal characteristics.** *J Nutr* 2006, **136**:459-465.
36. Villegas R, Yang G, Liu D, Xiang YB, Cai H, Zheng W, Shu XO: **Validity and reproducibility of the food-frequency questionnaire used in the Shanghai men's health study.** *Br J Nutr* 2007, **97**:993-1000.
37. Livingstone MB, Robson PJ: **Measurement of dietary intake in children.** *Proc Nutr Soc* 2000, **59**:279-293.
38. Cade J, Thompson R, Burley V, Warm D: **Development, validation and utilisation of food-frequency questionnaires - a review.** *Public Health Nutr* 2002, **5**:567-587.
39. Cade JE, Burley VJ, Warm DL, Thompson RL, Margetts BM: **Food-frequency questionnaires: a review of their design, validation and utilisation.** *Nutr Res Rev* 2004, **17**:5-22.
40. Ambrosini GL, de Klerk NH, Musk AW, Mackerras D: **Agreement between a brief food frequency questionnaire and diet records using two statistical methods.** *Public Health Nutr* 2001, **4**:255-264.
41. Bland JM, Altman DG: **Applying the right statistics: analyses of measurement studies.** *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003, **22**:85-93.
42. Bellach B: **Remarks on the use of Pearson's correlation coefficient and other association measures in assessing validity and reliability of dietary assessment methods.** *Eur J Clin Nutr* 1993, **47**(Suppl 2):S42-45.
43. Bland JM, Altman DG: **Measuring agreement in method comparison studies.** *Stat Methods Med Res* 1999, **8**:135-160.
44. Willett W, Lenart E: **Reproducibility and validity of food-frequency questionnaires.** In *Nutritional Epidemiology*. Edited by: Willett W. New York: Oxford University Press; 1998:101-147.
45. Boschi V, Siervo M, D'Orsi P, Margiotta N, Trapanese E, Basile F, Nasti G, Papa A, Bellini O, Falconi C: **Body composition, eating behavior, food-body concerns and eating disorders in adolescent girls.** *Ann Nutr Metab* 2003, **47**:284-293.
46. Wardle J, Marsland L: **Adolescent concerns about weight and eating; A social-developmental perspective.** *Journal of Psychosomatic Research* 1990, **34**:377-391.
47. Bandini LG, Cyr H, Must A, Dietz WH: **Validity of reported energy intake in preadolescent girls.** *Am J Clin Nutr* 1997, **65**:1138S-1141S.
48. Stallone DD, Brunner EJ, Bingham SA, Marmot MG: **Dietary assessment in Whitehall II: the influence of reporting bias on apparent socioeconomic variation in nutrient intakes.** *European journal of clinical nutrition* 1997, **51**:815-825.
49. Price GM, Paul AA, Cole TJ, Wadsworth ME: **Characteristics of the low-energy reporters in a longitudinal national dietary survey.** *Br J Nutr* 1997, **77**:833-851.
50. Shu XO, Yang G, Jin F, Liu D, Kushi L, Wen W, Gao YT, Zheng W: **Validity and reproducibility of the food frequency questionnaire used in the Shanghai Women's Health Study.** *Eur J Clin Nutr* 2004, **58**:17-23.

doi:10.1186/1475-2891-10-133

**Cite this article as:** Truthmann et al: **Relative validation of the KiGGS Food Frequency Questionnaire among adolescents in Germany.** *Nutrition Journal* 2011 **10**:133.

**Anhang 6   Publikation II: Dietary patterns of adolescents in Germany –  
Associations with nutrient intake and other health related lifestyle  
characteristics**

RESEARCH ARTICLE

Open Access

# Dietary patterns of adolescents in Germany - Associations with nutrient intake and other health related lifestyle characteristics

Almut Richter<sup>1,2\*</sup>, Christin Heidemann<sup>2</sup>, Matthias B Schulze<sup>3</sup>, Jutta Roosen<sup>1</sup>, Silke Thiele<sup>4</sup> and Gert BM Mensink<sup>2</sup>

## Abstract

**Background:** The aim of this study was to identify dietary patterns among a representative sample of German adolescents and their associations with energy and nutrient intake, socioeconomic and lifestyle characteristics, and overweight status.

**Methods:** In the analysis, data from the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents were used. The survey included a comprehensive dietary history interview conducted among 1272 adolescents aged 12 to 17 years. Dietary patterns were determined with principal component analysis (PCA) based on 48 food groups, for boys and girls separately.

**Results:** Three dietary patterns among boys and two among girls were identified. Among boys, high adherence to the 'western' pattern was associated with higher age, lower socioeconomic status (SES), and lower physical activity level (PA). High adherence to the 'healthy' pattern among boys, but not among girls, was associated with higher SES, and higher PA. Among boys, high adherence to the 'traditional' pattern was associated with higher age. Among girls, high adherence to the 'traditional and western' pattern was associated with lower age, lower SES and more hours watching TV per day. The nutrient density of several vitamins and minerals, particularly of B-vitamins and calcium, increased with increasing scores of the 'healthy' pattern among both sexes. Conversely, with increasing scores of the 'western' pattern among boys, most nutrient densities decreased, particularly of fibre, beta-carotene, vitamin D, biotin and calcium. Among girls with higher scores of the 'traditional and western' pattern, nutrient densities of vitamin A, C, E, K and folate decreased. Among boys, high adherence to the 'traditional' pattern was correlated with higher densities of vitamin B<sub>12</sub> and vitamin D and lower densities of fibre, magnesium and iron. No significant associations between dietary patterns and overweight were found.

**Conclusions:** Higher scores for dietary patterns characterized by higher consumption of take away food, meat, confectionary and soft drinks ('western' and 'traditional and western') were found particularly among 16- to 17-years old boys and among adolescents with lower SES. These patterns were also associated with higher energy density, higher percent of energy from unsaturated fatty acids and lower percent of energy from carbohydrates as well as lower nutrient densities of several vitamins and minerals. Therefore, nutritional interventions should try to focus more on adolescents with lower SES and boys in general.

**Keywords:** Dietary patterns, Adolescents, Nutrition epidemiology, Principal component analysis

\* Correspondence: richtera@rki.de

<sup>1</sup>Marketing and Consumer Research, Technische Universität München, Alte Akademie 16, 85354 Freising, Germany

Full list of author information is available at the end of the article

## Background

The life stage of childhood and adolescence is important for the establishment of eating behaviours [1-3], which are often carried into adulthood [4-7]. Therefore, diet in the early stage of life influences health not only during the physical development, but also later in life [8-10]. The high prevalence of obesity and nutrition related diseases highlights the need to focus on nutritional interventions early in life [11]. Accordingly, knowledge about actual nutritional intake and diet behaviour among children and adolescents is essential.

Information on dietary patterns reflect the overall nutritional behaviour better than information on single foods or nutrients [12]. Therefore, the analysis of dietary patterns gives a more comprehensive impression of the food consumption habits within a population. Dietary guidelines based on preferred dietary patterns may be easier to understand and transported to the public than nutrient intake recommendations, because people are aware of their food consumption but not their nutrient intake.

Adolescence is a special stage of life often full of personal changes. Thus, adolescents could benefit from recommendations which are close to the existing food habits of their age group.

Associations between nutrition and health are complex and often influenced by many factors. Often there is a high correlation between nutrients and between foods which may complicate the interpretation of all relevant intake variables within multiple regression analysis. The application of statistical techniques to reduce the complexity of diet to a smaller number of dimensions, such as principal component analysis, can be useful in such cases. Resulting dietary patterns can then be used to evaluate associations between nutrition and health related measures (e. g. anthropometric measures) and diseases.

Most of the previous studies on dietary patterns of adolescents are based on relatively small or non-representative samples, e. g. school classes [4,13-21]. Until now, there have been only a few European studies on population based samples, including studies from North Ireland among persons older than 16 years [22] and studies of children and adolescents from Spain [23], the Balearic Islands [24] and Scotland [25]. Outside Europe, dietary patterns in representative samples of adolescents were analysed in Mexico [26], Australia [27] and Korea [28,29].

Therefore, the aim of this study was to identify dietary patterns among a representative sample of German adolescents and their associations with energy and nutrient intake, socioeconomic and lifestyle characteristics, and overweight status.

## Methods

### Study population

The German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS) is a population-based, nationally representative, cross-sectional study [30]. The sample was drawn with a two-stage clustered and stratified sampling procedure. In the first stage, 167 sample points (initially 150 and later 17 additional points) representative for German communities were selected and stratified by federal state and community size. In the second stage, for every age, almost the same number of participants was randomly selected from the population registries. From May 2003 to May 2006, a total of 17,641 children and adolescents aged 0 to 17 years, participated in KiGGS. The overall response rate was 66.6%. The survey was approved by the Federal Office for Data Protection and by the ethics committee of Charité University Medicine. Each parent and participant gave informed written consent before enrolment into the survey. Design, methods and response analyses are described in detail elsewhere [31].

For the present analysis, we included a subsample of the KiGGS participants (Eating Study as KiGGS Module, EsKiMo). The participants of EsKiMo were randomly selected from the KiGGS participants in the original 150 sample points, stratified by age and sample point. A net sample size of 100 participants per age and sex was intended. In total, information of 1234 children aged 6 to 11 years and 1272 adolescents aged 12 to 17 years was obtained. EsKiMo was conducted from January to December 2006 by the Robert Koch Institute and the University of Paderborn [32]. As children and adolescents differ in their ability and willingness to cooperate and in their personal circumstances (e. g. frequency of meals outside home), two different tools for data collection were used. Parents of participants younger than 12 years were asked to complete dietary records on three given consecutive days. Participants 12 years of age and older took part in a comprehensive dietary assessment. The present analyses are based on the 622 boys and 650 girls aged  $\geq 12$  to  $< 18$  years who took part in EsKiMo. The participation rate of EsKiMo for this age group was 64.7%.

### Data collection

KiGGS includes a range of physical examinations and tests as well as questionnaires filled out by parents and children aged 11 years and older. Parents were asked about their educational and occupational status and available household family income. Socioeconomic indicators were computed from each of these three components ranging from 1 to 7. A summary family socioeconomic status (SES) index was calculated for

every participant ranging from a minimum of 3 to a maximum of 21. A higher SES index corresponds to a higher status [33]. City size was assessed and grouped into small (under 5,000 inhabitants), small and middle-sized (5,000 to 99,999 inhabitants) and big cities (100,000 inhabitants or more).

Participants of EsKiMo 12 years of age and older, were interviewed by trained nutritionists using the Dietary Interview Software for Health Examination Studies (DISHES), a computerised face-to-face modified dietary history instrument designed to assess usual dietary intake within a reference period of the last four weeks. DISHES was developed at the Robert Koch Institute and was used in several nutrition surveys [34,35]. The relative validity of DISHES for adults was assessed in comparison with 3-d weighted dietary records and a 24-h dietary recall and revealed correlations for nutrient intakes in a reasonable range (0.34 to 0.69 for 3-d weighted dietary records, 0.27 to 0.65 for 24-h recall) [34]. In the DISHES-interviews, firstly, the usual meal patterns of the participant were assessed. Secondly, food groups consumed during each meal were obtained by a check list. Lastly, following the meal structure of the day, the frequencies and amounts of all specific foods and drinks consumed during each meal were assessed. Estimations of portion sizes are facilitated through use of standardized tableware models and a picture book with different reference portion sizes. In DISHES, all food items are coded automatically with the German Food Code and Nutrient Database (BLS II.3) [36]. DISHES was updated and adapted for this study and the target group of adolescents. For instance, additionally foods, not included in the BLS but consumed by adolescents, were incorporated. The nutrition interviews were conducted primarily at the adolescent's home or in cases when this was not possible, in a survey van. For this, every sample point was visited by one of the interviewers. The interviews were equally distributed over the year, thus, the issue of seasonality was accounted for on the group level. The average duration of the interview was 49 minutes. Participants received 10 € as an incentive along with a personal evaluation of their interview (e. g. nutrient intakes in comparison to reference values). To improve data quality, voice recorders were used to check participant answers if questionable data were detected.

In addition to the DISHES interview, EsKiMo included questions about specific nutritional, lifestyle and behavioural aspects. These questions referred to dietary supplement use ('Do you use dietary supplements (vitamins, minerals) e. g. pills, drops? Which products? How often did you take these products during the last four weeks?'), frequency of family meals ('Do you have joined meals at home? Which meals: breakfast, lunch, dinner?

How often? Every day, three to five times a week, one to two times a week, less, never'), frequency of eating a warm lunch at school ('Do you have the possibility to eat a warm lunch at school? If yes: How often do you eat a warm lunch at school? Daily, three to four times a week, one to two times a week or more seldom') and self-reported cooking skills ('How good are your cooking skills? Very good, good, ordinary, not good, bad, I don't cook'). Questions about leisure time activities referred to frequency of physical activity and time spent watching television per day ('In your leisure time, how often are you physically active in such a way that you start to sweat or become slightly out of breath? Never, almost every day, about three to five times a week, about one to two times a week, about one to two times a month') and 'How long do you usually watch TV per day? Never, 30 minutes, one to two hours, three to four hours, more'). Body mass index (BMI) was calculated from self-reported body height and weight. Participants with a BMI above the 90<sup>th</sup> percentile of the age and gender specific reference values [37] were categorised as overweight.

#### Statistical analyses

In the DISHES interviews, 2280 different foods and beverages were reported. These foods were combined into 48 food groups (Table 1). Therefore, commonly used food groups were differentiated according to similarities in nutrient profiles. For every food group, the mean amount consumed daily in grams was calculated for each individual and standardized to a mean of 0 and standard derivation of 1.

From previous analyses it was known that food consumption was different between sexes in this age group [38]. Therefore, the analyses were separately conducted for boys and girls. Dietary patterns were identified using principal component analysis (PROC FACTOR method = prin) on the 48 food groups. The resulting components were linear combinations of the included variables and explained as much of the variation in the original variables as possible. The components were rotated by an orthogonal transformation (resulting in uncorrelated components) to achieve a simpler structure with greater interpretability. To identify the number of principal components to be retained, the following criteria were used: the criterion of eigenvalues exceeding 1 (the interpretation of this criterion being that each component should explain a larger amount of variance than a single standardized variable in order to be retained), the scree plot (which is a graphical presentation of eigenvalues) and the interpretability of each component [39]. For good interpretability of each component, an adequate number of food groups with high loadings within a component are necessary. According to Hatcher 2007

**Table 1 Factor loadings\* of the food groups in the dietary patterns (principal components) identified among German adolescents**

Food groups	Dietary patterns				
	Boys (n = 622)		Girls (n = 650)		
	western	healthy	traditional	healthy	Traditional and western
Pizza <sup>†</sup>	0.66				0.32
Doner kebab	<u>0.59</u>				0.26
Burger	<u>0.57</u>				0.29
Soft drinks	0.55	-0.24	0.29		0.46
French fries	<u>0.53</u>				0.32
Alcoholic drinks	<u>0.42</u>		0.25		
Chicken	<u>0.41</u>	0.32		<u>0.51</u>	
Ketchup <sup>‡</sup>	<u>0.40</u>				0.26
Salty snacks	0.37				
Meat (except chicken)	0.33	0.28	0.37	0.21	0.46
Pasta	0.33			0.26	<u>0.45</u>
Confectionary	0.33				0.46
Sausages <sup>§</sup>	0.27				<u>0.46</u>
Legumes	0.25	<u>0.41</u>		0.47	0.23
Warm sauces	0.25		0.21	0.31	0.37
Rice	0.23	<u>0.59</u>		<u>0.65</u>	
Wholemeal bread	-0.29				-0.21
Salad vegetables		<u>0.59</u>		<u>0.44</u>	
Fruits		<u>0.57</u>		0.35	
Other vegetables <sup>  </sup>		0.53	0.27	0.43	
Vegetable oil		<u>0.52</u>		<u>0.61</u>	
Mushrooms		0.37		0.35	
Soup		0.35		0.59	0.28
Grain products <sup>¶</sup>		0.35			
Fish		0.28	0.31	0.38	
Cake/cookies		0.25	0.23		0.35
Eggs		0.25	0.35	0.33	0.21
Potatoes		0.25	<u>0.56</u>	0.29	<u>0.42</u>
Nuts		0.25			
Falafel <sup>**</sup>		0.24		0.24	
Water		0.23		0.31	-0.36
Processed meat			0.69		0.47
White bread <sup>††</sup>			<u>0.51</u>		0.38
Margarine			0.38		
Cheese			0.33		
Butter			0.28		
Meat salad <sup>††</sup>			0.27		
Dessert, Ice-Cream			0.25		0.25
Yoghurt			0.25		
Coffee			0.22		
Breakfast cereals					
Jam					0.24
Juices					
Milk					
Other milk products <sup>§§</sup>					0.20

**Table 1 Factor loadings\* of the food groups in the dietary patterns (principal components) identified among German adolescents (Continued)**

Pancakes					
Tea				0.22	
Vegetarian dishes <sup>  </sup>				0.36	
<b>Variance explained (%)</b>	8.2	5.1	4.8	7.6	5.6

\* Factor loadings with absolute values < 0.2 are not shown for simplicity, absolute values > 0.4 are underlined

† Pizza, onion tart

‡ Ketchup, mayonnaise, mustard, other cold sauces

§ Hot dog, grilled fried sausage, curried sausage, meatballs

|| Tomato, cucumber, pepper, asparagus, garlic, avocado, carrot, cabbage, mixed pickles, olives

¶ Bulgur, popcorn, rice waffle

\*\* Falafel, vegetarian doner, Turkish pizza

†† Wheat bread, mixed bread, bread rolls

‡‡ Salad with meat, chicken, eggs or fish

§§ Cream cheese, curd cheese, buttermilk, kefir, soured milk, cream, concentrated milk

|| |Soya, tofu, vegetarian spread

[39], components with at least 3 relevant loadings, which are loadings greater than or equal to |0.4|, were selected. The dietary pattern score is based on the sum of the individual, standardized intake of each food group weighted by the loading of the food group. The scores rank individuals according to the degree to which they conformed to each dietary pattern. The scores were categorized into quartiles and labelled according to the food groups with high loadings. Each participant had a score for all identified dietary patterns.

To estimate nutrient and energy intake by quartiles of dietary patterns, parameters were calculated using data from the German Food Code and Nutrient Data Base (BLS II.3) [36]. To determine the nutrient content of foods eaten by the study participants which were not incorporated in the BLS, an additionally database was developed using different sources e. g. product information of the food producer.

Dietary patterns were derived without considering dietary supplements as a food group. Therefore, the analyses on nutrient intakes were also performed without taking the contribution of supplements into account.

The internal validity of the pattern structure was tested by calculating Cronbach's coefficient alpha [39].

To correct for non-response and disproportionate sample drawing, a specific weighting factor was used for all analyses [31]. Since the sample was based on a clustered and stratified design, all analyses were performed with complex survey procedures in order to take the sampling design into account.

P values for trend across quartiles of dietary pattern scores were calculated in linear regression models using the survey procedure (PROC SURVEYREG). Associations between categorical variables were tested by calculation of the  $X^2$  test. P values < 0.05 were considered statistically significant. For all statistical analyses the

SAS System for Windows 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA) was used.

## Results

### Dietary patterns

We identified three major components (patterns) for boys and two for girls. These components accounted for 18.1% of the variance in food group intake in boys and 13.2% in girls. The food group loadings for each component are presented in Table 1.

Among boys, the first component was positively correlated with the intake of take away foods (pizza, doner kebab, burgers, French fries), ketchup, chicken, and other meat, pasta, alcoholic and soft drinks, salty snacks and confectionery items. This pattern was labelled 'western'. The second component was named 'healthy' as relatively high positive loadings were observed for intakes of fruits, vegetables, legumes, mushrooms, chicken, rice, vegetable oil, soup, and grain products. The third component in boys could be described as a traditional German diet, reflecting a pattern of eating traditional warm dishes and sandwiches. For this 'traditional' pattern, we obtained relatively high positive loadings for processed meat, potatoes, white bread, margarine, meat (except chicken), eggs, cheese, and fish.

Among girls, the first component was positively correlated with the intake of rice, vegetable oil, soup, chicken, legumes, vegetables, fruits, and mushrooms similar to the 'healthy' pattern of boys. Among girls, this 'healthy' pattern was also positively correlated with vegetarian dishes, eggs, fish, water and warm sauces. The second component among girls, called 'traditional and western' pattern, was positively correlated with potatoes, warm sauces, meat (except chicken), white bread, processed meat, as well as pizza, French fries, sausages, soft drinks, confectionary, cake/cookies and negatively correlated with water.

Cronbach's alpha indicated that there was moderate inter-item reliability (among boys: 0.71 for the 'western' pattern, 0.62 for the 'healthy' pattern, 0.61 for the 'traditional' pattern; among girls: 0.67 for the 'healthy' pattern, 0.61 for the 'traditional and western' pattern).

### Characteristics

Sample characteristics of the adolescents according to quartiles of each dietary pattern score are presented in Table 2 for boys and Table 3 for girls.

Boys in the higher quartiles of the 'western' pattern score were older and attended grammar school less often than those in the lower quartiles. The families of these boys had a lower SES compared to boys in the lower quartiles of this pattern. With increasing scores of the 'western' pattern, boys were less physically active and had family breakfast less often three to five times a week (Table 2).

Boys in the higher quartiles of the 'healthy' pattern more often resided in communities with more than 100,000 inhabitants, more often attended grammar school and more often live in families with a higher SES than boys in the lower quartiles of this pattern score. Additionally, these boys were more physically active, took more often dietary supplements and more often had family dinners three to five times a week than boys in the lower quartiles of this pattern.

Boys in the higher quartiles of the 'traditional' pattern were older, more often resided in communities with less than 5,000 inhabitants and less often had family dinners three to five times a week than boys in the lower quartiles of this pattern score.

Among girls, no significant differences between those with lower and higher dietary pattern scores of the healthy pattern were found (Table 3).

With higher scores of the 'traditional and western' pattern, girls were younger, had a lower SES and less often attended grammar school. In addition, girls in the higher quartiles of the 'traditional and western' pattern more often watched three to four or more hours television per day than those in the lower quartiles of this pattern.

No associations between dietary pattern scores and frequency of lunch at school, cooking skills, overweight prevalence, or the season of the nutrition interview (data not shown) were observed.

### Energy and nutrient intake

Mean daily energy and nutrient intakes according to quartiles of dietary pattern scores are presented in Table 4 for boys and Table 5 for girls. Fat, protein, carbohydrates and their subgroups are presented as percentages of energy intake whereas energy, fibre, vitamins and minerals are given as nutrient densities.

With increasing scores of the 'western' pattern among boys intake of carbohydrates and polysaccharides decreased, whereas energy density, unsaturated fatty acids and alcohol increased. For this pattern, the micronutrient densities decreased from the lowest to the highest quartile, particularly of fibre, beta-carotene, vitamin D, biotin and calcium.

With increasing scores of the 'healthy' pattern among boys, energy density and intake of alcohol decreased and intake of polyunsaturated fatty acids (PUFAs), intake of proteins and nutrient density (except for vitamin B<sub>2</sub>, vitamin B<sub>12</sub> and calcium) increased.

Among boys, increasing scores of the 'traditional' pattern were associated with a higher energy density. Intake of total fat, saturated and unsaturated fatty acid, alcohol as well as vitamin B<sub>12</sub> and vitamin D increased with increasing scores, whereas intake of total carbohydrates, intake of monosaccharides, polysaccharides, fibre, magnesium and iron decreased with increasing scores.

As for the 'healthy' pattern among boys, energy density decreased and protein density increased with increasing scores of the 'healthy' pattern among girls. In addition, increasing scores of the 'healthy' pattern among girls were associated with a lower intake of saturated and unsaturated fatty acids and a higher intake of PUFAs. Micronutrient densities increased from the lowest to the highest quartile of the 'healthy' pattern except for vitamin E and most of the B-vitamins. The nutrient density of vitamin B<sub>12</sub> was significant lower with increasing patterns scores.

With increasing scores of the 'traditional and western' pattern among girls, energy density and intake of total fat, saturated and unsaturated fatty acids increased, whereas intake of vitamin A, C, E, K and folate as well as intake of alcohol and intake of total carbohydrates, monosaccharides and polysaccharides decreased.

### Discussion

With principal component analyses, we identified three dietary patterns among boys and two among girls in a population-based sample of German adolescents. Dietary patterns showed significant associations with nutrient intake. Because of the higher densities of vitamins, minerals and fibre, the 'healthy' patterns are more favourable compared to the 'western' and 'traditional and western' patterns which were associated with higher energy density, higher percent of energy from unsaturated fatty acids, lower percent of energy from carbohydrates and lower nutrient densities of several vitamins and minerals. The 'traditional' pattern was characterised by favourable as well as less favourable aspects.

Most of the dietary patterns were associated with health related lifestyle characteristics e. g. physical activity and frequency of family meals. Furthermore, the

**Table 2 Socio-demographic and behavioural sample characteristics of German boys according to quartiles of dietary pattern scores**

Dietary patterns	Western				p	Healthy				p	Traditional				p
	Q1	Q2	Q3	Q4		Q1	Q2	Q3	Q4		Q1	Q2	Q3	Q4	
<b>n</b>	155	156	156	155		155	156	156	155		155	156	156	155	
<b>Age (mean)<sup>†</sup></b>	14.0	14.0	14.5	15.5	<b>&lt;.0001</b>	15.0	14.3	14.5	14.5	0.1218	14.1	14.1	15.0	15.2	<b>&lt;.0001</b>
<b>Community size (number of subjects, %)<sup>‡</sup></b>															
< 5000 inhabitants	28.0	30.8	18.1	23.1		29.7	33.1	21.1	16.2		17.9	23.8	25.4	32.9	
5000 - < 100000 inhabitants	18.9	23.9	25.9	31.3		27.3	25.5	24.0	23.2		25.1	28.0	25.5	21.4	
> 100000 inhabitants	24.2	22.1	25.2	28.6	0.1931	20.1	19.9	26.8	33.2	<b>0.033</b>	38.2	20.7	23.6	17.6	<b>0.0079</b>
<b>Socioeconomic status (3-21)<sup>§†</sup></b>	12.7	11.5	12.4	11.4	<b>0.0341</b>	11.2	12.0	12.4	12.4	<b>0.0226</b>	12.1	12.4	12.1	11.2	0.0988
<b>Education (number of subjects %)<sup>‡</sup></b>															
Grammar school	33.5	21.7	25.9	18.9		12.1	24.0	33.7	30.2		30.2	28.9	22.1	18.7	
Secondary school <sup>  </sup>	15.7	32.0	22.3	30.0		33.1	26.2	18.4	22.3		30.3	23.4	21.5	24.8	
Others	21.4	22.3	30.8	25.5	<b>0.0008</b>	28.1	27.0	16.1	28.7	<b>0.0001</b>	22.6	28.6	30.1	18.7	0.4305
<b>Dietary supplement user (number of subjects, %)<sup>†¶</sup></b>	16.4	23.4	26.7	33.6	0.4234	17.1	19.7	26.6	36.6	<b>0.0109</b>	24.7	23.8	24.5	27.0	0.6456
<b>Joint family meals (number of subjects, %)<sup>‡</sup></b>															
breakfast															
at least three or five times a week	29.2	30.8	21.2	18.8		23.2	27.4	23.5	26.0		23.3	24.2	24.4	28.2	
more seldom or never	19.0	21.2	25.8	33.9	<b>0.0004</b>	26.1	24.4	24.8	24.7	0.8159	29.8	25.6	25.7	18.9	0.1033
lunch															
at least three or five times a week	24.9	27.1	23.8	24.2		23.7	26.1	23.7	26.4		28.4	23.1	26.2	22.3	
more seldom or never	19.6	21.4	24.7	34.4	0.0678	27.0	24.5	25.0	23.5	0.7651	26.9	27.4	24.1	21.6	0.7472
dinner															
at least three or five times a week	24.3	25.3	24.0	26.5		19.9	25.0	25.8	29.3		28.5	25.2	22.8	23.5	
more seldom or never	18.2	22.8	24.9	34.0	0.2888	38.4	26.4	20.4	14.8	<b>&lt;.0001</b>	26.2	24.8	30.5	18.5	<b>&lt;.0001</b>
<b>Lunch at school (number of subjects, %)<sup>‡</sup></b>															
Five times a week	7.8	7.1	10.6	6.8		7.3	8.0	7.4	9.7		1.9	13.3	7.2	9.0	
at least one or two times a week	24.8	24.5	18.6	36.2		23.1	23.3	21.5	35.3		26.0	24.7	26.3	26.8	
more seldom or never	67.5	68.4	70.8	57.1	0.3754	69.6	68.7	71.1	55.0	0.4794	72.1	62.0	66.5	64.2	0.2698
<b>Cooking skills (number of subjects, %)<sup>‡</sup></b>															
very good	23.6	17.4	27.0	32.0		28.6	27.2	21.5	22.7		24.0	20.1	32.2	23.7	
good	21.6	26.8	22.9	28.7		24.6	21.9	26.5	27.0		27.7	25.0	20.1	27.2	
worse	21.4	28.5	23.8	26.3	0.4909	24.1	30.4	22.9	22.6	0.2706	31.7	31.4	27.1	9.8	0.1468
<b>Physical activity (hours per week)<sup>†</sup></b>	6.0	5.8	4.2	5.2	<b>0.08</b>	5.0	4.8	5.5	6.0	<b>0.0398</b>	4.7	5.6	4.7	6.4	<b>0.042</b>
<b>Time spent watching TV a day<sup>‡</sup></b>															
0 to 30 minutes	25.7	26.1	22.6	25.7		24.9	25.3	20.1	29.8		30.3	29.3	23.3	17.1	
1 to 2 hour	24.8	23.4	24.3	27.6		23.0	26.9	26.3	23.8		28.0	23.8	25.9	22.3	
3 to 4 hour or more	13.2	26.5	25.3	35.1	0.2590	31.9	21.7	23.4	23.1	0.4584	24.4	24.7	24.1	26.8	0.7075

**Table 2 Socio-demographic and behavioural sample characteristics of German boys according to quartiles of dietary pattern scores (Continued)**

<b>Overweight adolescents (number of subjects, %)<sup>‡</sup></b>	21.3	22.5	29.9	26.3	0.7168	28.0	22.9	17.3	31.7	0.3934	36.6	19.6	20.4	23.4	0.2774
---	------	------	------	------	--------	------	------	------	------	--------	------	------	------	------	--------

<sup>†</sup> test for trends

<sup>‡</sup> X<sup>2</sup> statistics

<sup>§</sup> Index according to Winkler [33]

<sup>||</sup> Haupt- oder Realschule

<sup>¶</sup> at least one time supplement use within a reference period of 4 weeks

**Table 3 Socio-demographic and behavioural sample characteristics of German girls according to quartiles of dietary pattern scores**

Dietary patterns	Healthy				p	Traditional and Western				p
	Q1	Q2	Q3	Q4		Q1	Q2	Q3	Q4	
<b>n</b>	162	163	163	162		162	163	163	162	
<b>Age (mean) <sup>†</sup></b>	14.6	14.3	14.6	14.8	0.2309	15.0	14.4	14.6	14.3	<b>0.0108</b>
<b>Community size (number of subjects, %)<sup>‡</sup></b>										
< 5000 inhabitants	29.4	25.9	29.8	14.9		29.6	20.3	22.9	27.2	
5000 - < 100000 inhabitants	25.1	26.3	20.6	27.9		24.5	26.1	25.8	23.7	
> 100000 inhabitants	22.0	21.7	22.4	33.9	0.0582	28.4	25.9	23.4	22.3	0.8168
<b>Socioeconomic status (3-21) <sup>§†</sup></b>	11.5	11.0	12.8	11.4	0.4352	12.8	11.7	12.2	9.8	<b>&lt;.0001</b>
<b>Education (number of subjects %)<sup>‡</sup></b>										
Grammar school	23.6	20.2	27.5	28.8		31.9	23.4	27.7	17.0	
Secondary school <sup>  </sup>	27.0	30.5	19.5	23.0		22.1	23.0	21.1	33.8	
Others	28.9	24.4	17.4	29.3	0.1290	24.5	31.5	27.2	16.8	<b>0.0019</b>
<b>Dietary supplement user (number of subjects, %)<sup>¶¶</sup></b>	19.3	22.4	23.2	35.1	0.1759	29.9	18.1	22.6	29.5	0.2568
<b>Joint family meals (number of subjects, %)<sup>‡</sup></b>										
breakfast										
at least three or five times a week	23.7	25.5	27.4	23.5		27.7	23.7	24.1	24.6	
more seldom or never	25.9	25.1	19.9	29.1	0.2244	25.5	25.7	24.9	24.0	0.9405
lunch										
at least three or five times a week	23.9	26.9	21.6	27.6		26.3	26.2	23.2	24.3	
more seldom or never	26.6	23.3	23.4	26.8	0.7373	26.1	23.5	26.4	24.1	0.8447
dinner										
at least three or five times a week	24.5	26.8	21.7	27.1		26.4	24.1	25.9	23.6	
more seldom or never	26.2	21.6	24.7	27.6	0.6814	26.4	26.6	21.4	25.6	0.7490
<b>Lunch at school (number of subjects, %)<sup>‡</sup></b>										
Five times a week	5.0	6.6	6.1	3.5		2.0	6.7	5.0	7.9	
at least one or two times a week	14.0	27.4	16.8	9.1		17.2	19.3	13.7	14.6	
more seldom or never	81.1	66.0	77.1	87.4	0.0531	80.8	74.0	81.3	77.5	0.5885
<b>Cooking skills (number of subjects, %)<sup>‡</sup></b>										
very good	22.8	24.7	19.8	32.8		29.8	21.6	22.6	26.1	
good	26.3	24.1	25.2	24.4		24.2	26.1	26.1	23.6	
worse	28.4	29.8	20.0	21.8	0.1413	26.4	28.2	24.5	20.9	0.3977
<b>Physical activity (hours per week)<sup>†</sup></b>	3.5	4.2	3.6	3.2	0.2021	4.3	3.3	3.4	3.5	0.1801
<b>Time spent watching TV a day<sup>‡</sup></b>										
0 to 30 minutes	20.9	22.5	27.2	29.3		35.1	25.3	20.1	19.6	
1 to 2 hour	24.4	27.1	22.4	26.2		27.0	25.3	26.1	21.6	
3 to 4 hour or more	32.7	21.1	19.0	27.2	0.4633	16.0	22.4	24.9	36.7	<b>0.0144</b>
<b>Overweight adolescents (number of subjects, %)<sup>‡</sup></b>	24.1	31.8	26.0	18.1	0.3941	31.5	25.6	22.8	20.1	0.7781

<sup>†</sup> test for trends

<sup>‡</sup> X<sup>2</sup> statistics

<sup>§</sup> Index according to Winkler [33]

<sup>||</sup> Haupt- oder Realschule

<sup>¶</sup> at least one time supplement use within a reference period of 4 weeks

**Table 4 Mean daily energy and nutrient density\* according to quartiles of the dietary pattern scores identified among German boys**

	Western pattern					Healthy pattern					Traditional pattern				
	Q1	Q2	Q3	Q4	P for trend	Q1	Q2	Q3	Q4	P for trend	Q1	Q2	Q3	Q4	P for trend
<b>Energy intake (MJ)</b>	11.0	11.2	12.1	16.5	<.0001	12.7	11.4	12.7	14.9	<.0001	10.2	11.3	14	16.8	<.0001
<b>% of energy</b>															
Total fat	32.5	34.3	34.1	33.8	0.283	33.6	34.3	33.1	33.8	0.955	31.8	32.9	34.7	35.7	<.0001
Saturated fatty acids (SFA)	14.0	15.0	14.5	13.8	0.1016	14.4	14.9	14.1	14.0	0.1629	13.3	14.0	14.9	15.4	<.0001
Unsaturated fatty acids	11.2	11.9	12.1	12.1	<b>0.007</b>	11.9	12.1	11.6	11.8	0.5917	11.1	11.7	12.1	12.7	<.0001
Polyunsaturated fatty acids (PUFA)	4.7	4.8	4.9	5.0	0.1016	4.6	4.7	4.8	5.3	<b>0.001</b>	4.9	4.7	4.9	5.0	0.5486
Protein	13.7	13.4	13.9	13.8	0.360	13.0	13.6	13.9	14.3	<.0001	13.7	13.6	13.7	13.9	0.511
Total Carbohydrates	52.5	50.9	50.4	49.4	<b>0.0003</b>	50.9	50.4	51.2	50.4	0.699	53.0	52.0	49.2	48.2	<.0001
Monosaccharide	11.3	11.1	11.6	11.2	0.9334	11.9	10.9	11.2	11.1	0.4272	11.8	11.8	10.9	10.5	0.0213
Disaccharide	14.7	16.0	15.2	15.1	0.9302	16.2	15.3	15.3	14.3	<b>0.0038</b>	15.6	15.8	15.1	14.5	0.068
Polysaccharide (absorbable)	26.1	23.7	23.5	23.3	<b>0.0016</b>	23.1	24.1	24.5	24.5	0.0785	25.7	24.1	23.1	23.0	<b>0.0004</b>
Alcohol	0.5	0.4	0.8	1.9	<.0001	1.6	0.8	0.9	0.6	<b>0.001</b>	0.5	0.6	1.5	1.4	<b>0.001</b>
<b>Energy and nutrient density</b>															
Energy (kJ/100 g) <sup>†</sup>	604.4	656.6	711.7	725.3	<.0001	762.4	692.7	656.1	598.7	<.0001	657.1	679	675.1	707.5	<b>0.001</b>
Fibre (not absorbable) (g/MJ)	3.0	2.3	2.2	1.9	<.0001	1.8	2.2	2.5	2.7	<.0001	2.4	2.4	2.2	2.2	<b>0.021</b>
Vitamin A (µg/MJ)	144.4	133.7	120.5	113.4	<.0001	106.6	118.0	136.0	148.4	<.0001	119.0	127.1	128.8	134.7	0.052
Beta-Carotene (µg/MJ)	471.6	403.9	373.9	320.9	<.0001	241.1	332.7	450.0	533.4	<.0001	408.0	397.9	368.9	371.5	0.268
Vitamin C (mg/MJ)	18.9	16.7	14.0	14.4	<b>0.009</b>	12.0	15.5	16.7	19.5	<.0001	15.8	15.8	16.3	15.4	0.875
Vitamin D (µg/MJ)	0.3	0.2	0.2	0.2	<b>0.006</b>	0.2	0.2	0.2	0.3	<b>0.015</b>	0.2	0.2	0.2	0.3	<b>0.001</b>
Vitamin E (µg/MJ)	1637.4	1521.5	1428.3	1296.6	<.0001	1271.4	1392.3	1559.8	1623.0	<.0001	1550.4	1471.6	1386.9	1413.7	0.077
Vitamin K (µg/MJ)	34.3	29.3	28.6	27.1	<b>0.0001</b>	21.6	27.8	31.2	38.1	<.0001	30.3	29.4	29.8	28.6	0.297
Vitamin B <sub>1</sub> (µg/MJ)	208.3	187.4	179.0	160.6	<.0001	166.4	181.4	194.1	187.7	<b>0.042</b>	180.3	184.7	175.1	189.7	0.496
Vitamin B <sub>2</sub> (µg/MJ)	242.0	217.4	190.7	180.6	<.0001	193.7	203.2	215.5	211.0	0.124	210.4	202.4	200.9	208.8	0.888
Niacin (µg/MJ) <sup>‡</sup>	3464.1	3285.9	3300.0	3242.6	0.184	3052.5	3200.5	3528.8	3497.9	<b>0.0003</b>	3349.2	3288	3240	3391.8	0.808
Vitamin B <sub>5</sub> (µg/MJ)	786.2	701.2	644.1	594.2	<.0001	593.0	654.5	733.6	723.6	<b>0.001</b>	694.4	681.1	641.8	681.6	0.600
Vitamin B <sub>6</sub> (µg/MJ)	267.3	245.0	227.5	218.7	<b>0.006</b>	214.5	222.8	262.5	253.9	<b>0.002</b>	243.0	237.7	226.6	245.2	0.978
Biotin (µg/MJ)	9.3	8.0	7.5	6.3	<b>0.002</b>	6.3	7.6	8.7	8.1	<b>0.040</b>	8.3	8.0	6.9	7.5	0.214
Folate (µg/MJ)	35.9	29.8	27.5	26.8	<.0001	26.5	27.5	31.7	33.3	<b>0.0002</b>	31.2	29.1	28.8	29.5	0.431
Vitamin B <sub>12</sub> (µg/MJ)	0.6	0.6	0.5	0.5	0.419	0.5	0.5	0.6	0.5	0.999	0.5	0.5	0.6	0.6	<.0001
Calcium (mg/MJ)	141.6	128.2	112.4	101.4	<.0001	108.5	123.9	126.2	120.0	0.069	125	117.9	118.6	115.6	0.103
Magnesium (mg/MJ)	50.4	42.8	41.3	37.2	<.0001	36.0	43.0	45.5	45.8	<.0001	45.4	43.0	41.0	40.1	<b>0.0002</b>
Iron (µg/MJ)	1646.2	1419.0	1427.5	1386.5	<.0001	1333.2	1412.9	1521.3	1586.1	<.0001	1511.3	1476.0	1425.0	1426.1	<b>0.040</b>

\*Does not include nutrient intake from dietary supplements

<sup>†</sup> Foods without beverages

<sup>‡</sup> Niacin equivalent

‘western’ and ‘healthy’ dietary patterns among boys and the ‘traditional and western’ pattern among girls were correlated to socioeconomic status.

The identification of dietary patterns in a representative sample of the adolescent population and their

relation to socioeconomic status, nutritional behaviour and nutrient intake has been rarely examined. Empirical evaluated dietary patterns are specific for the examined study population and reflect culturally influenced eating habits. Furthermore, studies used different methods e. g.

**Table 5 Mean daily energy and nutrient density\* according to quartiles of the dietary pattern scores identified among German girls**

	Healthy pattern					Traditional and western pattern				
	Q1	Q2	Q3	Q4	P for trend	Q1	Q2	Q3	Q4	P for trend
<b>Energy intake (MJ)</b>	9.2	8.9	9.6	11.0	<.0001	7.3	8.5	10.0	13.3	<.0001
<b>% of energy</b>										
Total fat	32.4	32.3	31.8	32.2	0.864	30.2	31.2	32.9	34.6	<.0001
Saturated fatty acids (SFA)	14.2	14.0	13.8	13.3	<b>0.031</b>	12.6	13.6	14.3	14.8	<.0001
Unsaturated fatty acids	11.4	11.1	10.8	10.7	<b>0.0309</b>	10.0	10.6	11.3	12.2	<.0001
Polyunsaturated fatty acids (PUFA)	4.4	4.7	4.8	5.7	<b>0.0026</b>	5.3	4.6	4.8	4.9	0.5288
Protein	12.4	13.0	13.0	13.6	<b>0.001</b>	13.3	12.8	12.8	13.1	0.593
Total Carbohydrates	53.4	53.3	53.4	52.5	0.319	54.6	54.2	52.6	50.8	<.0001
Monosaccharide	13.4	12.1	12.2	12.5	0.4261	13.7	12.6	12.0	11.9	<b>0.0251</b>
Disaccharide	16.6	17.2	15.6	15.8	0.0674	15.1	17.2	16.5	16.5	0.1092
Polysaccharide (absorbable)	23.5	23.9	25.2	24.0	0.4346	25.1	24.4	24.0	22.9	<b>0.0126</b>
Alcohol	0.9	0.5	0.8	0.6	0.293	0.9	0.7	0.7	0.5	<b>0.011</b>
<b>Energy and nutrient density</b>										
Energy (kJ/100 g) <sup>†</sup>	695.2	630.3	589.8	540.2	<.0001	547.3	601.9	635.4	673.8	<.0001
Fibre (not absorbable) (g/MJ)	2.2	2.6	3.0	3.1	<.0001	3.4	2.7	2.4	2.2	<.0001
Vitamin A (µg/MJ)	138.7	147.7	165.9	180.8	<.0001	191.0	148.6	146.2	145.8	<b>0.0003</b>
Beta-Carotene (µg/MJ)	402.9	500.6	603.4	702.5	<.0001	747.3	532.3	461.8	459.0	<.0001
Vitamin C (mg/MJ)	18.0	20.1	22.5	23.9	<b>0.0002</b>	26.4	21.7	17.6	18.4	<.0001
Vitamin D (µg/MJ)	0.2	0.2	0.2	0.3	<b>0.001</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.735
Vitamin E (µg/MJ)	1573.8	1683.0	1674.1	1893.1	0.078	2078.0	1618.9	1543.4	1573.0	<b>0.008</b>
Vitamin K (µg/MJ)	25.3	31.2	38.8	46.0	<.0001	41.7	35.7	32.6	31.3	<.0001
Vitamin B <sub>1</sub> (µg/MJ)	191.5	193.8	179.0	176.3	0.229	206.3	176.0	171.8	185.0	0.386
Vitamin B <sub>2</sub> (µg/MJ)	225.3	232.0	212.9	209.0	0.222	246.0	211.5	208.9	210.7	0.203
Niacin (µg/MJ) <sup>‡</sup>	3200.0	3373.0	3249.8	3366.4	0.547	3653.4	3142.5	3075.1	3305.5	0.280
Vitamin B <sub>5</sub> (µg/MJ)	728.6	758.2	727.6	731.8	0.905	855.9	705.1	673.1	703.8	0.129
Vitamin B <sub>6</sub> (µg/MJ)	244.6	254.5	247.4	248.8	0.956	288.1	236.8	225.3	242.6	0.177
Biotin (µg/MJ)	9.1	9.4	8.3	7.8	0.251	10.7	7.9	7.6	8.3	0.284
Folate (µg/MJ)	31.3	34.1	34.3	36.6	<b>0.040</b>	40.6	33.3	31.3	30.8	<b>0.0028</b>
Vitamin B <sub>12</sub> (µg/MJ)	0.5	0.5	0.5	0.5	<b>0.002</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.275
Calcium (mg/MJ)	123.2	136.7	145.0	141.4	<b>0.006</b>	173.0	133.3	130.5	105.7	<.0001
Magnesium (mg/MJ)	41.4	46.4	50.9	52.0	<.0001	60.9	46.5	44.3	37.7	<.0001
Iron (µg/MJ)	1427.2	1518.7	1584.1	1675.0	<.0001	1713.9	1560.2	1482.6	1440.4	<.0001

\*Does not include nutrient intake from dietary supplements

<sup>†</sup> Foods without beverages

<sup>‡</sup> Niacin equivalent

for food grouping. Therefore, deviations between dietary pattern compositions are obvious. Nevertheless, the patterns found among German adolescents were, to some extent, similar to those found in previous studies in this age group in other countries. Comparison of dietary patterns among adolescents between different countries can give useful information on similarities in food consumption behaviour between different populations. For such comparison however cultural and economic conditions should be similar so that it is likely that the food supply is similar. If similar dietary patterns are found in such countries, it could be interesting to obtain further information concerning the associations between patterns and health in this age group.

Our 'western' pattern was partly comparable to the 'western' patterns found among adolescents in other countries e. g. in the Western Australian Pregnancy Cohort Study (Raine Study) [40] and in the Korean Nutrition Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) [29] and also to the 'high fat and sugar' pattern found in a representative sample of adolescents in the 1995 Australian National Nutrition Survey [27]. All these patterns were characterized by pizza, hamburger, soft drinks and meat or meat products. In contradiction to our study, alcohol consumption was not analysed in those studies. In Germany, we observed that adolescents already consume relevant amounts of alcoholic drinks [41].

Our 'healthy' patterns were to some extent comparable to other 'healthy' patterns found among adolescents e. g. in a population based sample of Spanish adolescents, and in samples of adolescents in Finland (Cardiovascular Risk in Young Finns Study), Japan (Japanese female dietetic course students), and Australia (Raine Study) [4,18,23,40] and to the 'fruit, salad, cereals, and fish pattern' found in the 1995 Australian National Nutrition Survey [27].

Our findings on the association between dietary pattern and nutrient intake were especially similar to results of the 1995 Australian National Nutrition Survey [27]. Adolescents in Australia with a higher score of the 'fruit, salad, cereals, and fish' pattern had a higher energy-adjusted intake of dietary fibre, beta carotene, folate, vitamin C and protein similar as German adolescents with higher scores of the 'healthy' patterns. The 'high fat and sugar' pattern was associated with a lower energy adjusted intake of dietary fibre, folate and iron [27].

Among German adolescents, despite the high intakes of meat in the 'western', 'traditional' and 'traditional and western' patterns, iron density decreased with increasing scores of these patterns, whereas iron density increased with increasing scores of the 'healthy' patterns. This can be explained by the fact that meat and processed meats are less important sources of iron than bread, juices, vegetables, fruits and breakfast cereals among German adolescents [38]. However, this does not consider differences in bioavailability of iron between animal and vegetarian foods. Furthermore, white bread, a characteristic component of the 'traditional' pattern, has lower iron content than whole grain bread.

Most former studies [23,27,40] determined dietary patterns for boys and girls together. Among German adolescents, we found different dietary patterns between boys and girls. Even between the 'healthy' dietary patterns, differences concerning the food group loadings are notable. Further differences between boys and girls were found. Firstly, for boys the most predominant dietary pattern was the 'western' pattern, among girls the 'healthy'. Second, among boys many associations between the 'healthy' dietary pattern and socioeconomic or behavioural factors (e. g. physical activity, frequency of joined family dinner) were found. Among girls there was no association between socioeconomic or behavioural factors and the 'healthy' dietary pattern. Thirdly, the two predominant dietary patterns found among German girls explained only 13.2% of variance in food group intake, while among German boys, the three predominant dietary patterns explained 18.1% of variance. This may indicate that there is more individual diversity within the diet of girls or that boys have more often similar food preferences. Fourthly, particularly notable

among German boys was the increasing age from the lowest to the highest quartile of the 'western' pattern. Among girls, with increasing scores of the 'traditional and western' pattern age was decreasing. The present study used a cross sectional design. Thus, we are not able to evaluate long term changes. But it may be assumed, that boys change their eating behaviours during adolescence toward a less favourable dietary pattern, whereas girls do not.

Among U.S. middle and high school students in Minnesota (Project EAT) [14] and students in Vyrnas region, Athens [21] high scores of 'take away food' or 'fast food' patterns were associated with increasing age among both sexes.

Previous studies investigated the relationship between dietary patterns and socioeconomic parameters. In a representative sample of adolescents in Australia and among Greece students, no association was found [21,27]. In a German study, there was no association between clusters of fat intake patterns and mother's educational background [42]. In Australia (Raine Study), Finland (Cardiovascular Risk in Young Finns Study), and Scotland (The Survey of Sugar Intake among Children in Scotland), the 'healthy' or 'vegetables' patterns were associated with higher education of the mother [40], both parents [4] or the parent who mainly provides the food [25]. The 'western' pattern in the Australian Raine study and the 'traditional' pattern in Finland (Cardiovascular Risk in Young Finns Study) were associated with lower educational background. Furthermore, in Scotland (The Survey of Sugar Intake among Children in Scotland), the 'vegetables' pattern was associated with higher socioeconomic status and higher household income [25] and among adolescents of the Balearic Islands higher scores of the Mediterranean pattern were associated with higher parental socio-economic status among girls [24].

With increasing 'healthy' pattern scores, the percentages of boys taking dietary supplements increased. Among girls, this increase was not significant. Previous studies in Japan (Japanese female dietetic course students) [43] and Finland (Cardiovascular Risk in Young Finns Study) [4] found an increasing percentage of supplement users with increasing scores of healthy dietary patterns among both sexes.

In Finland (Cardiovascular Risk in Young Finns Study) and Japan (Japanese female dietetic course students), 'traditional' dietary patterns were found more often in rural areas [4,18], whereas a 'healthy' pattern was observed more often in urban areas [4], which follows our results. Dietary patterns are very likely influenced by local food supply. In rural areas of Germany there are less fast food and non-traditional restaurants compared to urban areas. Maybe therefore, boys living

in rural areas more often follow a traditional German diet.

Other studies have described an association between a higher level of physical activity and higher adherence to healthier dietary patterns [21,23,44], like among boys in our study. Conversely, with increasing hours of watching television, a higher adherence to less healthy dietary patterns (e. g. 'snacky' or 'western'), similar to the association found among German girls with higher scores of the 'traditional and western' pattern in our study, was also previously observed [21,24,25,40].

We also used energy-adjusted dietary pattern scores [45] (data not presented). This did not essentially change the results concerning the association between dietary pattern scores and socioeconomic and lifestyle characteristics.

In our study, no association between dietary pattern scores and overweight was found. Only few studies have previously investigated the association between dietary patterns and BMI among adolescents. These studies came to different results. In a German study, BMI showed no association to fat intake patterns within a longitudinal analysis [42]. A study in Scotland also found no association between dietary patterns and BMI [25]. Another study observed a lower BMI among those with a healthier dietary pattern and a higher BMI among those with a western dietary pattern [43]. One study even found a higher BMI among persons with a healthier nutrition [46].

One reason for the different results may be that overweight persons who attempt to lose weight tend to confound the relationship between nutrition and BMI [46]. Furthermore, obese people tend to underreport fatty foods and foods rich in carbohydrates [47]. Besides, it is difficult to detect minor overconsumption of energy in epidemiological studies that track the development of obesity over long periods [42] and overweight is primarily controlled by energy balance. Another source of error may be the bias of self-reported body weight and height, which often differ from measured figures [48]. In a subsample of KiGGS, validity of self-reported height and weight among 11- to 17-year-old adolescents was assessed. BMI values calculated from self-reported weight and height were lower than those calculated from measured values among both sexes [49]. Thus, we probably underestimate BMI in our study. However, standardized anthropometric measurements were not feasible due to the nature of household visits and interviews taken place in study vans.

Further analysis concerning dietary patterns and BMI were conducted while excluding low energy reporters (about 10% of girls and 7% of boys) [50]. This did not change the results essentially.

Strengths of this study include the utilization of representative population-based data and the comprehensive

nutrition interview, which documented food consumption during a period of four weeks, as well as the inclusion of data on nutrition behaviour, lifestyle habits and socioeconomic background.

A limitation of our study is the cross-sectional design, which allows no statements concerning causation.

Potential limitations of the interview-based dietary assessment methods in general are underreporting of usual intake and invalid reporting due to memory gaps and social desirability. DISHES was only validated for adults but in a recent study among adolescents aged 12 to 17 years it showed fair to moderate ranking validity with food group intake assessed with a FFQ [51]. In addition, a pretest on feasibility of the use of DISHES in the age group of 12 to 17 years was conducted, which indicated no particular problems for conducting DISHES in this age group. Furthermore, most interviews were carried out at home of the participants, which gave the opportunity to get additional information from the parents (e. g. concerning name of meals, kind of meat).

Another limitation of the study was the self-reported physical activity which may be affected by misreporting, e. g. overreporting influenced by social desirability [52]. However, within the setting of this survey, more objective methods to determine physical activity would be too time-consuming and expensive and where therefore not feasible.

For children and adolescents with a migration background, a higher proportion of unreachable addresses and non-respondents were expected. Thus an oversampling of this population group was performed in KiGGS. Furthermore, invitation letters, information material and questionnaires were translated into six languages [31]. However, for the dietary assessment in EsKiMo, certain basic German language skills were required. Thus, the proportion of participants with a migration background in EsKiMo was somewhat lower than in KiGGS. However, 6.8% of the EsKiMo participants had a one-side and 11.3% a two-side migration background (unweighted percent). Nevertheless, separate analysis concerning migration background was not reasonable in EsKiMo because of a relatively small sample size which included only 65 boys and 79 girls with a migration background which came from several countries.

Principal component analysis is generally exposed to the limitation of some subjectivity, particularly when grouping the food items, selecting the method of factor rotation, defining the number of patterns to be retained and labelling of the factors [53]. To enable comparability with other studies, we used criteria similar to those reported by other dietary pattern analyses [14,21]. In addition, we tested a further version of food grouping with 32 food groups instead of 48. This led to very

similar results concerning the number of principal components to be retained and the food groups with high loadings within patterns. Correlation coefficients between pattern scores determined with 48 food groups and those determined with 32 food groups ranged between 0.93 and 0.97. McCann also noted that food classification method affected neither the number nor character of the identified patterns [54].

Dietary patterns derived using principal component analysis generally tend to account for only a small amount of the total variance of diet [55]. The variance explained in the present study was similar to a study among 12 to 17 year-old Scottish adolescents, in which 3 dietary patterns based on 141 food groups accounted for 14.4% of variance among boys and 15.1% among girls [25]. A slightly higher variance than in our study was observed among 12 to 18 year-old Australian adolescents, in which 3 dietary patterns based on 86 food groups accounted for 21.7% of the variance in the data [27].

## Conclusions

In conclusion, we detected three distinct dietary patterns among German boys and two among German girls. Dietary patterns were associated with differences in nutrient intake, socioeconomic status and lifestyle characteristics. Higher scores for unhealthier dietary patterns (with higher consumption of take away foods, meat, confectionary and soft drinks, higher energy density, higher percent of energy from unsaturated fatty acids, lower percent of energy from carbohydrates and lower nutrient densities of several vitamins and minerals) are observed more often among 16- to 17-years old boys and adolescents with lower SES. Therefore, nutritional interventions should try to focus more on adolescents with lower SES and boys in general.

## Abbreviations

SES: Socioeconomic status; PA: Physical activity; SFA: Saturated fatty acids; PUFA: Polyunsaturated fatty acids.

## Acknowledgements

This study was supported by the German Research Foundation (RO 2506/7-1). KiGGS was funded by the German Ministry of Health, the Ministry of Education and Research and the Robert Koch Institute. EsKiMo was funded by the German Federal Ministry of Food, Agriculture, and Consumer Protection. We would like to thank the families who participated in KiGGS and EsKiMo.

## Author details

<sup>1</sup>Marketing and Consumer Research, Technische Universität München, Alte Akademie 16, 85354 Freising, Germany. <sup>2</sup>Department of Epidemiology and Health Reporting, Robert Koch Institute, Nordufer 20, 13353 Berlin, Germany. <sup>3</sup>Department Molecular Epidemiology, German Institute of Human Nutrition, Arthur-Scheunert-Allee 114-116, 14558 Nuthetal, Germany. <sup>4</sup>Department of Food Economics and Consumption Studies, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Olshausenstraße 40, 24098 Kiel, Germany.

## Authors' contributions

GBMM designed and managed EsKiMo; AR managed the field work of EsKiMo; GBMM, ST, JR, MBS, AR designed and wrote the study proposal for the pattern analysis; AR conducted the presented analysis and drafted the manuscript; CH and MBS assisted with statistical analysis and interpretation of the results; GBMM, JR, ST contributed to the interpretation of the results and the writing of the manuscript. All the authors were involved in the critical revision of the manuscript for important intellectual content.

## Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Received: 21 October 2011 Accepted: 22 March 2012

Published: 22 March 2012

## References

1. Rogol AD, Roemmich JN, Clark PA: Growth at puberty. *J Adolesc Health* 2002, **31**:192-200.
2. Birch LL, Fisher JO: Development of eating behaviors among children and adolescents. *Pediatrics* 1998, **101**:539-549.
3. Spear BA: Adolescent growth and development. *J Am Diet Assoc* 2002, **102**:523-529.
4. Mikkilä V, Rasanen L, Raitakari OT, Pietinen P, Viikari J: Consistent dietary patterns identified from childhood to adulthood: the cardiovascular risk in Young Finns Study. *Br J Nutr* 2005, **93**:923-931.
5. Lake AA, Mathers JC, Rugg-Gunn AJ, Adamson AJ: Longitudinal change in food habits between adolescence (11-12 years) and adulthood (32-33 years): the ASH30 Study. *J Public Health (Oxf)* 2006, **28**:10-16.
6. Lien N, Lytle LA, Klepp KI: Stability in consumption of fruit, vegetables, and sugary foods in a cohort from age 14 to age 21. *Prev Med* 2001, **33**:217-226.
7. Kelder SH, Perry CL, Klepp KI, Lytle LL: Longitudinal tracking of adolescent smoking, physical activity, and food choice behaviors. *Am J Public Health* 1994, **84**:1121-1126.
8. Tercyak KP, Tyc VL: Opportunities and challenges in the prevention and control of cancer and other chronic diseases: children's diet and nutrition and weight and physical activity. *J Pediatr Psychol* 2006, **31**:750-763.
9. Law M: Dietary fat and adult diseases and the implications for childhood nutrition: an epidemiologic approach. *Am J Clin Nutr* 2000, **72**:1291S-1296S.
10. Smith GD: Life-course approaches to inequalities in adult chronic disease risk. *Proc Nutr Soc* 2007, **66**:216-236.
11. WHO: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. In *WHO Technical Report Series. Volume 916*. Geneva; 2003, [http://whqlibdoc.who.int/trs/who\_trs\_916.pdf].
12. Hu FB: Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. *Curr Opin Lipidol* 2002, **13**:3-9.
13. Speck BJ, Bradley CB, Harrell JS, Belyea MJ: A food frequency questionnaire for youth: psychometric analysis and summary of eating habits in adolescents. *J Adolesc Health* 2001, **28**:16-25.
14. Cutler GJ, Flood A, Hannan P, Neumark-Sztainer D: Major patterns of dietary intake in adolescents and their stability over time. *J Nutr* 2009, **139**:323-328.
15. Nicklas TA, Webber LS, Thompson B, Berenson GS: A multivariate model for assessing eating patterns and their relationship to cardiovascular risk factors: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutr* 1989, **49**:1320-1327.
16. Li J, Wang Y: Tracking of dietary intake patterns is associated with baseline characteristics of urban low-income African-American adolescents. *J Nutr* 2008, **138**:94-100.
17. Ritchie LD, Spector P, Stevens MJ, Schmidt MM, Schreiber GB, Striegel-Moore RH, Wang MC, Crawford PB: Dietary patterns in adolescence are related to adiposity in young adulthood in black and white females. *J Nutr* 2007, **137**:399-406.
18. Okubo H, Sasaki S, Murakami K, Kim MK, Takahashi Y, Hosoi Y, Itabashi M: Dietary patterns associated with functional constipation among Japanese women aged 18 to 20 years: a cross-sectional study. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2007, **53**:232-238.
19. Song Y, Joung H, Engelhardt K, Yoo SY, Paik HY: Traditional v. modified dietary patterns and their influence on adolescents' nutritional profile. *Br J Nutr* 2005, **93**:943-949.

20. Li SJ, Paik HY, Joung H: **Dietary patterns are associated with sexual maturation in Korean children.** *Br J Nutr* 2006, **95**:817-823.
21. Kourlaba G, Panagiotakos DB, Mihas K, Alevizos A, Marayiannis K, Mariolis A, Tountas Y: **Dietary patterns in relation to socio-economic and lifestyle characteristics among Greek adolescents: a multivariate analysis.** *Public Health Nutr* 2009, **12**:1366-1372.
22. Barker ME, McClean SI, Thompson KA, Reid NG: **Dietary behaviours and sociocultural demographics in Northern Ireland.** *Br J Nutr* 1990, **64**:319-329.
23. Aranceta J, Perez-Rodrigo C, Ribas L, Serra-Majem L: **Sociodemographic and lifestyle determinants of food patterns in Spanish children and adolescents: the enKid study.** *Eur J Clin Nutr* 2003, **57**(Suppl 1):S40-S44.
24. Q3 Del Mar Bibiloni M, Martinez E, Llull R, Pons A, Tur JA: **Western and Mediterranean dietary patterns among Balearic Islands' adolescents: socio-economic and lifestyle determinants.** *Public Health Nutr* 2012, **15**(4):683-692.
25. Craig LC, McNeill G, Macdiarmid JI, Masson LF, Holmes BA: **Dietary patterns of school-age children in Scotland: association with socio-economic indicators, physical activity and obesity.** *Br J Nutr* 2010, **103**:319-334.
26. Lozada AL, Flores M, Rodriguez S, Barquera S: **Dietary patterns in Mexican adolescent girls. A comparison of two methods.** *National Nutrition Survey, 1999. Salud Publica Mex* 2007, **49**:263-273.
27. McNaughton SA, Ball K, Mishra GD, Crawford DA: **Dietary patterns of adolescents and risk of obesity and hypertension.** *J Nutr* 2008, **138**:364-370.
28. Kim JA, Kim SM, Lee JS, Oh HJ, Han JH, Song Y, Joung H, Park HS: **Dietary patterns and the metabolic syndrome in Korean adolescents: 2001 Korean National Health and Nutrition Survey.** *Diabetes Care* 2007, **30**:1904-1905.
29. Song Y, Park MJ, Paik HY, Joung H: **Secular trends in dietary patterns and obesity-related risk factors in Korean adolescents aged 10-19 years.** *Int J Obes (Lond)* 2010, **34**:48-56.
30. Kamtsiurius P, Lange M, Schaffrath Rosario A: **Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS): Stichprobendesign. Response und Non-Response-Analyse.** *Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz* 2007, **50**:547-556.
31. Kurth BM, Kamtsiurius P, Holling H, Schlaud M, Dolle R, Ellert U, Kahl H, Knopf H, Lange M, Mensink GB, *et al*: **The challenge of comprehensively mapping children's health in a nation-wide health survey: design of the German KiGGS-Study.** *BMC Public Health* 2008, **8**:196.
32. Mensink GB, Bauch A, Vohmann C, Stahl A, Six J, Kohler S, Fischer J, Hesecker H: **EsKiMo - the nutrition module in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS).** *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2007, **50**:902-908.
33. Lange M, Kamtsiurius P, Lange C, Schaffrath Rosario A, Stolzenberg H, Lampert T: **[Sociodemographic characteristics in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS) - operationalisation and public health significance, taking as an example the assessment of general state of health].** *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2007, **50**:578-589.
34. Mensink GB, Haftenberger M, Thamm M: **Validity of DISHES 98, a computerised dietary history interview: energy and macronutrient intake.** *Eur J Clin Nutr* 2001, **55**:409-417.
35. Krebs C, Bauch A, Götz A, Heuer T, Hild A, Möseneder J, Brombach C: **Methoden der neuen Nationalen Verzehrsstudie II.** *Ernährungs-Umschau* 2006, **53**:44-50.
36. Hartmann BM, Bell S, Vásquez-Cañedo AL, Götz A, Brombach C: **Der Bundeslebensmittelschlüssel - Aktuelle Entwicklungen, Potenzial und Perspektiven.** *Ernährungs-Umschau* 2006, **53**:124-129.
37. Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, Geller F, Geiß H, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Dohnson D, Korte W, *et al*: **Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben.** *Monatsschr Kinderheilkd* 2001, **149**:807-818.
38. Mensink GBM, Hesecker H, Richter A, Stahl A, Vohmann C: **Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo) Forschungsbericht.** Berlin, Paderborn: Robert Koch-Institut, Universität Paderborn; 2007, 1-137.
39. Hatcher L: **A Step-by-Step Approach to Using the SAS System for Factor Analysis and Structural Equation Modeling.** 9 edition. SAS Campus Drive, Cary, North Carolina: SAS Institute Inc; 2007.
40. Ambrosini GL, Oddy WH, Robinson M, O'Sullivan TA, Hands BP, de Klerk NH, Silburn SR, Zubrick SR, Kendall GE, Stanley FJ, Beilin LJ: **Adolescent dietary patterns are associated with lifestyle and family psycho-social factors.** *Public Health Nutr* 2009, **12**:1807-1815.
41. Kohler S, Richter A, Lampert T, Mensink GB: **Alcohol consumption among adolescents in Germany. Results of EsKiMo.** *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2009, **52**:745-752.
42. Alexy U, Sichert-Hellert W, Kersting M, Schultze-Pawlotschko V: **Pattern of long-term fat intake and BMI during childhood and adolescence-results of the DONALD Study.** *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28**:1203-1209.
43. Okubo H, Sasaki S, Murakami K, Kim MK, Takahashi Y, Hosoi Y, Itabashi M: **Three major dietary patterns are all independently related to the risk of obesity among 3760 Japanese women aged 18-20 years.** *Int J Obes (Lond)* 2008, **32**:541-549.
44. Mikkilä V, Räsänen L, Raitakari OT, Marniemi J, Pietinen P, Rönnemaa T, Viikari J: **Major dietary patterns and cardiovascular risk factors from childhood to adulthood. The Cardiovascular Risk in Young Finns Study.** *Br J Nutr* 2007, **98**:218-225.
45. Willett WC: *Nutritional Epidemiology.* 2 edition. New York: Oxford University Press; 1998.
46. Utter J, Scragg R, Ni Mhurchu C, Schaaf D: **What effect do attempts to lose weight have on the observed relationship between nutrition behaviors and body mass index among adolescents?** *Int J Behav Nutr Phys Act* 2007, **4**:40.
47. Heitmann BL, Lissner L: **Dietary underreporting by obese individuals-is it specific or non-specific?** *BMJ* 1995, **311**:986-989.
48. Kurth BM, Ellert U: **Estimated and Measured BMI and Self-Perceived Body Image of Adolescents in Germany: Part 1 - General Implications for Correcting Prevalence Estimations of Overweight and Obesity.** *Obes Facts* 2010, **3**:181-190.
49. Brettschneider AK, Rosario AS, Ellert U: **Validity and predictors of BMI derived from self-reported height and weight among 11- to 17-year-old German adolescents from the KiGGS study.** *BMC Res Notes* 2011, **4**:414.
50. Schofield WN: **Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work.** *Hum Nutr Clin Nutr* 1985, **39**(Suppl 1):5-41.
51. Truthmann J, Mensink GB, Richter A: **Relative validation of the KiGGS Food Frequency Questionnaire among adolescents in Germany.** *Nutr J* 2011, **10**:133.
52. Adams SA, Matthews CE, Ebbeling CB, Moore CG, Cunningham JE, Fulton J, Hebert JR: **The effect of social desirability and social approval on self-reports of physical activity.** *Am J Epidemiol* 2005, **161**:389-398.
53. Martinez ME, Marshall JR, Sechrest L: **Invited commentary: Factor analysis and the search for objectivity.** *Am J Epidemiol* 1998, **148**:17-19.
54. McCann SE, Marshall JR, Brasure JR, Graham S, Freudenheim JL: **Analysis of patterns of food intake in nutritional epidemiology: food classification in principal components analysis and the subsequent impact on estimates for endometrial cancer.** *Public Health Nutr* 2001, **4**:989-997.
55. Michels KB, Schulze MB: **Can dietary patterns help us detect diet-disease associations?** *Nutr Res Rev* 2005, **18**:241-248.

#### Pre-publication history

The pre-publication history for this paper can be accessed here:  
<http://www.biomedcentral.com/1471-2431/12/35/prepub>

doi:10.1186/1471-2431-12-35

**Cite this article as:** Richter *et al.*: Dietary patterns of adolescents in Germany - Associations with nutrient intake and other health related lifestyle characteristics. *BMC Pediatrics* 2012 **12**:35.

**Anhang 7   Publikation III: Associations between dietary patterns and biomarkers of nutrient status and cardiovascular risk factors among adolescents in Germany**

RESEARCH ARTICLE

Open Access



# Associations between dietary patterns and biomarkers of nutrient status and cardiovascular risk factors among adolescents in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents in Germany (KiGGS)

Almut Richter<sup>1\*</sup> , Martina Rabenberg<sup>1</sup>, Julia Truthmann<sup>1</sup>, Christin Heidemann<sup>1</sup>, Jutta Roosen<sup>2</sup>, Silke Thiele<sup>3</sup> and Gert B. M. Mensink<sup>1</sup>

## Abstract

**Background:** The aim of this study is to analyse prevailing dietary patterns among German adolescents and their associations with biomarkers of nutrient status and cardiovascular risk factors.

**Methods:** Analyses were based on data from the nationwide, representative Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents in Germany, conducted between 2003 and 2006 (KiGGS baseline). Dietary habits of 12 to 17 year olds (2646 boys and 2551 girls) were determined using 34 food groups assessed with a food frequency questionnaire. Principal component analysis was applied to determine the major dietary patterns. The associations between dietary patterns and biomarkers were analysed using linear regression analyses.

**Results:** We identified three major dietary patterns among boys and two among girls. Higher scores of the 'healthy' patterns (fruits, salad vegetables, wholemeal bread) were associated with higher levels of serum folate and lower levels of homocysteine among both sexes and higher levels of serum vitamin B<sub>12</sub> among girls. Conversely, higher scores of the 'western' pattern among boys (salty snacks, burger, French fries) were associated with a lower ferritin level and lower diastolic blood pressure. The 'traditional' pattern among boys (white bread, processed meat, meat) was associated with a lower folate level and the 'western and traditional' pattern among girls (salty snacks, burger, French fries) with lower folate and higher homocysteine levels. No associations between dietary patterns and blood lipids, HbA1c and uric acid were found. The mean age of boys with higher scores in the 'western' pattern was higher, whereas the mean age of girls with higher scores in the 'western and traditional' dietary patterns was lower.

**Conclusions:** Adolescents with higher scores in the 'healthy' dietary patterns had a better nutrient profile. Therefore, healthy dietary patterns should be promoted early in life, with a special focus on the sex differences.

**Keywords:** Dietary patterns, Adolescents, FFQ, Biomarker, CVD, Nutrient status

\* Correspondence: RichterA@rki.de

<sup>1</sup>Department of Epidemiology and Health Monitoring, Robert Koch Institute Berlin, Post box 65 02 61D-13302 Berlin, Germany

Full list of author information is available at the end of the article



## Background

Adolescence is a life phase where nutrient intake is particularly important and may also change because of hormonal, cognitive, and emotional changes and an accelerating growth rate [1]. Since adolescents are becoming less dependent on the food choices and purchases of their parents, dietary patterns may change in this stage of life. There are several studies indicating that adolescents often do not meet the recommendations for a healthy diet in Western countries [2–8], including in Germany [9, 10]. Nutrition early in life has an impact on long term health, especially concerning cardiovascular diseases [11–15]. This is probably related to the fact that food and taste preferences develop during childhood and adolescence and often persist into adulthood [16–21].

A better insight in eating habits is necessary to focus public health policies and nutritional intervention in this life stage.

Analysis of dietary patterns can be used to describe the eating behavior in a population. This can be accomplished by investigating a priori-defined healthy eating indices, which are based on a judgement of appropriateness of the food intake. Previously, we analyzed the association between such dietary indices and biomarkers in the same population [22]. For the current study, we applied principal component analysis (PCA), which is a data driven method and results in patterns that more objectively represent prevailing eating habits of the population.

Many previous studies among adults have shown that dietary patterns are related to biomarkers of cardiovascular risk [23–26]. In contrast to this, analyses of dietary patterns and biomarkers, including biomarkers of nutrient status, among adolescents are scarce. Most are based on cohort studies [27–29], with only two being based on representative health surveys, conducted in Australia [30] and Tunisia [31]. Thus, little is known about dietary patterns and measured biomarkers in adolescence.

Therefore, the aim of this study is to determine dietary patterns among a representative sample of German adolescents using PCA and to examine the associations between dietary patterns and biomarkers of nutrient status and cardiovascular risk factors.

## Methods

### Study design and study population

The target population of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS baseline study) consists of all children and adolescents aged 0 to 17 years, with the exception of those in hospitals, state institutions, or foster homes. The survey was conducted by the Robert Koch Institute. The design, sampling strategy, and study protocol have been described elsewhere in detail [32]. Briefly, the sample was drawn using a two-stage clustered and stratified sampling procedure. In

the first stage, 167 sample points representative of German communities were selected with regard to community size and federal state. In the second stage, for every age, participants were randomly selected from the local population registries. The survey was approved by the Federal Office for Data Protection and the Charité-Universitätsmedizin Berlin ethics committee. Participants aged 14 years or older and all parents provided written informed consent before the interview and examination procedures. The overall response rate was 66.6% [32].

### Data collection

The 167 sample points were covered by four study teams between May 2003 and May 2006. Parents and participants older than 11 years of age were asked to complete different self-administered questionnaires in the study centres [33]. These included questions on socio-demographic characteristics as well as health and health related behaviours. In addition, participants underwent a computer-assisted medical interview and a physical examination (e.g. body weight and height measurement) conducted by trained staff. Lastly, non-fasting blood and urine samples were also obtained [34].

### Dietary assessment

Participants aged 12–17 years were further asked to complete a self-administered, semi-quantitative food frequency questionnaire (FFQ) as well. To cover the most relevant food groups for this population group, the semi-quantitative FFQ was developed by the Robert Koch Institute in consultation with several experts in the field of dietary assessment among children and adolescents. The development of the FFQ is described in detail elsewhere [35]. The FFQ was validated against the modified dietary history method DISHES (Dietary Interview Software for Health Examination Studies) and showed fair to moderate ranking validity for food intake amounts for most of the food items (Spearman correlation coefficients from .35 to .69 with most values above .50) [22]. The FFQ included questions on the average food consumption frequency, as well as the average consumed portion size, for 45 food items in the last few weeks. Categories for frequencies were identical for all food items: never; once per month; 2–3 times per month; 1–2 times per week; 3–4 times per week; 5–6 times per week; once per day; 2–3 times per day; 4–5 times per day; more than 5 times per day. Food-specific portion sizes were assessed by five categories and often illustrated with pictures, e.g. using standard household measures (cups, spoons, etc.). Food frequency information was recoded into frequency consumption of these foods per month (1 month was set equal to 4 weeks; for example, once per week = 4, once per day = 28, more than five times per day = 168). For frequency bands such as one or two times per day, the arithmetic mean was used.

Portion sizes were converted into equivalent gram amounts using the standard portion sizes provided in the FFQ. The average food intake was then calculated by multiplying the recoded frequencies and portion sizes (average food intake = food frequency (per month) x portion size (g)).

If the frequency of consumption was given, but information on portion size was missing, the middle category of portion size provided in the FFQ was imputed as it represents the most frequently chosen portion size for this age group. If the food frequency was missing, then the food item was considered as not having been consumed (average food intake = zero).

Food items were grouped into 34 food groups, according to a former dietary pattern analysis based on a modified diet history interview (DISHES) in a subgroup of this study population [36].

Total energy intake was calculated by multiplying the intake and mean energy contents of the FFQ food items. The energy content of every food group was calculated based on weighted estimates of consumption frequencies of specific foods within the food groups based on the comprehensive DISHES data (e.g. several different breads on the total amount of bread).

#### Assessment of biomarkers

Several biomarkers were measured using the blood and urine samples collected in KiGGS. Venous blood samples were obtained from the participants if the parents and the adolescents themselves gave consent. Serum was separated and transported on dry ice to a central laboratory according to a standardised protocol. Samples were kept at -40 °C until analysed. Pre-analytic and analytic standards have been previously described in detail [34].

For the present analysis, the available indicators of nutrient status were selected, such as serum vitamin B<sub>12</sub>, serum folate and serum ferritin. These were analysed using electrochemiluminescence-immunoassay (Elecsys E 2010, Roche Mannheim, Germany). During the survey, the manufacturer changed the method for measuring folate. A conversion factor could not be applied; therefore, separate analyses were performed for the two measurement methods (serum folate 1, serum folate 2).

Furthermore, for this analysis, biochemical and physiological cardiovascular risk factors including blood pressure, total serum cholesterol, low density and high density lipoprotein cholesterol (LDL-C and HDL-C), homocysteine, uric acid, and HbA1c were also selected. Standardised measurements of systolic and diastolic blood pressure were obtained using an automated oscillometric blood pressure device (Datascope Accutorr Plus) [32, 34, 37]. The means of two independent readings for systolic and diastolic blood pressure were used. Total cholesterol was analysed using an enzymatic assay (cholesterol oxidase-PAP

method, Roche Mannheim, Germany). LDL-C and HDL-C were determined directly with a homogenous enzymatic colorimetric assay (Roche Mannheim, Germany). Homocysteine was measured with fluorescent particle immunoassay (Abbot, Wiesbaden, Germany). Uric acid was determined by the uricase-PAP method (Hitachi 917; Roche Mannheim, Germany). HbA1c was analysed using high-performance liquid chromatography (Diastad; Biorad, Munich, Germany) [34].

#### Assessment of anthropometric markers

Body height was measured without shoes, with an accuracy of 0.1 cm, by trained staff using a portable Harpenden stadiometer (Holtain Ltd.; Crymych, UK). Body weight was measured while participants were only wearing underwear and no shoes, with an accuracy of 0.1 kg, using a calibrated electronic scale (SECA, Birmingham, UK). Body mass index (BMI) was calculated as body weight (in kilograms) divided by body height squared (in meters) [32].

#### Assessment of other variables

Within KiGGS, health related information was assessed through self-administered questionnaires. Regular alcohol consumption was defined as drinking at least one glass of beer, wine, or liquor per week. Smoking habits were assessed with the following question: 'Do you currently smoke?' 'daily', 'several times a week', 'once a week', 'more seldom' or 'no' [38]. This variable was categorized into 'yes' or 'no' (with only those adolescents who never smoke being categorized into "no"). Regarding physical activity, adolescents were asked: 'In your leisure time, how often are you physically active in such a way that you start to sweat or become slightly out of breath?'. The subsequent question: 'How many hours per week?' was used in this analysis.

Medication and supplement use during the last 7 days prior to the interview was determined with a standardised computer-assisted interview conducted by trained physicians. Adolescents were present at the standardised computer-assisted interview where primarily the parents were asked: 'Has your child taken any medications in the last 7 days? Please also mention the use of any ointments, liniments, contraceptive pills, vitamin and mineral supplements, medicinal teas, herbal medicines or homoeopathic medicines'. Parents were asked in advance to bring prescriptions or original containers to the study centre for the purpose of verification [39, 40].

#### Study population

For the present analysis, all adolescents between 12 and 17 years were selected from the KiGGS survey sample (a total of 2953 boys and 2801 girls). Of these, 292 participants were excluded because they did not provide a blood sample. 263 participants were further excluded because

they had no, incomplete (more than twenty missing values), or implausibly high total food intake data. That is, if the estimated total food intake exceeded 10 kg/day, the total beverage intake exceeded 15 l/day, or food intake exceeded 4 kg/day, combined with beverage intake above 6 l/day. Lastly, two girls who were pregnant were also excluded because pregnancy influences the biomarker profile. Therefore, the final analysis is based on a total sample of 5197 adolescents (2646 boys and 2551 girls).

For specific analyses, persons with missing values (for specific serum variables, for instance) were excluded. Moreover, persons with diabetes mellitus or taking diabetes medication were excluded from the analysis of HbA1c (9 participants); persons taking cardiovascular medication from the analysis of blood pressure (179 participants); persons with vitamin supplement use from the analysis of folate and vitamin B<sub>12</sub> (296 participants); and persons with mineral supplement use from the analysis of ferritin (115 participants). Because hormonal contraceptives influence blood lipids [41], girls with hormonal contraceptive use were excluded from the analysis of blood lipids (397 participants).

### Statistical analyses

Statistical analyses were conducted for boys and girls separately using the SAS version 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, USA).

To correct for non-response and disproportional sampling, a weighting factor was used for all analyses. Since the sample is based on a clustered and stratified design, all analyses were performed with complex survey procedures. Differences with *p*-values <0.05 were considered statistically significant.

Selected study characteristics were calculated using PROC SURVEYMEANS and PROC SURVEYFREQ. Linear regression models with PROC SURVEYREG were used to examine mean values (with 95% CI) of biomarkers according to dietary pattern scores. For the analysis, dietary patterns were divided into quintiles and acted as independent variables. The first model (Model 1) was only adjusted for age. The second model (Model 2) was adjusted for age, physical activity (hours per week, continuous), smoking status (yes/no), regular alcohol consumption (yes/no), and mean caloric intake in kcal/day (continuous). The analyses concerning blood lipids and blood pressure were additionally adjusted for BMI in kg/m<sup>2</sup> in Model 2. Socioeconomic status influences eating behaviour and, consequently, biomarker status. Therefore, socioeconomic status is part of the chain of causation and was, thus, not considered as a confounder. To examine age differences, additional analyses were conducted stratified by two age groups (12–14 years, 15–17 years) and adjusted according to Model 2. Trend tests were conducted by including the mean score of each pattern quintile as a continuous variable into the models.

Dietary patterns were identified separately for boys and girls using principal component analysis (in SAS: PROC FACTOR method = prin) on 34 food groups. For each food group, the mean amount of grams per day was standardised to a mean of 0 and standard deviation of 1 (z-transformation).

The resulting components were linear combinations of the included variables and explained as much of the variation in the original variables as possible. The components were rotated by an orthogonal transformation (resulting in uncorrelated components) to achieve a simpler structure with greater interpretability. To identify the number of principal components to be retained, the following criteria were used: the criterion of eigenvalues exceeding 1 (the interpretation of this criterion being that each component should explain a larger amount of variance than a single standardised variable in order to be retained), the scree plot (a graphical presentation of eigenvalues), and the interpretability of each component (dietary pattern) [42]. For good interpretability of each component, an adequate number of food groups with high loadings within a component were necessary. According to Hatcher 2007, components with at least 3 'significant' loadings, which were loadings greater than or equal to |0.4|, were selected [42]. Each obtained component represents a linear combination of all food groups, which were weighted by their factor loadings. Higher factor loadings indicate that the food variable contributes more to the development of the component. Each participant had a score for all identified dietary patterns, which were standardised to a mean of 0 and a standard deviation of 1. These scores rank individuals according to the degree to which they conform to each food consumption pattern. The pattern scores were labelled according to the food groups with high loadings.

## Results

### Sample characteristics

Table 1 illustrates the sample characteristics, stratified by sex. Mean age for the entire sample was 15.1 years. 29.0% of the boys and 16.5% of the girls drank at least one glass of beer, wine, or liquor per week. 22.3% of boys and 22.8% of girls reported being current smokers. Mean duration of physical activity per week was 8.2 hours among boys and 5.3 hours among girls. 6.6% of the boys and 4.8% of the girls used vitamin supplements in the last 7 days, whereas only 3% of the boys and 1.5% of the girls used mineral supplements.

### Dietary patterns

Through PCA, three prevailing components (dietary patterns) among boys and two among girls were determined (Table 2). The two components explained 21.5% of total variance in food group intake among boys and 15.5% among girls.

**Table 1** Sample characteristics by sex (mean values or percentages and 95% CI)

	Boys		Girls	
	Mean	95% CI	Mean	95% CI
Age (years, mean)	15.1	(15.0–15.1)	15.1	(15.0–15.1)
Regular alcohol consumption (%) <sup>a</sup>	29.0	(26.7–31.3)	16.5	(14.7–18.4)
Current smoking (%)	22.3	(20.4–24.1)	22.8	(21.1–24.5)
Physical activity (hours per week, mean)	8.2	(7.8–8.5)	5.3	(5.0–5.5)
Vitamin supplement use (%) <sup>b</sup>	6.6	(5.6–7.7)	4.8	(3.8–5.7)
Mineral supplement use (%) <sup>b</sup>	3.0	(2.3–3.6)	1.5	(1.0–2.0)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.2	(21.0–21.4)	21.5	(21.3–21.7)

<sup>a</sup>drinking at least one glass of beer, wine, or liquor per week

<sup>b</sup>during the last 7 days

Among boys, the first pattern was characterized by higher factor loadings of salty snacks, burger/sausages/doner kebab, French fries, nuts, desserts/ice cream, pancakes, eggs, and cake/cookies and was, therefore, labelled ‘western’ dietary pattern. The second pattern among boys was characterized by a typical German diet, with higher factor loadings of white bread, processed meat, meat, margarine, butter, soft drinks, jam, and cheese; hence, it was labelled ‘traditional’. The third dietary pattern among boys was labelled ‘healthy’ because of higher factor loadings of wholemeal bread, fruits, salad vegetables, and other vegetables.

Among girls, the first dietary pattern was characterized by higher factor loadings of salty snacks, burger/sausages/doner kebab, French fries, dessert/ice cream, pancakes, eggs, cake/cookies similar to the ‘western’ pattern among boys; it also showed higher loadings of confectionery, potatoes and white bread and was, therefore, labelled ‘western and traditional’. The second pattern among girls was associated with higher factor scores of wholemeal bread, fruits, cheese, salad vegetables, and other vegetables and was, thus, labelled ‘healthy’.

#### Dietary patterns and age

Dietary pattern scores were divided into quintiles, with higher quintiles indicating a higher adherence to this pattern. To characterize the adolescents according to the dietary patterns, mean age per quintile 1, 3, and 5 for every dietary pattern is shown in Table 3. Boys with higher ‘traditional’ pattern scores had a higher mean age (Q1: 14.1, Q5: 15.1 years,  $p < 0.0001$ ). There were also age differences concerning the other patterns, but these differences were smaller. Boys with higher ‘western’ pattern scores were older (Q1: 14.6, Q5: 14.9 years  $p = 0.001$ ). In contrast to this finding, girls with higher ‘western and traditional’ dietary pattern scores were characterized by a lower mean age (Q1: 14.9, Q5: 14.5 years,  $p = 0.009$ ), whereas girls with higher ‘healthy’ pattern scores had a higher mean age (Q1: 14.5, Q5: 14.8 years,  $p = 0.005$ ).

#### Dietary patterns and biomarkers

Tables 4 and 5 present adjusted means of biomarker levels according to quintiles of dietary patterns scores. Significant  $p$ -values indicate differences in biomarker levels between dietary pattern quintiles.

Trend tests for the associations between dietary patterns and biomarker profile were conducted in two different models (Table 6). Among boys, in Model 2, the ‘western’ dietary pattern was negatively associated with ferritin serum concentrations ( $p = 0.006$ ) and diastolic blood pressure ( $p = 0.002$ ). The ‘traditional’ dietary pattern was negatively associated with serum folate 1 ( $p = 0.001$ ). The ‘healthy’ dietary pattern was positively associated with serum folate 1 ( $p = 0.001$ ) and negatively with serum homocysteine concentrations ( $p = 0.0003$ ).

Among girls, in Model 2, the ‘western and traditional’ dietary pattern was negatively associated with serum folate 2 ( $p = 0.003$ ) and positively with homocysteine ( $p = 0.003$ ) concentrations. The ‘healthy’ dietary pattern was positively associated with folate ( $p = 0.017$ ) and vitamin B<sub>12</sub> concentrations ( $p = 0.044$ ) and negatively associated with homocysteine ( $p = 0.0003$ ).

In the models adjusted only for age (Model 1), there were additional significant associations between dietary patterns and biomarkers: vitamin B<sub>12</sub> was negatively associated with the ‘western’ and positively associated with the ‘healthy’ pattern among boys ( $p = 0.049/0.017$ ). The ‘healthy’ patterns among both sexes were positively associated with systolic blood pressure ( $p = 0.045/0.015$ ) and negatively with HDL-C ( $p = 0.034/0.010$ ). In contrast to this, ferritin was not associated with any of the dietary patterns in Model 1.

#### Dietary patterns and biomarker in different age groups

Due to the differences in mean ages concerning dietary pattern quintiles, a subgroup analysis for adolescents aged 12 to 14 years and 15 to 17 years was conducted, adjusted according to Model 2 (Additional file 1: Table S1).

**Table 2** Dietary patterns among 12- to 17-year-old adolescents in Germany. Factor loadings for food groups\*

	Dietary patterns				
	Boys (N = 2646)			Girls (N = 2551)	
	'Western'	'Traditional'	'Healthy'	'Western and traditional'	'Healthy'
Salty snacks	<b>0.66</b>			<b>0.57</b>	
Burger/Sausages/Doner kebab	<b>0.64</b>			<b>0.54</b>	
French fries	<b>0.61</b>			<b>0.57</b>	
Nuts	<b>0.59</b>	-0.20			
Dessert/Ice-Cream	<b>0.49</b>			<b>0.54</b>	
Pancakes	<b>0.49</b>			<b>0.47</b>	
Eggs	<b>0.39</b>			<b>0.42</b>	
Cake/cookies <sup>a</sup>	<b>0.38</b>	0.22	<b>0.41</b>		
Soup	0.34		0.27	0.24	0.25
Pasta/Rice	0.33		0.26	0.22	0.28
Chicken	0.31			0.25	0.28
Confectionery <sup>b</sup>	0.30	0.25		<b>0.41</b>	
Other vegetables <sup>c</sup>	0.27		<b>0.41</b>		<b>0.39</b>
Potatoes	0.22	0.27		<b>0.39</b>	
Fish	0.22			0.27	
Meat	0.21	<b>0.44</b>		0.28	
White bread <sup>d</sup>		<b>0.55</b>		<b>0.36</b>	
Processed meat		<b>0.55</b>		0.21	0.30
Margarine		<b>0.43</b>			0.32
Butter		<b>0.42</b>			0.22
Soft drinks <sup>e</sup>		<b>0.39</b>	-0.25	0.32	
Jam <sup>f</sup>		<b>0.39</b>		0.32	
Cheese <sup>g</sup>		<b>0.36</b>	0.34		<b>0.48</b>
Ketchup		0.35		0.25	
Milk		0.26			0.25
Breakfast cereals		0.26			0.24
Wholemeal bread		0.25	<b>0.48</b>		<b>0.52</b>
Fruits <sup>h</sup>			<b>0.58</b>		<b>0.49</b>
Salad vegetables			<b>0.54</b>		<b>0.47</b>
Water <sup>i</sup>			0.33		0.30
Yoghurt other milk products			0.31		0.33
Tea <sup>j</sup>			0.31		0.31
Juices			0.25		0.29
Coffee					
Variance explained	11.3	5.8	4.7	9.90	5.60

\*Factor loadings with absolute values &lt; 0.2 are not shown for clarity, absolute values &gt; 0.35 are bold

<sup>a</sup>cake, pastries, cookies<sup>b</sup>chocolate, other sweets like candy or fruit gums<sup>c</sup>cooked fresh vegetable, canned or frozen vegetable<sup>d</sup>wheat bread, mixed bread, bread rolls<sup>e</sup>lemonade, energy drinks<sup>f</sup>jam, honey, hazelnut spread<sup>g</sup>cheese, cream cheese<sup>h</sup>fresh and canned fruits<sup>i</sup>mineral water, tap water<sup>j</sup>herb tea, fruit tea

**Table 3** Age by dietary pattern quintiles (mean and 95% CI) among 12- to 17-year-old adolescents in Germany

	Q1	Q3	Q5	$\beta$	P for trend
Dietary patterns among boys (N = 2646)					
'Western'	14.6 (14.4–14.7)	14.5 (14.3–14.6)	14.9 (14.7–15.0)	0.23	0.001
'Traditional'	14.1 (13.9–14.2)	14.6 (14.4–14.7)	15.1 (15.0–15.3)	0.47	<.0001
'Healthy'	14.7 (14.6–14.9)	14.6 (14.4–14.7)	14.8 (14.6–14.9)	0.06	0.197
Dietary patterns among girls (N = 2551)					
'Western and traditional'	14.9 (14.7–15.0)	14.6 (14.5–14.8)	14.5 (14.4–14.6)	-0.14	0.009
'Healthy'	14.5 (14.4–14.7)	14.5 (14.3–14.6)	14.8 (14.7–15.0)	0.12	0.005

Among boys, significant associations in both age groups were observed between the 'traditional' pattern and folate 1 ( $p = 0.009/0.014$ ) and between the 'healthy' pattern and homocysteine ( $p = 0.008/0.005$ ). The associations between the 'western' and the 'healthy' pattern and vitamin B<sub>12</sub> ( $p = 0.04$ ,  $p = 0.015$ ) and between the 'traditional' pattern and homocysteine ( $p = 0.014$ ) were only significant in the younger age group. In contrast to this, the associations between the 'healthy' pattern and folate 1 ( $p = 0.007$ ) and between the 'western' pattern and ferritin ( $p = 0.018$ ), as well as diastolic blood pressure ( $p = 0.024$ ), were only significant in the older age group.

Among girls, significant associations were observed in both age groups between the 'western and traditional' dietary pattern and homocysteine ( $p = 0.045$ ,  $p = 0.028$ ). In the younger age group, significant associations between the 'western and traditional' ( $p = 0.007$ ) and the 'healthy' dietary pattern ( $p = 0.015$ ) and folate 2 and between the 'healthy' dietary pattern and vitamin B<sub>12</sub> ( $p = 0.008$ ) were observed. Associations between the 'healthy' dietary pattern and ferritin ( $p = 0.027$ ) and homocysteine ( $p = 0.006$ ), however, were only seen in the older age group.

## Discussion

In a representative population of German adolescents, we identified three major dietary patterns among boys and two among girls. Adolescents with higher scores in the 'healthy' dietary patterns had a better nutrient profile. Concerning cardiovascular risk factors, only few significant associations were found in this young population. The most pronounced was the association with homocysteine.

We observed age group differences (12 to 14 years vs 15 to 17 years) in the associations between dietary patterns and biomarkers. It also appeared that the less healthy patterns were more common in older boys. In contrast to this, girls with greater adherence to more unfavourable patterns were younger and those with greater adherence to the healthy pattern were older. Since this was a cross-sectional study, these findings should be further investigated in longitudinal analyses.

The higher importance of a less healthy dietary pattern among older adolescents, similar to the German boys, was also observed in Greece [43]. Healthier dietary patterns among younger adolescents were observed in Australia [30] and Greece [43]. In contrast to this, in Brazil a 'western' pattern was more common among adolescents below 15 years of age [44].

The role of homocysteine as being an independent risk factor for the pathogenesis of atherosclerosis is controversial in the literature [45]. It is well-established that vitamin B<sub>12</sub> and folate are required for decomposition of homocysteine. In former studies, an inverse association between homocysteine levels and folate, as well as vitamin B<sub>12</sub>, was observed [46]. Results of our study were in accordance with this biochemical relationship. Those adolescents with higher folate and vitamin B<sub>12</sub> concentrations had lower homocysteine concentrations (Model 2, Table 6). Since vegetables, fruits, and wholemeal bread are important sources of folate, the higher serum concentrations among adolescents with higher 'healthy' pattern scores were expected. Boys with higher 'western' pattern scores were characterised by lower vitamin B<sub>12</sub> serum levels and girls with higher 'healthy' pattern scores by higher serum levels (Table 4). This is in accordance with the higher intake of milk products (cheese, milk, yoghurt and other milk products) and also of margarine (which is to some extent enriched with vitamin B<sub>12</sub> in Germany) among girls with higher 'healthy' pattern scores. These food groups were less important for boys with higher 'western' pattern scores (factor loadings < 0.2, Table 2).

Among 15 to 17 years old boys, the 'western' pattern was associated with lower ferritin levels and among 15 to 17 years old girls, the 'healthy' pattern was associated with higher ferritin levels. In a previous subgroup analysis, we had determined the major food sources for ferritin intake [47]. These were bread, sweets, juices, and meat/bowels among boys and bread, juices, vegetables, and sweets among girls. This is in accordance with the factor loadings in these food groups (except for confectionary), which were lower in the 'western' pattern (bread and juices < 0.2, meat 0.21, and confectionary 0.3) than in the 'healthy'

**Table 4** Serum concentrations (mean and 95% CI) of biomarkers by quintiles of dietary pattern scores among boys

Dietary pattern	'Western'			'Traditional'			'Healthy'					
	Q1 (lowest)	Q3	Q5 (highest)	P	Q1 (lowest)	Q3	Q5 (highest)	P	Q1 (lowest)	Q3	Q5 (highest)	P
Folate 1 (ng/ml) <sup>ab</sup>	10 (9.1–11.0)	9.5 (8.6–10.5)	9.4 (8.4–10.4)	0.456	10.8 (9.9–11.6)	9.5 (8.7–10.4)	8.8 (7.8–9.8)	0.01	9.2 (8.3–10.1)	9.8 (8.9–10.6)	10.5 (9.5–11.4)	0.013
Folate 2 (ng/ml) <sup>ab</sup>	7.8 (7.0–8.7)	7.3 (6.4–8.3)	7.6 (6.6–8.6)	0.285	8.7 (7.6–9.7)	7.4 (6.9–8.0)	7.6 (6.7–8.6)	0.097	7.3 (6.1–8.5)	8.3 (7.4–9.3)	7.7 (7.1–8.4)	0.639
Vitamin B <sub>12</sub> (ng/l) <sup>ab</sup>	504 (482–526)	499 (476–522)	470 (446–495)	0.294	475 (455–496)	497 (477–517)	470 (445–496)	0.061	474 (449–499)	483 (463–502)	493 (475–511)	0.025
Ferritin (µg/l) <sup>ac</sup>	47.9 (45.1–50.7)	47.7 (44.9–50.4)	43.1 (40.3–45.8)	0.106	44.8 (41.0–48.6)	45.4 (42.8–47.9)	48.8 (44.8–52.9)	0.687	46.8 (44.0–49.6)	43.7 (41.2–46.1)	48.0 (44.3–51.7)	0.246
Systolic blood pressure (mmHg) <sup>de</sup>	117.2 (116–118)	117 (116–118)	116 (115–118)	0.116	116 (115–118)	117 (116–119)	117 (116–119)	0.332	116 (115–117)	118 (117–119)	118 (116–119)	0.262
Diastolic blood pressure (mmHg) <sup>de</sup>	69.2 (68.4–70.1)	68.6 (67.7–69.6)	67.7 (66.6–68.8)	0.014	68.2 (67.4–69.0)	69.1 (68.4–69.9)	69.2 (68.0–70.4)	0.374	68.3 (67.5–69.0)	69.4 (68.7–70.2)	68.9 (67.9–69.9)	0.215
Total Cholesterol (mg/dl) <sup>d</sup>	156 (153–160)	158 (154–161)	156 (152–159)	0.927	155 (152–158)	157 (154–160)	157 (154–161)	0.825	156 (153–159)	155.6 (153–158)	156.7 (154–160)	0.984
HDL-C (mg/dl) <sup>d</sup>	53.2 (51.9–54.5)	53.5 (52.2–54.7)	54.6 (53.4–55.8)	0.613	54.1 (52.9–55.4)	53.8 (52.5–55.2)	53.4 (52.0–54.8)	0.766	53.9 (52.6–55.1)	53.5 (52.3–54.6)	52.9 (51.7–54.2)	0.029
LDL-C (mg/dl) <sup>d</sup>	87.4 (84.5–90.2)	88 (85.0–91.0)	87.5 (84.5–90.5)	0.981	86.4 (83.7–89.0)	88 (85.5–90.4)	88.4 (85.5–91.4)	0.826	86.9 (84.5–89.2)	87.4 (84.9–89.8)	87.8 (85.1–90.5)	0.991
Homocysteine (µmol/l) <sup>a</sup>	8.6 (8.2–8.9)	9.3 (8.6–10.0)	9.0 (8.5–9.6)	0.025	9 (8.4–9.6)	9 (8.6–9.5)	9.2 (8.5–9.8)	0.834	9.3 (8.8–9.9)	9.1 (8.6–9.7)	8.5 (8.0–9.0)	0.002
Uric acid (mg/dl) <sup>a</sup>	5.4 (5.2–5.5)	5.4 (5.3–5.6)	5.4 (5.2–5.6)	0.488	5.3 (5.2–5.5)	5.4 (5.2–5.5)	5.4 (5.2–5.7)	0.547	5.5 (5.3–5.6)	5.4 (5.3–5.5)	5.5 (5.3–5.7)	0.323
HbA1c (%) <sup>ef</sup>	4.9 (4.8–5.0)	4.9 (4.8–5.0)	4.9 (4.8–5.0)	0.885	4.9 (4.8–5.0)	4.9 (4.8–5.0)	4.9 (4.8–5.0)	0.467	4.9 (4.8–5.0)	4.9 (4.8–5.0)	4.9 (4.8–5.0)	0.955

Abbreviations: CI Confidence interval, HbA1c Glycohaemoglobin, HDL-C High density lipoprotein cholesterol, LDL-C low density lipoprotein cholesterol

<sup>a</sup>adjusted for age (years), physical activity hours per week (continuous), smoking status (yes/no), regular alcohol consumption (yes/no), and total energy intake (continuous)

<sup>b</sup>without persons with vitamin supplement use

<sup>c</sup>without persons with mineral supplement use

<sup>d</sup>adjusted for age (years), physical activity hours per week (continuous), smoking status (yes/no), regular alcohol consumption (yes/no), and total energy intake (continuous) and BMI in kg/m<sup>2</sup>

<sup>e</sup>without persons with cardiovascular medication

<sup>f</sup>without persons with diabetes or diabetes medication

**Table 5** Serum concentrations (mean and 95% CI) of biomarkers by quintiles of dietary pattern scores among girls

Dietary pattern	'Western and traditional'				'Healthy'			
	Q1 (lowest)	Q3	Q5 (highest)	P	Q1 (lowest)	Q3	Q5 (highest)	P
Folate 1 (ng/ml) <sup>a,b</sup>	10	10.2	9.4	0.055	9.9	9.4	9.4	0.452
N = 1203	(9.3–10.6)	(9.5–11.0)	(8.6–10.2)		(9.1–10.7)	(8.8–10.0)	(8.7–10.1)	
Folate 2 (ng/ml) <sup>a,b</sup>	8.0	7.2	5.8	0.017	6.8	7.4	8.6	0.039
N = 714	(7.2–8.7)	(6.7–7.7)	(4.8–6.8)		(6.1–7.4)	(6.8–7.9)	(7.0–10.2)	
Vitamin B <sub>12</sub> (ng/l) <sup>a,b</sup>	520	498	486	0.474	490	500	528	0.385
N = 1920	(496–544)	(477–519)	(453–518)		(468–512)	(475–524)	(498–558)	
Ferritin (μg/l) <sup>a,c</sup>	34.5	31.6	32.6	0.252	31.5	34.1	35.6	0.092
N = 1992	(31.9–37.2)	(29.6–33.7)	(29.8–35.5)		(29.2–33.8)	(31.2–36.9)	(32.2–38.9)	
Systolic blood pressure (mmHg) <sup>d,e</sup>	113	114	112	0.125	112	114	113	0.255
N = 2024	(112–114)	(113–115)	(111–113)		(111–113)	(112–115)	(112–115)	
Diastolic blood pressure (mmHg) <sup>d,e</sup>	68	68.3	67.7	0.757	67.5	67.9	68.3	0.669
N = 2024	(67.1–68.9)	(67.5–69.1)	(66.7–68.6)		(66.7–68.3)	(67.2–68.6)	(67.3–69.3)	
Total Cholesterol (mg/dl) <sup>d,f</sup>	164	161	164	0.443	165	160	162	0.173
N = 1743	(161–168)	(157–164)	(160–169)		(162–169)	(157–163)	(159–166)	
HDL-C (mg/dl) <sup>d,f</sup>	58.1	56.9	59	0.355	58.7	58.4	58.2	0.665
N = 1743	(56.8–59.3)	(55.6–58.2)	(57.1–61.0)		(57.1–60.2)	(57.0–59.7)	(56.7–59.6)	
LDL-C (mg/dl) <sup>d,f</sup>	93.3	91.6	92	0.891	94	89	92.7	0.112
N = 1743	(90.2–98.4)	(88.4–94.8)	(88.1–96.0)		(91.0–97.0)	(86.3–91.6)	(89.0–96.3)	
Homocysteine (μmol/l) <sup>a</sup>	7.6	7.6	8.1	0.029	8.0	7.5	7.4	0.002
N = 2021	(7.3–7.9)	(7.3–7.9)	(7.7–8.5)		(7.7–8.3)	(7.2–7.8)	(7.0–7.8)	
Uric acid (mg/dl) <sup>a</sup>	4.4	4.3	4.3	0.586	4.3	4.3	4.4	0.204
N = 2036	(4.2–4.5)	(4.1–4.4)	(4.1–4.5)		(4.1–4.4)	(4.1–4.4)	(4.2–4.6)	
HbA1c (%) <sup>a,g</sup>	4.8	4.9	4.9	0.391	4.8	4.8	4.8	0.687
N = 2023	(4.8–4.9)	(4.8–4.9)	(4.8–5.0)		(4.8–4.9)	(4.8–4.9)	(4.7–4.9)	

**Abbreviations:** CI Confidence interval, HbA1c Glycohaemoglobin, HDL-C High density lipoprotein cholesterol, LDL-C low density lipoprotein cholesterol  
<sup>a</sup>adjusted for age (years), hours physical activity per week (continuous), smoking status (yes/no), regular alcohol consumption (yes/no), and total energy intake (continuous)

<sup>b</sup>without persons with vitamin supplement use

<sup>c</sup>without persons with mineral supplement use

<sup>d</sup>adjusted for age (years), hours physical activity per week (continuous), smoking status (yes/no), regular alcohol consumption (yes/no), and total energy intake (continuous) and BMI

<sup>e</sup>without persons with cardiovascular medication

<sup>f</sup>without persons with hormonal contraceptive use

<sup>g</sup>without persons with diabetes or diabetes medication

pattern among girls (wholemeal bread 0.52, other vegetables 0.39, juices 0.29, and confectionery <0.2). In a sensitivity analysis, we further adjusted for BMI, this did not change the results substantially (data not shown).

A negative relationship between the 'western' dietary pattern and diastolic blood pressure was observed in both models with different adjustments. In age-stratified analyses, the association was only significant for 15 to 17 year old boys. Corresponding to the food groups with higher (red meat, confectionery, dessert/ice cream) and lower factor loading (fruits, vegetables, whole grain, and fish), the direction of this finding was not expected. On the other hand, this pattern was also characterized by nuts and chicken, food groups that were recommended

in the Dietary Approach to Stop Hypertension (DASH) [48]. However, the absolute differences between dietary pattern quintiles were rather small (1.5 mmHg between the 1th and the 5<sup>th</sup> quintile, Table 4). Furthermore, blood pressure is not influenced by nutrition only; therefore, some major confounders were accounted for by adjustment (BMI, physical activity, alcohol consumption, age) and by gender stratified analysis. However, measurement of physical activity is a difficult concept and represents energy expenditure due to body movement only partially. Therefore, residual confounding could still be present.

In a previous analysis, we considered the association between healthy diet indices based on German Food

**Table 6** Associations between dietary patterns and biomarkers of nutrition status and cardiovascular risk factors, regression analysis

Dietary pattern	Boys						Girls														
	Model 1 <sup>a</sup>			Model 2 <sup>b</sup>			Model 1 <sup>a</sup>			Model 2 <sup>b</sup>											
	'Western'	'Traditional'	'Healthy'	'Western'	'Traditional'	'Healthy'	'Western and traditional'	'Healthy'	'Western and traditional'	'Healthy'	'Western and traditional'										
Folate 1 (ng/ml) <sup>c</sup>	-0.4	0.093	-0.4	0.066	0.3	0.022	-0.4	0.169	-0.8	0.001	0.5	0.001	-0.4	0.042	0.1	0.751	-0.4	0.122	-0.2	0.382	
N = 1364																					N = 1203
Folate 2 (ng/ml) <sup>c</sup>	-0.4	0.093	-0.5	0.010	-0.1	0.807	-0.2	0.531	-0.4	0.147	0.2	0.465	-0.4	0.025	0.6	0.028	-1.1	0.003	0.8	0.017	
N = 778																					N = 714
Vitamin B <sub>12</sub> (ng/l) <sup>c</sup>	-14.6	0.049	-2.0	0.731	12.4	0.017	-19.8	0.052	-5.2	0.467	11.8	0.053	-18.4	0.013	20.0	0.002	-16.7	0.108	16.3	0.044	
N = 2151																					N = 1920
Ferritin (µg/l) <sup>d</sup>	-1.9	0.145	1.4	0.166	0.1	0.911	-2.8	0.021	1.7	0.210	0.6	0.515	-0.0	0.984	1.1	0.126	-0.4	0.659	1.8	0.053	
N = 2237																					N = 1992
Systolic blood pressure (mmHG) <sup>e</sup>	-0.8	0.069	-0.4	0.250	0.6	0.045	-0.7	0.107	0.2	0.571	0.6	0.078	-0.3	0.302	0.7	0.015	-0.8	0.066	0.4	0.370	
N = 2297																					N = 2024
Diastolic blood pressure (mmHG) <sup>e</sup>	0.3	0.000	-0.2	0.412	0.2	0.372	-1.1	0.002	0.3	0.290	0.2	0.396	-0.2	0.397	0.3	0.196	-0.2	0.525	0.3	0.310	
N = 2297																					N = 2024
Total Cholesterol (mg/dl) <sup>f</sup>	-0.7	0.537	0.1	0.905	0.7	0.389	-0.5	0.741	1.0	0.310	0.3	0.685	-1.4	0.137	-0.8	0.367	0.0	0.969	-1.0	0.337	
N = 2307																					N = 1743
HDL-C (mg/dl) <sup>f</sup>	0.7	0.139	0.2	0.585	-0.7	0.034	0.8	0.109	-0.2	0.654	-0.1	0.718	-0.4	0.416	-1.0	0.010	0.5	0.360	-0.1	0.827	
N = 2307																					N = 1743
LDL-C (mg/dl) <sup>f</sup>	0.2	0.861	0.0	0.948	0.8	0.209	0.1	0.911	0.7	0.409	0.3	0.645	-1.7	0.065	-0.5	0.516	-0.6	0.620	-0.4	0.739	
N = 2308																					N = 1743
Homocysteine (µmol/l)	0.2	0.166	0.2	0.182	-0.4	0.000	0.1	0.345	0.1	0.435	-0.4	0.000	0.3	<0.000	-0.3	<0.000	0.3	0.003	-0.3	0.000	
N = 2305																					N = 2021
Uric acid (mg/dl)	0.0	0.824	0.0	0.181	0.0	0.945	0.0	0.751	0.0	0.386	0.0	0.842	0.0	0.824	0.0	0.245	0.0	0.463	0.1	0.118	
N = 2315																					N = 2036
HbA1c (%) <sup>g</sup>	0.0	0.673	0.0	0.107	0.0	0.742	0.0	0.923	0.0	0.240	0.0	0.638	0.0	0.586	0.0	0.726	0.0	0.214	0.0	0.811	
N = 2306																					N = 2023

Abbreviations: CI Confidence interval, HbA1c Glycohaemoglobin, HDL-C High density lipoprotein cholesterol, LDL-C low density lipoprotein cholesterol

<sup>a</sup>Model 1: adjusted for age (years)

<sup>b</sup>Model 2: adjusted for age (years), hours physical activity per week (continuous), smoking status (yes/no), regular alcohol consumption (yes/no), and total energy intake (continuous). Analysis concerning blood lipids and blood pressure were additionally adjusted for BMI.

<sup>c</sup>without persons with vitamin supplement use

<sup>d</sup>without persons with mineral supplement use

<sup>e</sup>without persons with cardiovascular medication

<sup>f</sup>without persons with hormonal contraceptive use

<sup>g</sup>without persons with diabetes or diabetes medication

Intake Recommendations and biomarkers within this same population [49]. We found that some of the indices were associated with biomarker profiles. The advantage of this current analysis of dietary patterns determined by a data driven approach is that these patterns more objectively represent prevailing eating habits of the population.

Among adults, many previous studies have shown that dietary patterns are related to biomarkers of cardiovascular risk [23–26, 50]. In contrast to this, analyses of dietary patterns and biomarkers among adolescents are rare. Associations between dietary patterns and blood pressure have been analyzed in two representative surveys among adolescents elsewhere. In Australia, a dietary pattern that was characterized by fruits, salad, cereals, and fish was negatively associated with diastolic blood pressure among adolescents aged 16 to 18 years [30]. In Tunisia, the ‘meat-fish’ pattern was positively associated with diastolic blood pressure among boys [31]. In Finland, a positive association between systolic blood pressure and the ‘traditional’ pattern was found in a cross sectional analysis of cohort data [28]. Other cohort studies found no association between dietary patterns and systolic [27, 51] or diastolic blood pressure [27]. Thus, it seems that associations between dietary patterns and blood pressure were seldom observed in this young age group and were found only in subgroups, which is in accordance with our study.

In former studies, patterns like ‘fruit and vegetable’ [27] and ‘healthy’ among boys [29] were associated with more favorable blood lipids concentrations. Furthermore, the ‘traditional’ pattern in Finland [28] and the ‘sugar foods’ and ‘fats and pasta’ pattern in the U.S. [27] were associated with less beneficial blood lipids concentrations. These analyses were based on cohort studies. To our knowledge, this is the first analysis of dietary pattern conducted with PCA or factor analysis and blood lipids in this age group using a nationwide representative survey. Among adolescents in Germany, we did not observe associations between dietary patterns and serum lipids. In contrast to previous studies [27–29], we excluded girls with hormonal contraceptive use in the analysis of blood lipids because they have higher blood lipids concentrations caused by the medication [41]. Hormonal contraceptive use is not a typical confounder because the use is not associated with the dietary patterns. Overall, 16% of the girls in this age group used this medication, with the highest percentage among 16 to 17 years old girls (30%).

The negative association between healthy dietary patterns and homocysteine concentrations was also found in a cohort study among 9 to 24 years old female Finns [28] and among young adults in Northern Ireland [52]. The ‘traditional’ dietary pattern was not associated with homocysteine concentrations in Finland. Whereas, in Northern Ireland, the ‘western’ pattern was positive associated with

homocysteine [52], similar to the ‘western and traditional’ pattern in Germany.

Biomarkers are objectively measured and can be evaluated as indicators of nutrient supply. To our knowledge, there are no other studies in this age group that have analyzed the associations between dietary patterns determined through PCA or factor analysis and vitamin and mineral serum concentrations. In a cohort study among young adults in Northern Ireland, higher red cell folate and vitamin B<sub>12</sub> serum concentrations were associated with the ‘healthy’ dietary pattern among men and with the ‘traditional’ dietary pattern among women [53]. Thus, the ‘traditional’ dietary pattern in Northern Ireland was characterized by a more favorable nutrient status, whereas the ‘traditional’ dietary pattern in Germany was not. Associations concerning the ‘healthy’ pattern were in the same direction as in our study.

Strengths of this study include data obtained from a large, nationally-representative, population based sample. Furthermore, KiGGS provides a broad spectrum of data on biochemical parameters and anthropometric measures, all assessed by trained staff, as well as further information on participants’ behaviors, such as on physical activity levels and medication use. In addition, we used a validated FFQ to examine food intake. The percentage of variance explained by the dietary patterns was within the range of what has been previously reported in other studies that studied dietary patterns of adolescents [30, 43, 54, 55].

However, there are several limitations which have to be considered. With an FFQ, only a predefined selection of foods and food groups can be assessed. Therefore, the consumption of other foods is unknown. There may also be a certain overlap of food groups if they are defined or perceived too broadly. In addition, portion sizes and, thus, energy intake can only be estimated roughly. These limitations occur in all food intake data assessed with an FFQ. However, in a sub-sample of the KiGGS study population, a more comprehensive modified dietary history interview (DISHES) was conducted several months after the KiGGS survey. In this subgroup, we identified very similar dietary patterns [56]. In comparison to this study, there were only some differences in food groups with higher factor loadings belonging to one pattern. These differences can be explained by differences in the dietary assessment methods, e.g. in the FFQ, pizza, vegetable oil, mushrooms, and alcoholic drinks were not assessed while rice and pasta were asked as one food item; however, with the DISHES data, these foods were analyzed separately. Overall, the FFQ seems to be appropriate to determine dietary patterns in this population. However, inclusion of some more food groups would be useful.

Limitations of using the PCA are the prior classification of food items into food groups, the decision of the number of factors extracted, and the labeling of factors, which can

be subjective decisions. To enhance comparability with other studies, similar methodological steps were used in the extraction of the dietary patterns as those utilized in other studies [43, 57].

Further research is still necessary to evaluate tracking of dietary patterns during the life course. Although the present analysis was cross-sectional, future longitudinal analyses are planned and data collection for the follow-up is ongoing.

## Conclusions

In conclusion, our cross-sectional analysis identified that some associations between dietary patterns and biomarkers of nutrient status and cardiovascular risk already become evident among adolescents. Therefore, dietary patterns can influence health status. Dietary patterns adopted during adolescence may track into adulthood, and can, therefore, be important for health outcomes later in life. Since eating habits are a modifiable risk factor for cardiovascular diseases, public health policies and health promotion programs should target adolescents to establish healthy dietary practices for life.

## Additional file

**Additional file 1: Table S1.** Associations between dietary patterns and biomarkers of nutrition status and cardiovascular risk factors, regression analysis. (DOCX 27 kb)

## Abbreviations

BMI: Body mass index; CI: Confidence interval; CVD: Cardiovascular diseases; DISHES: Dietary interview software for health examination studies; FFQ: Food frequency questionnaire; HbA1c: Glycohaemoglobin; HDL-C: High density lipoprotein cholesterol; KiGGS: Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents in Germany; LDL-C: Low density lipoprotein cholesterol; PCA: Principal component analysis

## Acknowledgments

We thank the adolescents who participated in this study, and their parents for filling in the questionnaires and answering our questions.

## Funding

KiGGS was funded by the German Federal Ministry of Health, the German Federal Ministry of Education and Research (grant number 01EH0201) and the Robert Koch Institute.

## Availability of data and material

KiGGS data are available as public use file at RKI homepage ([http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Forschungsdatenzentrum/forschungsdatenzentrum\\_node.html](http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Forschungsdatenzentrum/forschungsdatenzentrum_node.html)).

## Authors' contributions

AR, ST, JR and GBMM designed the analysis plan. AR analysed the data, drafted the manuscript, and wrote the final version. MR, JT and GBMM contributed to the construction of variables. GBMM was involved in the design and conduction of KiGGS and responsible for the design of the FFQ. All authors contributed to writing and revising the manuscript and read and approved the final manuscript.

## Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

## Consent for publication

Not applicable.

## Ethics approval and consent to participate

KiGGS was approved by the Federal Office for Data Protection and the Charité-Universitätsmedizin Berlin ethics committee. Participants aged 14 years or older and all parents provided written informed consent before the interview and examination procedures.

## Author details

<sup>1</sup>Department of Epidemiology and Health Monitoring, Robert Koch Institute Berlin, Post box 65 02 61D-13302 Berlin, Germany. <sup>2</sup>Chair of Marketing and Consumer Research, TUM School of Management München, Technische Universität, Alte Akademie 16, D-85350 Freising, Germany. <sup>3</sup>Department of Food Economics and Consumption Studies, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Olshausenstraße 40, D-24098 Kiel, Germany.

Received: 4 August 2016 Accepted: 19 December 2016

Published online: 05 January 2017

## References

1. Spear BA. Adolescent growth and development. *J Am Diet Assoc.* 2002; 102(3 Suppl):S23–9.
2. Banfield EC, Liu Y, Davis JS, Chang S, Frazier-Wood AC. Poor Adherence to US Dietary Guidelines for Children and Adolescents in the National Health and Nutrition Examination Survey Population. *J Acad Nutr Diet.* 2016;116(1): 21–7. doi:10.1016/j.jand.2015.08.010.
3. Doidge JC, Segal L. Most Australians do not meet recommendations for dairy consumption: findings of a new technique to analyse nutrition surveys. *Aust N Z J Public Health.* 2012;36(3):236–40. doi:10.1111/j.1753-6405.2012.00870.x.
4. Munoz KA, Krebs-Smith SM, Ballard-Barbash R, Cleveland LE. Food intakes of US children and adolescents compared with recommendations. *Pediatrics.* 1997;100(3 Pt 1):323–9.
5. Neumark-Sztainer D, Story M, Resnick MD, Blum RW. Lessons learned about adolescent nutrition from the Minnesota Adolescent Health Survey. *J Am Diet Assoc.* 1998;98(12):1449–56. doi:10.1016/S0002-8223(98)00329-0.
6. Serra-Majem L, Ribas-Barba L, Salvador G, Serra J, Castell C, Cabezas C, et al. Compliance with dietary guidelines in the Catalan population: basis for a nutrition policy at the regional level (the PAAS strategy). *Public Health Nutr.* 2007;10(11A):1406–14. doi:10.1017/S1368980007001012.
7. Troiano RP, Briefel RR, Carroll MD, Bialostosky K. Energy and fat intakes of children and adolescents in the united states: data from the national health and nutrition examination surveys. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(5 Suppl):1343S–53S.
8. Zapata LB, Bryant CA, McDermott RJ, Hefelfinger JA. Dietary and physical activity behaviors of middle school youth: the youth physical activity and nutrition survey. *J Sch Health.* 2008;78(1):9–18. doi:10.1111/j.1746-1561.2007.00260.x. quiz 65-7.
9. Lauer RM, Kleiser C, Richter A. Food consumption of children and adolescents in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2007; 50(5–6):609–23. doi:10.1007/s00103-007-0222-x.
10. Richter A, Vohmann C, Stahl A, Hesecker H, Mensink GBM. Der aktuelle Lebensmittelverzehr von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Ernährungsumschau.* 2008;55(1/08):28–36.
11. Kaikkonen JE, Mikkilä V, Magnussen CG, Juonala M, Viikari JS, Raitakari OT. Does childhood nutrition influence adult cardiovascular disease risk?—insights from the Young Finns Study. *Ann Med.* 2013;45(2):120–8. doi:10.3109/07853890.2012.671537.
12. Lauer RM, Lee J, Clarke WR. Factors affecting the relationship between childhood and adult cholesterol levels: the Muscatine Study. *Pediatrics.* 1988;82(3):309–18.
13. Tracy RE, Newman 3rd WP, Wattigney WA, Berenson GS. Risk factors and atherosclerosis in youth autopsy findings of the Bogalusa Heart Study. *Am J Med Sci.* 1995;310 Suppl 1:S37–41.
14. Mikkilä V, Rasanen L, Laaksonen MM, Juonala M, Viikari J, Pietinen P, et al. Long-term dietary patterns and carotid artery intima media thickness: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Br J Nutr.* 2009;102(10):1507–12. doi:10.1017/S000711450999064X.
15. Ambrosini GL, Emmett PM, Northstone K, Jebb SA. Tracking a dietary pattern associated with increased adiposity in childhood and adolescence. *Obesity (Silver Spring).* 2014;22(2):458–65. doi:10.1002/oby.20542.

16. Tuttle C. *Childhood and Adolescence. Essentials of human nutrition*. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press; 1999.
17. Gassin AL. Helping to promote healthy diets and lifestyles: the role of the food industry. *Public Health Nutr*. 2001;4(6A):1445–50.
18. Leach H. *Food Habits. Essentials of human nutrition*. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press; 1999.
19. Birch LL, Fisher JO. Development of eating behaviors among children and adolescents. *Pediatrics*. 1998;101(3 Pt 2):539–49.
20. Nicklaus S. Development of food variety in children. *Appetite*. 2009;52(1):253–5. doi:10.1016/j.appet.2008.09.018.
21. Nicklaus S, Boggio V, Chabanet C, Issanchou S. A prospective study of food variety seeking in childhood, adolescence and early adult life. *Appetite*. 2005;44(3):289–97. doi:10.1016/j.appet.2005.01.006.
22. Truthmann J, Mensink GB, Richter A. Relative validation of the KiGGS Food Frequency Questionnaire among adolescents in Germany. *Nutr J*. 2011;10(1):133. doi:10.1186/1475-2891-10-133.
23. Eilat-Adar S, Mete M, Nobmann ED, Xu J, Fabsitz RR, Ebbesson SO, et al. Dietary patterns are linked to cardiovascular risk factors but not to inflammatory markers in Alaska Eskimos. *J Nutr*. 2009;139(12):2322–8. doi:10.3945/jn.109.110387.
24. Esmailzadeh A, Kimiagar M, Mehrabi Y, Azadbakht L, Hu FB, Willett WC. Dietary patterns, insulin resistance, and prevalence of the metabolic syndrome in women. *Am J Clin Nutr*. 2007;85(3):910–8.
25. Panagiotakos DB, Pitsavos C, Skoumas Y, Stefanadis C. The association between food patterns and the metabolic syndrome using principal components analysis: The ATTICA Study. *J Am Diet Assoc*. 2007;107(6):979–87. doi:10.1016/j.jada.2007.03.006. quiz 97.
26. Heidemann C, Scheidt-Nave C, Richter A, Mensink GB. Dietary patterns are associated with cardiometabolic risk factors in a representative study population of German adults. *Br J Nutr*. 2011;106(8):1253–62. doi:10.1017/S0007114511001504.
27. Nicklas TA, Webber LS, Thompson B, Berenson GS. A multivariate model for assessing eating patterns and their relationship to cardiovascular risk factors: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutr*. 1989;49(6):1320–7.
28. Mikkilä V, Räsänen L, Raitakari OT, Marniemi J, Pietinen P, Rönönenmaa T, et al. Major dietary patterns and cardiovascular risk factors from childhood to adulthood. The Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Br J Nutr*. 2007;98(1):218–25.
29. Ambrosini GL, Huang RC, Mori TA, Hands BP, O'Sullivan TA, de Klerk NH, et al. Dietary patterns and markers for the metabolic syndrome in Australian adolescents. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2010;20(4):274–83. doi:10.1016/j.numecd.2009.03.024.
30. McNaughton SA, Ball K, Mishra GD, Crawford DA. Dietary patterns of adolescents and risk of obesity and hypertension. *J Nutr*. 2008;138(2):364–70.
31. Aounallah-Skhiri H, Traissac P, El Ati J, Eymard-Duvernay S, Landais E, Achour N, et al. Nutrition transition among adolescents of a south-Mediterranean country: dietary patterns, association with socio-economic factors, overweight and blood pressure. A cross-sectional study in Tunisia. *Nutr J*. 2011;10:38. doi:10.1186/1475-2891-10-38.
32. Kurth BM, Kamtsiuris P, Holling H, Schlaud M, Dolle R, Ellert U, et al. The challenge of comprehensively mapping children's health in a nation-wide health survey: design of the German KiGGS-Study. *BMC Public Health*. 2008;8:196. doi:10.1186/1471-2458-8-196.
33. Holling H, Kamtsiuris P, Lange M, Thierfelder W, Thamm M, Schlack R. The German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS): study management and conduct of fieldwork. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2007;50(5–6):557–66. doi:10.1007/s00103-007-0216-8.
34. Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpetzer B, Kahl H, Scheidt-Nave C. Biochemical measures in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2007;50(5–6):757–70. doi:10.1007/s00103-007-0238-2.
35. Mensink GB, Burger M. What do you eat? Food frequency questionnaire for children and adolescents. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2004;47(3):219–26. doi:10.1007/s00103-003-0794-z.
36. Mensink GB, Bauch A, Vohmann C, Stahl A, Six J, Kohler S, et al. EsKiMo - the nutrition module in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2007;50(5–6):902–8. doi:10.1007/s00103-007-0254-2.
37. Neuhauser HK, Rosario AS, Thamm M, Ellert U. Prevalence of children with blood pressure measurements exceeding adult cutoffs for optimal blood pressure in Germany. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2009;16(2):195–200.
38. Lampert T, Thamm M. Consumption of tobacco, alcohol and drugs among adolescents in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2007;50(5–6):600–8. doi:10.1007/s00103-007-0221-y.
39. Du Y, Knopf H. Self-medication among children and adolescents in Germany: results of the National Health Survey for Children and Adolescents (KiGGS). *Br J Clin Pharmacol*. 2009;68(4):599–608. doi:10.1111/j.1365-2125.2009.03477.x.
40. Knopf H. Medicine use in children and adolescents. Data collection and first results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2007;50(5–6):863–70. doi:10.1007/s00103-007-0249-z.
41. Naz F, Jyoti S, Akhtar N, Afzal M, Siddique YH. Lipid profile of women using oral contraceptive pills. *Pak J Biol Sci*. 2012;15(19):947–50.
42. Hatcher L. *A Step-by-Step Approach to Using the SAS System for Factor Analysis and Structural Equation Modeling*. 9. ed. SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina; 2007.
43. Kourilaba G, Panagiotakos DB, Mihos K, Alevizos A, Marayiannis K, Mariolis A, et al. Dietary patterns in relation to socio-economic and lifestyle characteristics among Greek adolescents: a multivariate analysis. *Public Health Nutr*. 2009;12(9):1366–72. doi:10.1017/S1368980008004060.
44. Rodrigues PR, Pereira RA, Cunha DB, Sichieri R, Ferreira MG, Vilela AA, et al. Factors associated with dietary patterns in adolescents: a school-based study in Cuiabá, Mato Grosso. *Rev Bras Epidemiol*. 2012;15(3):662–74.
45. Pang X, Liu J, Zhao J, Mao J, Zhang X, Feng L, et al. Homocysteine induces the expression of C-reactive protein via NMDAR-ROS-MAPK-NF-kappaB signal pathway in rat vascular smooth muscle cells. *Atherosclerosis*. 2014;236(1):73–81. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2014.06.021.
46. McKinley MC. Nutritional aspects and possible pathological mechanisms of hyperhomocysteinaemia: an independent risk factor for vascular disease. *Proc Nutr Soc*. 2000;59(2):221–37.
47. Mensink GBM, Hesecker H, Richter A, Stahl A, Vohmann C. *Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo)*. Forschungsbericht. Berlin, Paderborn: Robert Koch-Institut, Universität Paderborn; 2007.
48. U. S. Department of Health and Human Services, National Heart, Lung, and Blood Institute. *Your Guide to Lowering Your Blood Pressure with DASH*. NIH Publication. 2006;no. 06-4082.
49. Truthmann J, Richter A, Thiele S, Drescher L, Roosen J, Mensink GB. Associations of dietary indices with biomarkers of dietary exposure and cardiovascular status among adolescents in Germany. *Nutr Metab (Lond)*. 2012;9(1):92. doi:10.1186/1743-7075-9-92.
50. Niu K, Momma H, Kobayashi Y, Guan L, Chujo M, Otomo A, et al. The traditional Japanese dietary pattern and longitudinal changes in cardiovascular disease risk factors in apparently healthy Japanese adults. *Eur J Nutr*. 2015. doi:10.1007/s00394-015-0844-y.
51. Ambrosini GL, Oddy WH, Robinson M, O'Sullivan TA, Hands BP, de Klerk NH, et al. Adolescent dietary patterns are associated with lifestyle and family psycho-social factors. *Public Health Nutr*. 2009;12(10):1807–15. doi:10.1017/S1368980008004618.
52. McCourt HJ, Draffin CR, Woodside JV, Cardwell CR, Young IS, Hunter SJ, et al. Dietary patterns and cardiovascular risk factors in adolescents and young adults: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Br J Nutr*. 2014;112(10):1685–98. doi:10.1017/S0007114514002682.
53. McCourt HJ, Whittle CR, Young IS, Hunter SJ, Murray LJ, Boreham AM, et al. Dietary patterns and cardiovascular risk factors in young adults: the Young Hearts Project, Northern Ireland. *Proc Nutr Soc*. 2010;69:E365.
54. Romero-Polvo A, Denova-Gutierrez E, Rivera-Paredes B, Castanon S, Gallegos-Carrillo K, Halley-Castillo E, et al. Association between dietary patterns and insulin resistance in Mexican children and adolescents. *Ann Nutr Metab*. 2012;61(2):142–50. doi:10.1159/000341493.
55. Naja F, Hwalla N, Itani L, Karam S, Mehio Sibai A, Nasreddine L. A Western dietary pattern is associated with overweight and obesity in a national sample of Lebanese adolescents (13–19 years): a cross-sectional study. *Br J Nutr*. 2015;111. doi:10.1017/S0007114515003657.
56. Richter A, Heidemann C, Schulze MB, Roosen J, Thiele S, Mensink GB. Dietary patterns of adolescents in Germany—associations with nutrient intake and other health related lifestyle characteristics. *BMC Pediatr*. 2012;12:35. doi:10.1186/1471-2431-12-35.
57. Cutler GJ, Flood A, Hannan P, Neumark-Sztainer D. Major patterns of dietary intake in adolescents and their stability over time. *J Nutr*. 2009;139(2):323–8. doi:10.3945/jn.108.090928.

ERRATUM

Open Access



# Erratum to: Associations between dietary patterns and biomarkers of nutrient status and cardiovascular risk factors among adolescents in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents in Germany (KiGGS)

Almut Richter<sup>1\*</sup>, Martina Rabenberg<sup>1</sup>, Julia Truthmann<sup>1</sup>, Christin Heidemann<sup>1</sup>, Jutta Roosen<sup>2</sup>, Silke Thiele<sup>3</sup> and Gert B. M. Mensink<sup>1</sup>

## Erratum

In the original publication of this article [1], Table 2 was published incorrectly. The cell in the “Cake/cookies<sup>a</sup>” row under the column “Healthy” should have been left blank. This value should have been listed one cell to the right, in the column “Western and traditional”.

Please see below for the corrected table:

\* Correspondence: RichterA@rki.de

<sup>1</sup>Department of Epidemiology and Health Monitoring, Robert Koch Institute Berlin, Post box 65 02 61D-13302, Berlin, Germany

Full list of author information is available at the end of the article



**Table 2** Dietary patterns among 12- to 17-year-old adolescents in Germany

	Dietary patterns				
	boys (N = 2646)			girls (N = 2551)	
	'western'	'traditional'	'healthy'	'western and traditional'	'healthy'
Salty snacks	<b>0.66</b>			<b>0.57</b>	
Burger/Sausages/Doner kebab	<b>0.64</b>			<b>0.54</b>	
French fries	<b>0.61</b>			<b>0.57</b>	
Nuts	<b>0.59</b>	-0.20			
Dessert/ Ice-Cream	<b>0.49</b>			<b>0.54</b>	
Pancakes	<b>0.49</b>			<b>0.47</b>	
Eggs	<b>0.39</b>			<b>0.42</b>	
Cake/cookies <sup>a</sup>	<b>0.38</b>	0.22		<b>0.41</b>	
Soup	0.34		0.27	0.24	0.25
Pasta/Rice	0.33		0.26	0.22	0.28
Chicken	0.31			0.25	0.28
Confectionery <sup>b</sup>	0.30	0.25		<b>0.41</b>	
Other vegetables <sup>c</sup>	0.27		<b>0.41</b>		<b>0.39</b>
Potatoes	0.22	0.27		<b>0.39</b>	
Fish	0.22			0.27	
Meat	0.21	<b>0.44</b>		0.28	
White bread <sup>d</sup>		<b>0.55</b>		<b>0.36</b>	
Processed meat		<b>0.55</b>		0.21	0.30
Margarine		<b>0.43</b>			0.32
Butter		<b>0.42</b>			0.22
Soft drinks <sup>e</sup>		<b>0.39</b>	-0.25	0.32	
Jam <sup>e</sup>		<b>0.39</b>		0.32	
Cheese <sup>f</sup>		<b>0.36</b>	0.34		<b>0.48</b>
Ketchup		0.35		0.25	
Milk		0.26			0.25
Breakfast cereals		0.26			0.24
Wholemeal bread		0.25	<b>0.48</b>		<b>0.52</b>
Fruits <sup>g</sup>			<b>0.58</b>		<b>0.49</b>
Salad vegetables			<b>0.54</b>		<b>0.47</b>
Water <sup>h</sup>			0.33		0.30
Yoghurt other milk products			0.31		0.33
Tea <sup>i</sup>			0.31		0.31
Juices			0.25		0.29
Coffee					
Variance explained	11.3	5.8	4.7	9.90	5.60

\*Factor loadings with absolute values < 0.2 are not shown for clarity, absolute values > 0.35 are underlined

<sup>a</sup>cake, pastries, cookies

<sup>b</sup>chocolate, other sweets like candy or fruit gums

<sup>c</sup>cooked fresh vegetable, canned or frozen vegetable

<sup>d</sup>wheat bread, mixed bread, bread rolls

<sup>e</sup>lemonade, energy drinks

<sup>f</sup>jam, honey, hazelnut spread

<sup>g</sup>cheese, cream cheese

<sup>h</sup>fresh and canned fruits

<sup>i</sup>herb tea, fruit tea

Factor loadings for food groups

#### Author details

<sup>1</sup>Department of Epidemiology and Health Monitoring, Robert Koch Institute Berlin, Post box 65 02 61D-13302, Berlin, Germany. <sup>2</sup>Chair of Marketing and Consumer Research, TUM School of Management München, Technische Universität, Alte Akademie 16, D-85350 Freising, Germany. <sup>3</sup>Department of Food Economics and Consumption Studies, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Olshausenstraße 40, D-24098 Kiel, Germany.

Received: 9 January 2017 Accepted: 30 January 2017

Published online: 03 February 2017

#### Reference

1. Richter A, et al. Associations between dietary patterns and biomarkers of nutrient status and cardiovascular risk factors among adolescents in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents in Germany (KiGGS). *BMC Nutrition*. 2017;3:4. doi:10.1186/s40795-016-0123-1.

