

Diplomarbeit

**Vegane und Vegetarische Ernährung im Kindes- und
Jugendalter**

eingereicht von

Frederike Helene Peuser

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz

Klinische Abteilung für Allgemeine Pädiatrie

unter der Anleitung von

Ao.Univ.-Prof. Dr. med. univ. Siegfried Gallistl

Graz, am 10.11.2022

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 10.11.2022

Frederike Helene Peuser e.h.

1 Danksagungen

Zuallererst möchte ich meinem Betreuer, Herrn Ao. Univ.-Prof. Dr. med. univ. Gallistl, für die unkomplizierte Betreuung und die freie Themenwahl danken. Ein selbst ausgewähltes Thema steigert die Motivation und Freude an einer solchen Arbeit immens.

Mein größter Dank gilt allen jenen, die mich durch das Studium begleitet und dies zu einer unvergesslichen Zeit gemacht haben. An erster Stelle wären da meine Freundinnen und Freunde zu nennen, mit denen ich vom Seziersaal bis an kroatische Strände viele lustige und schöne Momente teilen durfte. Ohne euch hätte ich das Studium nicht geschafft, oder hätte zumindest weniger Spaß daran gehabt. Judith, Mery, Hannah, Lisa, Jan, Vroni, Konni, Ariane, Hansi, Vicki und Max, es war ein Traum mit euch und ihr seid jetzt schon wunderbare Ärztinnen und Ärzte! Expliziten Dank an Mery, die mir diese Diplomarbeit organisiert hat.

Danke auch an meine Familie, die trotz der großen Distanz in den letzten Jahren jederzeit zu Hilfe bereit war.

Danke an alle meine ehemaligen Mitbewohner*innen, die das außergewöhnliche Ruhebedürfnis von Medizinstudent*innen zu Prüfungszeiten geduldig respektiert haben.

Außerdem auch danke an meine Kommilitonen*innen, die jahrgangsübergreifend einen tollen Zusammenhalt hatten und mit denen keine WG-Feier langweilig wurde.

Zu guter Letzt Danke an die MedUni Graz, die es durch zahlreiche Förderprogramme jeder Studentin und jedem Studenten ermöglicht, Auslandsaufenthalte zu absolvieren und Hilfsmittel zu beantragen. Davon habe ich persönlich sehr profitiert und weiß es zu schätzen!

2 Inhaltsverzeichnis

1	Danksagungen	1
2	Inhaltsverzeichnis	2
3	Abkürzungen und deren Erklärung	3
4	Abbildungsverzeichnis	4
5	Tabellenverzeichnis	5
6	Zusammenfassung auf Deutsch	6
7	Abstract in Englisch	8
8	Einleitung	10
9	Ergebnisse – Resultate mit graphischen Darstellungen	11
9.1	„Gesunde Ernährung“ – Was ist das überhaupt?	11
9.2	Nährstoffversorgung von vegan und vegetarisch lebenden Menschen	11
9.2.1	Energie	11
9.2.2	Kohlenhydrate und Ballaststoffe	15
9.2.3	Fette und essenzielle Fettsäuren	17
9.2.4	Proteine	23
9.2.5	Eisen	28
9.2.6	Calcium	31
9.2.7	Vitamin B12	34
9.3	Einfluss der Ernährung auf Gesundheit und Krankheit	38
9.3.1	Asthma und Ernährung	39
9.3.2	Chronisch entzündliche Darmerkrankungen und Ernährung	43
9.3.3	Adipositas und das metabolische Syndrom und Ernährung	47
9.4	Einfluss der veganen und vegetarischen Ernährung auf die kognitive und motorische Entwicklung	51
9.5	Einfluss der veganen und vegetarischen Ernährung auf das Wachstum	52
10	Diskussion	54
11	Literaturverzeichnis	59

3 Abkürzungen und deren Erklärung

DGE – Deutsche Gesellschaft für Ernährung

ÖGE – Österreichische Gesellschaft für Ernährung

SGE – Schweizerische Gesellschaft für Ernährung

CED – Chronisch entzündliche Darmerkrankungen

D-A-CH-Länder – Deutschland, Österreich, Schweiz

DHA – Docahexaensäure

AA – Arachidonsäure

EPA – Eicosapentaensäure

ALA – Alpha-Linolensäure

LA - Linolsäure

PAL – Physical Activity Level

GU – Grundumsatz

GI – Glykämischer Index

PDCAAS - Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score

PBM – peak bone mass

4 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: PAL (PHYSICAL ACTIVITY LEVEL) -WERTE UND BEISPIELE	12
ABBILDUNG 2: EICOSANOIDSYNTHESE AUS MEHRFACH UNGESÄTTIGTEN FETTSÄUREN (OMEGA-3 UND OMEGA-6-FETTSÄUREN)	18
ABBILDUNG 3: ENTWICKLUNG DES MENSCHLICHEN GEHIRNS	37
ABBILDUNG 4: LEBENSERWARTUNG UND GESUNDE LEBENSERWARTUNG IN ÖSTERREICH, DEUTSCHLAND UND DER SCHWEIZ IM JAHR 2019	38
ABBILDUNG 5: HEMMUNG DER PROINFLAMMATORISCHEN ZYTOKINEXPRESSION DURCH BUTYRAT	41
ABBILDUNG 6: KETTENREAKTION BEI DER LIPIDPEROXIDATION	42
ABBILDUNG 7: DURCHSCHNITTLICHER BMI NACH ERNÄHRUNGSWEISE UND 10-JAHRES-ALTERSGRUPPE	49
ABBILDUNG 8: DIE „FRÜHE PROTEINHYPOTHESE“ NACH KOLETZKO ET AL.	50
ABBILDUNG 9: POSITIONEN INTERNATIONALER ERNÄHRUNGSGESELLSCHAFTEN ZU VEGANER UND VEGETARISCHER ERNÄHRUNG	56

5 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: DURCHSCHNITTliche TÄGLICHE ENERGIEAUFNAHME UND MAKRONÄHRSTOFFAUFNAHME VON VEGETARISCHEN, VEGANEN UND OMNIVORISCHEN KINDERN AUS DER VECHI DIET STUDIE 2019	14
TABELLE 2: PROTEINQUALITÄT EINIGER AUSGEWÄHLTER LEBENSMITTEL (PDCAAS = PROTEIN DIGESTIBILITY CORRECTED AMINO ACID-SCORE)	25

6 Zusammenfassung auf Deutsch

Der Trend hin zu einer fleischfreien Ernährung nimmt in Europa stetig zu. Die vegetarische und vegane Ernährungsweise ist schon lange keine Exklusivität mehr und wird zunehmend auch von Kindern und Jugendlichen praktiziert, deren Organismen gleichzeitig durch Wachstumsprozesse vor besondere Herausforderungen gestellt werden.

Die Arbeit soll einen Überblick über Grundlagen der veganen und vegetarischen Ernährung geben, über Nährstoffversorgung und Bedarf in einzelnen Lebenszyklen (Schwangerschaft, Stillzeit, erstes Lebensjahr, Kindes- und Jugendalter) informieren, sowie den Einfluss der beiden Ernährungsformen auf Gesundheit und Krankheit darstellen. Genauer soll dabei auf Wachstum, kognitive und motorische Entwicklung, sowie pädiatrisch relevante Krankheitsbilder wie Asthma bronchiale, Chronisch entzündliche Darmerkrankungen und Adipositas eingegangen werden.

Material und Methoden: Die vorliegende Diplomarbeit stellt eine Literaturliste dar. In den medizinischen Datenbanken wie PubMed, UpToDate, Open Access Publikationen der Medizinischen Universität Graz, Web of Science, Google Scholar u.W. wurden zur Literatursuche Studien ausgewählt, die die unten angegebenen Schlüsselwörter enthielten. Unpassende Studien wurden mittels Titel- und Abstractscreening exkludiert.

Häufig verwendete Suchbegriffe waren: „Vegetarian diet in children“, „vegan diet in children“, „vegetarian and vegan diet in pregnancy“, „B12 intake“, „diet during pregnancy“, „soy foods“, „lacto-ovo-vegetarian“, „omnivorous“, „diet and development“, „protein intake“, „fracture risk in vegetarians“, „diet and asthma“, „diet and obesity in children“, „diet and inflammatory bowel disease“, „omega-3 fatty acids“, „calcium in vegan diet“, „iron deficiency“ u. W.

Ergebnisse: Mit der Kenntnis einiger Grundprinzipien der Ernährungswissenschaften ist eine ausreichende Makro- und Mikronährstoffzufuhr mit einer vegetarischen und veganen Ernährung erreichbar.

Die Raten an Adipositas, Diabetes Mellitus und kardiovaskulären Erkrankungen sind bei Vegetarier*innen und Veganer*innen niedriger als bei ihren omnivorischen Gegenübern.

Außerdem weist die pflanzenbasierte Kost ein insgesamt antiinflammatorisches Profil auf. Hierdurch scheint es möglich, dass das Asthmarisiko und die Symptommhäufigkeit unter diesen Ernährungsformen reduziert ist. Auf chronisch entzündliche Darmerkrankungen sind mit der aktuellen Studienlage weder positive noch negative Effekte nachweisbar.

Ob das Erreichen einer physiologischen Knochendichte mit einer veganen Ernährung möglich ist, ist noch unklar.

Studien zu Wachstum und Entwicklung vegan und vegetarisch ernährter Kinder sind rar. Bisher zeigen die Studien ein normales oder reduziertes Längenwachstum der betroffenen Kinder, einen gesunden Gewichtsverlauf und, unter Berücksichtigung der kritischen Nährstoffe Cobalamin, DHA, AA und Eisen, eine normale kognitive und motorische Entwicklung.

Schlussfolgerung: Unter konsequenter Substitution von Vitamin B12 und ausreichendem Grundwissen über Nährstoffe und Nahrungszubereitung kann eine vegetarische und vegane Ernährung in jedem Lebensalter, sowie in Schwangerschaft und Stillzeit bedarfsgerecht sein und scheint einige gesundheitliche Vorteile mit sich zu bringen. Regelmäßige Laborkontrollen (Blutbild, Eisenstoffwechsel, Holo-Transcobalamin) können den Eltern angeraten werden.

7 Abstract in Englisch

The trend towards a meat-free diet is steadily increasing in Europe. Vegetarian and vegan diets have long ceased to be exclusive and are increasingly practiced by children and adolescents, whose organisms face particular challenges at the same time due to growth processes.

This thesis is intended to give an overview of the basics of vegan and vegetarian nutrition, to provide information on nutrient supply and requirements in individual life cycles (pregnancy, breastfeeding, first year of life, childhood and adolescence), and to describe the influence of the two diets on health and disease. More specifically, growth, cognitive and motor development, as well as paediatrically relevant disease patterns such as bronchial asthma, chronic inflammatory bowel disease and obesity will be addressed.

Methods: This thesis is a literature review. In the medical databases such as PubMed, UpToDate, Open Access Publications of the Medical University of Graz, Web of Science, Google Scholar, etc., studies were selected for the literature search that contained the keywords given below. Unsuitable studies were excluded using title and abstract screening. Frequently used search terms were: "vegetarian diet in children", "vegan diet in children" "vegetarian and vegan diet in pregnancy", "B12 intake", "diet during pregnancy", "soy foods", "lacto-ovo-vegetarian", "omnivorous", "diet and development", "protein intake", "fracture risk in vegetarians", "diet and asthma", "diet and obesity in children", "diet and inflammatory bowel disease", "omega-3 fatty acids", "calcium in vegan diet", "iron deficiency" and others.

Results: With knowledge of some basic principles of nutritional science, adequate macro- and micronutrient intake is achievable with a vegetarian and vegan diet.

Rates of obesity, diabetes mellitus and cardiovascular disease are lower in vegetarians and vegans than in their omnivorous counterparts. In addition, the plant-based diet has an overall anti-inflammatory profile. This seems to suggest that asthma risk and symptom frequency are reduced on these diets. Neither positive nor negative effects on chronic inflammatory bowel diseases can be proven with the current studies.

Whether it is possible to achieve physiological bone density with a vegan diet is still unclear.

Studies on the growth and development of vegan and vegetarian children are rare. So far, the studies show normal or reduced length growth of the affected children, a healthy weight history and, taking into account the critical nutrients cobalamin, DHA, AA and iron, normal cognitive and motor development.

Conclusion: With consistent vitamin B12 substitution and sufficient basic knowledge of nutrients and food preparation, a vegetarian and vegan diet can be adequate at any age, as well as during pregnancy and lactation, and appears to have some health benefits. Regular laboratory checks (blood count, iron metabolism, holo-transcobalamin) can be advised to parents.

8 Einleitung

Die unterschiedlich motivierte Zunahme an Veganer*innen und Vegetarier*innen in vielen Ländern der Welt hat eine hitzige Diskussion hervorgebracht. Die Fronten zwischen beharrlichen Anhänger*innen des Karnismus und unbeirrten Veganer*innen scheinen sich immer weiter zu verhärten. Was man sich in wohlhabenden Regionen der Erde täglich auf den Teller lädt, ist nicht mehr allein von Verfügbarkeit oder persönlichen Geschmäckern abhängig, sondern vielmehr zu einem identitätsstiftenden Glaubensgrundsatz geworden. Veganismus/Vegetarismus wird gerne auch als „geplante Mangelernährung“ bezeichnet, während dem Karnismus egoistisches, unethisches und klimaunfreundliches Verhalten vorgeworfen wird. Die Datenlage zu beiden Fronten ist umfassend, und dennoch scheinbar widersprüchlich.

Fügt man der ganzen Problematik nun noch die Komponente der Kinderernährung hinzu, so gehen die Streitigkeiten teils bis zu Vorwürfen der Vernachlässigung bei veganer oder vegetarischer Erziehung.

Die beiliegende Arbeit soll einen Versuch darstellen, die gegenwärtige Studienlage zu veganer und vegetarischer Ernährung im Kindes- und Jugendalter darzustellen.

Hinweis: Die in dieser Arbeit als „vegan“ bezeichnete Ernährung meint eine Kostform frei von tierischen Inhaltsstoffen und bezieht sich nicht auf extreme Formen, wie die der Makrobiotiker*innen, Rohköstler*innen oder Frutarier*innen. Die „vegetarische“ Ernährung schließt Fleisch, in manchen Fällen auch Fisch als Nahrungsmittel aus. Es wurde bei der Auswahl der Studien darauf geachtet keine speziellen Subgruppen auszuwerten, sondern sich auf die am häufigsten vertretenen Ernährungsformen der pflanzenbasierten Ernährung zu konzentrieren.

9 Ergebnisse – Resultate mit graphischen Darstellungen

9.1 „Gesunde Ernährung“ – Was ist das überhaupt?

Fasst man die seit Jahrzehnten geführten Diskussionen in der Ernährungswissenschaft bezüglich oben genannter Frage zusammen, so ist der gemeinsame Konsens, dass eine gesunde Ernährung diejenige ist, die dem Körper alle nötigen Makro- und Mikronährstoffe im richtigen Verhältnis zuführt. Makronährstoffe (Kohlenhydrate, Fette, Proteine) stellen die nötige Energie für zelluläre Prozesse zur Verfügung, während durch Mikronährstoffe (z.B. Vitamine und Spurenelemente) normales Wachstum, Entwicklung und ein funktionierender Stoffwechsel möglich wird. (1, 2)

Im Folgenden soll dargestellt werden welche Nährstoffe durch vegane oder vegetarische Ernährung zugeführt werden können, bei welchen es problematisch werden kann, und welche Rolle diese Nährstoffe im Organismus spielen.

9.2 Nährstoffversorgung von vegan und vegetarisch lebenden Menschen

9.2.1 Energie

Der Energiebedarf eines jeden Menschen setzt sich aus dem Grundumsatz, der nahrungsinduzierten (postprandialen) Thermogenese, und dem Leistungsumsatz zusammen. Der Leistungsumsatz ist abhängig vom körperlichen Aktivitätsniveau (PAL =physical activity level). (3)

Der Begriff „Grundumsatz“ (GU, BMR= basal metabolic rate) bezeichnet den Energieverbrauch, der für die Aufrechterhaltung lebenswichtiger Funktionen, wie

Zellstoffwechsel, Atmung, Blutkreislauf und gastrointestinale und renale Prozesse benötigt wird. Er wird am frühen Morgen, in absoluter körperlicher Ruhe, bei Indifferenztemperatur und Nahrungskarenz (12-14h nach der letzten Mahlzeit) gemessen.

Zur abschätzenden Berechnung des Grundumsatzes werden Formeln hinzugezogen, die Körpergröße, Körpergewicht und einen alters- und geschlechtsspezifischen Faktor beinhalten. Beispielsweise berechnet sich der Grundumsatz eines zweijährigen Jungen wie folgt:

$$\text{BMR (MJ/24h)} = 0,0007 \times \text{Gewicht (kg)} + 6,349 \times \text{Größe (m)} - 2,584$$

(4)

Als postprandiale Thermogenese wird der zusätzliche Energiebedarf nach Nahrungsaufnahme bezeichnet, der durch Verdauungs-, Resorptions-, und Transport-, und Speicherprozesse der zugeführten Nahrungssubstrate zustande kommt. Dieser beträgt circa 5-30% der zugeführten Energie und ist abhängig von der Zusammensetzung der Nahrung und beispielsweise bei Proteinen besonders ausgeprägt. (3)

Um das körperliche Aktivitätslevel zu quantifizieren, gelten für Erwachsene gewisse Richtwerte, die jedoch auf Kinder nicht anwendbar sind:

PAL	Beispiele
1,2- 1,3	gebrechliche, immobile, bettlägerige Menschen (ausschließlich sitzende oder liegende Lebensweise)
1,4- 1,5	Büroangestellte, Feinmechaniker (ausschließlich sitzende Tätigkeit mit wenig oder keiner anstrengenden Freizeitaktivität)
1,6- 1,7	Laboranten, Studenten, Fließbandarbeiter (sitzende Tätigkeit, zeitweilig auch zusätzlicher Energieaufwand für gehende und stehende Tätigkeiten, wenig oder keine anstrengende Freizeitaktivität)
1,8- 1,9	Verkäufer, Kellner, Mechaniker, Handwerker (überwiegend gehende und stehende Arbeit)
2,0- 2,4	Bauarbeiter, Landwirte, Waldarbeiter, Bergarbeiter, Leistungssportler (körperlich anstrengende berufliche Arbeit oder sehr aktive Freizeitaktivität)

Abbildung 1: PAL (physical activity level) -Werte und Beispiele

Quelle: (5)

Messungen des Energieumsatzes unter körperlicher Arbeit sind methodisch schwer durchführbar und so ist seit einigen Jahren die Applikation von doppelt stabil markiertem Wasser der Goldstandard der Messmethoden, da sie sich im Vergleich zur direkten oder indirekten Kalorimetrie über einen längeren Zeitraum und bei sich frei bewegenden Proband*innen durchführen lässt. Hierzu wird durch Deuterium ($2H$), als auch durch ein stabiles Sauerstoff-Isotop ($18O$) markiertes Wasser oral zugeführt und nach der Ausscheidung über Urin und Lunge gemessen. Deuterium wird nur mit dem Urin ausgeschieden, während das $18O$ sowohl mit dem Urin als auch in CO_2 eingebaut über die Lunge nach außen abgegeben wird. Nach dem gewünschten Untersuchungszeitraum werden nun also Urinproben entnommen und die darin enthaltene Menge an $2H$ und $18O$ gemessen. Die Differenz der beiden entspricht dann der Menge des Sauerstoff-Isotops, das nicht mit dem Urin ausgeschieden, sondern abgeatmet wurde. Die abgeatmete Menge $18O$ ist wiederum proportional zur im Stoffwechsel anfallenden CO_2 -Menge, welche je nach zugeführtem Nährstoffsubstrat variiert. All dies basiert auf dem Grundverständnis der biologischen Oxidation, bei der zur Energiegewinnung auf zellulärer Ebene O_2 verbraucht wird, und CO_2 anfällt. (3)

Um nun das PAL bei Kindern und Jugendlichen zu bestimmen, wurde genau diese Methode des doppelt markierten Wassers in zahlreichen Studien verwendet. Das PAL berechnet sich schlussfolgernd aus einer Formel, die 1985 von einem WHO Komitee definiert wurde. Sie lautet:

$$\text{PAL (physical activity level)} = \frac{\text{TDEE (total daily energy expenditure, täglicher Gesamtenergieverbrauch)}}{\text{BMR (basal metabolic rate, Grundumsatz)}}$$

Zwischen Jungen und Mädchen zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im PAL, jedoch erhöht sich das körperliche Aktivitätsniveau mit steigendem Alter. Erkenntnisse wie diese können also dabei helfen, das PAL eines Kindes abzuschätzen und so den Gesamtenergiebedarf richtig zu berechnen. (2)

Nun zur Frage, ob sich der Energiebedarf eines Kindes durch eine vegane oder vegetarische Ernährung decken lässt: Im Jahr 2019 erschien eine deutsche Studie (Vegetarian and Vegan Children Study (VeChi Diet Study), die die Energieaufnahme (kcal/day), Makronährstoffaufnahme und Anthropometrie von 430 vegan, vegetarisch, und omnivor ernährten Kinder im Alter von 1-3 Jahren vergleicht. Die Studie lief über zwei Jahre und beinhaltete ein dreitägiges exaktes Protokollieren der Eltern aller Mahlzeiten ihres Kindes und einen Online-Fragebogen, der Auskunft über Größe und Gewicht des Kindes, sowie Stillstatus (ja/nein) und väterlichem BMI geben sollte. Der BMI der Mutter wurde hierbei herausgelassen, da dieser nach der Geburt und während der Stillzeit stark variieren kann. Außerdem wurden der sozialökonomische Status der Familie, sowie das körperliche Aktivitätsniveau des Kindes (aktiv, wenig aktiv) erhoben. Es wurden keine signifikanten Unterschiede in Energieaufnahme, Makronährstoffaufnahme und Anthropometrie zwischen den drei Gruppen gefunden. (6)

Tabelle 1: Durchschnittliche tägliche Energie- und Makronährstoffaufnahme von vegetarischen, veganen und omnivoren Kindern aus der VeChi Diet Studie 2019

	Vegetarisch (n=127)	Vegan (n=139)	Omnivor (n=164)
TEI (kcal/day)	956 (790-1084)	986 (821-1186)	974 (856-1099)
DED (kcal/g)	1,12 (0,98-1,33)	1,05 (0,93-1,22)	1,15 (1,02-1,35)
Protein (g/kg KG)	2,26 (1,83-2,65)	2,25 (1,82-2,76)	2,54 (2,16-3,06)
Fett (%E)	33,7 (29,7-36,6)	33,6 (27,9-39,4)	32,6 (28,2-37,2)
Kohlenhydrate	53,6 (50,5-58,2)	53,8 (49,4-59,3)	53,1 (47,9-57,1)
Zuckerzusatz (%E)	4,2 (1,1-6,6)	2,1 (0,6-5,7)	4,8 (2,2-8,7)
Ballaststoffe (g/1000kcal)	16,1 (13,8-20,0)	19,6 (16,3-24,1)	13,4 (10,1-16,6)

Alle Werte sind als Median und Interquartilsbereich angegeben.

TEI = total energy intake, DED = dietary energy density, %E = Prozentueller Anteil an TEI

Quelle: In Anlehnung an (6)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine ausreichende Kalorienzufuhr durch eine vegane oder vegetarische Ernährung durchaus zu erreichen ist und Kinder dieser Altersgruppe ihren omnivorisch ernährten Gegenübern weder in Körpergröße noch Körpergewicht nachstehen. Auf das Wachstum soll aber zu einem späteren Zeitpunkt der Arbeit noch genauer eingegangen werden.

9.2.2 Kohlenhydrate und Ballaststoffe

Als Hauptenergielieferanten sollten Kohlenhydrate in jeglicher Ernährungsform eine große Rolle spielen. Laut derzeitigen Empfehlungen sollen in allen Altersgruppen mindestens 45-50% des täglichen Energiebedarfs durch Kohlenhydrate gedeckt werden. Der Richtwert für die Ballaststoffaufnahme liegt bei 30g/d bei Erwachsenen. Für Kinder und Jugendliche unter 19 Jahren liegen von Seiten der DGE keine Referenzwerte für die Ballaststoffaufnahme vor. (7)

Da die Hauptquelle für Kohlenhydrate sowieso Pflanzen, wie verschiedenste Getreidesorten, Gemüse und Obst sind, überrascht es nicht, dass die absolute Kohlenhydrataufnahme bei Veganer*innen, Vegetarier*innen und Omnivor*innen in etwa gleich ist, während der Anteil von Kohlenhydraten an der gesamten Energieaufnahme bei Veganer*innen am größten, und Mischköstler*innen am kleinsten ist. (8) Eine Minderversorgung ist also bei veganer oder vegetarischer Ernährung nicht zu befürchten.

Ein wichtiger Faktor, der bei der Kohlenhydrataufnahme zu beachten ist, ist der glykämische Index. Der glykämische Index (GI) gibt an, wie stark der Blutzuckerspiegel nach Kohlenhydrataufnahme ansteigt, und wie lang dieser Anstieg anhält. Dies wird dabei in Referenz zu einer Aufnahme von 50g reiner Glucose gesetzt. Je komplexer die aufgenommenen Kohlenhydrate sind, desto konstanter bleibt der Blutzuckerspiegel, und desto niedriger ist somit der glykämische Index. Nahrungsmitteln mit niedrigem GI, wie Roggenbrot, Vollkornprodukte und brauner Reis sollten somit bevorzugt werden und in

größeren Mengen verzehrt werden als Einfachzucker. Dies gilt selbstredend für jegliche Kostform. (3, 9)

Mit entscheidend für einen niedrigen GI und die Vermeidung von Blutzuckerspitzen ist der Ballaststoffanteil einer Kohlenhydratquelle. Ballaststoffe sind unverdauliche Kohlenhydratpolymere, die meist aus Pflanzen stammen, unabhängig von der Ernährungsform in hohen Mengen (mind. 30g/Tag) aufgenommen werden sollten und ernährungsphysiologisch als äußerst positiv bewertet werden. Ballaststoffe steigern das Sättigungsgefühl durch Quellung im Magen, fördern die Gallensekretion und somit die Ausscheidung von Cholesterol, führen zu einer verkürzten Transitzeit in Dünn- und Dickdarm, wirken sich positiv auf die Zusammensetzung der Darmflora aus, unterstützen die Ausscheidung von Ammoniak und entlasten somit Leber und Niere, und führen durch Herabsetzung der Stuhlkonsistenz zu einer erleichterten Stuhlentleerung. (3, 10) Eine hohe Ballaststoffaufnahme reduziert die Inzidenz von kolorektalen Karzinomen und fungiert in der Prophylaxe und Therapie von Obstipation, Divertikulose, Diabetes Mellitus und Lipidstoffwechselerkrankungen. (10) (11)

Studien zufolge nehmen Vegetarier*innen und Veganer*innen im Schnitt mehr Ballaststoffe zu sich als Mischköstler*innen, die vegane Gruppe geht hierbei in Führung. Dies gilt sowohl für Erwachsene als auch für Kinder und Jugendliche. (6, 8, 9, 12)

Die hohe Ballaststoffaufnahme bringt jedoch nicht nur Vorteile mit sich: manche Autor*innen vermuten eine erschwerte Aufnahme von Eisen und Spurenelementen durch verkürzte Darmtransitzeiten und Bildung von nicht resorbierbaren Komplexen. (9, 10) Darauf soll im Kapitel „Eisen“ genauer eingegangen werden.

9.2.3 Fette und essenzielle Fettsäuren

Um das recht komplexe Kapitel der Fette und Fettsäuren innerhalb des begrenzten Rahmens abzuhandeln, wird versucht die Studienlage zu veganer und vegetarischer Ernährung anhand von **3 geltenden Leitsätzen** bezüglich des Fettekonsums abzuarbeiten:

1. Die tägliche Cholesterolzufuhr sollte 300mg/d nicht überschreiten. Für Kinder gelten 80mg/4,2 MJ als Richtwert. Cholesterin kommt nur in tierischen Lebensmitteln (v.a. Ei) vor und ist für den menschlichen Organismus nicht essenziell, da es aus Eigensynthese in Leber, Darm und Haut in ausreichender Menge zur Verfügung gestellt werden kann. (3, 10)
2. Das Verhältnis von Omega-6- zu Omega-3- Fettsäuren sollte 5:1 betragen und nicht überschritten werden. (3, 10)
3. Fettsäuren werden unterteilt in gesättigte, einfach ungesättigte und mehrfach ungesättigte. Der Energiebeitrag der Fette am Gesamtenergiebedarf von circa 30% soll mit maximal 10% über gesättigte Fettsäuren gedeckt werden, die restlichen 20% über ungesättigte Fettsäuren. Von den Fettsäuren sind nur zwei essenziell: die Alpha-Linolensäure (Omega-3) und die Linolensäure (Omega-6) (beides mehrfach ungesättigte Fettsäuren). (3, 10)

Zu Punkt 1:

Die vegane und vegetarische Ernährung ist generell mit einem günstigen kardiovaskulären Risikoprofil assoziiert. (3, 9, 13, 14) Mit Grund dafür ist die niedrige oder, im Falle veganer Lebensweise, fehlende Cholesterolzufuhr. Je weniger tierische Fette zugeführt werden, desto geringer liegen die Cholesterinwerte. (15)

Wünschenswert ist dies für das LDL-Cholesterin, da erhöhte Werte schon lange als wichtiger Faktor in der Atherogenese und Entstehung von Erkrankungen wie

Myokardinfarkt, koronarer Herzerkrankung, und zerebrovaskulärer Erkrankungen bekannt sind.

Zu beachten ist jedoch auch, dass bei steigendem Ausschluss tierischer Lebensmittel auch das protektiv wirksame HDL-Cholesterin sinkt. Ein nachteiliger Effekt dadurch konnte noch nicht nachgewiesen werden. Vermutlich gleichen sich erniedrigte HDL-Werte und eine gleichzeitige Reduktion anderer kardiovaskulärer Risikofaktoren aus. (15)

Zu Punkt 2:

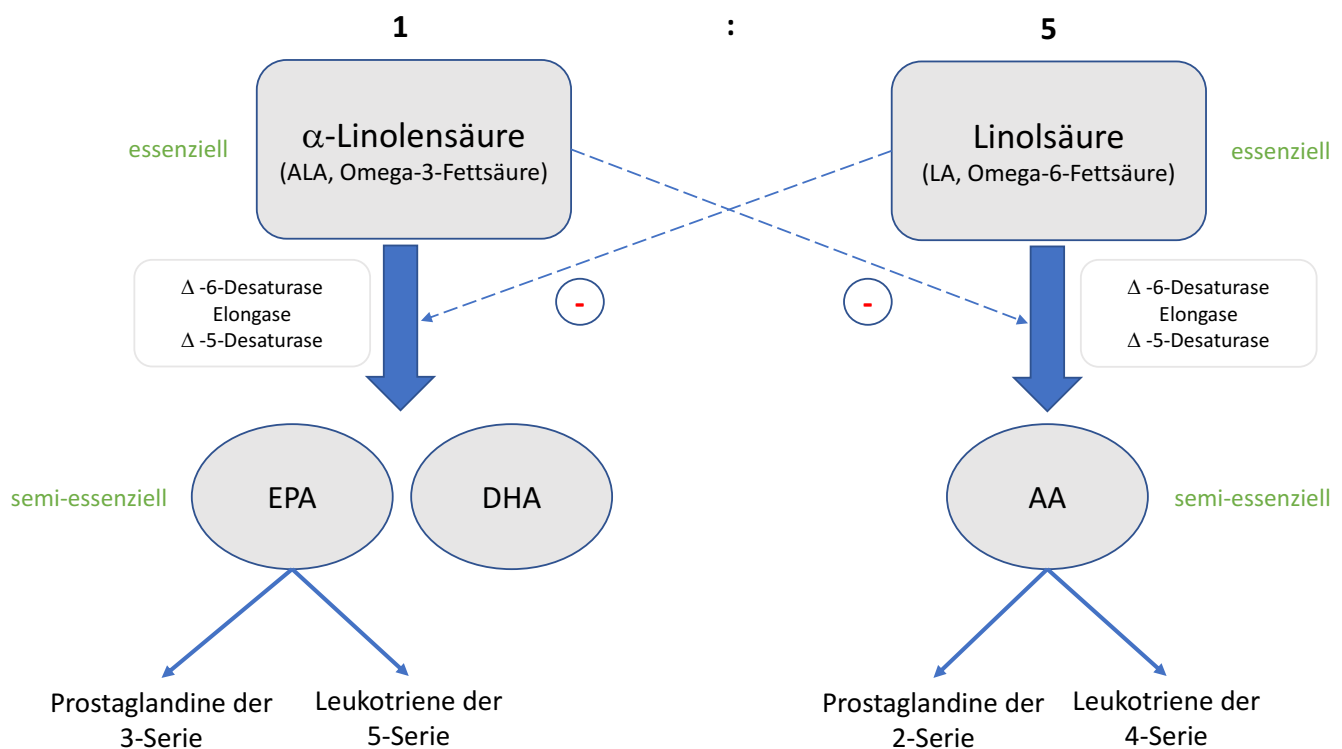


Abbildung 2: Eicosanoidsynthese aus mehrfach ungesättigten Fettsäuren (Omega-3 und Omega-6-Fettsäuren)

Quelle: Eigene Darstellung nach (9)

Wie obige Abbildung darstellt, konkurrieren die beiden essenziellen Fettsäuren Alpha-Linolensäure (ALA) aus dem Omega-3-Spektrum und die Linolsäure (LA) aus dem Omega-6-Spektrum um dasselbe Enzymsystem. Die körpereigene Bildung von Eicosapentaensäure (EPA) und Docahexaensäure (DHA) aus ALA erfolgt also nur, wenn nicht zu viel LA mit der Nahrung zugeführt wird. Umgekehrt bewirkt eine erhöhte Zufuhr an ALA eine Hemmung der Umwandlung von LA zu Arachidonsäure (AA). Darauf begründet sich das 5:1 Verhältnis, das sicherstellen will, dass beide Metabolisationswege stattfinden können. Veganer*innen der unten vorgestellten EPIC-Norfolk Studie überschritten dieses Verhältnis bei weitem, da sie sehr viel Linolsäure am Tag zu sich nahmen und bei einem Verhältnis von 14-20:1 landeten. (16)

Um als Veganer*in oder nicht-Fisch essende*r Vegetarier*in seinen Omega-3-Status zu verbessern, gibt es die Möglichkeit Mikroalgenöl zu sich zu nehmen. Dieses ist entweder als Öl oder als Kapseln erhältlich und enthält genau jene Substanzen der Mikroalge Schizochytrium, die sonst von Fischen aufgenommen wird und sich im Fisch akkumulieren. Streng genommen ist also der Fisch nur Primär-, oder Sekundär-Konsument dieser hervorragenden Omega-3-Quelle. (17)

An dieser Stelle soll genauer auf die Bedeutung der Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren eingegangen werden: Sie sind deshalb so entscheidend in der Ernährungsphysiologie, da aus ihnen sogenannte Eicosanoide entstehen. Dazu gehören die gut bekannten Prostaglandine, Prostazykline, Thromboxane und Leukotriene, die als lokal wirksame Gewebeshormone (Mediatoren) allesamt an Gefäßmodulation, Plättchenaggregation, Chemotaxis und Atherogenese beteiligt sind. Aus dem Omega-3-Stoffwechselprodukt EPA entstehen „gute“ Eicosanoide, die antithrombotisch, antiatherogen, antihypertensiv und antientzündlich wirken. Auf der Seite der Omega-6-Stoffwechselprodukte entstehen aus der Arachidonsäure „schlechte“ Eicosanoide, die gefäßverengend, entzündungsfördernd und atherogen wirken. Deshalb gilt die Empfehlung bezüglich einer begrenzten Aufnahme der Omega-6-Fettsäuren und der bewussten Zufuhr von EPA oder ALA. Eine geringe Aufnahme und niedrige Plasmakonzentrationen an EPA und DHA wurden in Verbindung mit Herz-Kreislauf- und entzündlichen Erkrankungen gebracht. (18)

DHA ist kein Vorläufer von Eicosanoiden aber eine wichtige strukturelle Komponente der grauen Substanz des ZNS, der Retina und bestimmter Zellmembranen und wird in hohen Konzentrationen in Spermien gefunden. Niedrige Werte für DHA wurden in Verbindung mit schwerwiegenden neurologischen und psychiatrischen Erkrankungen gebracht, wie Depression, Schizophrenie, Morbus Alzheimer und ADHS. (19) Außerdem wurden ein Mangel an DHA mit Beeinträchtigungen des visuellen Systems assoziiert und dessen Bedeutung in der Synthese der Strukturen des Zentralnervensystems bei Föten, Säuglingen und Kleinkindern erkannt. (3)

Zu Punkt 3:

Gesättigte und einfach ungesättigte Fettsäuren können im Körper aus anderen Substraten (z.B. Glucose oder Aminosäuren) synthetisiert werden und sind deshalb nicht zwingend mit der Nahrung zuzuführen. (3) Menschen, die tierische Produkte verzehren, nehmen im Schnitt deutlich mehr gesättigte Fettsäuren und Transfette zu sich als Veganer*innen. (20) Bezüglich der gesättigten Fettsäuren ist auch besondere Vorsicht bei Kokosöl geboten, das häufig Bestandteil der vegetarischen und veganen Küche ist und dessen regelmäßiger Verzehr einen deutlichen LDL-Cholesterin Anstieg im Serum zur Folge hat. (21)

Die größten Mengen an Alpha-Linolensäure (ALA) finden sich in Chiaöl, Leinöl, Hanföl, Chiasamen und Leinsamen. Außerdem findet sich die langkettige Omega-3-Fettsäure auch in Walnüssen, Rapsöl, Hanfsamen, Soja- und Weizenkeimöl. (3, 22)

Die besten Quellen für die Linolsäure sind Distelöl, Traubenkernöl, Sonnenblumenöl, Maiskeimöl, Hanföl und Sojaöl. (3, 22)

Die Metabolite der ALA heißen Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA). Sie werden auch als semi-essenzielle Fettsäuren bezeichnet, da ihre Bildung von Vorhandensein ihrer Ausgangssubstanz (der ALA) abhängig ist.

EPA und DHA können aber auch direkt mit der Nahrung durch Verzehr von fettem Kaltwasserfisch zugeführt werden. Die Sorge, dass eine Umwandlung von ALA zu EPA

und DHA bei Nicht-Fischesser*innen nicht in ausreichender Menge möglich ist, konnte durch eine großangelegte Studie aus Großbritannien weitestgehend beiseitegelegt werden: Die EPIC-Norfolk-Studie untersuchte bei einer Subgruppe von 4902 Erwachsenen (aus einer insgesamt 14.422 Personen starken Studie) Plasmawerte der mehrfach ungesättigten Fettsäuren ALA, EPA, DPA (Zwischenprodukt zwischen EPA und DHA), DHA und LA. 14.422 Personen wurden 4 Gruppen zugeordnet: 1.) Veganer*innen, 2.) Vegetarier*innen, die ebenfalls keinen Fisch zu sich nahmen, 3.) Fleischesser*innen, die keinen Fisch zu sich nahmen und 4.) Fischesser*innen, die ebenfalls Fleisch aßen. Sie wurden beauftragt über 7 Tage ein Tagebuch zu führen und jede Mahlzeit zu protokollieren. Anschließend wurden die Hauptquellen der mehrfach ungesättigten Fettsäuren in allen 4 Gruppen analysiert. Bei der Subgruppe wurden dann außerdem die Plasmawerte aller mehrfach ungesättigten Fettsäuren gemessen und die Umwandlungsrate von ALA zu EPA und DHA berechnet. Da die Konversion durch Alter, BMI und Rauchergewohnheiten beeinflusst werden kann, wurden die Ergebnisse für diese Kovariaten angepasst.

Die Ergebnisse zeigten Folgendes: Die mit der Nahrung zugeführte ALA Menge war bei den Fischesser*innen am größten und bei Veganer*innen und weiblichen Fleischessern am kleinsten. Die Hauptquellen für ALA waren jedoch in allen Gruppen Getreidesorten und verschiedenes Gemüse. Die aufgenommene EPA-Menge lag bei Veganer*innen bei null und war bei Vegetarier*innen und Fleischesser*innen ebenfalls wieder niedriger als bei Fischesser*innen. Dasselbe zeigte sich für die DHA-Zufuhr. Hauptquelle für EPA und DHA war hierbei der Fisch. Nun zu den gemessenen Plasmakonzentrationen: Durch Blutabnahmen wurden Konzentrationen der Fettsäuren ALA, EPA, DPA und DHA bestimmt, aufsummiert, und ins Verhältnis zu der mit der Nahrung aufgenommenen ALA-Menge (DALA = dietary ALA) gesetzt, um so die Umwandlungsrate zu berechnen. Die Umwandlungsrate war bei männlichen Veganern um 209% und bei weiblichen Veganern um 184% höher als bei Fischesser*innen. Bei Vegetarier*innen zeigte sich bei den Männern eine um 14% und bei den Frauen um 6% höhere Konversionsrate. Dieser Unterschied war groß genug, um von den Autoren als signifikant bewertet zu werden. Teilweise waren die Plasmakonzentrationen bei manchen mehrfach ungesättigten Omega-3-Fettsäuren bei Veganer*innen sogar höher als bei Fischesser*innen. (16) Ob durch die verstärkte Umwandlung ein optimales Prostaglandin-Zusammenspiel erreicht werden kann und die entzündungshemmenden Effekte der semiessenziellen Fettsäuren EPA und DHA greifen können, lässt sich durch diese Studie natürlich nicht beantworten und erfordert weitere Prüfung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass viele Veganer*innen und Vegetarier*innen den Empfehlungen für eine gesunde Fettzufuhr nahekommen: Ihre Cholesterinwerte sind niedrig, die Aufnahme von gesättigten Fettsäuren und Transfetten sind begrenzt, die erforderlichen essenziellen Fettsäuren abgedeckt, und deren Werte für mehrfach ungesättigte Fettsäuren auf einem hochnormalen Level. (6)

Bedarf in Schwangerschaft und Stillzeit:

Schwangere haben zwar eine um etwa 9% höhere Umwandlungsrate von EPA zu DHA, jedoch zeigten Studien, dass die DHA-Konzentration in der Milch von Veganerinnen niedriger ist als bei Mischköstlerinnen. (23, 24) Um eine optimale Entwicklung von Gehirn, Nervensystem und Sehvermögens ihres Fötus sicherzustellen, sollten schwangere Veganerinnen täglich mindestens 200mg DHA durch Mikroalgenöl zu sich nehmen. Es gibt zwar auch die Möglichkeit die ALA-Aufnahme zu erhöhen und die LA-Aufnahme zu verringern, jedoch stellt das Mikroalgenöl die sicherste und einfachste Variante dar. (25)

Eine Meta-Analyse von der Universitätsklinik Århus in Dänemark aus dem Jahr 2011 weist auf eine Steigerung des durchschnittlichen Geburtsgewicht und eine Reduktion in der Anzahl von Frühgeburten durch eine Omega-3-Supplementation während der Schwangerschaft hin. Dieser positive Effekt scheint für jegliche Ernährungsform gleich gültig zu sein. (26)

Bedarf im ersten Lebensjahr:

Aus oben genannten Gründen ist eine ausreichende DHA-Versorgung des Säuglings entscheidend. In diesem Alter ist die körpereigene DHA-Synthese noch unzureichend, weswegen es nicht ausreichend wäre den Säugling mit ALA zu supplementieren. Mikroalgenöl oder angereicherte Muttermilchersatznahrung ist hier also wieder die Methode der Wahl. (25)

Bedarf in Kindheit und Jugend:

Omega-3-Fettsäuren fördern die kognitive Entwicklung. ALA und LA sind wie oben dargestellt problemlos zuzuführen. Die Fähigkeit der Umwandlung von ALA zu EPA und

DHA nimmt in der Wachstumsphase stetig zu. (27) Ab welchem Alter Kinder, die keinen Fisch essen, keine Supplementation mehr benötigen, ist noch nicht festgelegt.

9.2.4 Proteine

Als strukturgebendes Gerüst, Transportsystem im Blutplasma, Bestandteil des Immun- und Blutgerinnungssystem, sowie Hormonbausteine spielen Proteine eine entscheidende Rolle im menschlichen Organismus. Darüber hinaus fungieren sie als einer der drei Hauptenergielieferanten, wenn auch in geringerem Anteil als Kohlenhydrate.

Proteinmangel führt zu zahlreichen Erkrankungsbildern, wie zu der in Entwicklungsländern bekannten Erkrankung Kwashiorkor, bei der es zu massiven Ödemen, Muskelatrophie und Wachstumsstörungen kommt. (3)

Lange wurde die ausreichende Proteinzufuhr vor allem bei veganer Ernährung als problematisch und nicht erreichbar angesehen. Um dies beurteilen zu können, gilt es, die Bewertungskriterien einer Proteinquelle darzustellen:

Relativ simpel und dennoch nicht ausreichend ist es, die absolute Menge an Protein eines Nahrungsmittels anzugeben. Dies gibt zwar einen ersten Eindruck, reicht jedoch nicht zur abschließenden Qualitätsbeurteilung aus, da es die Verdaulichkeit und Verwertbarkeit des Proteins außen vorlässt.

Eine weitere, lange verwendete Methode ist die Angabe der biologischen Wertigkeit (BW) eines Proteins. Hierbei wurde definitionsgemäß die biologische Wertigkeit von Vollei auf 100 festgelegt und dient als Vergleichsreferenz, von der entsprechend abgestuft wird. Die BW ist ein Maß dafür, wie gut eine Proteinquelle in körpereigenes Protein umgewandelt werden kann. So erreichen beispielsweise Kartoffeln eine biologische Wertigkeit von 89-100, Sojaprotein von 84-86, Bohnen von 72, und Mais von 71-72. Die Autor*innen weisen jedoch auch auf die Möglichkeit einer Kombination von einzelnen Proteinquellen hin, um so deren Wertigkeit zu erhöhen. Dies geschieht durch den gegenseitigen Ausgleich limitierender Aminosäuren (s.u.). So erreichen eine Mischung bestehend aus 52% Bohnen und 48% Mais eine biologische Wertigkeit von 99. Diese Kombination kann über den Tag verteilt stattfinden und muss nicht zwingend innerhalb einer Mahlzeit erfolgen.

Grundlegend lässt sich jedoch sagen, dass tierische Proteinquellen eine höhere BW erreichen als pflanzliche. (28) (9)

Jedoch zeigte sich in zahlreichen Studien, dass sowohl Mischköstler*innen, als auch vegetarisch und vegan lebende Menschen in der westlichen Welt die DGE-Zufuhrempfehlungen von 0,8g/kg Körpergewicht/Tag für Proteine weit überschritten, und somit nicht nur die absolute Menge der Proteinzufuhr unterschätzt wird, sondern vermutlich auch deren Wertigkeiten, da speziell pflanzliche Proteinquellen extrem durch oben genannte Kombinationsmöglichkeiten aufgewertet werden und eine tägliche Mehraufnahme bei genügender Variabilität der Lebensmittelauswahl auch gelungenere Aufwertungsmöglichkeit des Proteins bedeutet. (29)

Die wohl beste Bewertungsmethode der Proteinqualität ist der Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS). Dieser vergleicht Aminosäuren-Profile der spezifischen Proteinquelle mit einem standardisierten Aminosäuren-Profil, das nach Verdauung des Proteins 100% oder mehr der essenziellen Aminosäuren liefert, also das Ideal darstellt. Es bezieht also sowohl den eventuellen Qualitätsverlust eines Proteins nach Verdauungsprozessen mit ein als auch die Aminosäuren Zusammensetzung einer Proteinquelle. Entscheidend ist hierbei die sogenannte limitierende Aminosäure, diejenige die beispielsweise in einer Kartoffel in niedrigster Konzentration vorliegt, denn auch nur diese Konzentration der restlichen Aminosäuren kann in körpereigenes Protein mit eingebaut werden. Der Bedarf an essenziellen Aminosäuren wird dabei von einem 2-5-jährigen Kind herangezogen, da diese Altersgruppe als am anspruchsvollsten in der Aminosäuren Versorgung gilt. (30)

Allen Bewertungsmethoden gemein ist jedoch die Ermittlung durch Tierversuche, die eine gewisse Limitation darstellen. So wird beispielsweise die Proteinverdaulichkeit gerne an Ratten getestet, oder deren Größenzuwachs nach Proteinaufnahme gemessen. Ratten haben jedoch einen anderen Bedarf an Aminosäuren als Menschen, womit sich all dies nie direkt auf unseren Stoffwechsel übertragen lässt. (10)

Proteinquelle	PDCAAS	Limitierende Aminosäure
Milch	1,0	Keine
Eier	1,0	Keine
Erbsen	0,83	Methionin, Cystein, Tryptophan
Kartoffeln	0,87	Histidin
Soja	0,99	Methionin, Cystein
Quinoa	0,78	Isoleucin, Leucin, Lysin, Threonin, Valin
Rote Kidneybohnen	0,68	Leucin, Lysin, Methionin, Cystein, Phenylalanin, Thyrosin, Threonin, Tryptophan, Valin
Hafer	0,51	Lysin, Threonin

Tabelle 2: Proteinqualität einiger ausgewählter Lebensmittel (PDCAAS = Protein Digestibility Corrected Amino Acid-Score)

Quelle: In Anlehnung an (9) (31)

Wie obenstehende Tabelle verdeutlicht, erreichen tierische Proteinquellen generell höhere PDCAAS-Werte als pflanzliche, da diese meist schwieriger zu verdauen sind und in ihrem Aminosäurenprofil weniger mit dem menschlichen Bedarf übereinstimmen.

Fermentationsprozesse, Einweichen oder Kochen helfen jedoch maßgeblich dabei, die Verdaubarkeit pflanzlicher Proteine zu verbessern.(32) Die Ausnahme unter den pflanzlichen Proteinquellen stellt Soja dar, das als ebenso wertvollen Eiweißlieferanten wie tierisches Protein angesehen werden kann. Zu beachten gilt jedoch auch, dass tierische Proteinquellen wie Milchprodukte, Fleisch und Eier gleichzeitig mit einem hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren und Cholesterin einhergehen, welche als bekannte Risikofaktoren für kardiovaskulären Erkrankungen eine große Rolle spielen. Außerdem ist es durch die im Durchschnitt geringere energetische Dichte von pflanzlichen Proteinquellen möglich, mehr

von den einzelnen Nahrungsmitteln zu sich zu nehmen und oben schon erwähnte Kombinationsmöglichkeiten auszunutzen. Ein weiterer Vorteil pflanzlicher Energiequellen wie beispielsweise Linsen, Erbsen, Sonnenblumenkernen und Nüssen sind die zusätzliche Zufuhr an Antioxidantien und Vitaminen. Trotz allem gibt es einige tierische Proteinquellen, die alle 8 essenziellen Aminosäuren enthalten, während es beispielsweise Soja an genügend Methionin und Cystein mangelt. Deshalb werden tierische Proteinquellen auch als „complete protein“ und pflanzliche als „incomplete protein“ bezeichnet. Man müsste seine Proteinzufuhr also beispielsweise mit Walnüssen vervollständigen, die sowohl Methionin als auch Cystein in ausreichender Menge enthalten. (31)

Durch ausreichende Planung einer veganen Ernährung und den sowieso vorhandenen tierischen Proteinquellen innerhalb einer vegetarischen Ernährung, ist der aktuelle Konsens der Studien, dass eine ausreichende Proteinzufuhr mit diesen Kostformen durchaus erreicht werden kann. Der wichtigste Faktor ist hierbei die ausreichende Energieaufnahme, da meist diejenigen Veganer*innen unter einem Proteinmangel litten, die insgesamt nicht genügend Kalorien am Tag zu sich nahmen. (3, 6, 33, 34)

Bedingt durch ein starkes Wachstum und eine rasche Gewichtszunahme (besonders auch durch Zunahme der Muskelmasse) gelten für Säuglinge und Kleinkinder besondere Empfehlungen bezüglich der Eiweißaufnahme:

Bedarf in Schwangerschaft und Stillzeit

Eine unzureichende Proteinzufuhr während der Schwangerschaft resultiert in einem erniedrigten Geburtsgewicht. Die bisher existierenden Studien zu durchschnittlichem Geburtsgewicht von Kindern von sich vegan oder vegetarisch ernährenden Müttern zeigten keinen signifikanten Unterschied zu omnivorischen Müttern und deren Kindern. (32) Die Milch von sich vegetarisch ernährenden Müttern zeigte sich ebenfalls als ernährungsphysiologisch gleichwertig. Auffällig ist, dass viele Mütter mit alternativen Kostformen dazu tendieren, länger zu stillen als andere Frauen. (32) Ab dem 4. Schwangerschaftsmonat rät die DGE zu einer Mehraufnahme an Proteinen von 10g/Tag. (3)

Für die Stillzeit wird eine Mehrzufuhr von 15g/Tag empfohlen. Bisherige Untersuchungen legen nahe, dass die Zusammensetzung der Muttermilch weitgehend unabhängig von der mütterlichen Nahrungsaufnahme ist. (3)

Für sich vegan ernährende Mütter, die nicht stillen können oder wollen existieren auf Soja basierende Formula, die mit Methionin angereichert sind. (35)

Den höchsten Proteinbedarf hat ein Fetus im 3. Trimenon, dieser erhält jedoch bei normalem Geburtstermin ein ideal zusammengestelltes Aminosäurengemisch über die Nabelschnur. Dies gilt es bei Frühgeborenen im Hinterkopf zu behalten und deren Versorgung sicherzustellen, da deren Proteinbedarf bis zu 3,8g/kg Körpergewicht betragen kann. (10)

Bedarf 6 Monate – 3 Jahre

Kinder dieser Altersgruppe folgten mit jeder Ernährungsform dem normalen Wachstumsmuster. Vegan oder vegetarisch ernährte Kinder neigen jedoch dazu kleiner und leichter zu sein, als ihre omnivorisch ernährten Gegenüber. (32)

Beträgt der Eiweißbedarf eines 0-4 Monate alten Säuglings noch 1,5-2,7 g/kg Körpergewicht/Tag, so sinkt dieser bei einem 12 Monate alten Kind schon auf 1,1-1,3 g/kg KG/d ab. (3)

Des Weiteren scheint es von großer Wichtigkeit zu sein, auch das obere Limit der Proteinzufuhr zu beachten. Studien vermuten einen Zusammenhang zwischen erhöhter Proteinzufuhr während der ersten zwei Lebensjahre und höherem Risiko für Übergewicht und Adipositas im späteren Leben. Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die hohe Zufuhr von Kuhmilch nach Abstillen gelegt und dies kritisch beurteilt. (36)

Bedarf 4-10 Jahre

Ab 4 Jahren setzen Empfehlungen fast denselben Tageswert an, wie für Erwachsene: 0,9 g/kg KG/d. Manche Autor*innen raten dazu einen höheren Tagesbedarf für vegan oder vegetarisch ernährte Kinder anzusetzen (von 0,9 auf 1,0g/kg KG/Tag), dies ist aber eher eine Sicherheitsmaßnahme als wissenschaftlich belegt. (33)

Jugendliche 11-18 Jahre

Hier gilt dasselbe wie in den anderen Altersgruppen: Die Proteinaufnahme bei Veganer*innen und Vegetarier*innen ist generell niedriger als bei Fleischesser*innen, jedoch immer im erforderlichen Rahmen.

9.2.5 Eisen

Die Prävalenz von Eisenmangel ist weltweit hoch und macht auch unter Kindern den häufigsten Nährstoffmangel aus. Blutverluste (wie auch in der Menstruation), rasches Wachstum und Schwangerschaften sind Risikofaktoren für einen Eisenmangel. Da Eisen tierischen Ursprungs (Häm-Eisen) eine bessere Bioverfügbarkeit als Eisen pflanzlichen Ursprungs (Nicht-Häm-Eisen) hat, sind besonders vegane und vegetarische Heranwachsende gefährdet, einen Mangel an diesem wichtigen Mineralstoff zu entwickeln. (3)

Während das zweiwertige Häm-Eisen zu 15-35% resorbiert werden kann, wird das dreiwertige Nicht-Häm-Eisen nur zu 2-20% aufgenommen. Beeinflusst wird diese Aufnahmerate vom individuellen Speichervorkommen und kann auf das Zwei- bis Dreifache ansteigen. (9)

Es sind einige Faktoren bekannt, die die Aufnahme von (besonders Nicht-Häm-Eisen) fördern, oder hemmen können: Stark absorptionsfördernd wirkt Vitamin C, das durch Reduktion von schlecht löslichem dreiwertigem Eisen, zweiwertiges Eisen bildet. Auf ähnliche Weise wirken schwefelhaltige Aminosäuren, Zitronensäure, Weinsäure und Milchsäure. Diese Substanzen sollten mit der Eisenquelle in derselben Mahlzeit eingenommen werden.

Unlösliche und nicht resorbierbare Komplexe mit dem Eisen bilden Phytate (vorkommend in Getreide, Reis und Vollkornprodukten), Oxalate (aus Spinat, Rhabarber und Kakao), Tannine (z.B. in Kaffee und schwarzem Tee) und große Mengen an Ballaststoffen. Dies sollte man bei der Mahlzeitenplanung beachten und diese Substanzen am besten zu einem anderen Tageszeitpunkt zu sich nehmen.

Da es schwierig ist diese Zusammenhänge immer zu beachten, wird für Vegetarier*innen ein um den Faktor 1,8 erhöhter Eisenbedarf angegeben. (37) Veganer*innen weisen im Allgemeinen bessere Eisenwerte als Vegetarier*innen auf, da das Calcium in Milchprodukten ebenfalls absorptionshemmend wirkt. (38)

Die Studienlage zum Eisenstatus sich vegan oder vegetarisch ernährender Kinder und Jugendlicher ist bisher ungenügend. Die verwendeten Kriterien, um einen Eisenmangel zu objektivieren sind uneinheitlich und die Anzahl an Probanden und Probandinnen oft sehr

gering. Selbst die verwendeten Referenzwerte für Hb, Ferritin und Transferrin sind zwischen den Studien unterschiedlich. (37)

In einem Review von Roman Pawlak und Kami Bell der East Carolina University, Greenville, North Carolina wurden 13 Studien zum Eisenstatus vegetarisch lebender Kinder und Jugendlicher zusammengefasst und verglichen. Die Teilnehmenden waren hierbei von 4 Monaten bis 20 Jahre alt. 8 der Studien benutzten den Hb-Wert, um einen Eisenmangel zu quantifizieren. In 5 dieser 8 Studien hatten vegetarische Teilnehmer*innen eine höhere Prävalenz eines Eisenmangels. In 2 davon war das Gegenteil der Fall. Wurde das Serum-Ferritin als Marker verwendet, so zeigte das insgesamt beobachtete Muster, dass vegetarische Kinder einen niedrigeren Eisenspeicher aufwiesen als ihre omnivorischen Gegenüber.

In einer britischen Studie aus dem Jahr 2002 wurde Vegetarismus als einer der Risikofaktoren für einen Eisenmangel identifiziert. Bei 1193 Kindern und Jugendlichen im Alter von 4-18 Jahren wurden das Hämoglobin, das Serum-Ferritin und die Transferrin Sättigung bestimmt. Es nahmen sowohl Fleischesser*innen als auch Vegetarier*innen an der Studie teil, jedoch ist die Anzahl der vegetarischen Kinder nicht ersichtlich. Fast die Hälfte der Mädchen zwischen 11 und 18 Jahren hatten eine niedrige Eisenaufnahme, gekoppelt mit niedrigen ermittelten Plasmawerten. Ein schlechter Eisenstatus war signifikant häufiger in vegetarisch lebenden Jugendlichen. (39)

Eine weitere Meta-Analyse des American Journal of Clinical Nutrition aus dem Jahr 2014 zeigte, dass die Unterschiede der Hb-Konzentrationen zwischen jungen Vegetarier*innen und Omnivor*innen klein waren, mit Ausnahme einer Studie. In manchen, aber nicht allen Studien, waren die Serum-Ferritin Konzentrationen bei vegetarischen Kindern signifikant niedriger als bei ihren fleischessenden Gegenübern. (40)

Überraschenderweise ist der Konsens der neueren Studien zum Eisenstatus vegan oder vegetarisch lebender Erwachsener eher, dass die Abdeckung dieses Nährstoffs bei guter Planung keine Probleme bereiten sollte. (9)

Aufgrund des uneinheitlichen Aufbaus der vorhandenen Studien kann keine Schlussfolgerung zur Eisenversorgung von sich vegan oder vegetarisch ernährenden Kindern gezogen werden. Es wären dringend großangelegte Studien mit einem einheitlichen Referenzrahmen und einer strikten Trennung zwischen veganen und

vegetarischen Studienteilnehmenden nötig, um Betroffene besser beraten zu können. Bis hierhin bleibt einem nur die Kenntnis über die niedrige Bioverfügbarkeit pflanzlichen Eisens und die starke Beeinflussbarkeit des Nicht-Häm-Eisens im Hinterkopf zu behalten und regelmäßige Hb-, Ferritin- und Transferrin-Kontrollen durchzuführen.

Bedarf in Schwangerschaft und Stillzeit

Durch vermehrte Blutbildung, Abgabe von Eisen an den Fötus und Einbau von Eisen in die Plazenta entsteht ein Mehrbedarf von insgesamt 30mg/Tag für eine Schwangere. Da eine Eisenmangelanämie mit Komplikationen wie erhöhter Infektanfälligkeit, häufiger LBW - Geburten und Frühgeburten assoziiert ist, sollte der Eisenstatus einer schwangeren Veganerin oder Vegetarierin regelmäßig kontrolliert werden.(3) Um nach der Schwangerschaft die Speicher wieder aufzufüllen sollten sowohl stillende, als auch nicht stillende Mütter weiterhin mehr Eisen zu sich nehmen als andere Erwachsene, nämlich 20mg/Tag. (7, 9)

Von der früher üblichen prophylaktischen Eisensupplementierung bei Schwangeren sollte aufgrund von vermehrten Oxidationsprozessen durch Eisenüberladung Abstand genommen werden. (3)

Bedarf im ersten Lebensjahr

Die Eisenspeicher eines Säuglings sind bei physiologischem Eisenstatus der Mutter bis zum 4. Monat ausreichend gefüllt, und sollten danach durch die baldig einsetzende Beikost aufrechterhalten werden. (7) Als vegane Variante der Beikost dienen zum Beispiel gekeimter Hafer- oder Hirsebrei, gemeinsam mit einem Vitamin-C reichen Gemüse oder Obst. (41)

Bedarf im Kindes- und Jugendalter

Von 4 Monaten bis 7 Jahren empfehlen DGE, SGE und ÖGE eine Eisenaufnahme von 8mg/Tag. Diese Empfehlung erreicht zwischen 7 und 10 Jahren den Normwert für postmenopausale Frauen und Männern über 25 Jahren von 10mg/Tag. Den höchsten Bedarf (abgesehen von Schwangeren und Stillenden) haben Jugendliche, mit einer Sollaufnahme von 15mg/Tag bei Mädchen und 12mg bei Jungen. (7) Ursache dafür sind

ein zunehmendes Blutvolumen während des Wachstums und der Blutverlust durch die Menstruation. (3, 9)

9.2.6 Calcium

Neben seiner Funktion als Neurotransmitter, Faktor der Blutgerinnung und der Muskelkontraktion spielt Calcium gerade bei Heranwachsenden eine entscheidende Rolle im Aufbau der Knochenmasse. (10) Bis etwa zum 30. Lebensjahr wird im Leben eines Menschen die sogenannte peak bone mass (PBM) gebildet und ist dabei von Faktoren wie Calcium- und Vitamin D-Zufuhr, Rauchen, Alkohol und körperlicher Betätigung abhängig. Eine hohe PBM kann vor Osteoporose im Alter schützen. (42)

Mit einem Tagesbedarf von 1100-1200mg/Tag haben 10- bis 18-Jährige den höchsten Calciumbedarf (vgl. Erwachsene 1000mg). (7)

Da Milch und Milchprodukte die beste Calciumquelle darstellen, nehmen Vegetarier*innen im Allgemeinen genügend Calcium zu sich. Manche Studien berichten sogar von höheren Calciumaufnahmen bei Vegetarier*innen verglichen mit Omnivor*innen. (8, 43)

Um diesem Bedarf auch mit einer veganen Ernährung gerecht zu werden, gilt es wieder einige Gegebenheiten über die Calciumaufnahme und -ausscheidung zu beachten. Ähnlich wie beim Eisen, wirken auch beim Calcium Oxalsäure und Phytate absorptionshemmend. Diese kommen beispielsweise in hohen Mengen in Spinat oder Rhabarber vor. Gute pflanzliche Kalziumquellen sind hingegen Grünkohl, Sojabohnen, Rucola, Pak Choi und Brokkoli. Oxalsäure und Phytate bilden ebenfalls Komplexe mit Calcium und verhindern so dessen ausreichende Resorption im Darm. (43)

Es gibt zusätzlich noch Faktoren, die die renale Calciumausscheidung fördern und sich so negativ auf die Calciumbilanz auswirken:

- 1.) Natrium: Da Natrium und Calcium um denselben Transporter im proximalen Tubulus konkurrieren, gehen mit jedem Gramm ausgeschiedenem Natrium 26,3mg Calcium verloren. (44) Dabei scheint die Natrium-Aufnahme stärker mit der Kalziumexkretion über den Urin zu korrelieren als der Zusammenhang zwischen Kalziumaufnahme und Erscheinen im Urin. (45)

2.) Protein: Mit Zunahme der Nahrungsproteinmenge nimmt auch die Ausscheidung von Kalzium im Urin als Folge einer verminderten fraktionierten tubulären Reabsorption zu. So führt eine Verdoppelung der Proteinaufnahme zu einer 50%igen Erhöhung der Kalziumausscheidung im Urin. (46) Jedes zusätzliche Gramm Nahrungsprotein resultiert in einem zusätzlichen Verlust von ungefähr 1,75mg Kalzium pro Tag. (43)

Die Hoffnung, dass durch eine durchschnittlich niedrigere Proteinaufnahme im Rahmen einer veganen Ernährung die Calciumausscheidung herabgesetzt und so die Calciumbilanz aufgebessert wird, konnte bisher noch nicht bestätigt werden, da keine Studien zur Calciumexkretion bei vegan lebenden Kindern oder Jugendlichen existieren.

In einer 1988 erschienen britischen Studie nahmen vegane Kinder nur 52% von der empfohlenen Tageszufuhr für Calcium auf. (47) Auch in einer schwedischen Studie aus dem Jahr 2002 blieben die 30 teilnehmenden jugendlichen Veganer*innen bezüglich ihrer Calciumaufnahme hinter ihren omnivorischen Gegenübern. (48) Dies deckt sich auch mit Studien bei erwachsenen Veganer*innen, bei denen Calcium ebenfalls häufig einen kritischen Nährstoff darstellt. (48)

Dieser Tatsache könnte die Kenntnis über die ausgezeichnete Bioverfügbarkeit von Calcium aus Mineralwasser Abhilfe schaffen. Mit einer mindestens genauso guten oder sogar besseren Aufnahmefähigkeit von Calcium aus Mineralwasser verglichen mit der aus Kuhmilch, ist durch Integration von calciumreichem Wasser in den täglichen Speise- und Getränkeplan eine ausreichende Kalziumzufuhr durchaus zu erreichen. Dabei ist darauf zu achten jene Mineralwässer auszuwählen, die einen Calciumgehalt von mehr als 150mg Calcium/l haben und dieses am besten gemeinsam mit einer Mahlzeit zu sich zu nehmen. (49) (9)

Außerdem sollten die mittlerweile weit verbreiteten, mit Calcium angereicherten Nahrungsmittel (wie Pflanzendrinks und Tofu) genutzt werden, da die dabei verwendeten Calciumsalze eine vergleichbare Aufnahme aufweisen, wie die aus Kuhmilch. (43)

9.2.6.1 Knochengesundheit und vegane Ernährung

Zwei Fall-Kontroll-Studien, die die Knochengesundheit und das Frakturrisiko an Kindern und Jugendlichen untersuchten, zeigten ein erhöhtes Frakturrisiko unter denen, die keine Milchprodukte zu sich nahmen. Diese Kinder waren jedoch allergisch auf Milchbestandteile oder wurden makrobiotisch ernährt (eine noch restriktivere Ernährungsform als es die vegane ist) und somit ist der Vergleich zu vegan ernährten Kindern nur bedingt möglich. (50, 51)

Die positive Korrelation zwischen Milchproduktverzehr und hoher Knochendichte konnte jedoch in anderen Studien gezeigt werden. (52)

Unumstritten ist ebenfalls die Bedeutung einer ausreichenden Calcium-Zufuhr für Erreichen einer physiologischen PBM. (42) In einer großen Kohortenstudie aus Schweden war eine Kalziumzufuhr von weniger als 750mg/Tag mit einem erhöhten Risiko für Osteoporose assoziiert. (53)

Bisher scheint es keine prospektiven Langzeitstudien zu vegan lebenden Kindern und deren Knochengesundheit zu geben. Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass Erwachsene, die auf tierische Produkte verzichten, eine niedrigere Knochendichte und erhöhte Frakturnraten haben. (54) In dieser Studie verschwand jedoch das um etwa 30% höhere Frakturrisiko bei veganen Erwachsenen, wenn man diejenigen exkludierte, die eine Calciumaufnahme von unter 525mg/Tag aufwiesen. Dies lässt auf den Calciummangel als wahrscheinlichste Ursache schließen, obwohl auch eine geringere Proteinzufuhr eine Rolle spielen könnte, da Proteine die Blutlevel von zirkulierendem Insulin-like-growth-factor 1(IGF-1) erhöhen, das Osteoblasten stimuliert und somit Knochenwachstum vermittelt. Da der größte Teil an Vitamin-D durch Sonneneinwirkung an der Haut entsteht und auch bei Fleischesser*innen nicht in großen Mengen durch die Ernährung zugeführt wird, schließen die Autor*innen dies als auslösenden Faktor aus. (54)

In einer weiteren Studie, die Teilnehmende im Alter von 16 bis 83 Jahren umfasste, wurde die positive Wirkung von hoher Obst- und Gemüsezufuhr auf die Knochendichte festgestellt. Als mögliche Gründe werden ein hoher Kalium-,

Magnesium-, oder Vitamin-C Gehalt und ein alkalisierender Effekt dieser Nahrungsmittel angeführt. (55) Es besteht die Annahme, dass eine säurehaltige Ernährung Knochenabbau begünstigt, während sich eine basische Ernährungsweise positiv auf die Knochenbilanz auswirkt. (42, 56)

9.2.7 Vitamin B12

Den wohl kritischsten Nährstoff in der veganen Ernährung stellt das am spätesten entdeckte Vitamin Cobalamin dar. Als Baustein im Abbau von Fettsäuren und Aminosäuren und durch seine Funktion bei der Synthese der DNA-Basen für Zellwachstum und -teilung nimmt das Vitamin eine entscheidende Rolle ein. Auch ist es für die geistige Entwicklung von Kindern unentbehrlich. (10, 57)

Typische Mangelerkrankungen stellen die perniziöse Anämie (eine Form der Blutarmut mit erhöhtem MCV und MCH) sowie die funikuläre Myelose (Verlust der Markscheiden von Vorder- und Hintersträngen des Rückenmarks) dar. Diese treten in der Regel erst ca. 3-5 Jahre nach der letzten Aufnahme auf, da der Körper über ein großes Speichervermögen für B12 verfügt. Der Vitamin-B12-Mangel ist kein reines Problem von fleischfreier Ernährung, sondern betrifft viele Menschen unterschiedlicher Kostformen. Jedoch enthalten zum jetzigen Studienstand keinerlei Pflanzen relevante Mengen an B12. Diskutiert werden Vorkommen in Sauerkraut, verschiedenen Algenarten und fermentierten Lebensmitteln, wobei davon keine Option vielversprechende Versorgungsergebnisse liefern konnte. (57) (3) (58)

Zwei Fall-Kontroll-Studien bei Säuglingen und Kindern untersuchten die Auswirkungen einer makrobiotischen Ernährung (keinerlei tierische Produkte) auf Vitamin-B12-Biomarker. Die Plasmakonzentrationen der makrobiotisch ernährten Kinder waren signifikant niedriger als bei ihren omnivorisch ernährten Gegenübern. (59, 60) Dieselben Zusammenhänge wurden bei einer Studie mit jugendlichen Teilnehmenden (mittleres Alter 17,5 Jahre) gefunden. (48)

Was die vegetarische Ernährung angeht, herrscht unter den Studien kein Konsens: Manche sahen in Milchprodukten und Eiern die Hauptquelle für B12, andere in Fleisch (besonders Leber) und Fisch und sahen ganz konträr dazu Milchprodukte und Eier als keine suffiziente Quelle an. (61) (57, 58)

In jedem Fall empfehlenswert sind deshalb die Monitorisierung der relevanten Laborwerte, die da wären: Gesamt-Vitamin-B12, Holo-Transcobalamin (Holo-TC), Methylmalonsäure und Homocystein. Während der Gesamtserumwert relativ ungenau und spät einen Mangel anzeigt, ist die Transportform des Cobalamins, das Holo-Transcobalamin, der wohl genaueste, da er nur das aktive B12 misst und wesentlich schneller ansteigt oder abfällt als der Gesamtserumwert. Die beiden sogenannten funktionalen Marker Methylmalonsäure und Homocystein zeigen bei hohen Werten einen Mangel des Vitamins an. Dies ist dadurch begründet, dass B12 an deren Abbau beteiligt ist. (57) Eine hohe Konzentration an Homocystein ist mit einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen vergesellschaftet.

Ein recht eindrücklicher Case Report aus Polen berichtet von einem 7 Monate alten Mädchen, dessen Eltern medizinische Beratung im Universitätskrankenhaus Lublin suchten, da ihre Tochter durch krankhafte Schläfrigkeit (20h pro Tag) und Entwicklungsverzögerung auffiel. Ihr Muskeltonus war pathologisch verändert, der verbale Kontakt und Blickkontakt zum Kind waren nur begrenzt möglich. Eine psychologische Untersuchung mithilfe der Brunet-Lézine Skala zur Objektivierung von psychomotorischer Entwicklung in den ersten beiden Lebensjahren ergab eine Verzögerung in allen vier Bereichen visuomotorische Koordination, Haltung und Fortbewegung, Sprache und soziale und emotionale Interaktion.

Laboruntersuchungen des Säuglings ergaben eine megaloblastäre Anämie, eine ausreichende Folsäureversorgung und einen Vitamin-B12-Mangel. Das Mädchen wurde bis zum Vorstellungstag gestillt und erhielt keine Beikost. Die Mutter ernährte sich weder vegan noch vegetarisch, wies aber aufgrund einer später festgestellten Autoimmungastritis einen B12-Mangel auf, der sich bei ihr selbst noch nicht klinisch manifestiert hatte. Eine Substitutionsbehandlung des Kindes erfolgte sofort durch intramuskuläre Injektionen. Ihr klinischer Zustand verbesserte sich schnell, sie wurde wesentlich aktiver, konnte länger wach bleiben, ihr Augenkontakt verbesserte sich und

der abnorme Muskeltonus verschwand. Auch das Blutbild normalisierte sich. Was jedoch noch 10 Monate nach Beginn der Substitutionsbehandlung blieb war eine psychomotorische Entwicklungsverzögerung in allen vier obengenannten Bereichen. (62)

Bedarf in Schwangerschaft und Stillzeit

Vor Beginn der Schwangerschaft sollten die B12-Speicher optimal gefüllt und ein maskierter Mangel durch ausreichende Folsäureversorgung ausgeschlossen sein. Während der tägliche Bedarf eines Erwachsenen bei schätzungsweise 4,0µg liegt, beträgt dieser bei Schwangeren 4,5µg und bei Stillenden 5,5µg. (7) Die Milch von stillenden veganen Müttern liefert selbstredend nur genügend B12, wenn korrekt substituiert wird. Niedrige mütterliche Serumspiegel während des ersten Trimesters sind ein Risikofaktor für Neuralrohrdefekte und Schwangerschaftskomplikationen, wie die Präeklampsie. (63) Außerdem kann ein Vitamin-B12-Mangel während der Schwangerschaft zu einem erniedrigten Geburtsgewicht, Spontanaborten und Herzfehlern des Fötus führen. (9, 64) Zu beachten gilt jedoch, dass der B12-Serumspiegel einer Schwangeren zwischen dem ersten und dritten Trimester physiologischerweise um 30% abfällt und sich innerhalb von Tagen nach der Geburt normalisiert. Es sollten also für Schwangere eigene Referenzwerte zur Hand gezogen werden. (64)

Bedarf im Säuglings-, Kindes- und Jugendalter

Während der Schwangerschaft wird Cobalamin im Fetus angereichert und in dessen Leber gespeichert. Diese Speicher genügen, um den Säugling die ersten Monate zu versorgen. Ein B-12-Mangel vor einem Alter von 4 Monaten ist selten, am häufigsten tritt der Mangel zwischen 6 und 12 Monaten auf. Zusätzlich zu neurologischen Symptomen können eine abnormale Pigmentierung, eine Hepatosplenomegalie, eine

spärliche Kopfbehaarung, Trinkschwäche, Untergewicht, Gedeihstörung und Diarrhoe auftreten. (65)

Das Risiko einen Vitamin-B12-Mangel zu entwickeln ist zwischen dem 2. und 12. Lebensmonat unabhängig davon, ob die Mutter eine ausreichende Versorgung aufweist oder nicht, erhöht. (9)

Während der ersten zwei Lebensjahre findet ein beträchtlicher Anteil des Gehirnwachstums, insbesondere der Großhirnrinde, statt. Auch beginnt die Myelinisierung der nervalen Strukturen bereits in der Fetalperiode und setzt sich bis ins Jugendalter fort. Bleibt diese durch einen Vitamin-B12-Mangel aus oder erfolgt nur auf ungenügende Weise, so sind anhaltende strukturelle Schäden des Gehirns die Folge. Je nach betroffener Region führen somit zum Beispiel Unterbrechungen der Myelinisierung im visuellen und auditiven System zu verzögerter sozialer Entwicklung und Lernschwierigkeiten. (65)

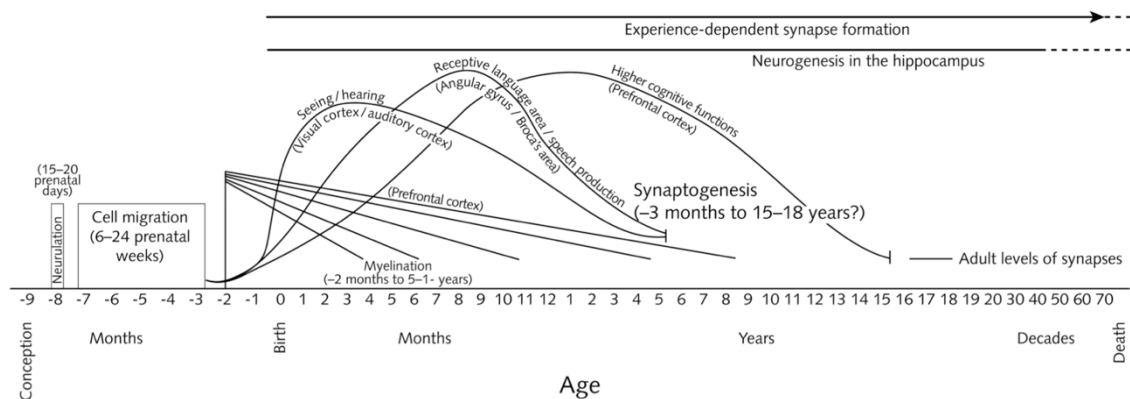


Abbildung 3: Entwicklung des menschlichen Gehirns

Quelle: übernommen aus (65)

9.3 Einfluss der Ernährung auf Gesundheit und Krankheit

Bei eindrucklichen Fortschritten hinsichtlich des Anteils der Infektionskrankheiten in den westlichen Gesellschaften lässt sich eine Zunahme der chronisch-degenerativen Erkrankungen nicht aus den aktuellen Krankheitsstatistiken wegdiskutieren. (9) Während die Lebenserwartung immer weiter steigt, liegt die aktuelle „Healthy Life Expectancy“, also der Anteil gesunder Lebensjahre nach der Geburt in den D-A-CH-Ländern immer 10 Jahre niedriger als die durchschnittliche Lebenserwartung des Landes. („Die gesunde Lebenserwartung (HLE) ist die erwartete Anzahl der verbleibenden Lebensjahre, die ab einem bestimmten Alter, in der Regel ab der Geburt oder ab dem Alter von fünfundsechzig Jahren, bei guter Gesundheit verbracht werden können, wobei von den derzeitigen Sterblichkeits- und Krankheitsraten ausgegangen wird.“(66))

Life expectancy at birth (years)

FILTERS

Last updated: 2020-12-04

Indicator	Life expectancy at birth (years)		
Location	Both sexes	Male	Female
Austria			
2019	81.65	79.44	83.78
Germany			
2019	81.72	78.72	84.77
Switzerland			
2019	83.45	81.75	85.08

Healthy life expectancy (HALE) at birth (years)

FILTERS

Last updated: 2020-12-04

Indicator	Healthy life expectancy (HALE) at birth (years)		
Location	Both sexes	Male	Female
Austria			
2019	70.9	69.9	71.9
Germany			
2019	70.9	69.7	72.1
Switzerland			
2019	72.5	72.2	72.8

Abbildung 4: Lebenserwartung und gesunde Lebenserwartung in Österreich, Deutschland und der Schweiz im Jahr 2019

Quelle: (67, 68)

Der positive Einfluss einer pflanzenbasierten Ernährung auf klassische Zivilisationskrankheiten wie kardiovaskuläre Erkrankungen, Diabetes Mellitus Typ 2, Adipositas und einige Krebserkrankungen (Prostatakarzinom, Mammakarzinom, Kolorektales Karzinom) ist in zahlreichen Studien erkennbar. (9, 69, 70) Die typisch westliche Ernährung ist von einer hohen Kalorienzufuhr, über gesättigte Fette, raffinierte Kohlenhydrate, Fleisch, stark verarbeitete Lebensmittel und Alkohol gekennzeichnet, bei gleichzeitig geringer Aufnahme von Obst und Gemüse, komplexen Kohlenhydraten, Vitaminen, Mineral- und sekundärer Pflanzenstoffe. (9)

Um den Fokus nun aber auf eine Auswahl pädiatrisch relevanter Krankheiten zu richten, werden im Folgenden die Einflüsse einer veganen und vegetarische Ernährung auf Asthma bronchiale, Chronisch entzündliche Darmerkrankungen und Adipositas/Metabolisches Syndrom dargestellt.

9.3.1 Asthma und Ernährung

Ernährungsformen, die ihren Schwerpunkt auf den Konsum von Früchten, Gemüse, Vollkorn und weniger auf den von fettreichem Fleisch und Milchprodukten legen, wurden in Verbindung mit reduziertem Asthmarisiko gebracht. (71) In einem Review von der George Washington University School of Medicine and Health Sciences aus dem Jahr 2020 zeigten die miteinbezogenen Studien einen Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Obst und Gemüse und einem höheren forcierten expiratorischen Volumen (FEV1), sowie einer geringeren Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Asthma und zeigte zusätzlich eine Symptomreduktion bei Asthmatiker*innen. (71)

Eine Fall-Kontrollstudie mit 678 teilnehmenden puerto-ricanischen Kindern im Alter von 6-14 Jahren verglich jene mit einer hohen und solche mit einer niedrigen Milchproduktzufuhr und zeigte eine positive Assoziation zwischen häufigem

Milchproduktkonsum und der Wahrscheinlichkeit Asthma zu entwickeln. Dabei wurden jene Haushalte in San Juan kontaktiert, die ein Kind im gesuchten Alter hatten und es wurde erfragt, ob dieses Kind ein von einem Arzt oder einer Ärztin diagnostiziertes Asthma bronchiale, sowie mindestens einen Asthmaanfall im letzten Jahr hatten, oder nicht. Hierdurch konnten Kinder mit der Diagnose Asthma (n=351) jenen ohne Diagnose (und auch ohne vergangenen Asthmaanfall im letzten Jahr; n=327) gegenübergestellt werden. Im weiteren Verlauf der Studie wurden Erziehungsberechtigten Fragebögen zugesandt, die demographische Aspekte, die generelle Gesundheit des Kindes, die Familienanamnese für Asthma bronchiale, die Stillperiode, Exposition des Kindes zu Passivrauchen und körperliche Bewegung des Kindes an der frischen Luft, erfragten. Außerdem wurden standardisierte Fragebögen zum Ernährungsverhalten des Kindes ausgeteilt und fünfzehn zirkulierende Zytokine im Plasma gemessen, die in der Pathogenese von Asthma eine Rolle spielen und mit der Schwere der Erkrankung assoziiert sind (mit dem T_H17-Signalweg verbundene Zytokine). Es zeigte sich, dass ein häufiger Gemüse- und Getreidekonsum und ein niedriger Konsum von Milchprodukten und Süßigkeiten mit niedrigen IL-17F Plasmalevels und einem verringerten Asthmarisiko assoziiert waren. (72)

Die Autor*innen vermuten verschiedene Mechanismen hinter dem positiven Effekt einer pflanzenbasierten Ernährung auf Asthmasymptome und Asthmahäufigkeit:

Durch die hohe Ballaststoffaufnahme bildet die eigene Darmflora durch Fermentationsprozesse viel von der kurzkettigen Fettsäure Butyrat, welche es wiederum vermag, die proinflammatorische Zytokinexpression zu reduzieren. Dies geschieht durch eine Hemmung des Transkriptionsfaktor NF- κ B, der sonst in vielen menschlichen Zellen (v.a. B-Lymphozyten) an der Regulation einer Immunantwort beteiligt ist und beispielsweise durch Cortisol gehemmt wird. NF- κ B scheint außerdem eine mögliche Schlüsselstelle in der Therapie von chronisch entzündlichen Darmerkrankungen einzunehmen. (71, 73) Ein interessanter Aspekt aus der Kolonkarzinomforschung: Fügt man bei in-vitro-Versuchen aus menschlichen Kolonkarzinomen gewonnen Zelllinien Butyrat hinzu, so wird deren Wachstum gehemmt und der Differenzierungsgrad der malignen Zellen durch physiologische Konzentrationen von Butyrat erhöht. (3)

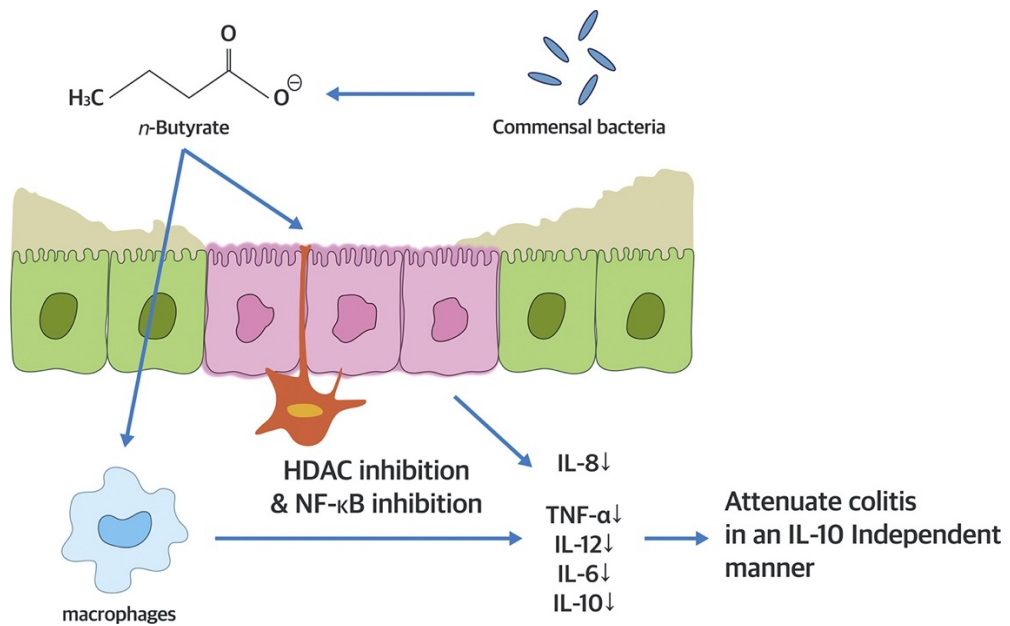


Abbildung 5: Hemmung der proinflammatorischen Zytokinexpression durch Butyrat

Quelle: übernommen aus (74)

Des Weiteren verhindern die langsamen postprandialen Blutzuckeranstiege nach hoher Ballaststoffaufnahme eine durch Hyperglykämie stimulierte Ausschüttung von proinflammatorischen Zytokinen.

Auch die in Pflanzen reichlich vorkommenden Antioxidantien (Vitamin E, Vitamin C, Ubiquinon, Flavonoide, β -Carotin und Selen) tragen zu einer geringeren entzündlichen Reaktivität der Atemwege und einer somit verbesserten FEV1 und FVC bei:

- **Vitamin E:** Die biologisch aktivste Form von Vitamin E ist das α -Tocopherol, das in hohem Maße in pflanzlichen Ölen (Weizenkeimöl, Sonnenblumenöl, Olivenöl) vorkommt und mehrfach ungesättigte Fettsäuren vor einer Zerstörung infolge einer Lipidperoxidation durch freie Radikale schützt (siehe Abbildung unten). Diese Fettsäuren kommen im Organismus beispielsweise in Membranlipiden, Lipoproteinen und Depotfetten vor.

Durch unten sichtbare Reaktion wird Vitamin E selbst zum Radikal (Tocopheroxyl-Radikal), kann jedoch durch **Vitamin C** wieder regeneriert und somit zurück in Vitamin E umgewandelt werden. (3)

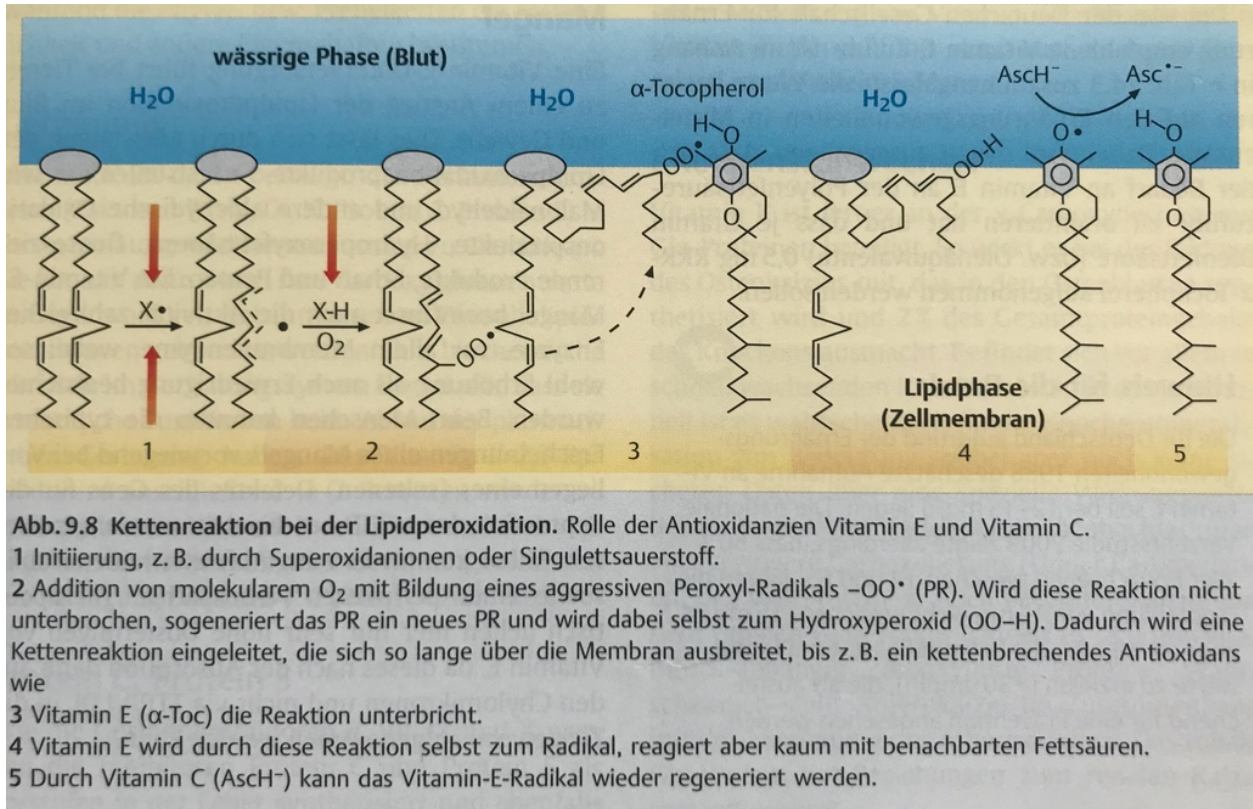


Abbildung 6: Kettenreaktion bei der Lipidperoxidation

Quelle: übernommen aus (3), S.179

Eine Vorbehandlung von Endothelzellen mit α -Tocopherol hemmt die Leukozytenrekrutierung bei In-Vitro-Versuchen und wirkt sich positiv auf die Lungenfunktion von Asthmatiker*innen und Nicht-Asthmatiker*innen aus. Das Gegenteil wurde jedoch für γ -Tocopherol, eine andere Isoform von Vitamin E, beobachtet. (75)

- **Vitamin A/ β -Carotin:**

β -Carotin hat Provitamin-A-Aktivität und gehört zur großen Gruppe der Carotinoide. Einige dieser in dunkelgrünblättrigem Gemüse vorkommenden Carotinoiden (α -Carotin, β -Cryptoxanthin, Lutein und Lycopin) sind mit einer verbesserten Lungenfunktion assoziiert. (71) Auch nicht konvertiertes β -Carotin kann rasch oxidiert werden und verhindert so die Oxidation anderer Substanzen. (3)

Durch das insgesamt antiinflammatorische Profil einer veganen und vegetarischen Ernährungsweise scheinen sich diese positive auf Asthmasymptome und -häufigkeit auszuwirken, jedoch sind diese Beobachtungen lediglich positive Assoziationen. Groß angelegte Interventionsstudien sind notwendig, um die Rolle der pflanzenbasierten Ernährung in Asthmaprävention und Asthmatherapie abschließend beurteilen zu können.

9.3.2 Chronisch entzündliche Darmerkrankungen und Ernährung

Chronisch entzündliche Darmerkrankungen wurden als eine Erkrankung der Industrienationen charakterisiert. Während Entwicklungsregionen traditionell eine niedrigere Prävalenz von CED aufweisen, ist die Häufigkeit von CED in Nordamerika und Europa im Zuge der Industrialisierung gestiegen. Die typisch „westliche“ Ernährungsweise mit einem hohen Konsum an gesättigten Fetten, tierischen Proteinen und hochverarbeiteten Lebensmitteln wird von vielen als mitverantwortlich für die Zunahme an Betroffenen angesehen. Migrationsstudien haben herausgefunden, dass das Erkrankungsrisiko steigt, wenn Menschen von Regionen mit niedriger CED-Prävalenz (z.B. Asien) in Regionen mit hoher CED-Prävalenz ziehen. Dies lässt sich besonders gut an der nachfolgenden Generation der Emigrierten beobachten, die ähnliche CED-Inzidenzen und -Prävalenzen wie die einheimische Bevölkerung zeigen, obwohl sie das genetische Material der risikoarmen Regionen in sich tragen (71, 72).

Dies deutet auf die Bedeutung von Umweltfaktoren in der Pathogenese von chronisch entzündlichen Darmerkrankungen hin und begründet die Wichtigkeit von Ernährungsstudien im Kontext dieser Erkrankungen.

Über den Einfluss von gewissen Nahrungsbestandteilen auf Entstehung und Progression von Colitis ulcerosa und Morbus Crohn existieren viele Hypothesen:

Hypothese 1: negative Auswirkungen von hohem (tierischem) Proteinverzehr auf Entstehung und Verlauf von CED:

In mehreren Tierversuchen konnte demonstriert werden, dass tierische Proteine aus rotem Fleisch, Milch und Milchprodukten eine bestehende Colitis exazerbieren können. (76)

Außerdem zeigte eine Studie an 53 Patient*innen mit aktiver Colitis und 50 Patient*innen in Remission, dass Fleischkonsum ein Risikofaktor für eine aktive Erkrankung war. (77)

Der Verzehr von Gemüse und Kartoffeln war negativ mit Erkrankungsrückfällen assoziiert, während der häufige Verzehr von Fleisch Rückfälle eher begünstigte (78).

Statistisch signifikant waren die Ergebnisse dieser beiden Studien jedoch nicht.

Gewisse Stoffwechselprodukte, wie Ammoniak und Sulfid, die bei der Fermentation von Proteinen im Darm entstehen, scheinen bei Colitis ulcerosa-Patient*innen im Vergleich zur gesunden Bevölkerung erhöht zu sein. Als Folge wird die Schleimschicht durch den Verlust von Zellen und Schleim umgebaut, was die parazelluläre Durchlässigkeit erhöht und Entzündungen begünstigt. Dabei scheinen besonders Einflüsse auf die mukosale Matrix eine Rolle zu spielen, die eine schützende Funktion im Darm einnimmt, indem sie die Darmflora ausbalanciert und schädliche Bakterien daran hindert an das intestinale Epithelium zu gelangen und dort Schäden anzurichten. (79)

Hypothese 2: Veränderung des gastrointestinalen Mikrobioms verursachen chronische Entzündung:

Das Mikrobiom des Darms wird auf 500-1000 verschiedene Bakterienarten geschätzt (zusätzlich zu Pilzen, Protozoen, Archaeen und Viren) und spielt eine wichtige Rolle in der Regulation des Immunsystems und Stoffwechsels des Trägers oder der Trägerin. CED sind mit Veränderungen der Zusammensetzung des intestinalen Mikrobioms vergesellschaftet, nämlich mit einer signifikanten Reduktion der bakteriellen Diversität, einer Zunahme der proinflammatorischen Komponenten wie Proteobakterien und Actinobakterien und einer Abnahme der gesundheitsfördernden und anti-inflammatorischen bakteriellen Arten, wie Faecalibakterium und Roseburia. (76) CED-Patient*innen weisen ebenfalls eine Reduktion derjenigen bakteriellen Arten auf, die die kurzkettige Fettsäure Butyrat produzieren, welche dafür bekannt ist die intestinale Homöostase auf positive Weise zu modulieren und Entzündungen zu verringern. (79)

Eine Studie aus den USA untersuchte die kurzfristige Beeinflussbarkeit des Mikrobioms durch Ernährung und erschien damit 2014 in der naturwissenschaftlichen Fachzeitschrift „Nature“. In dieser Studie wurden 10 junge Erwachsene (21-33 Jahre alt) in zwei Gruppen eingeteilt, welche für fünf Tage eine vorgeschriebene Ernährungsweise verfolgten, die für die eine Hälfte „animal-based“ und für die andere Hälfte der Gruppe „plant-based“ war. „Plant-based“ hieß hierbei Müsli zum Frühstück, mittags und abends vorgekochte Mahlzeiten bestehend aus Gemüse, Reis und Hülsenfrüchten, und frische und getrocknete Früchte als Snacks. Die Gruppe der „animal-based diet“ aßen Ei und Bacon zum Frühstück, Fleisch zum Mittag- und Abendessen und Snacks bestehend aus Salami, Käse und Schweineschwartens. Durch Gensequenzierung von Stuhlproben wurden jeden Tag die verschiedenen Bakterienarten des Mikrobioms der Teilnehmenden bestimmt. Dabei traten folgende Ergebnisse zutage:

1. Das Mikrobiom der Teilnehmenden konnte sich überraschend schnell (innerhalb eines Tages) verändern und dem vorherrschenden Ernährungsprofil anpassen („[...] switch between herbivorous and carnivorous functional profiles [...]“ (80)) und

spiegelt hierbei vermutlich einen vergangen Selektionsdruck der Bakterienarten im Laufe der menschlichen Evolution wider.

2. Die „animal-based diet“ führte durch ihren hohen Fettanteil zu einer hohen Gallensäuresekretion, die wiederum nur bestimmte, gegen Gallensäuren resistente Bakterienstämme, im Wachstum begünstigte. Namenhaft zu nennen wäre hier *B. wadsworthia*, welches durch seine Sulfid-reduzierenden Eigenschaften (→ Entstehung von Schwefelwasserstoff) dafür bekannt ist intestinale Entzündung zu verursachen und verdächtigt wird, zur Entstehung von chronisch entzündlichen Darmerkrankungen beizutragen. Dabei schien es entscheidend zu sein, dass die Fettzufuhr durch gesättigte und Milch-assoziierte Fette erfolgte und, dass derselbe Effekt nicht durch pflanzliche Fette beobachtbar war. (80)

Hypothese 3: hoher Fettkonsum begünstigt Entzündung:

Eine fettreiche Ernährungsweise wird als ein möglicher Risikofaktor für chronisch entzündliche Darmerkrankungen angesehen. Diese Vermutung wurde aufgestellt als mit zunehmendem Verzehr von Margarine in Europa am Anfang des 20. Jahrhunderts die Inzidenz von CED stieg.

Hier nimmt wieder das bereits besprochene Verhältnis von Omega-3- zu Omega-6 Fettsäuren eine zentrale Rolle ein. Außerdem führen langkettige Triglyceride zu einer intestinalen Lymphozytenproliferation und regulieren proinflammatorische Mediatoren hoch. (79)

In Studien, welche die Gabe von Omega-3-Fettsäuren bei Patient*innen mit Morbus Crohn als adjuvante Therapie zur Steroidtherapie untersuchen, konnte eine Verringerung der Krankheitsaktivität und ein Abfall der CRP-Werte 9 Wochen nach Beginn der Einnahme der Omega-3-Fettsäuren beobachtet werden. (81)

Mittelkettige Triglyceride hingegen verhindern die Produktion von IL-8, welches neutrophile Granulozyten anlockt und in der Mukosa von CED-Patient*innen überexprimiert vorliegt und somit antiinflammatorisch wirkt.

Es wurde beobachtet, dass Patient*innen mit CED mehr Kohlenhydrate, ungesättigte Fette, Fleisch, tierische Proteine und Antibiotika, aber weniger Obst und Gemüse, weniger Kalzium, Magnesium, Vitamin C und weniger Getreide zu sich nehmen als Kontrollpersonen. (3, 77) Aus diesen Beobachtungen lässt sich jedoch keine Therapieempfehlung ableiten, da prospektive Studien notwendig wären, die zeigen müssten, dass eine Änderung der Ernährungsgewohnheit zu einer Reduktion der Inzidenzen von CED führt. (3)

Nach bisherigem Wissensstand gibt es also keine spezifische Ernährungsweise, die Patient*innen mit chronisch entzündlichen Darmerkrankungen als vielversprechende Therapieoption empfohlen werden kann, auch nicht die vegane oder vegetarische Ernährung. So wird auch in der aktuellen S3-Leitlinie zu chronisch entzündlichen Darmerkrankungen keine spezielle Ernährungsform empfohlen. Die einzige Empfehlung gilt hinsichtlich einer hohen Obst- und Gemüsezufuhr. (82)

9.3.3 Adipositas und das metabolische Syndrom und Ernährung

Die Prävalenz von Übergewicht im Kindes- und Jugendalter in Deutschland hat sich seit 1980 mehr als verdoppelt, wovon je nach Definition 6-39% bereits Kriterien des metabolischen Syndroms erfüllen. (83)

Das metabolische Syndrom beschreibt die Kombination aus abdomineller Adipositas, Glukosetoleranzstörung oder Diabetes mellitus Typ 2, Fettstoffwechselstörung und arterieller Hypertonie und ist in seiner Gänze ein kardiovaskulärer Risikocluster. (84)

Zusammenhang von kardiovaskulären Risikofaktoren im Kindesalter und Auftreten kardiovaskulärer Erkrankungen im Erwachsenenalter

Die meisten Bestandteile und Folgeerkrankungen des metabolischen Syndroms treten erst im Erwachsenenalter in Erscheinung, finden ihren Ursprung jedoch häufig schon im Kindes- und Jugendalter. Objektiviert und bestätigt wurde diese Vermutung unter anderem durch den Zusammenschluss und die gemeinsame Auswertung von vier prospektiven Kohortenstudien mit dem Namen „International Childhood Cardiovascular Cohort“ mit 5803 Teilnehmer*innen, die von der Kindheit ins Erwachsenenalter verfolgt wurden. Es konnte ein Zusammenhang von dem Vorliegen eines metabolischen Syndroms in der Kindheit und metabolischem Syndrom, Diabetes Mellitus Typ 2 und hoher arterieller Intima-Media-Dicke (ein subklinischer Marker für Atherosklerose) im Erwachsenenalter gefunden werden. (85)

Einfluss der pflanzenbasierten Ernährung bei Erwachsenen

Bei Erwachsenen gilt die vegane und vegetarische Ernährung als kardiovaskulär günstige Ernährungsweise, die durch niedrige LDL-Cholesterinspiegel, niedrigen arteriellen Blutdruck und niedrige Raten an Hyperlipidämie, Diabetes, Übergewicht und Adipositas gekennzeichnet ist. (9, 13)

In großen epidemiologischen Kohortenstudien AHS-2 (Adventist Health Study) und EPIC-Oxford konnte gezeigt werden, dass der durchschnittliche BMI mit zunehmendem Ausschluss von Lebensmitteln tierischen Ursprungs abnimmt. (12, 86). Zurückgeführt wird dieses Erkenntnis auf die niedrigere energetische Dichte der Lebensmittel in der veganen und vegetarischen Ernährung, sowie einer hohen Obst- und Gemüsezufuhr, die durch den großen Ballaststoffanteil sättigende Effekte ausübt. (13)

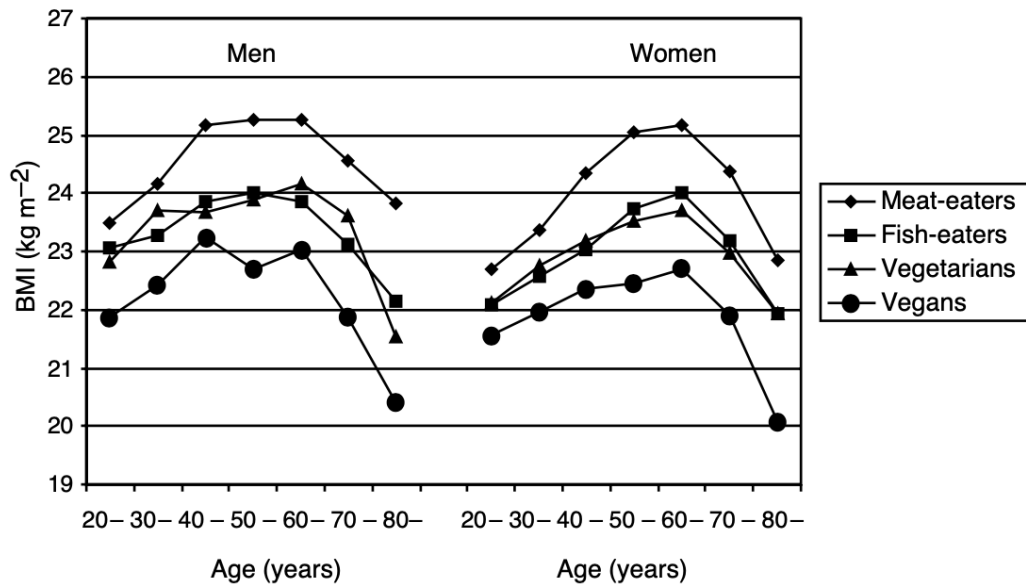


Abbildung 7: durchschnittlicher BMI nach Ernährungsweise und 10-Jahres-Altersgruppe

Quelle: übernommen aus (12)

Einfluss der pflanzenbasierten Ernährung bei Kindern und Jugendlichen

Ein Artikel aus dem Journal „Nutrition Reviews“ beschäftigte sich mit der Frage, ob eine pflanzenbasierte Ernährung im Kindesalter kardiometabolische Gesundheit im Erwachsenenalter fördern könnte. Dabei wurde folgenden Punkten besonderes Gewicht verliehen:

- Durch Analysen von longitudinalen Kohortenstudien, wie der Cardiovascular Risk in Young Finns Study, konnte gezeigt werden, dass erhöhte Gesamtcholesterinwerte, Triglyceride, ein erhöhter Blutdruck und ein zu hoher BMI im Kindesalter zu einer höheren Intima-Media-Dicke der Carotis im Erwachsenenalter führten.
- Sich vegan oder vegetarisch ernährende Kinder litten seltener an Übergewicht oder Adipositas und hatten niedrigere Cholesterolverwerte als ihre omnivorisch lebenden Gegenüber. Das Risiko eines übergewichtigen Kindes ein*e übergewichtige*r Erwachsene*r zu werden ist mindestens doppelt so hoch als bei normalgewichtigen Kindern.

- In einer Interventionsstudie an übergewichtigen und hypercholesterinämischen Kindern im Alter von 9-18 Jahren (n=30) konnte durch eine vegane Ernährung eine effektivere Modulierung kardiovaskulärer Risikofaktoren (BMI, systolischer Blutdruck, Triglyceride, LDL-Cholesterin, CRP, Insulin, Myeloperoxidase, Oberarmumfang und Gewicht) erreicht werden, als mit der von der American Heart Association empfohlenen Ernährungsweise. Diese unterscheidet sich von der Veganen im Wesentlichen durch einen Verzehr von Fisch und Fleisch. (13)

Des Weiteren wurde beobachtet, dass der Verzehr großer Mengen an tierischen Proteinen, insbesondere über Milchprodukte, im Alter von 12-24 Monaten zu einem erhöhten BMI und Körperfettanteil im Alter von 7 Jahren führt. (87) Vergleicht man eiweißreiche mit eiweißarmen Säuglingsnahrungen bezüglich deren Einfluss auf die kindliche Anthropometrie, so hat die Proteinzufuhr keinen Einfluss auf das Längenwachstum, bewirkt jedoch bei hohem Eiweißkonsum eine signifikante Gewichtszunahme. Aufgrund eines deutlich erhöhten Adipositasrisikos im frühen Schulalter bei eiweißreicher Flaschenernährung im Säuglingsalter, sollte im ersten Lebensjahr keine Kuhmilch als Getränk angeboten werden. (88, 89)

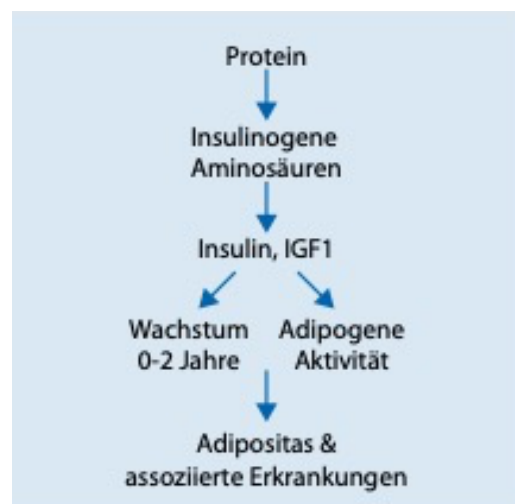


Abbildung 8: Die „frühe Proteinhypothese“ nach Koletzko et al.

Quelle: übernommen aus (88)

Insgesamt scheint sich also eine pflanzenbasierte Ernährung durch direkte und indirekte Mechanismen (über einen niedrigen BMI) positiv auf die kardiovaskuläre Gesundheit im Kindes- und Erwachsenenalter auszuwirken.

9.4 Einfluss der veganen und vegetarischen Ernährung auf die kognitive und motorische Entwicklung

Grundlage der kognitiven und motorischen Entwicklung sind die funktionierende Bildung neuronaler Strukturen. Bestimmte Nährstoffe sind für eine optimale neuronale Entwicklung von besonderer Bedeutung. Dazu zählen die mehrfach ungesättigten Fettsäuren DHA und AA, Iod, Eisen und Cobalamin. (90)

Eisen wird für die Myelinisierung der Axone und für die Synthese der Neurotransmitter benötigt. Ein Cobalaminmangel äußert sich ebenfalls durch eine Hypomyelinisierung und in einer eingeschränkten Synthese von Zellmembranen und Neurotransmittern. Die Rolle des Iods im Zusammenhang mit der Synthese der Schilddrüsenhormone Triiodthyronin (T3) und Thyroxin (T4) und deren Bedeutung für die kindliche Hirnentwicklung ist hinreichend bekannt. Auf die Rolle der mehrfach ungesättigten Fettsäure DHA (Docosahexaensäure) als Baustein der Lipide des Hirngewebes wurde im Kapitel „Fette und Fettsäuren“ bereits eingegangen. (90)

Behält man die folgenden Fakten im Hinterkopf, dass:

- 1.) Es der veganen und vegetarischen Ernährung an Cobalamin mangelt
- 2.) Eine ausreichende Synthese von DHA nur unter Berücksichtigung des richtigen Omega-3- zu Omega-6-Fettsäurenverhältnisses stattfindet
- 3.) Nicht-Häm-Eisen eine niedrigere Bioverfügbarkeit als Häm-Eisen hat,

so ist die Befürchtung naheliegend, dass eine Ernährung frei von Fleisch oder jeglichen tierischen Produkten eine regelrechte kognitive und motorische Entwicklung gefährdet.

In einer britischen Studie an schwangeren vegetarischen und omnivorischen Frauen wurden die Serumkonzentrationen von relevanten Nährstoffen (DHA, Cobalamin, Folsäure, DHA, AA u.W.) gemessen und später die kognitiven Funktionen der 6- bis 7-

jährigen Kinder ermittelt. Obwohl die vegetarischen Mütter niedrigere Konzentrationen an DHA, AA und Cobalamin aufwiesen, zeigten sich keine Unterschiede in IQ-Werten oder exekutiven Funktionen der Kinder. Die Autor*innen schlussfolgerten, dass eine vegetarische Ernährung während der Schwangerschaft die neurokognitive Entwicklung der Kinder nicht beeinträchtigt, insofern die mütterlichen Konzentrationen der relevanten Nährstoffe innerhalb des normwertigen Bereichs liegen. (90)

Studien, die die Entwicklung von gestillten Kindern mit solchen vergleichen, die eine sojabasierte Formulanahrung erhielten, können dabei helfen den Einfluss einer pflanzenbasierten Ernährung auf kognitives und motorisches Outcome abzuschätzen. Eine dieser Studien wurde an 9-10-jährigen Kindern durchgeführt und fand keine Unterschiede in Intelligenzquotienten, Verhaltensauffälligkeiten oder Lernschwierigkeiten. (91) Eine weitere Studie verfolgte 391 gesunde Säuglinge während des ersten Lebensjahres und erhub die kognitive und motorische Entwicklung, sowie das Verhalten mittels der Bayley Scales of Infant Development und dem Preschool Language Scale-3 zur sprachlichen Entwicklungsbeurteilung im Alter von 3,6,9 und 12 Monaten und fand keine Unterschiede zwischen den Kindern, die eine Formulanahrung auf Kuhmilchbasis erhielten und denen, die Sojaformula erhielten. In dieser Studie hatten jedoch die Kinder, die gestillt wurden einen kleinen Vorteil. (92)

9.5 Einfluss der veganen und vegetarischen Ernährung auf das Wachstum

Ein zentraler Punkt jeder pädiatrischen Anamnese sind der Größen- und Gewichtsverlauf des Kindes. An pathologischem Längenwachstum und zögerlicher Gewichtszunahme lässt sich u.a. eine verminderte Nährstoffaufnahme erkennen, sei es durch verminderte exogene Zufuhr (Mangelernährung) oder durch verminderte Absorption (wie bei Zöliakie, Mukoviszidose, M. Crohn u.W.) (88) Die Sorge, dass eine pflanzenbasierte Ernährung mit einer Mangelernährung und einer daraus resultierenden Gedeihstörung einhergehe, ist noch immer groß.

Die Studien zum Wachstum von vegan und vegetarisch lebenden Kindern sind spärlich. In der bereits erwähnten Querschnittsstudie aus Deutschland im Jahr 2019 (VeChi Diet Study) ergab sich bei 430 Teilnehmer*innen kein signifikanter Unterschied in Gesamtenergieaufnahme, Gewicht und Größe zwischen den vegetarischen, veganen und omnivorischen Kindern (1-3 Jahre alt). Demnach könnte eine vegetarische und vegane Ernährung in der frühen Kindheit normales Wachstum gewährleisten. Dennoch musste ein etwas höherer Anteil der vegan ernährten Kinder (3,6%) im Vergleich zu vegetarischen (2,4%) und omnivorischen (0%) Kindern als wachstumsverzögert („stunted“) eingestuft werden, während im Gegensatz dazu ein höherer Prozentsatz der omnivorischen Kinder (23,2%) als übergewichtig klassifiziert wurde (18,1% bei vegetarischen und 18,0% bei veganen Kindern). (6)

Eine polnische Querschnittsstudie aus dem Jahr 2021 (n=187, 72 Omnivor*innen, 63 Vegetarier*innen und 52 Veganer*innen), die die Anthropometrie und Körperzusammensetzung der teilnehmenden Kinder im Alter von 5-10 Jahren erhob, ergab, dass vegane Kinder im Durchschnitt kleiner als ihre omnivorischen Gegenüber waren. Neben der Körpergröße der Eltern und der Geschlechterverteilung innerhalb der Gruppen wurde in der statistischen Auswertung auf die relevanten Störgrößen geachtet.

Bezüglich des Körpergewichts besteht bisher der Konsens, dass sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern die pflanzenbasierte Ernährung mit einem niedrigeren BMI assoziiert ist, welcher aber nicht zwangsweise in einem Untergewicht resultiert, sondern in der Regel Normalgewicht sicherstellt. (87)

Bisher zeigen die verfügbaren Studien entweder keine Unterschiede in Körpergewicht und Größe zwischen vegan/vegetarischen und omnivorischen Kindern, oder eine Tendenz der fleischlos Ernährten etwas kleiner und leichter zu sein. (6, 47, 93, 94) Zukünftige Studien sind notwendig, um die Frage zu beantworten, ob eine pflanzenbasierte Ernährung physiologisches Wachstum sicherstellen kann.

10 Diskussion

Es gibt grundlegende Schwierigkeiten bei dem Versuch aus ernährungswissenschaftlichen Studien klinisch relevante Schlussfolgerungen zu ziehen und Empfehlungen für Prävention und Therapie von Krankheiten auszusprechen:

1.) Nährstoff ≠ Nahrungsmittel

Ein Nahrungsmittel und seine Inhaltsstoffe sind immer ein komplexes Zusammenwirken von verschiedensten Makro- und Mikronährstoffen. So kann beispielsweise eine Orange nicht auf das darin reichhaltig vorkommende Vitamin C reduziert werden, sondern gilt es das ebenfalls enthaltende Vitamin B1, Vitamin B2, die Nicotinsäure, Alkaloide, Flavonoide, Tannine, Phenole und Saponine, die Ballaststoffe u.W. zu berücksichtigen.

2.) In vitro vs. in vivo:

Von der Funktion eines Stoffes im Stoffwechsel kann nicht immer auf die Wirkung dieses Stoffes durch eine exogene Zufuhr geschlossen werden. (10) Von der Ingestion einer Substanz bis zu deren Wirkung auf zellulärer Ebene vergehen zahlreiche Einzelschritte (Digestion, Absorption, Transport im Blut, Interaktionen an Zellmembranen und mit anderen im Blut vorhandenen Substanzen, Aufnahme in die Zelle etc.), die alle durch zahlreiche Faktoren beeinflusst und gestört werden können. Es wäre also niemals zulässig von der Absorption von in Mineralwasser enthaltenem Calcium auf dessen zelluläre Wirkung und schon gar nicht auf dessen Einfluss auf Knochenentwicklung und -gesundheit zu schließen (siehe Kapitel Calcium und (49)).

3.) Lebensmittelauswahl:

Die Lebensmittelauswahl außerhalb von Studienbedingungen ist innerhalb einer homogen erscheinenden Gruppe wie den „Veganer*innen“ oder den

„Fleischesser*innen“ nicht automatisch ident. So ist es mittlerweile auch als Veganer*in ein Leichtes, durch den hohen Verzehr von hochverarbeiteten Ersatzprodukten das Gesundheitsprofil seiner Lebensmittel zu reduzieren, während bis vor Kurzem die vegane und vegetarische Ernährung durch einen hohen Konsum an frischem Obst und Gemüse und niedrigkalorischen Lebensmitteln gekennzeichnet war. Genauso kann ein*e Fleischesser*in in hohem Maße Ballaststoffe und Vitamine zu sich nehmen und damit das bisher bestehende Bild einer kardiovaskulär ungünstigen Ernährungsweise aufbessern. Bisher profitierte die Lebensmittelauswahl einer vegan oder vegetarisch lebenden Person unter anderem von der Ermangelung an verfügbaren veganen Süßigkeiten, Softdrinks, Gebäck und anderen ungesunden Lebensmitteln und resultierte dadurch automatisch in einer naturbelasseneren und weniger verarbeiteten Art der Ernährung. Wohin die Entwicklung mit dem stark wachsenden Markt an Ersatzprodukten gehen wird, bleibt abzuwarten.

4.) Studienauswahl und Studiendesign:

Die Aussagekraft vieler Studien zum Thema vegane und vegetarische Ernährung leidet unter geringen Fallzahlen und ungünstig aufgebauten Studiendesigns. Die wohl am besten und größten angelegten Studien über diese Thematik sind die Adventist-Health-Studies und die EPIC-Oxford Studien, die mit 96.000 und 65.000 Teilnehmenden statistisch wesentlich belastbarer sind als einige andere im Feld der Ernährungswissenschaften/Ernährungsmedizin.

Um das Präventionspotenzial gewisser Ernährungsweisen zu untersuchen, sind prospektive Kohortenstudien gut geeignet, Kausalitäten können durch diese nicht oder nur begrenzt hergestellt werden. Gilt es das therapeutische Potenzial von Ernährungsformen zu untersuchen, so werden randomisierte, kontrollierte Interventionsstudien benötigt, die noch immer als „Goldstandard“ unter den Studiendesigns gelten (insofern Rückschlüsse auf Kausalitäten gewünscht sind).

Die Schwierigkeit darin, kontrollierte Interventionsstudien durchzuführen, besteht in einem hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand. Außerdem müssen Interventionsstudien an Kindern und Jugendlichen in einem sehr hohen Maße

gerechtfertigt sein, um nicht wesentlich unmündige Mitglieder unserer Gesellschaft gesundheitlichen Risiken auszusetzen. Die Bereitswilligkeit der Eltern, ihre Kinder an solchen Studien teilzunehmen zu lassen und ihnen dadurch eine von Fremden zugeteilte Ernährungsform zuzumuten, ist vermutlich gering.

Als Folge dessen ist die Anzahl an Studien über vegane und vegetarische Ernährung bei Kindern und Jugendlichen noch immer um einiges geringer als bei Erwachsenen. Es ist mittlerweile der Konsens vieler Ernährungsgesellschaften (USA, Portugal, Kanada, u.W.), dass eine vegane und vegetarische Ernährung in jedem Lebensalter und jeder Lebensphase eine adäquate Versorgung sicherstellen kann und bei ausreichender Planung und genügendem Grundwissen über Nährstoffe und Zubereitung derselben problemlos möglich ist. Warum die DGE und ÖGE diese Haltung nicht vertreten, obgleich dieselbe Primärliteratur vorliegt, ist unklar.



Academy of Nutrition and Dietetics (AND), USA 2016:

„Es ist die Position der Academy of Nutrition and Dietetics, dass eine gut geplante vegetarische Ernährung, inklusive einer veganen Ernährung, gesund und bedarfsgerecht ist und womöglich gesundheitliche Vorteile in der Prävention und Therapie einiger Erkrankungen bieten könnte. Diese Ernährungsweisen sind angemessen für alle Lebensabschnitte inklusive der Schwangerschaft, Stillzeit, dem Säuglings-, Kindes- und Jugendalter sowie für Senioren und Athleten.“



Direção-Geral da Saúde (DGS), Portugal 2015:

„Wenn sie richtig geplant sind, können vegetarische Kostformen, inklusive lacto-ovo vegetarischer und veganer Ernährungsweisen, gesund und bedarfsdeckend in jeder Phase des Lebenszyklus und außerdem effektiv in der Prävention und Therapie einiger chronischer Erkrankungen sein.“



Dieticians of Canada (DC), Kanada 2003:

„Eine gesunde vegane Ernährung bietet viele gesundheitliche Vorteile wie geringe Raten an Adipositas, Herzerkrankungen, Bluthochdruck, Hypercholesterinämie, Typ-2-Diabetes und an einigen Krebsarten. [...] Eine gesunde vegane Ernährung kann den menschlichen Nährstoffbedarf in jeder Phase des Lebens inklusive der Schwangerschaft, der Stillzeit und des Seniorenalters decken.“

Abbildung 9: Positionen internationaler Ernährungsgesellschaften zu veganer und vegetarischer Ernährung

Quelle: In Anlehnung an Niko Rittenau, „Vegan – Klischee ade!“ (95) (69, 96, 97)

5.) Grundsätzlich besseres Gesundheitsbewusstsein und -verhalten unter Veganer*innen & Vegetarier*innen

Eine weitere Störgröße in Studien kann das durchschnittlich bessere Gesundheitsbewusstsein und der gesündere Lebensstil von Veganer*innen und Vegetarier*innen sein. Sie bewegen sich häufiger, rauchen seltener und trinken weniger Alkohol als die Durchschnittsbevölkerung. (9, 86, 98) Diese prinzipiell wünschenswerten Eigenschaften können bei unzureichender Berücksichtigung zu einer Überschätzung des positiven Einflusses einer pflanzenbasierten Ernährung führen.

Weitere Schwierigkeiten:

1.) Breit verfügbare Fehlinformationen und Schwierigkeiten bei der Beurteilung von Gesundheitsinformationen für den Laien und die Laiin

Das Mittel der Wahl der Informationsbeschaffung stellt heutzutage, auch für alle Eltern, das Internet dar. Eine Google-Suche zum Thema „vegane und vegetarische Ernährung bei Kindern und Jugendlichen“ lässt einen jedoch lediglich mit einem großen Fragezeichen im Kopf zurück. Seiten, die es als heilbringendste der Ernährungsformen deklarieren wechseln sich mit solchen ab, die diese Ernährungsformen als fahrlässig und unverantwortlich bezeichnen.

Um diesem Problem Abhilfe zu schaffen wäre eine Website von Vorteil, die in leicht verständlicher Sprache alle aktuellen Studien zu diesem Thema sammeln und wiedergeben würde. Man könnte auf dieser Website außerdem einen Handlungspfad integrieren, der darstellt, in welchem Abstand welche Laborparameter bei veganer und vegetarischer Erziehung kontrolliert und welche Nährstoffe supplementiert werden sollten.

Natürlich kann man sich bisher über die Websites der Ernährungsgesellschaften (DGE, ÖGE und weitere) informieren, jedoch werden deren Positionspapiere nicht hochfrequent genug (nur alle paar Jahre) aktualisiert.

2.) Beziehung zwischen Arzt/Ärztin und Patient*in

Eine große Problematik in der Dynamik zwischen medizinischem Fachpersonal und Eltern ist eine abwehrende Haltung vieler im Gesundheitswesen tätigen Menschen gegenüber einer fleischfreien Ernährung, die betroffene Eltern dazu bringt sich lieber auf eigene Faust zu informieren, statt im betreuenden Kinderarzt/ in der betreuenden Kinderärztin eine beratende und unterstützende Person zu sehen. Eine italienische Umfrage zeigte, dass 77,4% von vegetarisch und vegan lebenden Eltern auf Widerstand bei ihren Pädiater*innen stießen, wenn sie das Einführen einer veganen oder vegetarischen Beikost ansprachen und fast die Hälfte (45,2%) fühlte sich nicht ausreichend beraten. (99)

Dies ist nicht nur ein Versagen einzelner Pädiater*innen, sondern auch stark darin begründet, dass im Allgemeinen ein Medizinstudium minimal bis keine Ausbildung in Ernährungswissenschaften liefert und Ärzte und Ärztinnen oft aus Überforderung in eine abwehrende Haltung fallen. Außerdem lässt der Arbeitsalltag eines Arztes oder einer Ärztin in der Regel keine ausreichende Zeit, um sich nebenher noch über verschiedene Ernährungsweisen zu informieren. Es wäre von großer Wichtigkeit betroffene Eltern unvoreingenommen zu beraten, um die optimale Versorgung des Kindes zu gewährleisten.

11 Literaturverzeichnis

1. Cena H, Calder PC. Defining a Healthy Diet: Evidence for The Role of Contemporary Dietary Patterns in Health and Disease. *Nutrients*. 2020;12(2).
2. Hoos MB, Gerver WJ, Kester AD, Westerterp KR. Physical activity levels in children and adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2003;27(5):605-9.
3. Biesalski H. BS, Pirlich M., Weimann A. . Ernährungsmedizin - Nach dem Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer. 5. Auflage ed. Stuttgart, Germany: Georg Thieme Verlag KG; 2017.
4. Reinehr T. KM, van Teeffelen-Heithoff A., Widhalm K. Pädiatrische Ernährungsmedizin - Grundlagen und praktische Anwendung. Stuttgart, Germany: Schattauer GmbH; 2012.
5. <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/energie/>: DGE - Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.; 2015 [
6. Weder S, Hoffmann M, Becker K, Alexy U, Keller M. Energy, Macronutrient Intake, and Anthropometrics of Vegetarian, Vegan, and Omnivorous Children (1(-)3 Years) in Germany (VeChi Diet Study). *Nutrients*. 2019;11(4).
7. Referenzwerte der DGE e.V. [Internet]. 2021.
8. Clarys P, Deliens T, Huybrechts I, Deriemaeker P, Vanaelst B, De Keyzer W, et al. Comparison of nutritional quality of the vegan, vegetarian, semi-vegetarian, pesco-vegetarian and omnivorous diet. *Nutrients*. 2014;6(3):1318-32.
9. Englert H. SS. Vegane Ernährung 2016.
10. Biesalski H. GP, Nowitzki-Grimm S. Taschenatlas Ernährung. Stuttgart, Germany: Georg Thieme Verlag KG; 2020.
11. Song M, Garrett WS, Chan AT. Nutrients, foods, and colorectal cancer prevention. *Gastroenterology*. 2015;148(6):1244-60 e16.
12. Davey GK, Spencer EA, Appleby PN, Allen NE, Knox KH, Key TJ. EPIC-Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33 883 meat-eaters and 31 546 non meat-eaters in the UK. *Public Health Nutr*. 2003;6(3):259-69.
13. Desmond M SJ, Fewtrell M, Wells J. Plant-based diets for children as a means of improving adult cardiometabolic health *Nutrition Reviews*. 2018;76:260-73.
14. Medawar E, Huhn S, Villringer A, Veronica Witte A. The effects of plant-based diets on the body and the brain: a systematic review. *Transl Psychiatry*. 2019;9(1):226.
15. Koebnick C, Garcia AL, Dagnelie PC, Strassner C, Lindemans J, Katz N, et al. Long-term consumption of a raw food diet is associated with favorable serum LDL cholesterol and triglycerides but also with elevated plasma homocysteine and low serum HDL cholesterol in humans. *J Nutr*. 2005;135(10):2372-8.
16. Welch AA, Shakya-Shrestha S, Lentjes MA, Wareham NJ, Khaw KT. Dietary intake and status of n-3 polyunsaturated fatty acids in a population of fish-eating and non-fish-eating meat-eaters, vegetarians, and vegans and the product-precursor ratio [corrected] of alpha-linolenic acid to long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids: results from the EPIC-Norfolk cohort. *Am J Clin Nutr*. 2010;92(5):1040-51.

17. Geppert J, Kraft V, Demmelmaier H, Koletzko B. Microalgal docosaehaenoic acid decreases plasma triacylglycerol in normolipidaemic vegetarians: a randomised trial. *Br J Nutr.* 2006;95(4):779-86.
18. Innes JK, Calder PC. Marine Omega-3 (N-3) Fatty Acids for Cardiovascular Health: An Update for 2020. *Int J Mol Sci.* 2020;21(4).
19. Davis BC, Kris-Etherton PM. Achieving optimal essential fatty acid status in vegetarians: current knowledge and practical implications. *Am J Clin Nutr.* 2003;78(3 Suppl):640S-6S.
20. Trautwein EA, McKay S. The Role of Specific Components of a Plant-Based Diet in Management of Dyslipidemia and the Impact on Cardiovascular Risk. *Nutrients.* 2020;12(9).
21. Neelakantan N, Seah JYH, van Dam RM. The Effect of Coconut Oil Consumption on Cardiovascular Risk Factors: A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical Trials. *Circulation.* 2020;141(10):803-14.
22. Souci S.W. FW, Kraut H. . Die Zusammensetzung der Lebensmittel - Nährwerttabellen 8. Auflage ed. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2016.
23. Sanders TA. DHA status of vegetarians. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids.* 2009;81(2-3):137-41.
24. Williams CM, Burdge G. Long-chain n-3 PUFA: plant v. marine sources. *Proc Nutr Soc.* 2006;65(1):42-50.
25. Koletzko B, Lien E, Agostoni C, Bohles H, Campoy C, Cetin I, et al. The roles of long-chain polyunsaturated fatty acids in pregnancy, lactation and infancy: review of current knowledge and consensus recommendations. *J Perinat Med.* 2008;36(1):5-14.
26. Salvig JD, Lamont RF. Evidence regarding an effect of marine n-3 fatty acids on preterm birth: a systematic review and meta-analysis. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2011;90(8):825-38.
27. Portillo-Reyes V, Perez-Garcia M, Loya-Mendez Y, Puente AE. Clinical significance of neuropsychological improvement after supplementation with omega-3 in 8-12 years old malnourished Mexican children: a randomized, double-blind, placebo and treatment clinical trial. *Res Dev Disabil.* 2014;35(4):861-70.
28. Kofranyi E. WW. Einführung in die Ernährungslehre 2013.
29. (AFSSA). FFSA. Protein Intake: Dietary Intake, Quality, Requirements and Recommendations. Paris, France; 2007.
30. Schaafsma G. The Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score (PDCAAS)--a concept for describing protein quality in foods and food ingredients: a critical review. *J AOAC Int.* 2005;88(3):988-94.
31. Hertzler SR, Lieblein-Boff JC, Weiler M, Allgeier C. Plant Proteins: Assessing Their Nutritional Quality and Effects on Health and Physical Function. *Nutrients.* 2020;12(12).
32. Agnoli C, Baroni L, Bertini I, Ciappellano S, Fabbri A, Papa M, et al. Position paper on vegetarian diets from the working group of the Italian Society of Human Nutrition. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2017;27(12):1037-52.
33. Mariotti F, Gardner CD. Dietary Protein and Amino Acids in Vegetarian Diets-A Review. *Nutrients.* 2019;11(11).
34. Young VR, Puig M, Queiroz E, Scrimshaw NS, Rand WM. Evaluation of the protein quality of an isolated soy protein in young men: relative nitrogen requirements and effect of methionine supplementation. *Am J Clin Nutr.* 1984;39(1):16-24.

35. Fomon SJ, Ziegler EE, Filer LJ, Jr., Nelson SE, Edwards BB. Methionine fortification of a soy protein formula fed to infants. *Am J Clin Nutr.* 1979;32(12):2460-71.
36. Michaelsen KF, Greer FR. Protein needs early in life and long-term health. *Am J Clin Nutr.* 2014;99(3):718S-22S.
37. Pawlak R, Bell K. Iron Status of Vegetarian Children: A Review of Literature. *Ann Nutr Metab.* 2017;70(2):88-99.
38. Hurrell RF, Lynch SR, Trinidad TP, Dassenko SA, Cook JD. Iron absorption in humans as influenced by bovine milk proteins. *Am J Clin Nutr.* 1989;49(3):546-52.
39. Thane CW, Bates CJ, Prentice A. Risk factors for low iron intake and poor iron status in a national sample of British young people aged 4-18 years. *Public Health Nutr.* 2003;6(5):485-96.
40. Gibson RS, Heath A-LM, Szymlek-Gay EA. Is iron and zinc nutrition a concern for vegetarian infants and young children in industrialized countries? *The American Journal of Clinical Nutrition.* 2014;100(suppl_1):459S-68S.
41. Kinderernährung Ff. Empfehlung für die Ernährung von Kindern und Jugendlichen. Dortmund 2012.
42. Weaver CM, Gordon CM, Janz KF, Kalkwarf HJ, Lappe JM, Lewis R, et al. The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. 2015.
43. Weaver CM, Proulx WR, Heaney R. Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr.* 1999;70(3 Suppl):543S-8S.
44. Shortt C, Madden A, Flynn A, Morrissey PA. Influence of dietary sodium intake on urinary calcium excretion in selected Irish individuals. *Eur J Clin Nutr.* 1988;42(7):595-603.
45. Matkovic V, Ilich JZ, Andon MB, Hsieh LC, Tzagournis MA, Lager BJ, et al. Urinary calcium, sodium, and bone mass of young females. *Am J Clin Nutr.* 1995;62(2):417-25.
46. Heaney RP. Protein intake and the calcium economy. *J Am Diet Assoc.* 1993;93(11):1259-60.
47. Sanders TA. Growth and development of British vegan children. *Am J Clin Nutr.* 1988;48(3 Suppl):822-5.
48. Larsson CL, Johansson GK. Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. *Am J Clin Nutr.* 2002;76(1):100-6.
49. Heaney RP. Absorbability and utility of calcium in mineral waters. *Am J Clin Nutr.* 2006;84(2):371-4.
50. Konstantynowicz J, Nguyen TV, Kaczmariski M, Jamiolkowski J, Piotrowska-Jastrzebska J, Seeman E. Fractures during growth: potential role of a milk-free diet. *Osteoporos Int.* 2007;18(12):1601-7.
51. Dagnelie PC, Vergote FJ, van Staveren WA, van den Berg H, Dingjan PG, Hautvast JG. High prevalence of rickets in infants on macrobiotic diets. *Am J Clin Nutr.* 1990;51(2):202-8.
52. Esterle L, Sabatier JP, Guillon-Metz F, Walrant-Debray O, Guaydier-Souquieres G, Jehan F, et al. Milk, rather than other foods, is associated with vertebral bone mass and circulating IGF-1 in female adolescents. *Osteoporos Int.* 2009;20(4):567-75.

53. Warensjo E, Byberg L, Melhus H, Gedeberg R, Mallmin H, Wolk A, et al. Dietary calcium intake and risk of fracture and osteoporosis: prospective longitudinal cohort study. *BMJ*. 2011;342:d1473.
54. Appleby P, Roddam A, Allen N, Key T. Comparative fracture risk in vegetarians and nonvegetarians in EPIC-Oxford. *Eur J Clin Nutr*. 2007;61(12):1400-6.
55. Prynne CJ, Mishra GD, O'Connell MA, Muniz G, Laskey MA, Yan L, et al. Fruit and vegetable intakes and bone mineral status: a cross sectional study in 5 age and sex cohorts. *Am J Clin Nutr*. 2006;83(6):1420-8.
56. Burckhardt P. The role of low acid load in vegetarian diet on bone health: a narrative review. *Swiss Med Wkly*. 2016;146:w14277.
57. Obeid R, Heil SG, Verhoeven MMA, van den Heuvel E, de Groot L, Eussen S. Vitamin B12 Intake From Animal Foods, Biomarkers, and Health Aspects. *Front Nutr*. 2019;6:93.
58. Watanabe F, Bito T. Vitamin B12 sources and microbial interaction. *Exp Biol Med (Maywood)*. 2018;243(2):148-58.
59. Dagnelie PC, van Staveren WA, Vergote FJ, Dingjan PG, van den Berg H, Hautvast JG. Increased risk of vitamin B-12 and iron deficiency in infants on macrobiotic diets. *Am J Clin Nutr*. 1989;50(4):818-24.
60. van Dusseldorp M, Schneede J, Refsum H, Ueland PM, Thomas CM, de Boer E, et al. Risk of persistent cobalamin deficiency in adolescents fed a macrobiotic diet in early life. *Am J Clin Nutr*. 1999;69(4):664-71.
61. Tucker KL, Rich S, Rosenberg I, Jacques P, Dallal G, Wilson PW, et al. Plasma vitamin B-12 concentrations relate to intake source in the Framingham Offspring study. *Am J Clin Nutr*. 2000;71(2):514-22.
62. Dubaj C, Czyz K, Furmaga-Jablonska W. Vitamin B12 deficiency as a cause of severe neurological symptoms in breast fed infant - a case report. *Ital J Pediatr*. 2020;46(1):40.
63. Sebastiani G, Herranz Barbero A, Borrás-Novell C, Alsina Casanova M, Aldecoa-Bilbao V, Andreu-Fernandez V, et al. The Effects of Vegetarian and Vegan Diet during Pregnancy on the Health of Mothers and Offspring. *Nutrients*. 2019;11(3).
64. Molloy AM, Kirke PN, Brody LC, Scott JM, Mills JL. Effects of folate and vitamin B12 deficiencies during pregnancy on fetal, infant, and child development. *Food Nutr Bull*. 2008;29(2 Suppl):S101-11; discussion S12-5.
65. Black MM. Effects of vitamin B12 and folate deficiency on brain development in children. *Food Nutr Bull*. 2008;29(2 Suppl):S126-31.
66. Stiefel MC, Perla RJ, Zell BL. A healthy bottom line: healthy life expectancy as an outcome measure for health improvement efforts. *Milbank Q*. 2010;88(1):30-53.
67. WHO/GHO/Indicators/Life expectancy at birth (years) The Global Health Observatory2019 [Available from: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/life-expectancy-at-birth-\(years\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/life-expectancy-at-birth-(years))].
68. WHO/GHO/Indicators/ Healthy Life Expectancy (HALE) at birth (years) 2019 [Available from: <https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/gho-gha-hale-healthy-life-expectancy-at-birth>].
69. Craig WJ, Mangels AR, American Dietetic A. Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc*. 2009;109(7):1266-82.

70. Tantamango-Bartley Y, Jaceldo-Siegl K, Fan J, Fraser G. Vegetarian diets and the incidence of cancer in a low-risk population. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2013;22(2):286-94.
71. Alwarith J, Kahleova H, Crosby L, Brooks A, Brandon L, Levin SM, et al. The role of nutrition in asthma prevention and treatment. *Nutr Rev.* 2020;78(11):928-38.
72. Han YY, Forno E, Brehm JM, Acosta-Perez E, Alvarez M, Colon-Semidey A, et al. Diet, interleukin-17, and childhood asthma in Puerto Ricans. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2015;115(4):288-93 e1.
73. Segain JP, Raingeard de la Bletiere D, Bourreille A, Leray V, Gervois N, Rosales C, et al. Butyrate inhibits inflammatory responses through NFkappaB inhibition: implications for Crohn's disease. *Gut.* 2000;47(3):397-403.
74. Lee C, Kim BG, Kim JH, Chun J, Im JP, Kim JS. Sodium butyrate inhibits the NF-kappa B signaling pathway and histone deacetylation, and attenuates experimental colitis in an IL-10 independent manner. *Int Immunopharmacol.* 2017;51:47-56.
75. Cook-Mills JM, Abdala-Valencia H, Hartert T. Two faces of vitamin E in the lung. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013;188(3):279-84.
76. Rizzello F, Spisni E, Giovanardi E, Imbesi V, Salice M, Alvisi P, et al. Implications of the Westernized Diet in the Onset and Progression of IBD. *Nutrients.* 2019;11(5).
77. Opstelten JL, de Vries JHM, Wools A, Siersema PD, Oldenburg B, Witteman BJM. Dietary intake of patients with inflammatory bowel disease: A comparison with individuals from a general population and associations with relapse. *Clin Nutr.* 2019;38(4):1892-8.
78. Tasson L, Canova C, Vettorato MG, Savarino E, Zanotti R. Influence of Diet on the Course of Inflammatory Bowel Disease. *Dig Dis Sci.* 2017;62(8):2087-94.
79. Mentella MC, Scaldaferri F, Pizzoferrato M, Gasbarrini A, Miggiano GAD. Nutrition, IBD and Gut Microbiota: A Review. *Nutrients.* 2020;12(4).
80. David LA, Maurice CF, Carmody RN, Gootenberg DB, Button JE, Wolfe BE, et al. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature.* 2014;505(7484):559-63.
81. Nielsen AA, Jorgensen LG, Nielsen JN, Eivindson M, Gronbaek H, Vind I, et al. Omega-3 fatty acids inhibit an increase of proinflammatory cytokines in patients with active Crohn's disease compared with omega-6 fatty acids. *Aliment Pharmacol Ther.* 2005;22(11-12):1121-8.
82. Andreas Sturm RA, Dominik Bettenworth, Bernd Bokemeyer, Axel Dignaß, Robert Ehehalt, Christoph Germer, Philip C. Grunert, Ulf Helwig, Klaus Herrlinger, Peter Kienele, Martin E.Kreis, Torsten Kucharzik, Jost Langhorst, Christian Maaser, Johann Ockenga, Claudia Ott, Britta Sigmund, Sebastian Zeißig, Andreas Stallmach. Aktualisierte S3-Leitlinie „Diagnostik und Therapie des Morbus Crohn“ der Deutschen Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten 2021.
83. Weihe P, Weihrauch-Blüher S. Metabolic Syndrome in Children and Adolescents: Diagnostic Criteria, Therapeutic Options and Perspectives. *Curr Obes Rep.* 2019;8(4):472-9.
84. Pschyrembel Online - Artikel „Metabolisches Syndrom“. letzte Aktualisierung des Artikels 2020.
85. Koskinen J, Magnussen CG, Sinaiko A, Woo J, Urbina E, Jacobs DR, Jr., et al. Childhood Age and Associations Between Childhood Metabolic Syndrome and

- Adult Risk for Metabolic Syndrome, Type 2 Diabetes Mellitus and Carotid Intima Media Thickness: The International Childhood Cardiovascular Cohort Consortium. *J Am Heart Assoc.* 2017;6(8).
86. Orlich MJ, Singh PN, Sabate J, Jaceldo-Siegl K, Fan J, Knutsen S, et al. Vegetarian dietary patterns and mortality in Adventist Health Study 2. *JAMA Intern Med.* 2013;173(13):1230-8.
 87. Sutter DO, Bender N. Nutrient status and growth in vegan children. *Nutr Res.* 2021;91:13-25.
 88. Jochum P-DDmF. *Ernährungsmedizin Pädiatrie.* Berlin: Springer Verlag; 2012.
 89. Koletzko B, von Kries R, Closa R, Escribano J, Scaglioni S, Giovannini M, et al. Lower protein in infant formula is associated with lower weight up to age 2 y: a randomized clinical trial. *Am J Clin Nutr.* 2009;89(6):1836-45.
 90. Crozier SR, Godfrey KM, Calder PC, Robinson SM, Inskip HM, Baird J, et al. Vegetarian Diet during Pregnancy Is Not Associated with Poorer Cognitive Performance in Children at Age 6-7 Years. *Nutrients.* 2019;11(12).
 91. Malloy MH, Berendes H. Does breast-feeding influence intelligence quotients at 9 and 10 years of age? *Early Hum Dev.* 1998;50(2):209-17.
 92. Andres A, Cleves MA, Bellando JB, Pivik RT, Casey PH, Badger TM. Developmental status of 1-year-old infants fed breast milk, cow's milk formula, or soy formula. *Pediatrics.* 2012;129(6):1134-40.
 93. Fulton JR, Hutton CW, Stitt KR. Preschool vegetarian children. Dietary and anthropometric data. *J Am Diet Assoc.* 1980;76(4):360-5.
 94. O'Connell JM, Dibley MJ, Sierra J, Wallace B, Marks JS, Yip R. Growth of vegetarian children: The Farm Study. *Pediatrics.* 1989;84(3):475-81.
 95. Rittenau N. *Vegan - Klischee ade!*
Wissenschaftliche Antworten auf kritische Fragen zu pflanzlicher Ernährung: Becker Joest Volk Verlag; 2020.
 96. Sandra Cristina Gomes Silva JoPP, Cátia Borges, Cristina Teixeira Santos, Alejandro Santos, Pedro Graça. Guidelines for a healthy vegetarian diet <https://nutrimento.pt/activeapp/wp-content/uploads/2015/12/Guidelines-for-a-healthy-vegetarian-diet.pdf2015> [
 97. American Dietetic A, Dietitians of C. Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: Vegetarian diets. *J Am Diet Assoc.* 2003;103(6):748-65.
 98. Demorcy-Luce D MK. Vegetarian diets for children 2021 [
 99. Baldassarre ME, Panza R, Farella I, Posa D, Capozza M, Mauro AD, et al. Vegetarian and Vegan Weaning of the Infant: How Common and How Evidence-Based? A Population-Based Survey and Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(13).

