



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fakultät Life Sciences

Studiengang Ökotrophologie

*Der Einfluss von Omega-3-Fettsäuren als Präventivmaßnahme  
gegen das Entstehen kardiovaskulärer Erkrankungen in ver-  
schiedenen Bevölkerungen.*

Bachelorarbeit

Autorin: Elisa Grune

Matrikelnummer: XXXXXXXXXX

Betreuende Prüferin: Prof. Dr. Katharina Riehn

Zweiter Prüfer: Prof. Dr. Michael Häusler

Abgabetermin: 20.08.2018

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>2</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>2</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Grundlagen zu den Omega-3-Fettsäuren und kardiovaskulären Erkrankungen</b> .....	<b>9</b>
2.1 Omega-3-Fettsäuren.....	9
2.1.1 Definition und Aufbau .....	9
2.1.2 Aufnahme und physiologische Funktionen .....	12
2.1.3 Aktuelle Zufuhrempfehlung der Omega-3-Fettsäure .....	16
2.1.4 Omega-3-Fettsäure-Mangel .....	19
2.2 Herz-Kreislauf-Erkrankungen.....	21
2.2.1 Definition.....	21
2.2.2 Mit Omega-3-Fettsäure in Verbindung stehende kardiovaskuläre Erkrankungen und Risiken.....	22
2.3 Zusammenfassung der Grundlagen.....	26
<b>3 Methodik</b> .....	<b>28</b>
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>32</b>
4.1 Übersicht: Der Einfluss von Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen.....	32
4.2 Omega-3-Index, Fischkonsum und das Auftreten von kardiovaskulären Krankheiten in verschiedenen Ländern/Populationen .....	41
4.3 Globaler Ländervergleich in Fischkonsum, Omega-3-Index und Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen .....	45
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>49</b>
<b>6 Fazit und Ausblick</b> .....	<b>56</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>58</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>61</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>66</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Chemische Struktur der alpha-Linolensäure .....	10
Abb. 2: Chemische Struktur der Eicosapentaensäure .....	11
Abb. 3: Chemische Struktur der Docosahexaensäure.....	12
Abb. 4: Fließdiagramm zum Ablauf der Literaturrecherche.....	30
Abb. 5: Länderkarte zur Identifizierung des globalen Omega-3-Indexes .....	42
Abb. 6: Länderkarte zum globalen Fischkonsum 2013 .....	43
Abb. 7: Länderkarte globaler Prävalenzraten kardiovaskulärer Erkrankungen 2015.....	44
Abb. 8: Korrelation der globalen Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen (2015) und dem Fischkonsum (2013).....	46
Abb. 9: Korrelation der globalen Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen und dem Omega-3-Index (1980 – 2013).....	47
Abb. 10: Korrelation des globalen Fischkonsums (2013) und des Omega-3-Indexes (1980 – 2013).....	48

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Alpha-Linolensäuregehalt ausgewählter Lebensmittel.....	11
Tab. 2: Eicosapentaensäure- und Docosahexaensäuregehalt in ausgewählten Fisch- und Muschelarten .....	12
Tab. 3: Auswirkung bei einer Mehraufnahme von EPA und DHA aus Fisch oder Fischöl	14
Tab. 4: Empfohlene tägliche Zufuhr essentieller Fettsäuren laut DGE (DGE, 2018c) .....	17
Tab. 5: Empfohlene tägliche Zufuhr von Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren laut EFSA. 19	
Tab. 6: Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche .....	29
Tab. 7: Ein- und Ausschlusskriterien für relevante Studien in Bezug auf den Einfluss von Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen .....	29
Tab. 8: Ein- und Ausschlusskriterien für relevante Studien in Bezug auf aktuelle Daten zu dem globalen Omega-3-Index, Fischkonsum und Morbidität kardiovaskulärer Erkrankungen.....	31
Tab. 9: Übersicht der relevanten Studien und Ergebnisse .....	32
Tab. 10: Globaler Fischkonsum 2013 in kg/Kopf/Jahr eingeteilt in eine Skala.....	43
Tab. 11: Prävalenzwerte kardiovaskulärer Erkrankungen (2015), Fischkonsum (2013) und Omega-3-Index ausgewählter nordischer Länder und Mittelmeerregionen (Auszug aus Anhang 2 -Ländervergleich).....	51
Tab. 12: EPA-, DHA- und ALA-Gehalt in ausgewählten Lebensmitteln .....	53

## Abkürzungsverzeichnis

ACS	akutes Koronarsyndrom
AF	Vorhofflimmern
ALA	alpha-Linolensäure
ARA	Arachidonsäure
BMI	Body-Mass-Index
C	Kohlenstoff
cf-PWV	Carotis-Femoralis-Pulswellengeschwindigkeit
CH <sub>3</sub>	Methylende
CI	Konfidenzintervall
COOH	Carboxylgruppe
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DHA	Docosahexaensäure
DPA	Docosapentaensäure
EFSA	European Food Safety Authority
EO	Echiumöl
EPA	Eicosapentaensäure
ESC	Europäische Gesellschaft für Kardiologie
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations / Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
H	Wasserstoffatom
HDL	High-Density-Lipoprotein
HKE	Herz-Kreislauf-Erkrankungen
KHK	Koronare Herzkrankheit
KVE	kardiovaskuläre Erkrankungen
LA	Linolsäure
LDL	Low-Density-Lipoprotein
Lp-PLA <sub>2</sub>	Phospholipase A <sub>2</sub>

---

LTB4	Leukotrien B4
LTB5	Leukotrien B5
LTC5	Leukotrien C5
MI	Myokardinfarkt
MUFA	Monounsaturated Fatty Acids
n	Anzahl
NSTEMI	Nicht-ST-Hebungsinfarkt
OR	Odds-Ratio / Chancenverhältnis
p	p-Wert / Signifikanzwert
PAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PUFA	Polyunsaturated Fatty Acids
r	Korrelationskoeffizient
RR	relatives Risiko
SDA	Stearidonsäure
SNP	Single Nucleotide Polymorphism
STEMI	ST-Hebungsinfarkt
TG	Triglyzerid
TRL	triglyzeridreiche Lipoproteine
VLDL	Very-Low-Density-Lipoprotein

## Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit gibt eine Übersicht über den Einfluss von Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen in verschiedenen Bevölkerungen und untersucht, ob diese als mögliche Präventivmaßnahme gegen das Entstehen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen (HKE) in Frage kommen könnten. Der aktuelle Forschungsstand wurde mit einer systematischen Literaturrecherche ermittelt. Die Zusammenhänge über den Einfluss von Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen wurde anhand physiologischer und pathologischer Grundlagen erläutert. Zudem wurden insgesamt 61 Länder in den drei Variablen 1) Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen 2015, 2) Fischkonsum 2013 und 3) Omega-3-Index miteinander verglichen und auf einen Zusammenhang überprüft. Der aktuelle Forschungsstand gibt Aufschluss darüber, dass eine erhöhte Zufuhr pflanzlicher und mariner Omega-3-Fettsäuren zu einer Senkung des kardiovaskulären Risikos führen kann. Zudem lässt der Ländervergleich eine leichte aber statistisch nicht signifikante Tendenz erkennen, dass ein höherer Fischkonsum mit einem geringeren Auftreten von HKE innerhalb einer Bevölkerung in Zusammenhang stehen könnte. Ferner fallen bei dem Vergleich einige Länder mit nordischer oder mediterraner kulturell und geografisch bedingter Ernährungsform auf, die einen besonders hohen Fischkonsum, eine besonders niedrige Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen und einen moderaten Omega-3-Index aufweisen. Der systematisch recherchierte aktuelle Forschungsstand unterstützt die Erkenntnis über den positiven Einfluss der Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen. Dennoch sollten sie nur im Rahmen einer gesunden Ernährung als Präventivmaßnahme innerhalb einer Bevölkerung angesehen werden. Hierzu fehlt es an Studien, die einen Zusammenhang des Omega-3-Indexes nach aktuellen standardisierten Messmethoden auf die Morbidität von HKE in unterschiedlichen Bevölkerungen unter Berücksichtigung von Störfaktoren untersuchen.

## **Abstract**

Based on a systematic review of the existing literature, this bachelor thesis provides an overview of the effect of omega-3 fatty acids on cardiovascular diseases in different demographic groups. Considering both the physiological and the pathophysiological principles, their relation is explained. Plus, 61 countries are examined and compared with each other on 1) prevalence rate of cardiovascular diseases 2) consumption of fish and 3) omega-3 index. Most of the reviewed studies suggest a correlation between the development of cardiovascular diseases and a nutrition high in omega-3 fatty acids from both marine and plantbased sources. The comparison of countries showed a slightly connection between higher consumption of fish and the decrease of cardiovascular diseases, although these findings are not statistically significant. The prevalence rate of cardiovascular diseases is lower in northern or mediterranean countries. This could be explained by cultural or demographic circumstances which are related to high fish consumption. In conclusion, the results of this review seem to hold a lot of potential and provide a basis for possible omega-3 fatty acids related therapeutic interventions for cardiovascular disease. However, more evidence based studies are required to fully understand the relation of the omega-3 index and the cardiovascular-related morbidity in different populations.

# 1 Einleitung

Bereits Anfang der 1950er-Jahre vermuteten norwegische Wissenschaftler einen Zusammenhang zwischen dem vermehrten Verzehr von Seefisch und der Sterblichkeit durch kardiovaskuläre Erkrankungen (Hamm & Neuberger, 2018, S. 28). In den frühen 1970ern legten Forschungen nahe, dass eine an Omega-3-Fettsäuren-reiche Ernährung aus fettem Fisch in Verbindung zu einer niedrigeren Morbidität von Herz-Kreislauf-Erkrankungen in einer Bevölkerung steht. Seither wurde in tausenden von Studien die Effekte von Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Risiken und Erkrankungen untersucht (Berciano et al., 2014).

Der in westlichen Industrieländern beobachtete ungesunde Lebensstil begünstigt die Entstehung kardiovaskulärer Risikofaktoren wie Adipositas oder Diabetes mellitus. Maßgeblich beeinflussende Faktoren sind eine ungesunde Ernährung, Bewegungsmangel sowie ein übermäßiger Alkohol- und Nikotinkonsum (Biesalski et al., 2018, S. 698). Es wurde herausgefunden, dass Länder mit mediterranen oder nordischen Ernährungsgewohnheiten, die einen höheren Fischkonsum implizieren, eine geringere Rate kardiovaskulärer Erkrankungen aufweisen (Biesalski et al., 2018, S. 697, 701; Berciano et al., 2014). Um die Prävalenzrate von Herz-Kreislauf-Erkrankungen in den Bevölkerungen zu reduzieren wird erforscht welche Faktoren einer gesunden Ernährung maßgeblich dazu beitragen können.

Besonders den höher ungesättigten Omega-3-Fettsäuren Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) werden viele positive Wirkungen auf kardiovaskuläre Risikofaktoren, wie einem erhöhten Blutdruck oder Cholesterinspiegel, nachgesagt. Diese Effekte wurden in verschiedenen Studien belegt (Hamm & Neuberger, 2018, S. 29). Der komplexe Stoffwechselweg und die Wirkmechanismen der Omega-3-Fettsäuren und ihrer Derivate können zum Großteil physiologisch erklärt und wissenschaftlich nachgewiesen werden. Jedoch ist die Wissenschaft heute noch uneinig darüber, in welchem Ausmaß Omega-3-Fettsäuren Herz-Kreislauf-Krankheiten beeinflussen. Daher wurden Omega-3-Fettsäuren bislang noch nicht als Präventionsmittel gegen das Entstehen von kardiovaskulären Erkrankungen anerkannt (Biesalski et al., 2018, S. 683f).

Viele Experten sind der Ansicht, dass ein regelmäßiger Verzehr mariner Omega-3-Fettsäuren eine von vielen Präventivmaßnahmen gegen kardiovaskuläre Erkrankungen sein kann (Hamm & Neuberger, 2018, S. 35). Organisationen wie die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) oder die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) raten zu einem regelmäßigen Verzehr von fettem Fisch, der einen besonders

hohen Gehalt an höher ungesättigten Omega-3-Fettsäuren aufweist (DGE, 2018b; FAO, 2018).

Mit dieser Arbeit soll untersucht werden, ob ein verringertes Auftreten von kardiovaskulären Erkrankungen in verschiedenen Bevölkerungen abhängig von der Verzehrmenge von Omega-3-Fettsäuren ist. Des Weiteren soll geklärt werden, ob die Aufnahme von Omega-3-Fettsäuren als Präventivmaßnahme gegen kardiovaskuläre Erkrankungen angesehen werden kann. Die Beantwortung dieser Fragen erfolgt anhand aktueller Fachliteratur und Studien. Zudem wird mithilfe eines eigens erstellten globalen Ländervergleichs überprüft, ob eine niedrige Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen in Zusammenhang steht mit einem erhöhten Fischkonsum und einem erhöhten Omega-3-Index. Im ersten Teil der Arbeit werden zum besseren Verständnis des Themas die theoretischen Grundlagen zu Omega-3-Fettsäuren und kardiovaskulären Erkrankungen dargestellt (Kapitel 2). Die Zusammenhänge von kardiovaskulären Erkrankungen und dem Verzehr von Omega-3-Fettsäuren werden anhand physiologischer und pathologischer Grundlagen erläutert. Dabei werden vor allem die mit Omega-3-Fettsäuren in Verbindung stehenden kardiovaskulären Risikofaktoren und Erkrankungen vorgestellt. Anschließend wird die Vorgehensweise der systematischen Literaturrecherche zum Beantworten der Leitfrage erklärt (Kapitel 3) und das Ergebnis der Recherche dargestellt (Kapitel 4). Die Diskussion (Kapitel 5) dient zur Auswertung der relevanten Studien und den Ergebnissen eines globalen Ländervergleichs in den Variablen 1) Omega-3-Index, 2) Fischkonsum und 3) Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen. Anschließend soll eine Aussage darüber getroffen werden, ob Omega-3-Fettsäuren als mögliche Präventivmaßnahme zu einer Verringerung des Auftretens kardiovaskulärer Erkrankungen innerhalb einer Bevölkerung in Frage kommen.

## **2 Grundlagen zu den Omega-3-Fettsäuren und kardiovaskulären Erkrankungen**

Dieses Kapitel setzt sich inhaltlich aus zwei Teilen zusammen und stellt die Basis für die Beantwortung der Leitfrage dieser Arbeit dar. Zunächst werden die Omega-3-Fettsäuren in ihrem Aufbau, physiologischen Wirkmechanismen und Funktionen definiert sowie Mangelerscheinungen und die aktuellen Zufuhrempfehlungen beschrieben. Der zweite Teil widmet sich der Darstellung von Ursachen, Folgen und Risikofaktoren von kardiovaskulären Erkrankungen. Da diese sehr umfangreich sind, wird in diesem Kapitel überwiegend auf die mit der Omega-3-Fettsäure in Verbindung stehenden Herz-Kreislauf-Erkrankungen eingegangen.

### **2.1 Omega-3-Fettsäuren**

In diesem Teil der Arbeit wird zunächst der Begriff „Omega-3-Fettsäuren“ definiert sowie deren Aufbau, Struktur und Vorkommen vorgestellt. Anschließend werden physiologische Funktionen und Mangelerscheinungen, die bei einem Defizit entstehen, erläutert. Im darauffolgenden Teil werden aktuelle Verzehrsempfehlungen im internationalen Vergleich präsentiert.

#### **2.1.1 Definition und Aufbau**

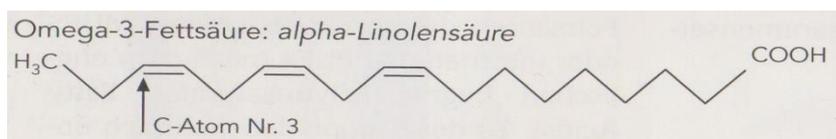
Die Omega-3-Fettsäure ist Bestandteil eines Fettmoleküls (Hamm & Neuberger, 2018, S. 9f). Hamm & Neuberger erklären die Struktur und den Aufbau weiterhin wie folgt: Ein Fettmolekül oder auch Triglyzerid besteht aus drei Fettsäuren, die mit dem Alkohol Glycerin verbunden sind. Die jeweilige Fettsäure-Zusammensetzung variiert in ihrer Kettenlänge und dem Sättigungsgrad welche die Qualität und Eigenschaften eines Fettmoleküls bestimmt. Der grundsätzliche Aufbau einer Fettsäure setzt sich aus einer Kette aus Kohlenstoff-(C) und Wasserstoffatomen (H) zusammen, an deren Ende sich eine sauerstoffhaltige Carboxylgruppe (-COOH) mit Säureeigenschaft befindet. In Abhängigkeit von der Anzahl der C-Atome wird eine Fettsäure als kurz-, mittel- oder langkettig bezeichnet. Der Sättigungsgrad ergibt sich aus dem Vorhandensein und der Anzahl von Doppelbindungen. Unterschieden werden gesättigte Fettsäuren ohne eine Doppelbindung, einfach ungesättigte Fettsäuren mit nur einer Doppelbindung und die mehrfach ungesättigten Fettsäuren mit zwei oder mehr

Doppelbindungen (ebd.). Die Omega-3-Fettsäuren gehören mit ihren n3-Doppelbindungen<sup>1</sup> zu der Fettsäurefamilie der alpha-Linolensäure (Schenk, 2013, S. 57). Sie sind essentielle, mehrfach ungesättigte Fettsäuren mit mindestens 18 C-Atomen (Hamm & Neuberger, 2018, S. 12). Omega steht für den letzten Buchstaben im griechischen Alphabet und beschreibt das letzte C-Atom am Methylende (CH<sub>3</sub>) der Fettsäurekette. Alle Fettsäuren, deren erste Doppelbindung vom Methylende aus am dritten Kohlenstoffatom sitzen, zählen zur Familie der Omega-3-Fettsäuren (ebd.). Da der menschliche Organismus selbst keine Doppelbindungen zwischen der n9-Doppelbindung und dem Methylende einfügen kann, sind die Omega-3-Fettsäuren somit essentiell und müssen über die Nahrung aufgenommen werden (Schenk, 2013, S. 57).

### Die Omega-3-Fettsäuren

Im Folgenden werden die drei Omega-3-Fettsäuren (a) alpha-Linolensäure (ALA), (b) Eicosapentaensäure (EPA) und (c) Docosahexaensäure (DHA) vorgestellt.

(a) *alpha-Linolensäure (ALA)*



**Abb. 1: Chemische Struktur der alpha-Linolensäure** (Hamm & Neuberger, 2018, S. 11)

Die alpha-Linolensäure ist eine dreifach ungesättigte Fettsäure mit 18 Kohlenstoffatomen (Kurzbeschreibung 18:3 n-3). Der menschliche Organismus kann diese essentielle Fettsäure nicht selbst synthetisieren und muss sie deshalb mit der Nahrung aufnehmen (Schenk, 2013, S. 56f). Die alpha-Linolensäure kommt besonders viel in pflanzlichen Ölen wie Lein-, Raps- oder Walnussöl vor (vgl. Tab. 1, S. 11) (Schenk, 2013, S. 56). „*Portulak, ein Wildgemüse, dessen Blätter als Salat gegessen werden, ist die reichste Quelle für Linolensäure, die bisher bekannt ist*“ (Biesalski et al., 2018, S. 128). Durch Kettenverlängerungen und dem Einfügen von Doppelbindungen wird die alpha-Linolensäure weiter in die höher ungesättigten Fettsäuren (Folgeprodukte) Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) verstoffwechselt. Die Wirkmechanismen der alpha-Linolensäure verhalten sich komplementär zur

<sup>1</sup> n gibt die Ziffer der Position der ersten Doppelbindung vom Methylende der Kohlenstoffkette aus an (Schenk, 2013, S. 57)

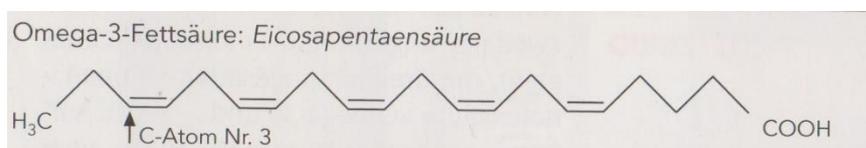
essentiellen Linolsäure (Omega-6-Fettsäure), konkurriert jedoch bei der Verstoffwechslung mit ihr um dieselben Enzyme (Schenk, 2013, 57).

**Tab. 1: Alpha-Linolensäuregehalt ausgewählter Lebensmittel** (LykonDX, 2018)

Lebensmittel	alpha-Linolensäuregehalt in mg / 100 g	Lebensmittel	alpha-Linolensäuregehalt in mg / 100 g
Leinöl	52800	Sojaöl	7700
Walnussöl	12200	Olivenöl	855
Walnüsse	10172	Pekannuss	757
Rapsöl	8584	Avocados	111

*Beschreibung: Pflanzliche Öle, Pflanzen und Nüsse besitzen einen hohen Gehalt an alpha-Linolensäure. Die Werte können je nach Herkunft, Produktion und Herstellung schwanken.*

*(b) Eicosapentaensäure (EPA)*



**Abb. 2: Chemische Struktur der Eicosapentaensäure** (Hamm & Neuberger, 2018, S. 11)

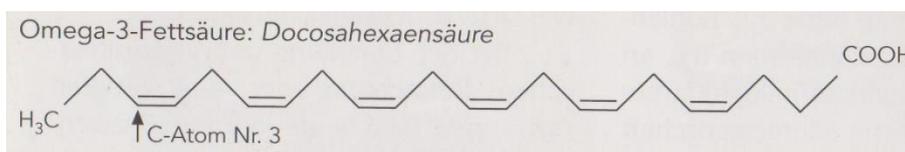
Die fünffach ungesättigte Fettsäure mit einer Kettenlänge von 20 Kohlenstoffatomen (Kurzbeschreibung 20:5 n-3) kann sowohl aus der alpha-Linolensäure synthetisiert als auch über die Nahrung aufgenommen werden (Schenk, 2013, S. 56f). Aufgrund dessen wird sie nicht als essentielle Fettsäure bezeichnet. Die Eicosapentaensäure ist ein Vorläufer von Gewebshormonen sogenannten Eicosanoiden (Hamm & Neuberger, 2018, S. 13). Dazu zählen die Prostaglandine und Thromboxane der 3er-Reihe sowie der Leukotriene der 5er-Reihe. Auf eine ausführliche Beschreibung der Eicosanoide als Derivate der Omega-3-Fettsäuren wird in Kapitel 2.1.2 eingegangen. Besonders reich an EPA sind vor allem Kaltwasserfische wie Hering, Makrele oder Lachs sowie daraus hergestellte Fischöle (vgl. Tab. 2, S. 12).

**Tab. 2: Eicosapentaensäure- und Docosahexaensäuregehalt in ausgewählten Fisch- und Muschelarten (FAO, 2018)**

100 g Fisch/Muschel	EPA in mg	DHA in mg	100 g Fisch/Muschel	EPA in mg	DHA in mg
Garnele	68	70	Miesmuschel	188	253
Gelbflossen-Thun	12	88	Venusmuschel	43	64
Lachs (gezüchtet)	862	1104	Aal	84	63
gekochter Wels (gezüchtet)	20	69	Hering	709	862
Seebarsch	161	434	Makrele	898	1401
Kabeljau	64	120	Nilbarsch	79	174

*Beschreibung: Ausgewählte Fischarten und Meeresfrüchte und deren Gehalt an Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure. Die Werte können je nach Herkunft, Produktion und Herstellung schwanken.*

### (c) Docosahexaensäure (DHA)

**Abb. 3: Chemische Struktur der Docosahexaensäure (Hamm & Neuberger, 2018, S. 11)**

Die sechsfach ungesättigte Fettsäure ist ebenfalls ein Folgeprodukt der alpha-Linolensäure und gilt folglich auch nicht als essentiell (Schenk, 2013, S. 56f). Die Docosahexaensäure kann wie EPA in direkter Form über Fisch und Fischöle aufgenommen werden (Hamm & Neuberger 2018, S. 13). Genaue Angaben zum Docosahexaensäuregehalt ausgewählter Fischarten und Meeresfrüchte können in der Tabelle 2 (S. 12) nachgelesen werden. DHA spielt für die Entwicklung des menschlichen Gehirns eine wichtige Rolle als bedeutende Komponente der Lipide des Hirngewebes (Biesalski et al., 2018, S. 129).

## 2.1.2 Aufnahme und physiologische Funktionen

Die aus pflanzlichen Ölen wie Leinöl aufgenommene alpha-Linolensäure wird zu Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure verstoffwechselt (Biesalski et al., 2018, S. 128). Die Umwandlung findet mittels Elongierung<sup>2</sup> und Desaturierung<sup>3</sup> überwiegend in den Leukozyten und der Leber des Menschen statt (ebd.). Da die Omega-3- und Omega-6-Fettsäure um

<sup>2</sup> Elongierung: eine Kettenverlängerung um jeweils zwei C-Atome (Hamm & Neuberger 2018, S. 19)

<sup>3</sup> Desaturierung: die Einführung einer Doppelbindung (Hamm & Neuberger 2018, S. 19)

dieselben Enzyme (delta-5- und delta-6-Desaturasen) konkurrieren, stellen diese einen gewissen Engpass für die Produktion der höher ungesättigten Fettsäuren und den daraus entstehenden Eicosanoiden dar (Biesalski et al., 2018, S. 129; Hamm & Neuberger, 2018, S. 19). Demzufolge hängt die Konzentration der jeweiligen Fettsäuren im Blut ganz wesentlich von der Zufuhr über die Nahrung ab (Biesalski et al., 2018, S. 129). Eine nähere Erläuterung wird unter dem Kapitel 2.1.4 Omega-3-Fettsäure-Mangel beschrieben.

Die über die Nahrung direkt zugeführten Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA werden vom Darm resorbiert und über die Blutbahn zu den verschiedenen Organen und Geweben transportiert (Hamm & Neuberger, 2018, S. 18). Dort werden sie von den Körperzellen aufgenommen und in die Zellmembranen eingebettet. Die dort eingelagerten Fettsäuren stehen bei Bedarf jederzeit zur Verfügung und können für den weiteren Stoffwechsel verwendet werden (ebd.).

Die ALA und die daraus gewonnenen oder direkt aufgenommenen EPA und DHA sind beteiligt an verschiedenen Funktionen des Strukturaufbaus (z.B. des Hirngewebes) und der Organfunktionen (Biesalski et al., 2018, S. 125). Zudem stellen sie die Vorstufen von Gewebshormonen dar, die als Eicosanoide und Lipidmediatoren bezeichnet werden (Hamm & Neuberger, 2018, S. 18).

Die höher ungesättigten Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA sind funktioneller Bestandteil der Zellmembran und die Vorstufe für die Synthese der Eicosanoide, die in der Literatur auch als „gut“ bezeichnet werden (Hamm & Neuberger, 2018, S. 25; Biesalski et al., 2018, S. 133). „Die Bezeichnung Eicosanoide leitet sich ab von „eicosa“, dem griechischen Wort für zwanzig“ (Hamm & Neuberger, 2018, S. 26). Sie sind laut Hamm & Neuberger Verbindungen, die unter anderem aus 20 Kohlenstoffatomen bestehen und entsprechend aus den mehrfach ungesättigten Fettsäuren mit ebenso vielen C-Atomen synthetisiert werden. In diesem Zusammenhang sind besonders die beiden C-20-Fettsäuren Eicosapentaensäure (Omega-3) und Arachidonsäure (Omega-6) mit überwiegend antagonistischen Eigenschaften von Interesse (Biesalski et al., 2018, S. 132; Hamm & Neuberger, 2018, S. 26f). Unter der Bezeichnung der Eicosanoide werden die Prostaglandine und Leukotriene (aus Leukozyten) von den eben genannten Autoren zusammengefasst. Sie sind lokal wirksame Gewebeshormone und Stoffwechselprodukte von mehrfach ungesättigten Fettsäuren mit 20 C-Atomen. Die Prostaglandine werden in drei weitere Untergruppen unterteilt: Prostazykline (aus Gefäßendothelien), Prostaglandine (aus allen Geweben), und Thromboxane (aus Thrombozyten) (Biesalski et al., 2018, S. 132).

„Eicosanoide der 3-er Reihe sind Derivate von EPA. Dies sind Prostaglandin E3, Prostaglandin I3 (=Prostacyclin 3), Thromboxan A3, sowie Leukotriene der 5-er Reihe Leukotriene B5 (LTB5) und Leukotriene C5 (LTC5)“ (Henn, 2014, S. 24). Den aus EPA gebildeten sogenannten „guten“ Eicosanoiden werden die gesundheitsfördernden Eigenschaften wie Gefäßerweiterung, Blutgerinnungshemmung, Entzündungshemmung und Verringerung der Schmerzübertragung zugeschrieben (Hamm & Neuberger, 2018, S. 26). Den aus der Omega-6-Fettsäure Arachidonsäure (ARA) gebildeten Eicosanoide haben gegenteilige Effekte, die oft als gesundheitsnachteilig beschrieben werden. Eine gesundheitsschädliche Wirkung tritt jedoch nicht auf, wenn sich bei dem kompliziert abgestimmten hormonellen Reglersystem die beiden Fettsäuren und ihre Derivate die Waage halten. Das biochemische Gleichgewicht der gegensätzlichen Wirkungen „verspricht Gesundheit“ und kann über die Nahrungsaufnahme moduliert werden (ebd.).

Die Stoffwechselprodukte von EPA sowie von der Omega-6-Fettsäure Arachidonsäure (Gruppe-1-Prostanoide) wirken in ihren Funktionen kompetitiv zueinander (Biesalski et al., 2018, S. 132). Eine Mehraufnahme von EPA und DHA aus Fisch oder Fischöl führt aufgrund der Konkurrenz um dieselben Enzyme zu einer Verdrängung der ARA aus den Membranphospholipiden in fast allen Zellen. Dies hat zur Folge, dass vermehrt die Prostanoide und Leukotriene der EPA produziert werden, welche antithrombotische, antiatherogene, antihypertensive und antiinflammatorische Eigenschaften haben (Biesalski et al., 2018, S. 133).

**Tab. 3: Auswirkung bei einer Mehraufnahme von EPA und DHA aus Fisch oder Fischöl (Biesalski et al., 2018, S. 133)**

Reduzierte Bildung von Metaboliten der ARA	Vermehrte Bildung von Metaboliten der EPA und DHA
Thromboxan A2 (TXA2): steigert die Plättchenaggregation, Gefäßverengung und Bronchialverengung	Thromboxan A3 (TXA3): schwach hemmende Wirkung auf die Plättchenaggregation und Gefäßverengung
	Prostazyklin PGI3: führt zur Hemmung der Plättchenaggregation und Gefäßverengung
Leukotrien B4 (LTB4): fördert Entzündungsvorgänge und steigert die Adhäsion von Leukozyten	Leukotrien B5 (LTB5): wirkt entzündungshemmend und fördert Abwehrvorgänge

*Beschreibung: Auswirkung einer erhöhten Aufnahme von EPA und DHA und einer daraus resultierenden Mehrproduktion der Eicosanoide der 3er-Reihe*

Eine erhöhte Zufuhr der höher ungesättigten Omega-3-Fettsäuren führt aufgrund von Verdrängung zu einer Reduktion der Omega-6-Fettsäuren (Biesalski et al., 2018, S. 133). Der verminderte zelluläre Arachidonsäuregehalt führt folglich zu einer reduzierten Bildung der entzündungsfördernden LTB<sub>4</sub>. Da die aus EPA gewonnenen LTB<sub>5</sub> entzündungshemmend wirken, kann eine erhöhte Produktion gegenüber LTB<sub>4</sub> zu einer Funktionssteigerung des Immunsystems führen (ebd.).

Zudem haben die gefäßerweiternde Wirkung und die Hemmung der Plättchenaggregation eine blutgefäß- und herzschtzende Wirkung (Hamm & Neuberger, 2018, S. 36). Sie verringern das Zusammenklumpen der Blutplättchen und verbessern die Viskosität (Fließeigenschaft) des Blutes. Darüber hinaus kann eine ausreichende Versorgung der Omega-3-Fettsäuren den Herzrhythmus stabilisieren und Rhythmusstörungen (wie Vorhofflimmern) vorbeugen (Hamm & Neuberger, 2018, S. 29).

Als Bestandteil von Zellwänden können Omega-3-Fettsäuren durch die Erhöhung der Flexibilität zu einer verbesserten Membranfluidität und Zellfunktion führen (Rahbari & Geisenberger, 2015, S. 27). Ihr Einfluss auf das Remodeling<sup>4</sup> in den Gefäßwänden trägt außerdem zu einer Herabsenkung der arteriellen Wandsteifigkeit bei. Dies verbessert die Durchblutung und kann präventiv einer Endotheldysfunktion entgegenwirken (Biesalski et al., 2018, S. 683).

Darüber hinaus belegen eine Vielzahl von Studien, dass Omega-3-Fettsäuren und ihre Derivate durch die Beeinflussung des Lipoprotein-Stoffwechsels einen wesentlichen Einfluss auf den Fettstoffwechsel haben (Biesalski et al., 2018, S. 125; Hamm & Neuberger, 2018, S. 29). So können sie unter anderem eine erhöhte Konzentration von Triglyzeriden im Blut senken. Hierzu werden aktuelle Studien unter dem Kapitel 4.1 vorgestellt.

Die Docosahexaensäure hat keinen großen Einfluss auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Dennoch soll zum besseren Verständnis ihre Funktion kurz erläutert werden. Sie ist eine bedeutende Strukturkomponente des Gehirns, Nervensystems sowie der Netzhaut des Auges (Retina) (Biesalski et al., 2018, S. 129; Schek, 2013, S. 59). Besonders bei Heranwachsenden im Mutterleib sowie Säuglingen und Kleinkindern ist eine ausreichende Versorgung der DHA von Bedeutung. Als nicht unwesentlicher Bestandteil tragen diese zur Entwicklung des Gehirns sowie der Sehfunktion bei. Demnach haben sie Einfluss auf eine optimale geistige und motorische Entwicklung sowie das Sehvermögen bei Kindern (Hamm &

---

<sup>4</sup> Remodeling: Umbauvorgänge der Gefäßwand (Biesalski et al., 2018, S. 683)

Neuberger 2018, S. 23). Des Weiteren sind DHA Bestandteil von Strukturlipiden des Nervensystems und können somit die Signalübertragung bei Synapsen und die äußeren Segmente der Retina-Stäbchen beeinflussen (Schenk, 2013, S. 59).

Zusammenfassend haben Omega-3-Fettsäuren gerinnungshemmende, gefäßerweiternde, antiatherogene, blutdrucksenkende und entzündungshemmende Eigenschaften. Sie verbessern die Membranfluidität und Zellfunktion, reduzieren arterielle Wandsteifigkeit, senken erhöhte Triglyzeridwerte und tragen zu einer optimalen Entwicklung des Gehirns sowie der Sehfunktion bei. Sie fördern eine bessere Durchblutung, können den Herzrhythmus stabilisieren, einer Atherosklerose vorbeugen und somit das Risiko einer Herz-Kreislauf-Erkrankung reduzieren.

Der komplexe Stoffwechselweg dieser Fettsäuren bis zur Umsetzung der jeweiligen Metabolite und das Wirkungsausmaß der Eicosanoide machen es schwer, die positiven Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit wissenschaftlich genau zu bestimmen (Biesalski et al., 2018, S. 133). Ihre vielseitigen Funktionen und positiven Einflüsse können einen Einfluss auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen haben (Schenk, 2013, Seite 59). Wissenschaftlich ist dies jedoch nur teilweise belegt. Es fehlt an ausreichenden Beweisen mit hoher Evidenz. Auf den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand wird näher in Kapitel 4.1 Einfluss der Omega-3-Fettsäure auf kardiovaskuläre Erkrankungen eingegangen.

### **2.1.3 Aktuelle Zufuhrempfehlung der Omega-3-Fettsäure**

In dem folgenden Unterkapitel werden die aktuellen Zufuhrempfehlungen der Omega-3-Fettsäuren von verschiedenen internationalen Organisationen vorgestellt.

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) rät bei der Aufnahme von Fetten zu einer Bevorzugung pflanzlicher Öle, Margarine, Nüsse und fettem Fisch. Dies soll dazu beitragen, das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu senken. Rapsöl ist laut DGE nicht nur reich an alpha-Linolensäure, sondern hat ein günstiges Verhältnis von Omega-3- zu Omega-6-Fettsäuren. Ebenfalls reich an Omega-3-Fettsäuren sind Walnuss-, Lein- und Sojaöl (DGE, 2018a). Als Orientierungswerte zum Fischverzehr für Erwachsene gibt die DGE an, eine Portion (80-150 g) Seefisch (wie Kabeljau oder Rotbarsch) und eine Portion (70 g) fettreichen Fisch (wie Lachs, Makrele oder Hering) wöchentlich zu sich zu nehmen. Die zuvor genannten pflanzlichen Öle sollten in einer täglichen Menge von 10 bis 15 Gramm aufgenommen werden (DGE, 2018b).

**Tab. 4: Empfohlene tägliche Zufuhr essentieller Fettsäuren laut DGE (DGE, 2018c)**

Empfohlene tägliche Zufuhr essentieller Fettsäuren (Quelle: DGE 2018)			
Alter	Richtwerte für die Zufuhr	Empfohlene Zufuhr	
	Fett % der Energie	Essentielle Fettsäuren % der Energie	
		Linolsäure (n-6)	$\alpha$ - Linolensäure (n-3)
<b>Säuglinge</b>			
0 bis 4 Monate	45-50	4,0	0,5
4 bis unter 12 Monate	35-45	3,5	0,5
<b>Kinder</b>			
1 bis unter 4 Jahre	30-40	3,0	0,5
4 bis unter 7 Jahre	30-35	2,5	0,5
7 bis unter 10 Jahre	30-35	2,5	0,5
10 bis unter 13 Jahre	30-35	2,5	0,5
13 bis unter 15 Jahre	30-35	2,5	0,5
<b>Jugendliche und Erwachsene</b>			
15 bis unter 19 Jahre	30	2,5	0,5
19 bis unter 25 Jahre	30	2,5	0,5
25 bis unter 51 Jahre*	30	2,5	0,5
51 bis unter 65 Jahre	30	2,5	0,5
65 Jahre und älter	30	2,5	0,5
* Schwangere und Stillende sollten im Durchschnitt mindestens 200 mg Docosahexaensäure/Tag zuführen.			

*Beschreibung: Die laut DGE aktuelle Zufuhrempfehlung der essentiellen Linolsäure (Omega-6) und alpha-Linolensäure (Omega-3) angegeben in Prozentanteil der Gesamtenergiezufuhr.*

Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) empfiehlt auf ihrer Seite eine tägliche Zufuhr von 250 Milligramm EPA und DHA. Dies soll zu einem optimalen Schutz vor bestimmten Erkrankungen wie koronare Herzerkrankungen beitragen. Eine Zufuhr von 150 Milligramm EPA und DHA pro Tag soll im frühen Kindesalter ausreichen, um eine optimale Entwicklung des Gehirns zu gewährleisten. Des Weiteren spricht die FAO sich gegen die Supplementierung mit beispielsweise Fischölkapseln für eine optimierte Omega-3-Zufuhr aus. Die Supplemente enthalten oft mehr Mengen als täglich benötigt werden. Vielmehr sollen natürliche Lebensmittelquellen, die reich an Omega-3-Fettsäuren sind, bevorzugt werden. Mehrere von der FAO untersuchten Studien haben gezeigt, dass die Zufuhr von Omega-3-Fettsäuren aus Fisch größere Vorteile für die Gesundheit bringen als

Omega-3-Supplemente. Nach aktuellem Kenntnisstand sollte das Omega-6-/3-Fettsäureverhältnis 5:1 betragen (FAO, 2018).

In dem von der FAO erstellten Food and Nutrition Paper 91 von 2010 werden genaue Angaben zu den Fettsäuren in der Humanernährung gemacht. Um Mangelerscheinungen vorzubeugen, sollte für Erwachsene die Gesamtaufnahme von Omega-3-Fettsäuren zwischen 0,5-2 Prozent der Gesamtenergiezufuhr und die Zufuhr von alpha-Linolensäure zwischen 0,5-0,6 Prozent der Gesamtenergiezufuhr liegen. Für erwachsene Männer und nicht-schwangere Frauen wird eine tägliche Zufuhr von 0,25 – 2 Gramm EPA und DHA empfohlen. Schwangere sollten täglich zusätzlich 0,3 Gramm EPA und DHA zu sich nehmen, wovon 0,2 Gramm pro Tag DHA sein sollten. Die Expertengruppe der FAO erklärt in mehreren Studien, dass eine erhöhte Zufuhr von 3 Gramm Omega-3-Fettsäuren pro Tag kardiovaskuläre Risikofaktoren reduzieren können (besonders aus marinen Quellen). Keine Studie hat einen nachteiligen Effekt einer erhöhten Zufuhr feststellen können (FAO, 2010).

Die Europäische Gesellschaft für Kardiologie (ESC) erwähnt in ihrer 2016 erstellten Richtlinie zur Prävention von kardiovaskulären Erkrankungen, dass ein bis zweimal die Woche Fisch und einmal davon fettreicher Fisch gegessen werden sollte. Aus den von der ESC analysierten Studien ging hervor, dass eine tägliche Zufuhr von 30 Gramm Nüssen und/oder der Verzehr von mindestens einmal Fisch pro Woche das Risiko für eine kardiovaskuläre Erkrankung reduzieren kann (Piepoli et al., 2016, S. 34).

In ihrem Report von 2017 schlägt das Gremium der European Food Safety Authority (EFSA) vor, eine angemessene Zufuhr von alpha-Linolensäure von 0,5 Prozent der Gesamtenergiezufuhr festzulegen (vgl. Tab. 5, S. 19). Der Wert bezieht sich auf die niedrigste geschätzte mittlere Aufnahme der verschiedenen Bevölkerungsgruppen aus einer Reihe europäischer Länder, in denen keine auffällig erhöhten alpha-Linolensäure-Mangelerscheinungen vorliegen. Die in dem Report analysierten Interventionsstudien haben vorteilhafte Wirkungen der Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA auf kardiovaskuläre Risikofaktoren gezeigt. Diese äußern sich durch die Reduktion der Triglyzerid-Konzentrationen im Plasma sowie der Thrombozytenaggregation und des Blutdrucks. Diese Effekte wurden bei einer Aufnahme von einem Gramm pro Tag beobachtet. In Bezug auf kardiovaskuläre Erkrankungen deuten prospektive, epidemiologische und diätetische Interventionsstudien aus dem Report darauf hin, dass der Verzehr von fettreichem Fisch oder Omega-3 Nahrungsergänzungen (entsprechend einer Dosis von 250 bis 500 mg EPA und DHA täglich) das Mortalitätsrisiko durch koronare Herzkrankheit (KHK) und plötzlichen

Herztod senkt. Eine Einnahme von 250 Milligramm Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure pro Tag scheint bei gesunden Probanden zur Primärprävention ausreichend zu sein. Basierend auf diesen kardiovaskulären Überlegungen schlägt das Gremium vor, eine angemessene Zufuhr von 250 Milligramm Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure für Erwachsene festzulegen. Während der Schwangerschaft sollten zusätzlich 100 bis 200 Milligramm vorgebildete Docosahexaensäuren eingenommen werden, um oxidative Verluste von mütterlicher Diät-Docosahexaensäure und Akkumulation von Docosahexaensäure in Körperfett des Fötus/Säuglings auszugleichen. Für ältere Säuglinge (> 6 Monate) und junge Kinder unter 24 Monaten hält das Gremium eine Zufuhr von 100 Milligramm Docosahexaensäure für angemessen. Ernährungsempfehlungen für Kinder (2-18 Jahre) sollten mit den Empfehlungen für die erwachsene Bevölkerung übereinstimmen (EFSA, 2017).

**Tab. 5: Empfohlene tägliche Zufuhr von Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren laut EFSA (EFSA, 2017)**

Empfohlene tägliche Zufuhr von Fettsäuren (Quelle: EFSA 2017)				
Alter	Linolsäure in E%*	alpha- Linolensäure in E%*	EPA und DHA in mg/d	DHA in mg/d
7 bis 11 Monate	4	0,5		100
1 Jahr	4	0,5		100
2 bis 3 Jahre	4	0,5	250	
4 bis 6 Jahre	4	0,5	250	
7 - 10 Jahre	4	0,5	250	
11 - 14 Jahre	4	0,5	250	
15 - 17 Jahre	4	0,5	250	
≥18 Jahre	4	0,5	250	
Schwangere sollten zusätzlich 100 bis 200 mg DHA zu sich nehmen				
*Prozentanteil der Energiezufuhr				

*Beschreibung: Von der EFSA täglich empfohlene Zufuhr der essentiellen Fettsäuren Linolsäure (Omega-6) und alpha-Linolensäure (Omega-3) angegeben in Prozentanteil der Gesamtenergiezufuhr. Sowie die täglich empfohlene Zufuhr von EPA und DHA in mg/d.*

#### 2.1.4 Omega-3-Fettsäure-Mangel

Da die mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Fettgewebe gespeichert werden können, tritt ein Mangel bei einer ausgewogenen Ernährung und normaler Körperfunktion eher selten auf (Schek, 2014, S. 61). Besonders die Membranphospholipide dienen der Omega-3-Fettsäure als Vorstufe der Synthese von Eicosanoiden und als ein wichtiger Speicher (Schmidt &

Bayer, 2013, S. 57). Die Eigensynthese der höher ungesättigten Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA ist zwar möglich, jedoch verläuft diese beim Menschen sehr langsam und ist unter manchen Umständen nicht immer ausreichend, um den benötigten Bedarf zu decken (Schmidt & Bayer, 2013, S. 55; Hamm & Neuberger 2018, S. 20). Besonders Vegetarier und Veganer, die auf den Verzehr von Fisch verzichten, beziehen EPA und DHA nur aus der Synthese von der alpha-Linolensäure (Henn, 2014, S.16). Ein Mangel an Omega-3-Fettsäuren kann auch durch einen erhöhten Verzehr der Omega-6-Fettsäuren verursacht werden (Hamm & Neuberger, 2018, S. 19). Dabei werden die Omega-3-Fettsäuren aufgrund der Konkurrenz um dieselben Enzyme für die Verstoffwechslung verdrängt. Auch eine Hemmung der Enzyme für die Synthese von EPA und DHA kann einen Mangel verursachen (Henn, 2014, S. 22; Hamm & Neuberger, 2018, S. 19). Eine gut funktionierende Enzymaktivität der Desaturasen und Elongasen ist abhängig von einer ausreichenden Konzentration an Cofaktoren wie Zink, Magnesium, Vitamin C und möglicherweise Vitamin B6 (ebd.). Demnach hängt die Konzentration der essentiellen Fettsäuren im Blut und in den Geweben ganz wesentlich von der Ernährung ab (Biesalski et al., 2018, S. 128). Weitere Faktoren einer verminderten Produktionsaktivität können genetische Veranlagung, höheres Lebensalter, hohe Aufnahme gesättigter Fettsäuren und Alkoholmissbrauch sein (Hamm & Neuberger, 2018, S. 19). Das kann zu gesundheitlichen Defiziten führen, wie Schek treffend beschreibt: *„Als Folge eines Defizits kommt es im Wesentlichen zu Änderungen der Membranzusammensetzung und -eigenschaften. Ein Mangel an Linolensäure geht einher mit Sehstörungen, Muskelschwäche, Zittern, Störungen der Oberflächen- und Tiefensensibilität sowie Depressionen. Eine ausreichende Zufuhr von Linolensäure ist vor allem während der Entwicklungsphase des Nervensystems wichtig“* (Schek, 2013, S. 61).

Menschen, die vermehrt ALA-reiche Öle und/oder EPA und DHA direkt aus dem regelmäßigen Verzehr von Fisch aufnehmen, haben deutlich höhere Plasma- und Gewebekonzentrationen dieser Fettsäuren als Vegetarier, die auf den Verzehr von tierischen Produkten und Fisch verzichten (Biesalski et al., 2018, S. 128).

Bei der Supplementierung mittels Fischölkapseln sollte erwähnt werden, dass höher ungesättigte Fettsäuren sehr oxidationsempfindlich sind und deshalb nicht unbedingt immer die Mengen liefern, die sie versprechen. Eine zusätzliche Tocopherolsubstitution (Vitamin E) bietet einen Oxidationsschutz (Biesalski et al., 2018, S. 133f).

Um einen Stoffwechsellengpass durch die zuvor beschriebenen Einschränkungen zu umgehen, sollten die höher ungesättigten Fettsäuren EPA und DHA auch direkt über die Nahrung wie Seefisch, Fischöl oder Mikroalgen zugeführt werden (Hamm & Neuberger, 2018, S. 20). Sie sind biologisch aktiver als die alpha-Linolensäure, da EPA und DHA entweder in ihrer direkten Wirkform als beispielsweise Baustein für das Gehirngewebe vorliegen oder näher am Stoffwechsel der Eicosanoide und ihren biologischen Zielfunktionen sind als die alpha-Linolensäure (Hamm & Neuberger, 2018, S. 21).

## 2.2 Herz-Kreislauf-Erkrankungen

In diesem Teil der Grundlagen werden kardiovaskuläre Erkrankungen selbst sowie deren Ursachen und Folgen definiert. Des Weiteren sollen die mit Omega-3-Fettsäuren in Verbindung stehenden kardiovaskulären Risiken und Erkrankungen vorgestellt werden.

### 2.2.1 Definition

*„Als kardiovaskuläre Erkrankungen werden Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems bezeichnet. Sie gehen vom Gefäßsystem und/oder vom Herzen aus und haben als gemeinsame pathologische Ursache die Atherosklerose. Zu diesen Erkrankungen zählen: Bluthochdruck (arterielle Hypertonie), periphere arterielle Verschlusskrankheit (PAVK), koronare Herzkrankheit (KHK), Herzinfarkt, Schlaganfall“* (FHchol Austria, 2018).

In vielen Fällen wird eine koronare Herzkrankheit durch Atherosklerose verursacht (Biesalski et al., 2018, S. 697). Häufige Folgen sind die stabile Angina pectoris oder das akute Koronarsyndrom (ACS), das zum plötzlichen Herztod führen kann. Zum ACS gehören instabile Angina pectoris, Nicht-ST-Hebungsinfarkt (NSTEMI) und ST-Hebungsinfarkt (STEMI) (ebd.).

Maßgebliche Faktoren für eine Begünstigung des Entstehens einer Herz-Kreislauf-Erkrankung sind eine ungesunde Ernährung<sup>5</sup>, Bewegungsmangel, Adipositas, Diabetes mellitus und übermäßiger Alkohol- und Nikotinkonsum (Biesalski et al., 2018, S. 698). Diese Faktoren sind häufig im Lebensstil der Menschen in westlichen Industrieländern vorzufinden (ebd.).

---

<sup>5</sup> Ungesunde Ernährung: eine fettreiche, kalorienreiche und ballaststoffarme Ernährung (Biesalski et al., 2018, S. 698)

Das metabolische Syndrom ist eine Kombination verschiedener Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. „Der griechische Begriff „metabolisch“ bedeutet stoffwechselbedingt“ (Hamm & Neuberger, 2018, S. 40). Dazu zählen Fettstoffwechselstörungen mit erhöhten Blutfettwerten, Bluthochdruck, Übergewicht mit zu viel Bauchfett und Typ-2-Diabetes (Hamm & Neuberger, 2018, S. 40).

Erhöhte Triglyzerid- und LDL-Cholesterinwerte im Blut (Hypercholesterinämie oder Hyperlipoproteinämie) sowie Bluthochdruck begünstigen die Entstehung einer Atherosklerose und dies kann zur Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen wie der koronaren Herzkrankheit (KHK), Herzinfarkt oder Schlaganfall führen (Hamm & Neuberger, 2018, Seite 43ff). Durch Störungen des Lipidstoffwechsels und vermehrter Körperfettmasse kann es nach Biesalski et al. zu Schädigungen der Endothelschicht<sup>6</sup> kommen. So werden schon frühzeitig atherosklerotische Schädigungen verursacht (Biesalski et al., 2018, S. 698). Bei etwa 70 Prozent der Patienten mit einer koronaren Herzkrankheit konnte eine Fettstoffwechselstörung festgestellt werden (Biesalski et al., 2018, S. 699).

Die bei Adipositas häufig zu beobachtende Funktionsstörung des Endothels (endotheliale Dysfunktion) umfasst die Funktionsbereiche der Regulation der Gefäßweite, Gefäßpermeabilität und Hemmung der Thrombozytenaggregation. Sie ist meist eine Frühform der Atherosklerose (Biesalski et al., 2018, S. 698).

Für die Abschätzung eines 10-Jahres-Risikos für ein tödliches kardiovaskuläres Ereignis hat die Europäische Gesellschaft für Kardiologie (ESC) das sogenannte SCORE-System erstellt. Für eine Abschätzung werden die Parameter Geschlecht, Alter, Rauchverhalten, Gesamtcholesterin und Blutdruck herangezogen und können für jeden Menschen individuell ausgewertet werden (Biesalski et al., 2018, Seite 698).

### **2.2.2 Mit Omega-3-Fettsäure in Verbindung stehende kardiovaskuläre Erkrankungen und Risiken**

In diesem Kapitel werden die mit Omega-3-Fettsäuren in Verbindung stehenden kardiovaskulären Risiken und Erkrankungen anhand der Fachliteratur „Omega-3 aktiv – Gesundheit aus dem Meer“ von Hamm und Neuberger aus dem Jahr 2018 sowie der zu dem Thema gefundenen aktuellen Literatur erläutert.

---

<sup>6</sup> Endothelschicht: innerste Lage der Gefäßwand (Biesalski et al., 2018, S. 698)

In weltweit mehr als 17.000 wissenschaftlichen Arbeiten untersuchten Forscher den gesundheitlichen Nutzen der höher ungesättigten Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA in der Primär- und Sekundärprävention (Hamm & Neuberger, 2018, S. 31). Neben dem positiven Einfluss auf kognitive und neuromuskuläre Funktionen sowie auf die Sehleistung und verhindern von Entzündungen, erläutern Hamm & Neuberger in ihrer Literatur ausführlich die vielseitig positiven Effekte der Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen (Hamm & Neuberger, 2018, S. 80).

### **Fettstoffwechselstörung (kardiovaskuläres Risiko)**

Unter einer Fettstoffwechselstörung versteht man in der Regel eine Dyslipoproteinämie oder Hyperlipoproteinämie (Biesalski et al., 2018, S. 671). Diese bedeuten ein Missverhältnis von HDL (High-Density-Lipoprotein) und LDL (Low-Density-Lipoprotein) und erhöhte Konzentration von Lipoproteinen im Blut. Störungen des Fettstoffwechsels können zum einen auf einem genetischen Hintergrund (z.B. Störung der Transportproteine oder Enzyme des Fettstoffwechsels) beruhen oder durch die Ausprägung des Lebensstils und Ernährung beeinflusst werden (ebd.).

Zuviel des „schlechten“ LDL-Cholesterin führt dazu, dass überschüssiges Cholesterin sich leicht an den Gefäßwänden ablagert und eine Verengung sowie Verhärtung der Gefäße verursacht (Hamm & Neuberger, 2018, S. 45). Dies kann einen Schlaganfall oder Myokardinfarkt zur Folge haben (ebd.). Erhöhte Triglyzerid- und LDL-Cholesterinwerte sind ein wissenschaftlich erwiesener Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und begünstigen die Entstehung einer Atherosklerose (Hamm & Neuberger, 2018, S. 43). Omega-3-Fettsäuren können durch Hemmung der Fettsäuresynthese und durch die Stimulation der Lipoproteinlipase mit verstärktem VLDL-Abbau (Very-Low-Density-Lipoprotein) zu einer Senkung erhöhter Cholesterinwerte führen (Biesalski et al., 2018, S. 683).

Hamm & Neuberger (2018) erwähnen mehrere Studien, die eine Wirkung der Zugabe von Omega-3-Fettsäuren marinen Ursprungs und/oder entsprechende Nahrungsergänzungsmitteln (Kapseln mit Fischöl, Krillöl oder EPA/DHA-Mikroalgenöl) belegen. In allen Studien wurden positive Veränderungen der Blutfettwerte festgestellt. Dabei wurde gezeigt, dass eine erhöhte Omega-3-Aufnahme zu einer verminderten Produktion von Triglyceriden und zu einer Erhöhung des „guten“ HDL-Cholesterin führen kann. Die klinischen Studien beweisen, dass bei einem Gramm Omega-3-Fettsäuren pro Tag, die Triglyzeridwerte sich um 25 bis 30 Prozent senken ließen (Hamm & Neuberger,

2018, S. 43f). Auch in dem aktuellen Buch „Ernährungsmedizin“ von Biesalski et al. wird eine dosisabhängige Senkung der Triglyzeride von 25 – 30 Prozent bei einer täglichen Aufnahme von 1,5 – 3 Gramm von Omega-3-Fettsäuren aus fettreichem Fisch bestätigt. Bei einer sehr hohen Dosis von 5 – 6 Gramm/Tag wurden sogar Triglyzeridabfälle von bis zu 60 Prozent beobachtet ((Biesalski et al., 2018, S. 683).

### **Adipositas (kardiovaskuläres Risiko)**

Übergewicht ist ein anerkannter Risikofaktor für die Entstehung einer Herz-Kreislauf-Erkrankung (Biesalski, 2018, S. 698). Neben der LDL-Cholesterin- und Triglyzerid-senkenden Wirkung von Omega-3-Fettsäuren erwähnen Hamm & Neuberger (2018), dass EPA und DHA auch zu einer Normalisierung des Blutzucker-Insulinstoffwechsels beitragen können. Bei einem gut funktionierenden Blutzucker-Insulin-Haushalt benötigt der Körper weniger Insulin und verbrennt mehr Fett. Dies kann einer Entstehung von Übergewicht vorbeugen oder auch zu einer Gewichtsreduktion beitragen (Hamm & Neuberger, 2018, S. 85).

### **Durchblutungsstörung (kardiovaskuläres Risiko)**

Bei einer Durchblutungsstörung ist der Blutfluss in den Gefäßen eingeschränkt (Hamm & Neuberger, 2018, S. 46). Eine Verengung oder Verstopfung der Blutgefäße wird beispielsweise durch eine Arterienverkalkung (Atherosklerose) ausgelöst. Durch eine Durchblutungsstörung verursachter Gefäßverschluss am Herzen kann einen Herzinfarkt zur Folge haben. Wenn es das Gehirn betrifft kann es zu einem Schlaganfall führen (ebd.).

Die aus den Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA gebildeten Eicosanoide können einen positiven Einfluss auf eine gute Durchblutung nehmen, wie die Studie von Reinders et al. (2015) belegt. Sie erhöhen die Verformbarkeit der Erythrozyten und verbessern die Blutviskosität. Die dadurch erhöhte Fließfähigkeit des Blutes verbessert auch die Durchblutung in den kleinen Gefäßen. Zudem können höhere Konzentrationen von EPA und DHA zu einer Reduktion arterieller Steifheit führen und vor einer Endotheldysfunktion schützen (Reinders et al., 2015). Derivate von EPA hemmen das blutdrucksteigernde Hormon Thromboxan A2 und senken den Blutdruck (Hamm & Neuberger, 2018, S. 46). Außerdem ist Übergewicht ein wesentlicher kardiovaskulärer Risikofaktor. Auch durch ihren Beitrag zur Senkung der Blutfettwerte und Verminderung der Leukotrien-B4-Bildung (ein Stoff, der Entzündungen verstärkt) können sie die Durchblutung positiv beeinflussen (ebd.).

### **Herzrhythmusstörungen (Arrhythmien) (kardiovaskuläres Risiko)**

Arrhythmien sind Unregelmäßigkeiten des normalen Herzschlags, die sich in kurzen Unterbrechungen, Geschwindigkeitsveränderungen oder zusätzlichen Herzschlägen äußern können (Hamm & Neuberger, 2018, S. 48). In vielen Fällen sind sie harmlos (ebd.). Gefährliche Herzrhythmusstörungen wie Kammerflimmern jedoch führen, wie Hamm & Neuberger beschreiben dazu, dass der Körper nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt wird. Dies kann wiederum häufig zu einem plötzlichen Herztod führen: *„Omega-3-Fettsäuren lagern sich beispielsweise an bestimmte Bereiche der Ionenkanäle in den Zellmembranen der Herzmuskelzellen an, die die Erregung der Herzmuskelfasern steuern. Die Fettsäuren verringern die Erregbarkeit an den Kanälen und verhindern das Kammerflimmern“* (Hamm & Neuberger, 2018, S. 48).

Die Fettsäuren EPA und DHA sollen ebenfalls einen schützenden Effekt auf Vorhofflimmern haben (Hamm & Neuberger, 2018, S. 49). Bei einem Vorhofflimmern schlagen die oberen zwei Herzkammern zu schnell und führen zu einem abnormalen Herzrhythmus. Dies macht sich häufig bemerkbar durch unangenehmes Herzklopfen und Atemlosigkeit. Wenn das Blut nicht mehr aus dem Herzen gepumpt wird besteht die Gefahr eines Blutgerinnsels, dass sich in einer Arterie im Hirn ablagern und einen Schlaganfall verursachen kann (ebd.). Die von Hamm & Neuberger vorgestellten Studien zeigen unter anderem, dass bei Menschen, die ein- bis viermal pro Woche Omega-3-reichen Fisch essen, die Wahrscheinlichkeit eines Vorhofflimmerns um fast ein Drittel reduziert werden kann. Die Ergebnisse dieser wissenschaftlichen Studien sind allerdings nicht eindeutig insbesondere in der Primärprävention. Viele Untersuchungen wurde mit bereits erkrankten Menschen mit schweren Herzrhythmusstörungen durchgeführt und Omega-3-Fettsäuren als Ergänzungsmittel auch neben anderen Therapieformen eingesetzt (Hamm & Neuberger, 2018, S. 49f).

### **Bluthochdruck (Hypertonie) (kardiovaskuläre Erkrankung)**

Die arterielle Hypertonie wird in mehreren Quellen sowohl als kardiovaskuläre Erkrankung als auch kardiovaskuläres Risiko beschrieben.

Eine arterielle Hypertonie liegt dann vor, wenn mehrere Blutdruckmessungen Werte über 140/90 mmHg ergeben (Hamm & Neuberger, 2018, S. 45). Bluthochdruck ist ein Risikofaktor für Arteriosklerose, Herzinfarkt und Schlaganfall. Die blutdrucksenkenden Wirkungen von Omega-3-Fettsäuren werden auf Grunde ihrer muskelentspannenden sowie blutgefäß-erweiternden Effekte erklärt. Hamm und Neuberger beschreiben die Omega-3-Zufuhr bei

Bluthochdruck als dosisabhängig wirksam. Eine ausreichende Zufuhr der Fettsäuren EPA und DHA in Kombination mit einer natriumarmen und kaliumreichen Diät soll sich besonders positiv auf den Blutdruck auswirken (ebd.).

### **Blutgerinnsel (Thrombosen) (kardiovaskuläres Risiko)**

Die aus marinen Quellen stammenden Omega-3-Fettsäuren EPA hemmen das Zusammenklumpen von Erythrozyten und somit die Bildung von Blutgerinnsel (Thrombosen) (Hamm & Neuberger, 2018, S. 46). Eine Thrombose ist der Verschluss von Arterien, Venen oder Herzhöhlen durch ein Blutgerinnsel (sog. Thrombus) (Heinrich, Müller, Graeve, 2014, S. 877). Ursachen dafür können unter anderem eine Schädigung der Gefäßwand oder eine erhöhte Gerinnungsneigung des Blutes aufgrund einer veränderten Blutzusammensetzung sein. Die arterielle Thrombose wird durch eine Schädigung der Gefäßwand verursacht und kann in den Herzkranzgefäßen einen Herzinfarkt auslösen. Eine Atherosklerose wird meist durch Ablagerungen an den Gefäßwänden hervorgerufen (ebd.).

Die Metabolite von EPA haben antithrombotische Eigenschaften (Biesalski et al., 2018, S. 133). Ihre Mehraufnahme reduziert die aus Omega-6 gebildeten Thromboxane A<sub>2</sub>, welche die Plättchenaggregation steigern und die Gefäßverengung fördern. Die aus EPA gebildeten Prostazykline PGI<sub>3</sub> sind Vasodilatoren (gefäßerweiternd) und hemmen zudem die Plättchenaggregation (ebd.). Bei einer Atherosklerose führen sie zu einer Verbesserung des Gerinnungsfaktors Fibrinogen<sup>7</sup>. Omega-3-Fettsäuren verbessern somit die Gerinnungseigenschaften des Blutes (Hamm & Neuberger, 2018, S. 47).

Theoretisch nehmen Omega-3-Fettsäuren positiv Einfluss auf eine Vielzahl kardiovaskulärer Risiken und haben demnach eine schützende Wirkung vor Herz-Kreislauf-Erkrankungen. In der Praxis wird dies jedoch nicht von jeder Studie bestätigt. In Kapitel 4.1 werden aktuelle Studien über den Einfluss der Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen vorgestellt.

## **2.3 Zusammenfassung der Grundlagen**

Die in Kapitel 2 erarbeiteten Grundlagen über die Omega-3-Fettsäuren geben einen Einblick über deren Strukturaufbau, Wirkmechanismen, Mangelerscheinungen sowie internationale Zufuhrempfehlungen und ihr Vorkommen in natürlichen Quellen. Zudem wurde ein grober

---

<sup>7</sup> Fibrinogen: Gerinnungsfaktor I und lösliche Vorstufe des Fibrins (Heinrich, Müller, Graeve, 2014, S. 877)

Überblick über die kardiovaskulären Erkrankungen in ihren Ursachen, Risiken und Folgen erläutert. Anhand dessen wurden die möglichen Schutzfunktionen der Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Risiken und in Folge auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen vorgestellt.

Es ist festzustellen, dass Omega-3-Fettsäuren und ihre Derivate Wirkmechanismen aufweisen, die sich allgemein positiv auf die menschliche Gesundheit auswirken und zur Verbesserung des gesundheitlichen Zustandes beitragen können. Besonders die aus EPA stammenden Eicosanoide könnten mit ihren antithrombotischen, antiatherogenen, antihypertensiven und antientzündlichen Eigenschaften Einfluss auf die Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen nehmen.

Zusammenfassend erscheinen Omega-3-Fettsäuren geradezu als Wundermittel gegen kardiovaskuläre Erkrankungen. Doch Theorie und Praxis sehen unterschiedlich aus. Es gibt viele Studien, die positive Effekte der Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen und ihre einzelnen Risiken nachweisen. Auf der anderen Seite gibt es eine Menge Studien, die dies nicht bestätigt haben. Aufgrund der uneinheitlichen Datenlage sind sich Wissenschaftler und Experten bis heute über das Maß an Einfluss dieser Fettsäuregruppe uneinig. Auch ist nicht geklärt, ob Omega-3-Fettsäuren wirklich als eine Präventivmaßnahme gegen kardiovaskuläre Erkrankungen angesehen werden können.

Nach der Erkenntnis, dass Omega-3-Fettsäuren und ihre Derivate aufgrund ihrer Funktion einen Einfluss auf kardiovaskuläre Erkrankungen haben können, soll im Folgenden untersucht werden, ob die aktuelle Studienlage jene Einflüsse bestätigt. Zudem stellt sich die Frage, ob Bevölkerungen, die aufgrund ihrer kulturell bedingten Ernährung mehr Omega-3-reiche Lebensmittel zu sich nehmen, weniger von Herz-Kreislauf-Erkrankungen betroffen sind.

### 3 Methodik

Im ersten Teil der Recherche soll zur Beantwortung der Leitfrage eine evidenzbasierte Übersicht der aktuellen Studienlage über den Einfluss der Omega-3-Fettsäuren auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen gegeben werden. Im zweiten Teil der Recherche werden aktuelle Studien und Daten für einen Ländervergleich in den Variablen 1) Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen, 2) Fischkonsum und 3) Omega-3-Index ermittelt. Mit Hilfe des Ländervergleichs soll untersucht werden, welchen Einfluss Omega-3-Fettsäuren auf die Morbidität von Herz-Kreislauf-Erkrankungen in unterschiedlichen Bevölkerungen haben. Die Quellen wurden mithilfe wissenschaftlicher Datenbanken sowie aktueller Fachliteratur aus der Ernährungswissenschaft und Humanmedizin recherchiert. Weitere themenspezifische Literatur wurde über die Hamburger Universitäts- und Staatsbibliothek, die Bibliothek des Fachbereichs Chemie, die Ärztliche Zentralbibliothek und die Fachbibliothek Life Science der Hochschule für Angewandte Wissenschaften ermittelt.

Eine für das Thema relevante Übersicht aktueller Studien wurde mittels einer systematischen Literaturrecherche in der Datenbank Pubmed anhand der Suchkriterien Omega-3 und kardiovaskuläre Erkrankungen („cardiovascular diseases“ AND „influence“ AND „Omega 3“) durchgeführt. Die Sucheinstellung der Datenbank ließ Einschränkungen auf Zeiträume und klinische Studien zu, welche auch genutzt wurden. Angesichts der hohen Anzahl wurde der Zeitraum publizierter Studien auf die letzten fünf Jahre beschränkt. Randomisierte Kontrollstudien entsprechen aufgrund geringerer systematischer Verzerrungen (Risk of bias) der höchsten Evidenzklasse bei wissenschaftlichen Untersuchungen und wurden deshalb bei der Recherche bevorzugt. Der Suchkreis wurde jedoch auf klinische Studien erweitert, da die Auswahl aktueller randomisierter Kontrollstudien zu gering war. Zudem wurden aktuelle Reviews (Meta-Analysen) mit gleichen Ein- und Ausschlusskriterien berücksichtigt um die Vielzahl an vergangenen Kontroll- und klinischen Studien miteinzubeziehen. Eine detaillierte Darlegung der Recherche wurde in Tabelle 6 (S. 29) zusammengefasst.

**Tab. 6: Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche**

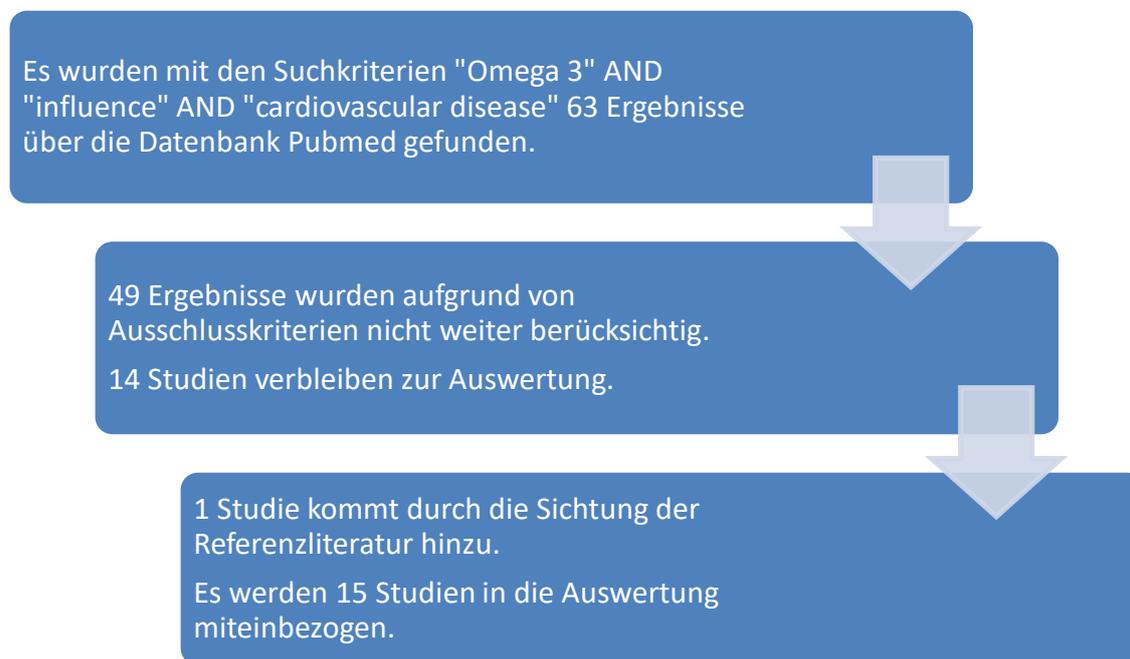
Datenbank	Keywords	Filter	Datum	Treffer	relevant
PubMed	Omega 3 AND influence AND cardiovascular disease	<b>Article types:</b> Clinical Study, Clinical Trial, Controlled Clinical Trial, Pragmatic Clinical Trial, Randomized Controlled Trial, Twin Study <b>Publication dates:</b> 5 years <b>Species:</b> Humans	10.07.2018	63	14
Gesamtzahl an verwertbaren Studien					14

Die Studien der Suchergebnisse aus Tabelle 6 wurden allesamt auf Relevanz geprüft. Relevante Studien mussten den Ein- und Ausschlusskriterien in Tabelle 7 (S. 29) entsprechen. Somit flossen beispielsweise Studien, die vor mehr als fünf Jahren publiziert wurden oder Untersuchungen an Tiermodellen wie Ratten, Mäusen oder Hunden durchführten, nicht in die Auswertungen mit ein. Keine Rolle spielte der angesetzte Zeitraum einer Studie oder die Darreichungsform der verabreichten Omega-3-Fettsäuren.

**Tab. 7: Ein- und Ausschlusskriterien für relevante Studien in Bezug auf den Einfluss von Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen**

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprache: Englisch und Deutsch</li> <li>• Klinische Studien und Reviews von klinischen Studien</li> <li>• Verabreichung von Omega-3-Fettsäuren unabhängig von Untersuchungszeitraum oder Dauer der Studie, Menge, Darreichform</li> <li>• Studien über den Zusammenhang von Omega-3-Fettsäuren und Risiken sowie Erkrankungen, die mit kardiovaskulären Erkrankungen assoziiert sind</li> <li>• Publierte Studien der letzten fünf Jahre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprache: andere als Englisch und Deutsch</li> <li>• Reviews und Artikel ohne Studien</li> <li>• Tiermodelle</li> <li>• Zell-Experimente im Labor ohne die Beteiligung von Menschen</li> <li>• Kardiovaskuläre Erkrankungen ohne den Bezug zu Omega-3-Fettsäuren und umgekehrt</li> <li>• Publierte Studien die länger als fünf Jahre zurückliegen</li> </ul>

Nach der systematischen Literaturrecherche wurden 14 Studien (vgl. Tab. 6, S. 29) für das Literatur-Review dieser Arbeit als relevant befunden. Bei der Sichtung der Literatur wurde eine weitere Studie aus einer Quellenangabe entnommen und ebenfalls berücksichtigt. Der Prozessablauf der systematischen Literaturrecherche wird im Fließdiagramm (vgl. Abb. 4, S. 30) vorgestellt.



**Abb. 4:** Fließdiagramm zum Ablauf der Literaturrecherche (eigene Darstellung)

Im zweiten Teil der Recherche sollen aktuelle Daten für einen globalen Ländervergleich in den Variablen Omega-3-Index, Fischkonsum und Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen ermittelt werden. Relevant sind hierfür die aktuellsten erhobenen Daten der jeweiligen Variablen auf globaler Ebene.

Für eine globale Übersicht des Omega-3-Indexes wurde mit den Suchbegriffen „globaler Omega-3 Konsum“ und „global survey Omega-3“ über die Suchmaschine Google Scholar nach aktuellen Daten recherchiert. Nach den Ein- und Ausschlusskriterien (vgl. Tab. 8, S. 31) konnte eine für diese Arbeit relevante Studie mit Daten aus den Jahren 1980 bis 2013 gefunden werden.

Um Daten für eine aktuelle globale Übersicht der Morbidität kardiovaskulärer Erkrankungen zu erhalten, wurde ebenfalls über Google Scholar mit den Suchbegriffen „globale kardiovaskuläre Erkrankungen“, „globale Herz-Kreislauf-Erkrankungen“ und „global cardiovascular

disease“ gesucht. Es wurden zwei Studien mit europäischer sowie globaler Reichweite und Daten für das Jahr 2015 gefunden.

Für die Anschauung des globalen Fischkonsums wurden die Werte von 2013 aus der Datenbank FAOSTAT der Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) entnommen. Für den Erhalt der aktuellen Daten wurden folgende Sucheinstellungen festgelegt:

- Countries: select all
- Elements: Food supply quantity (kg/capita/year)
- Items aggregated: Fish, Seafood (Total)
- Years: 2013 (aktuellstes Jahr)

**Tab. 8: Ein- und Ausschlusskriterien für relevante Studien in Bezug auf aktuelle Daten zu dem globalen Omega-3-Index, Fischkonsum und Morbidität kardiovaskulärer Erkrankungen**

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprache: Englisch und Deutsch</li> <li>• Daten von Ländern und Regionen auf globaler oder europäischer Ebene</li> <li>• Studien mit den aktuellsten Daten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprache: andere als Englisch und Deutsch</li> <li>• Studien mit nur vereinzelt Ländern</li> <li>• Studien die nicht die aktuellsten Daten enthalten</li> </ul>

## 4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der gefundenen Studien nach der in Kapitel 3 beschriebenen systematischen Literaturrecherche vorgestellt. Nach genauer Prüfung der Relevanz werden insgesamt 15 Studien für die Ergebnisdarstellung des Einflusses der Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen herangezogen. Zunächst werden Studienart, Art der Auswirkung sowie Ergebnisse der einbezogenen Studien in alphabetischer Reihenfolge tabellarisch dargestellt (vgl. Tab. 9, S. 32-33). Darauf folgt die Erläuterung der für den Ländervergleich herangezogenen Studien und Daten sowie eine Auswertung eines Zusammenhangs der Variablen.

### 4.1 Übersicht: Der Einfluss von Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen

Die relevanten Studien und ihre zentralen Ergebnisse sind alphabetisch nach den Autoren in der Tabelle 9 (S. 32-33) aufgeführt. Im darauffolgenden Text werden die Studien, eingeteilt nach kardiovaskulären Risiken und Erkrankungen genauer erläutert.

**Tab. 9: Übersicht der relevanten Studien und Ergebnisse**

Autoren	Art der Studie	Art der untersuchten Auswirkung	Effekt von n-3		Art der n-3
			bestätigt	n. bestätigt	
Annuzzi et al., 2013	randomisierte, kontrollierte Interventionsstudie	TRL ** bei adipösen Personen	✓		n-3 aus marinen Quellen - positiver Einfluss durch Reduktion
		kardiovaskuläre Risiken bei adipösen Personen	✓		- " -
Berciano et al., 2014	Review von Meta-Analysen und Cochrane-Reviews	kardiovaskuläre Ereignisse (Risiko)		✓	diätetische oder ergänzende Omega-3-Fettsäuren jeder Art
Bork et al., 2016	prospektiven Langzeitstudie	MI-Risiko		✓	ALA-Gehalt im Fettgewebe
Dittrich et al., 2014	doppelt verblindete, randomisierte Kontrollstudie	Gesamtcholesterin bei hypertriglyceridämischen Personen	✓		ALA 7 g/d o. SDA 2 g/d o. DHA 2 g/d aus pfl. Ölen
		Triglyceride im Blut bei hypertriglyceridämischen Personen	✓		- " -
		Risiko kardiovaskulärer Erkrankungen bei hypertriglyceridämischen Personen	✓		- " -
Ellulu et al., 2015	Review von Kohortenstudien und randomisierte Placebo-kontrollierte Studien	kardiovaskuläre Erkrankung	✓		n-3 aus marinen Quellen
Gellert et al., 2016	bundesweite Querschnittsstudie (Frauen westlicher Herkunft)	kardiovaskuläre Erkrankung	✓		Omega-3-Index (EPA & DHA)

**Tab. 9: Übersicht der relevanten Studien und Ergebnisse (Fortsetzung I)**

Autoren	Art der Studie	Art der untersuchten Auswirkung	Effekt von n-3		Art der n-3
Kuhnt et al., 2014	doppelt verblindete, parallelarmige und randomisierte Kontrollstudie	Gesamtcholesterin	✓		2 g SDA aus 17 g EO / d - signifikante Reduktion
		LDL-Cholesterin & Triglyceride im Blut	✓		2 g SDA aus 17 g EO / d - signifikante Reduktion
		kardiovaskuläre Erkrankung (Schlussfolgerung)	✓		--
Leung Yinko et al., 2014	multizentrische Kohortenstudie	ACS-Risiko bei ACS-Patienten		✓	Omega-3-Index (EPA & DHA)
McEwen, 2014	Review von prospektiven sowie randomisierern, doppelt verblindeten, Kontrollstudien	Thrombozytenfunktion	✓		erhöhte n-3 Zufuhr aus marinen Quellen - Positiver Einfluss aber nicht als präventive Methode zu empfehlen
Mori, 2013	Review von randomisierten, kontrollierten Studien	kardiovaskuläre Erkrankung	✓		EPA & DHA aus marinen Quellen
Nigam et al., 2014	randomisierte, Placebo-kontrollierte, parallel-Gruppen Doppelblindstudie	Vorhofflimmerrezidiv		✓	4 g / d Fischöl
Ninomiya et al., 2013	prospektive Kohortenstudie	kardiovaskuläre Erkrankung	✓		EPA / AA-Verhältnis - Assoziation
		kardiovaskuläre Erkrankung		✓	DHA / AA-Verhältnis - keine Assoziation
Piepoli et al., 2016	Zusammenfassung von Studien (Meta-Analyse von prospektiven Kohortenstudien; randomisierte kontrollierte Präventionsstudien)	Cholesterinspiegel		✓	
		kardiovaskuläre Erkrankung	✓		30 g Nüsse - Reduktion um 30%
		kardiovaskuläre Erkrankung	✓		1x / w Fisch - Reduktion um 16%
		Schlaganfall-Risiko	✓		2-4x / w Fisch - Reduktion um 6%
		AMI und kardiovaskuläre Erkrankung		✓	tägl. Supplementierung von 400-1000 g EPA/DHA
		kardiovaskuläre Erkrankung		✓	Supplementierung von Fischöl Präparaten
Reinders et al., 2015	bevölkerungsbezogene Studie von älteren Erwachsenen aus Island	arterielle Gefäßsteifigkeit *	✓		EPA & DHA Werte im Plasma
		kardiovaskuläre Erkrankung (Schlussfolgerung)	✓		--
Steffen et al., 2013	Querschnittstudie	Lp-PLA2 ***	✓		EPA & DHA - Assoziation: hoher EPA-/DHA-Spiegel ↔ niedriger Lp-PLA2-Spiegel
		kardiovaskuläre Erkrankung (Schlussfolgerung)	✓		--

\*arterielle Gefäßsteifigkeit (Biomarker des kardiovaskulären Risikos); \*\*triglyzeridreiche Lipoproteine (anerkannter unabhängiger Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen); \*\*\*Lipoprotein-assoziierte Phospholipase A2 (spezifischer Biomarker für Gefäßentzündung, dient zum Nachweis einer vaskulären Entzündung und Risikomarker für Herzinfarkt und Schlaganfall); KHK: Herz-Kreislauf-Erkrankung; AMI: Postmyokardinfarkt-Syndrom; MI: Myokardinfarkt; ALA: α-Linolensäure; SDA: Stearidonsäure; ACS: akute Koronarsyndrom; EO: Echiumöl

*Beschreibung: Die Ergebnisdarstellung der systematischen Literaturrecherche der aktuellen Studien über den Einfluss der Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen. Die in der Tabelle aufgeführten Studien sind nach Autor alphabetisch geordnet. Nachfolgend wird das Untersuchungsdesign beschrieben. In den zwei darauffolgenden Spalten wird die Art der Einflussfaktoren benannt und angegeben, ob diese einen bzw. keinen Einfluss hatten. Am Ende wird (wenn vorhanden) die Darreichungsform der Omega-3-fettsäuren angegeben.*

### **Einfluss der Omega-3-Fettsäure auf Fettstoffwechselstörungen**

Die europäische Gesellschaft für Kardiologie (ESC) präsentierte 2016 mit weiteren Gesellschaften die sechsten gemeinsam erstellten Richtlinien zur Prävention von kardiovaskulären Erkrankungen in der klinischen Praxis. Aus ihren Untersuchungen ging hervor, dass Omega-3-Fettsäuren den Cholesterinspiegel nicht senken. Dennoch berichtet die ESC über eine Meta-Analyse von prospektiven Kohortenstudien. Diese zeigte, dass eine tägliche Zufuhr von 30 Gramm an ALA-reichen Nüssen das Risiko für eine kardiovaskuläre Erkrankung um 30 Prozent reduziert (RR 0.71 [95% CI 0.59, 0.85]) (Piepoli, et al., 2016).

In einer doppelblinden, randomisierten Kontrollstudie von Ditttrich et al. (2014) wird der Einfluss von Lebensmitteln, die mit unterschiedlichen Omega-3-reichen Pflanzenölen angereichert sind, auf kardiovaskuläre Risikofaktoren bei Personen mit Hypertriglyzeridämie untersucht. Über 10 Wochen wurden 59 Studienteilnehmer für eine Untersuchung in eine Placebo-Gruppe (Sonnenblumenöl: Linolsäure [LA] Gruppe; 10 g LA/Tag) und eine Interventionsgruppe aufgeteilt. Die Interventionsgruppen erhielten Leinöl (ALA Gruppe; 7 g ALA/Tag), Echiumöl (Stearidonsäure [SDA] Gruppe; 2 g SDA/Tag) oder Mikroalgenöl (Docosahexaensäure [DHA] Gruppe; 2 g DHA/Tag). In der Studie konnte gezeigt werden, dass Lebensmittel die mit Omega-3-reichen Pflanzenölen angereichert wurden das Gesamtcholesterin, LDL-Cholesterin (signifikante Abnahme durch ALA:  $p \leq 0,05$ ) sowie HDL-Cholesterin (signifikante Erhöhungen durch DHA:  $p \leq 0,05$ ) günstig modifizieren können. In den ALA- und SDA-Gruppen konnte nach 10 Wochen ein signifikanter Anstieg an Eicosapentaensäuren in den Erythrozyten-Lipiden beobachtet werden ( $p \leq 0,05$ ) (ALA Gruppe:  $38 \pm 37$  %, SDA Gruppe:  $73 \pm 59$  %). Da Menschen mit Hypertriglyzeridämie eine ungewöhnliche Erhöhung der Triglyzeride im Blut aufweisen, kann dies zu einer Beschleunigung der Gefäßalterung (Arteriosklerose) führen und damit zu einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen. Der positive Einfluss von Omega-3-Fettsäuren aus Pflanzenölen kann somit eine günstige präventive Auswirkung auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei Menschen mit Hypertriglyzeridämie haben (Ditttrich et al., 2014).

In einer randomisierten, kontrollierten Interventionsstudie untersuchten Annuzzi et al., Personen mit Merkmalen des metabolischen Syndroms und dem damit einhergehenden erhöhten Risiko für Typ-2-Diabetes und kardiovaskuläre Erkrankungen. Überprüft wurden mittelfristige Effekte von Diäten, die reich an Polyphenolen und/oder marinen Omega-3-Fettsäuren sind auf 1) den Fettstoffwechsel, mit Schwerpunkt auf den postprandialen Zustand und 2) den oxidativen Stress. 86 adipöse Personen erhielten acht Wochen lang entweder eine

marine Omega-3-Fettsäure-reiche Diät, eine Polyphenol-reiche Diät oder eine Diät, die keines von beiden enthielt. Bei der Diät-Gruppe mit langkettigen Omega-3-Fettsäuren aus marinen Quellen reduzierten sich die postprandialen, cholesterinreichen Chylomikronen und VLDL-Apolipoprotein B-48. Marine Omega-3-Fettsäuren können laut dieser Studie die Konzentration der triglyzeridreichen Lipoproteine (TRL) positiv beeinflussen. Die Konzentration postprandialer TRL ist ein anerkannter unabhängiger Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen. Die Auswirkungen von langkettigen Omega-3-Fettsäuren in der Nahrung müssen noch genauer abgeklärt werden, insbesondere in Bezug auf den postprandialen Lipidstoffwechsel (Annuzzi et al., 2013).

### **Einfluss der Omega-3-Fettsäure auf Adipositas**

In einer doppelblinden, parallelarmigen und randomisierten Kontrollstudie von Kuhnt et al. wurde die Wirkung von Echiumöl (EO) und der darin enthaltenen Stearidonsäure (SDA) auf die Akkumulation (Ansammlung) langkettiger Omega-3-Fettsäuren im Blut und biochemischen Markern in Bezug auf Alter, Geschlecht und metabolisches Syndrom untersucht. Während der 10-wöchigen Studie erhielten 78 Teilnehmer zwischen 20 und 69 Jahren 17 Gramm EO/Tag (2 g SDA). Davon waren 19 Teilnehmer übergewichtige Personen mit metabolischem Syndrom. Insgesamt erhöhte eine tägliche Aufnahme von 15-20 Gramm EO die Metabolite EPA und Docosapentaensäure (DPA), während DHA im Plasma abnahm. Ein höherer Body-Mass-Index (BMI) war mit niedrigeren relativen und Netto-Steigerungen von EPA und DPA assoziiert. Verglichen mit dem Ausgangswert reduzierte EO signifikant das Gesamtcholesterin, LDL-Cholesterin, oxidiertes LDL und Triglyzerid (TG), aber auch HDL-Cholesterin, unabhängig von Alter und BMI. EO senkte kardiovaskuläre Risikomarker, z. B. Serum-TG, was insbesondere für Individuen mit metabolischem Syndrom relevant ist. Natürliches EO könnte nach dieser Studie eine nennenswerte Quelle für Omega-3-Fettsäuren in der menschlichen Ernährung sein (Kuhnt et al., 2014).

### **Einfluss der Omega-3-Fettsäure auf Durchblutungsstörungen**

Reinders et al. untersuchten in ihrer Studie den Einfluss von Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren sowie von Fischölkonsum auf die arterielle Steifheit<sup>8</sup> bei älteren Erwachsenen. Die arterielle Steifheit wird anhand der Carotis-Femoralis-Pulswellengeschwindigkeit (cf-PWV) gemessen. Es wurden Daten einer Untergruppe der Age, Gene/Environment Susceptibility-

---

<sup>8</sup> arterielle Gefäßsteifigkeit: Biomarker des kardiovaskulären Risikos (Reinders et al., 2015)

Reykjavik Studie (n = 501, 75,0 ± 4,96 y, 46% Männer) verwendet. Es handelte sich um eine bevölkerungsbezogene Studie von älteren Erwachsenen aus Island. Die Ergebnisse zeigten, dass erhöhte Omega-3-Werte von Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure im Plasma in Verbindung stehen mit einer niedrigeren cf-PWV. Im Gegensatz dazu wurden erhöhte Omega-6-Werte in Verbindung mit einer erhöhten cf-PWV gebracht. Die Ergebnisse legen nahe, dass höhere Konzentrationen von langkettigen Omega-3-Fettsäuren mit weniger arterieller Steifheit assoziiert sind. Omega-3-Fettsäuren haben einen positiven Einfluss auf die Senkung arterieller Steifheit und könnten deshalb das Risiko für kardiovaskuläre Krankheiten senken (Reinders et al., 2015).

### **Einfluss der Omega-3-Fettsäure auf Herzrhythmusstörungen**

Nigam et al. führten eine sechsmonatige randomisierte, Placebo-kontrollierte, Parallel-Gruppen Doppelblindstudie durch, um den Einfluss von hochdosiertem Fischöl auf Vorhofflimmerrezidivs<sup>9</sup>, Entzündungen und oxidative Stressparameter zu beurteilen. 337 Patienten mit symptomatischem paroxysmalem (anfallartig) oder persistierendem (fortbestehenden) Vorhofflimmern (AF) wurden randomisiert der Fischöl- (4 g/d) oder Placebo-Gruppe zugeteilt und erhielten die Dosis im Durchschnitt für 271 ± 129 Tage. Der primäre Endpunkt war die Zeit bis zum ersten symptomatischen oder asymptomatischen Vorhofflimmerrezidiv, das länger als 30 Sekunden anhielt. Der primäre Endpunkt trat bei 64,1 Prozent der Patienten in der Fischöl-Gruppe und bei 63,2 Prozent der Patienten im Placebo-Gruppe auf. Demzufolge reduziert hochdosiertes Fischöl das Wiederauftreten von Vorhofflimmern bei Patienten mit AF-Vorgeschichte, die keine konventionelle AA-Therapie erhalten, nicht. Darüber hinaus reduziert Fischöl in dieser Population weder die Entzündungs- noch die oxidativen Stressmarker, was seine mangelnde Wirksamkeit erklären könnte (Nigam et al., 2014).

In einem Review untersuchte McEwan den Einfluss von Ernährung und Lebensmitteln auf die Thrombozytenfunktion. Nach einer Analyse mehrerer prospektiver sowie randomisierter, doppelblinder, Kontrollstudien ergab sich, dass die Omega-3-Fettsäuren eine Reduzierung der Thrombozytenaggregation sowie die Expression von P-Selektin<sup>10</sup> herbeiführen können. Besonders die aus Fisch und Fischöl stammenden Omega-3-Fettsäuren konnten eine signifikante Reduzierung der meist kollageninduzierten (oder ADP-induzierten) Throm-

---

<sup>9</sup> Vorhofflimmerrezidiv: wiederkehrendes Vorhofflimmern (Nigam et al., 2014)

<sup>10</sup> P-Selektin (Thrombozyten-Selektin): vermitteln eine Adhäsion am Endothel der Blutgefäße (Heinrich, Müller, Graeve, 2014, S. 891)

bozytenaggregation gegenüber pflanzlichen Omega-3-Fettsäuren herbeiführen. Eine Hemmung der Thrombozytenaggregation kann vor kardiovaskulären Ereignisraten wie Herzinfarkt, Schlaganfall oder kardiovaskulärer Mortalität schützen. Zusammenfassend besteht die Möglichkeit, dass eine regelmäßige und erhöhte Zufuhr von Omega-3-Fettsäuren besonders aus marinen Quellen die Thrombozytenaggregation positiv beeinflussen kann. Jedoch werden keine Empfehlungen zu Therapie oder Prävention bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen ausgesprochen (McEwen, 2014).

### **Einfluss der Omega-3-Fettsäure auf einen Schlaganfall**

Eine aktuelle Meta-Analyse der ESC zeigt, dass der Verzehr von zwei bis viermal die Woche Fisch im Vergleich zum Verzehr von weniger als einmal die Woche das Risiko für einen Schlaganfall um 6 Prozent reduziert (RR 0.94 [95% CI 0.90, 0.98]) (Piepoli et al., 2016).

### **Einfluss der Omega-3-Fettsäure auf einen Herzinfarkt**

In einer prospektiven Langzeitstudie untersuchten Bork C. S. et al. den Zusammenhang zwischen der Aufnahme der Omega-3-Fettsäure ALA, der im Fettgewebe enthaltene ALA und dem Risiko für einen Myokardinfarkt (MI). Insgesamt wurden 2.124 Männer und 854 Frauen mit MI-Fällen für die Analyse der ALA-Nahrungsaufnahme eingeschlossen und im weiteren Verlauf 1.994 Männer und 770 Frauen für die Analyse der im Fettgewebe enthaltenen ALAs einbezogen. Während der 17-jährigen Follow-Up Zeit wurde die Nahrungsaufnahme von ALA mittels eines validierten, semiquantitativen Fragebogens zum Lebensmittelkonsum in der gesamten Kohorte eingeschätzt. Der Anteil von ALA im Fettgewebe wurde unter Verwendung der Gaschromatographie in allen MI-Fällen und in einer zufälligen geschlechtsspezifischen Probe bestimmt. In multivariaten Analysen, die mit eingeschränkten kubischen Splines durchgeführt und auf festgelegte Risikofaktoren für KHK ausgerichtet wurden, konnten schwach positive Assoziationen bei Männern und schwache u-förmige Assoziationen bei Frauen zwischen beiden Nahrungsaufnahmen und dem im Fettgewebe enthaltenden ALA und dem Risiko für MI aufgezeigt werden. Diese Assoziationen waren jedoch nicht statistisch signifikant. Diese Studie weist keine nennenswerten Assoziationen zwischen ALA und dem Risiko für MI auf (Bork et al., 2016).

### **Einfluss der Omega-3-Fettsäure auf koronare Herzkrankheiten**

In einer multizentrischen Kohortenstudie von Leung Yinko et al. wurde untersucht, ob die Aufnahme von Omega-3-Fettsäuren das Risiko für das akute Koronarsyndrom (ACS) beeinflussen kann, das durch genetische Polymorphismen bei Patienten mit früh einsetzendem ACS ausgelöst wird. Unter Anwendung eines case-only designs wurde mit 705 Studienteilnehmern zwischen 18 bis 25 Jahren die Interaktionen zwischen dem Omega-3-Index und 30 Single Nucleotide Polymorphism (SNP) untersucht, die stark mit ACS assoziiert werden. Die Interaktion wurde auch zwischen dem Omega-3-Index und einem von den 30 SNPs generierten genetischen Risiko-Score bewertet. Eine Interaktion für ein erhöhtes ACS-Risiko wurde zwischen Trägern der Chromosom 9p21-Variante rs4977574 und einem niedrigen Omega-3-Index gefunden (OR 1,57, 95% CI 1,07-2,32,  $p = 0,02$ ). Dies war jedoch nach Korrektur von Mehrfachprüfungen nicht signifikant. Die Ergebnisse zeigen keine Signifikanz in der Wechselwirkung zwischen dem genetischen Risiko-Score oder einem der anderen SNPs und dem Omega-3-Index. Allerdings deutet die Studie darauf hin, dass die Aufnahme von Omega-3-Fettsäuren das genetische Risiko, das durch Variation von Chromosom 9p21 in der Entwicklung von früh einsetzendem ACS entsteht, verändern kann und eine unabhängige Replikation erfordert (Leung Yinko et al., 2014).

### **Einfluss der Omega-3-Fettsäure auf kardiovaskuläre Erkrankungen**

Die von der ESC zusammengeführte Risikoabschätzungen von prospektiven Kohortenstudien zeigen, dass beim Verzehr von mindestens einmal die Woche Fisch, sich das Risiko kardiovaskulärer Erkrankung um 16 Prozent (RR 0.85 [95% CI 0.75, 0.95]) im Vergleich zum Nichtverzehr von Fisch reduziert. Die Schutzwirkung von Fisch auf kardiovaskuläre Erkrankungen ist auf den hohen Gehalt an Omega-3-Fettsäuren zurückzuführen. Die Beziehung zwischen dem Fischverzehr und dem Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen ist nicht linear. Besonders, wenn nur wenig oder gar kein Fisch verzehrt wird steigt das Risiko. Eine von der ESC vorgestellten aktuellen Meta-Analyse von 20 Trials, hauptsächlich zur Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen mittels einer Supplementierung von Fischöl Präparaten, konnte keine Vorteile von Fischöl bei kardiovaskulären Folgen oder Auswirkungen feststellen (Piepoli et al., 2016).

Gellert et al. befassten sich in ihrer Studie unter anderem mit dem Omega-3-Index bei Frauen mittleren Alters (40-60 Jahren) aus westlichen Ländern und dessen Einfluss auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Insgesamt wurde in der bundesweiten Querschnittsstudie VitaMinFemin

der Leibniz Universität Hannover der Index von 446 Frauen gemessen. Es konnte gezeigt werden, dass 62.8 Prozent der Frauen einen niedrigen Omega-3-Index ( $> 4\text{-}6\%$ ) hatten. Der durchschnittliche Omega-3-Index (% von EPA und DHA) der gesamten Studienpopulation lag bei  $5.49 \pm 1.17$  Prozent. Die Studie ergab, dass ein niedriger Spiegel von langkettigen Omega-3-Fettsäuren in Zusammenhang mit einem erhöhten Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen steht (Gellert et al., 2016).

In einem umfangreichen Review von Ellulu et al. wird die aktuelle Studienlage zu dem Einfluss von Omega-3-Fettsäuren bzw. Fischkonsum auf kardiovaskuläre Erkrankungen aus (prospektiven) Kohortenstudien und randomisierten Placebo-kontrollierten Studien diskutiert. Diese umfassen Atherosklerose, koronare Herzkrankheiten, Bluthochdruck und das metabolische Syndrom. Das Review ergibt ein kontroverses Fazit über die Rolle von Omega-3-Fettsäuren aus marinen Quellen. Die von Stark et al. (2008) beschriebenen kardiovaskulären Vorteile der marinen Omega-3-Fettsäuren durch die Verbesserung von Gefäßtonus, Herzfrequenz, Blutfettwerten, Blutdruck und reduzierter Verhärtung der Arterien konnten nur teilweise von einigen aktuellen Studien bestätigt werden. Fazit des Reviews ist, dass Omega-3-Fettsäuren nicht als Behandlung empfohlen werden können, da die Evidenz über eine geeignete Dosierung und Dauer der täglichen Zufuhr bei der Behandlung von Krankheiten fehlt. Jedoch könnten sie als schützende Faktoren verwendet werden (Ellulu et al., 2015).

In ihrem Review von 2014 fassen Berciano & Ordovas die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse zur kardioprotektiven Wirkung von Lebensmitteln und Nährstoffen zusammen, die als gesund und ungesund betrachtet wurden. Ergebnisse aus randomisierten klinischen Studien ( $n = 48$  Studien mit 36.913 Probanden) zeigten keine Reduktion des Risikos für die Gesamtmortalität oder kombinierte kardiovaskuläre Ereignisse bei Personen, die zusätzliche Omega-3-Fettsäuren erhielten. Daher gibt es trotz der bekannten Wirkung von Omega-3 auf die Plasmatriglyzeridkonzentrationen keine eindeutigen Hinweise darauf, dass diätetische oder ergänzende Omega-3-Fettsäure-Gaben die Gesamtmortalität und die kombinierten kardiovaskulären Ereignisse in der allgemeinen oder Hochrisiko-Population verändern. In der Tat werfen einige neuere Studien Zweifel hinsichtlich der Validität der Prämissen auf, die zur Unterstützung der ursprünglichen Omega-3/HKE-Hypothese verwendet wurden (Berciano et al., 2014).

In der Studie von Ninomiya T. et al. wurde der Zusammenhang zwischen dem Verhältnis von Eicosapentaensäure zu Arachidonsäure (EPA/ARA) oder der Docosahexaensäure

(DHA/ARA) im Serum/Plasma und der Entwicklung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen in einer allgemeinen japanischen Bevölkerung untersucht. Insgesamt 3.103 in Japan lebende Personen im Alter von  $\geq 40$  Jahren wurden in einem durchschnittlichen Zeitraum von 5,1 Jahren (nach-) beobachtet. Das Ergebnis der Studie legt nahe, dass eine niedrigere Konzentration des EPA/ARA-Verhältnisses im Serum/Plasma mit einem größeren Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen, insbesondere koronare Herzkrankheit, bei Personen mit höheren Werten des hochsensitiven C-reaktiven Proteins<sup>11</sup> (hs-CrP) in der allgemeinen japanischen Bevölkerung assoziiert ist. Es wurde jedoch keine solche Assoziation für das DHA/ARA-Verhältnis beobachtet (Ninomiya et al., 2013).

Mori untersuchte in seinem Review die Ergebnisse randomisierter, kontrollierter Studien am Menschen zu dem Einfluss von Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen. In der Primär- sowie Sekundärprävention haben Studien ergeben, dass die mehrfach ungesättigten Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA aus Fisch- und Fischöl kardiovaskulären Schutz bieten können. Omega-3-Fettsäuren beeinflussen positiv eine Reihe von kardiometabolischen Risikofaktoren wie Blutdruck, Herzfunktion, vaskuläre Reaktivität und erhöhte Triglyzeridwerte. Sie haben zudem eine antithrombotische, entzündungshemmende und antioxidative Wirkung. Omega-3-Fettsäuren, insbesondere wenn sie als Fisch konsumiert werden, sollten als wichtiger Bestandteil einer gesunden Ernährung betrachtet werden. Vorliegende Daten unterstützen das Konzept, dass Omega-3-Fettsäuren eine Reihe von kardiometabolischen Risikofaktoren beeinflussen. Kleine Mengen von einem Gramm/Tag sind mit dem Konsum von zwei bis drei fettreichen Fischmahlzeiten pro Woche erreichbar (Mori, 2013).

Die Studie (Querschnittsanalyse) von Steffen et al. untersuchte den Zusammenhang von Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren auf die Lipoprotein-assoziierte Phospholipase A2 (Lp-PLA2). Lp-PLA2 ist ein spezifischer Biomarker für Gefäßentzündung, dient zum Nachweis einer vaskulären Entzündung und ist des Weiteren ein Risikomarker für kardiovaskuläre Erkrankungen wie Herzinfarkt und Schlaganfall. Die Assoziationen von Omega-3 und Omega-6 im Plasma mit der Masse und Aktivität von Lp-PLA2 wurde mittels linearen Regressionsanalysen bei 2.246 Teilnehmern der Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis analysiert. Lp-PLA2 Masse und Aktivität waren signifikant niedriger bei Teilnehmern mit einem höheren Eicosapentaensäure-Spiegel ( $\beta = -4,72$ ,  $p < 0,001$ ;  $\beta = -1,53$ ;  $p = 0,023$ ) und DHA-Spiegel ( $\beta$

---

<sup>11</sup> C-reaktives Protein: weist auf entzündliche Prozesse am Herzmuskel hin (Heinrich, Müller, Graeve, 2014, S. 128)

= -4,47,  $\beta = -1,87$ ; beide  $p < 0,001$ ). Die Befunde stimmen mit den Ergebnissen einiger vorheriger Studien überein und legen nahe, dass eine höhere Aufnahme von EPA und DHA neben ihren bekannten Einflüssen auf Blutlipide, Entzündungen, oxidativen Stress und Arrhythmien einen zusätzlichen kardiovaskulären Nutzen auf Lp-PLA2 haben kann. Für Fettsäuren wie DHA oder EPA ist eine einprozentige Veränderung der Plasmaphospholipidfraktion durchaus möglich und kann daher Auswirkungen auf das Aufrechterhalten normaler oder mäßig reduzierter erhöhter Lp-PLA2-Spiegel haben (Steffen et al., 2013).

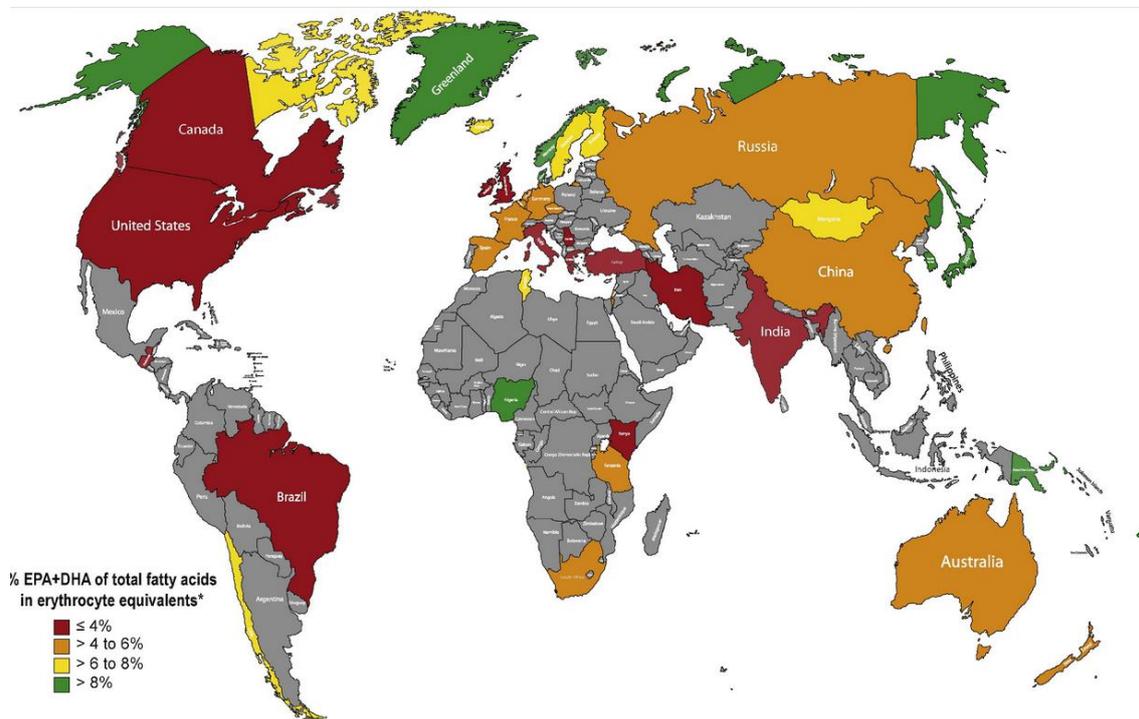
## **4.2 Omega-3-Index, Fischkonsum und das Auftreten von kardiovaskulären Krankheiten in verschiedenen Ländern/Populationen**

In diesem Teil des Kapitels sollen Länder auf globaler Ebene in ihrem Omega-3-Index, Fischkonsum und der Prävalenzrate für kardiovaskuläre Erkrankungen vorgestellt und anschließend in der Zusammenfassung miteinander verglichen werden.

### **Omega-3-Index**

Zu der europäischen oder gar globalen Auswertung des Omega-3-Indexes konnte nur eine aktuelle Studie von Stark et al. (2016) gefunden werden. In dieser Arbeit wurden insgesamt 298 Studien systematisch recherchiert, die den Blutspiegel der mehrfach ungesättigten Omega-3-Fettsäuren, Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure aufzeichnen, um eine globale Karte zur Identifizierung von Ländern und Regionen mit unterschiedlichen Blutspiegeln zu erstellen (vgl. Abb. 5, S. 42). Die zwischen 1980 bis 2013 einbezogenen Studien berichten über die Fettsäurezusammensetzung in verschiedenen Blutfraktionen, einschließlich Plasma-Gesamtlipide (33%), Plasma-Phospholipide (32%), Erythrozyten (32%) und Vollblut (3,0%). Regionen mit hohem EPA und DHA-Bloodspiegel ( $> 8\%$ ) umfassten das Japanische Meer (Japan, Südkorea), Skandinavien (Dänemark, Norwegen und Grönland) und Gebiete mit indigenen Bevölkerungen oder Populationen, die nicht vollständig an westliche Ernährungsgewohnheiten angepasst waren (Fidschi, Nigeria). Moderate Blutwerte von EPA und DHA wurden in Nordkanada (Cree/Inuit-Populationen), Chile, Island, Finnland, Schweden, Tunesien, Hong Kong, Mongolei und Französisch-Polynesien beobachtet. Acht Länder in Europa hatten einen niedrigen EPA und DHA-Bloodspiegel (Belgien, Tschechische Republik, Frankreich, Deutschland, Schottland, Spanien und die Niederlande), sowie Länder aus dem Nahen Osten (Israel), Asien (China, Russland und Singapur), Ozeanien (Australien

und Neuseeland) und Afrika (Südafrika und Tansania). Sehr niedrige Blutspiegel ( $\leq 4\%$ ) wurden in den Regionen Nordamerika, Mittel- und Südamerika, Europa, dem Nahen Osten, Südostasien und Afrika beobachtet. Insgesamt wurden Daten aus 54 Ländern und einzelnen Regionen ermittelt (Stark et al., 2016).



**Abb. 5: Länderkarte zur Identifizierung des globalen Omega-3-Indexes (Stark et al., 2016)**

*Beschreibung: Die Karte zeigt den Omega-3-Index einzelner Länder und Regionen: Rot markierte Länder haben einen sehr niedrigen ( $\leq 4\%$ ), orangene einen niedrigen ( $> 4 - 8\%$ ), gelbe einen moderaten ( $> 6 - 8\%$ ) und grüne ( $> 8\%$ ) ein hohen bzw. optimalen Index (Stark K. D. et al., 2016). Länder, die nicht ausreichend Daten über den Omega-3-Index aufwiesen wurden grau markiert.*

## Globaler Fischkonsum

Für die Anschauung des globalen Fischkonsums wurden die Werte von 2013 aus der Datenbank FAOSTAT der Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) entnommen. Es konnte für 175 Länder der Gesamtverzehr von Meeresfrüchten und Fischen für das Jahr 2013 pro Kopf in Kilogramm gefunden werden. Es gilt zu beachten, dass die Angaben in Fanggewicht angegeben wurden. Dies entspricht demnach nicht dem pro Kopf verzehrtem Nettogewicht, ist aber dennoch repräsentativ.

Im Durchschnitt wurden etwa 19 Kilogramm (in Fanggewicht) und im Median etwa 14 Kilogramm verzehrt. Um den Konsum der 175 Länder beurteilen zu können wurden die Werte mit Excel in fünf Quintile (vgl. Tab. 10, S. 43) eingeteilt.

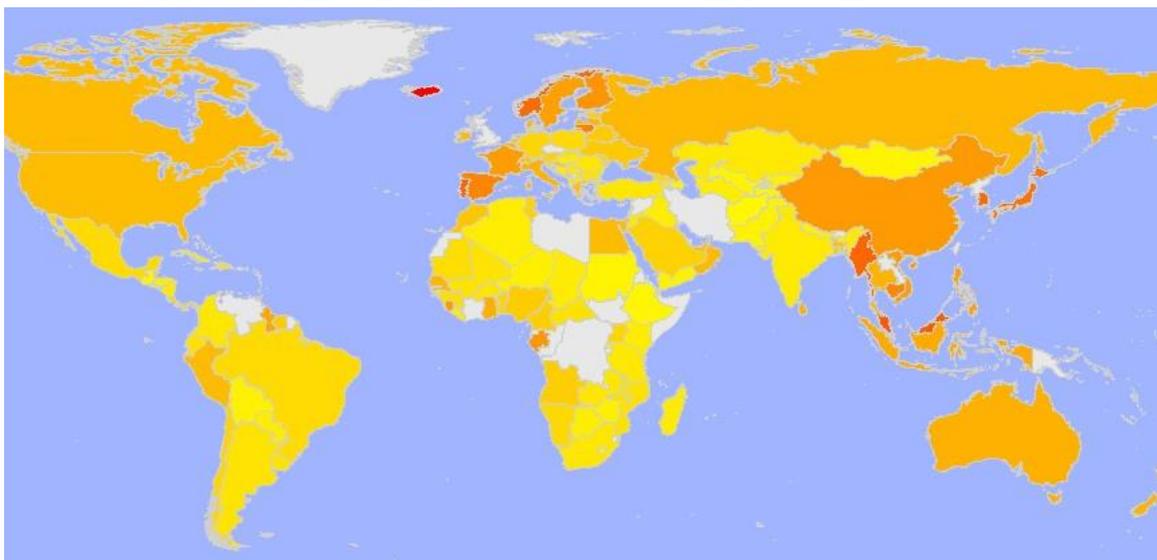
**Tab. 10: Globaler Fischkonsum 2013 in kg/Kopf/Jahr eingeteilt in eine Skala**

Fischkonsum in kg/Kopf/Jahr (Fanggewicht)	
sehr niedrig	0 - 3
niedrig	3 - 7
mittel	7 - 24
hoch	24 - 42
sehr hoch	42 - 185

*Beschreibung: Der globale Fischkonsum aus dem Jahr 2013 in kg/Kopf/Jahr (in Fanggewicht). Die Bewertungsskala von sehr niedrig bis sehr hoch, wurde mithilfe einer Einteilung in Quintile erstellt und bezieht sich auf die im Anhang 1 aufgeführte Tabelle des globalen Fischkonsums 2013.*

Den weltweit höchsten Fischkonsum zwischen 42 – 185 kg/Kopf/Jahr verzehrten im Jahr 2013 Spanien, Litauen, Samoa, Bermuda, Brunei, Japan, Norwegen, Südkorea, Portugal, China, Malaysia, Kiribati, Island und Malediven.

Bei einer jährlichen Menge zwischen 0,07 – 3 kg/Kopf verzehrten 2013 die Länder Afghanistan, Äthiopien, Tadschikistan, Mongolei, Usbekistan, Lesotho, Sudan, Guatemala, Eswatini, Guinea-Bissau, Pakistan, Aserbaidschan, Nepal, Bolivien, Kirgisistan, Jemen, Niger und Simbabwe am wenigsten Fisch weltweit. Eine detaillierte Tabelle zu den Daten des Fischkonsums befindet sich im Anhang 1.

**Abb. 6: Länderkarte zum globalen Fischkonsum 2013**

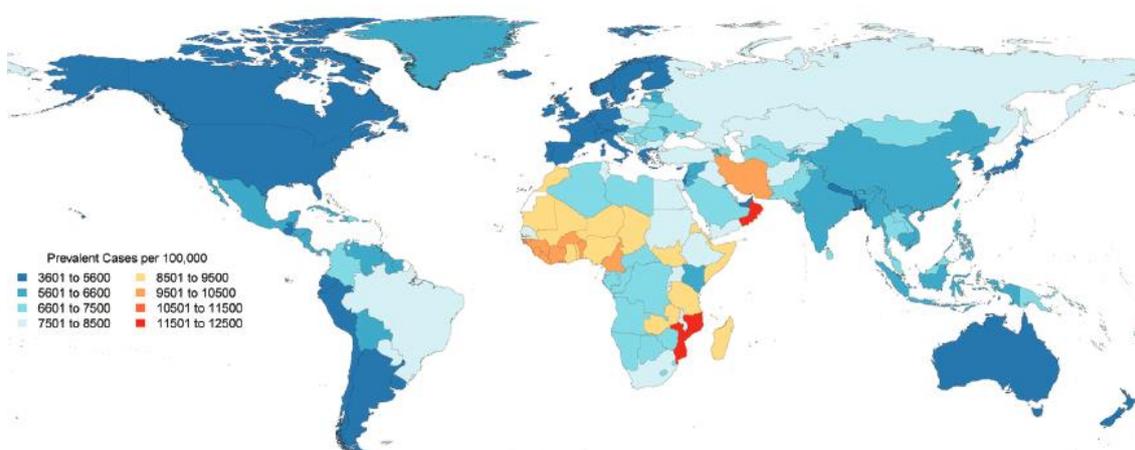
*Beschreibung: In dieser Länderkarte ist der Fischkonsum einzelner Länder kg/Kopf/Jahr aus dem Jahr 2014 zu sehen. Der Fischkonsum wird in einem Farbverlauf von sehr niedrig (hellgelb) bis sehr hoch (dunkelrot) dargestellt. Die Karte wurde eigens mit den Werten aus der Datenbank FAOSTAT der FAO und mithilfe eines öffentlich zugänglichen Programms der Internetseite [www.dianacht.de](http://www.dianacht.de) erstellt.*

## Prävalenzraten kardiovaskulärer Erkrankungen

Zur Auswertung der globalen Prävalenzraten kardiovaskulärer Erkrankungen wurde die europäische Statistik kardiovaskulärer Erkrankungen (KVE) 2017 und die GBD-Studie (Global Burden of Disease) von Roth et al. (2017) herangezogen.

Die GBD-Studie schätze die Prävalenzwerte kardiovaskulärer Erkrankungen mithilfe von einer Modellierungssoftware und Daten aus Gesundheitserhebungen, prospektiver Kohorten, Verwaltungsdaten des Gesundheitssystems und Registern. Im Jahr 2015 gab es schätzungsweise 422,7 Millionen Fälle von KVE (95% Unsicherheitsintervall: 415,53 bis 427,87 Millionen Fälle) und 17,92 Millionen KVE-Todesfälle (95% Unsicherheitsintervall: 17,59 bis 18,28 Millionen KVE-Todesfälle). Die ischämische Herzkrankheit war die Hauptursache kardiovaskuläre Erkrankungen, gefolgt von Schlaganfällen. Zu den Ländern mit der niedrigsten altersstandardisierten Prävalenz 2015, die alle <5.000 Fälle pro 100.000 Personen umfassten, gehörten Singapur, Japan, Südkorea, Chile, Argentinien, Uruguay, Kanada, Australien, Neuseeland, Irland, Zypern, Malta, Italien und Griechenland und Israel. Länder in Westeuropa sowie die Vereinigten Staaten, die Vereinigten Arabischen Emirate und Nepal wiesen nur eine geringfügig höhere Prävalenz auf. Zu den Ländern mit der höchsten altersstandardisierten Prävalenz im Jahr 2015, mit > 9.000 Fällen pro 100.000 Personen, gehörten die meisten Länder in Westafrika, Marokko, Iran, Oman, Sambia, Mosambik und Madagaskar (Roth et al., 2017).

**FIGURE 1** Global Map, Age-Standardized Prevalence of CVD in 2015



**Abb. 7: Länderkarte globaler Prävalenzraten kardiovaskulärer Erkrankungen 2015** von der Global Burden of Disease Studie (Roth et al., 2017)

*Beschreibung: In der Länderkarte wird die Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen pro 100.000 Menschen aus dem Jahr 2015 einzelner Länder und Regionen dargestellt. Dunkelblau markierte Länder und Regionen weisen eine besonders niedrige Prävalenzrate auf hingegen dunkelrot eine besonders hohe Prävalenzrate meint.*

In der Europäischen Statistik kardiovaskulärer Erkrankungen der European Heart Network AISBL (2017) ergab sich, dass im Jahr 2015 bei mehr als 85 Millionen Menschen in Europa kardiovaskuläre Erkrankungen auftraten. Die Häufigsten waren die periphere vaskuläre Krankheit und die ischämische Herzkrankheit. Sowohl in den EU- als auch in den Nicht-EU-Mitgliedstaaten waren die Prävalenzraten der Herz-Kreislauf-Erkrankungen in ost- und mitteleuropäischen Ländern relativ hoch und in westlichen, nördlichen und südeuropäischen Ländern niedriger. Tatsächlich lag die altersstandardisierte KVE-Prävalenzrate in der EU zwischen 5.099/100.000 in Italien und 9.403/100.000 in der Slowakei bei Männern und zwischen 3.975/100.000 in Italien und 7.135/100.000 in der Tschechischen Republik bei Frauen. Außerhalb der EU reichte die KVE-Prävalenzrate pro 100.000 von 5.908 in der Schweiz bis 9.171 in Russland bei Männern und von 3.941 in Israel bis 7.392 in der Türkei bei Frauen (Wilkins, 2017).

### **4.3 Globaler Ländervergleich in Fischkonsum, Omega-3-Index und Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen**

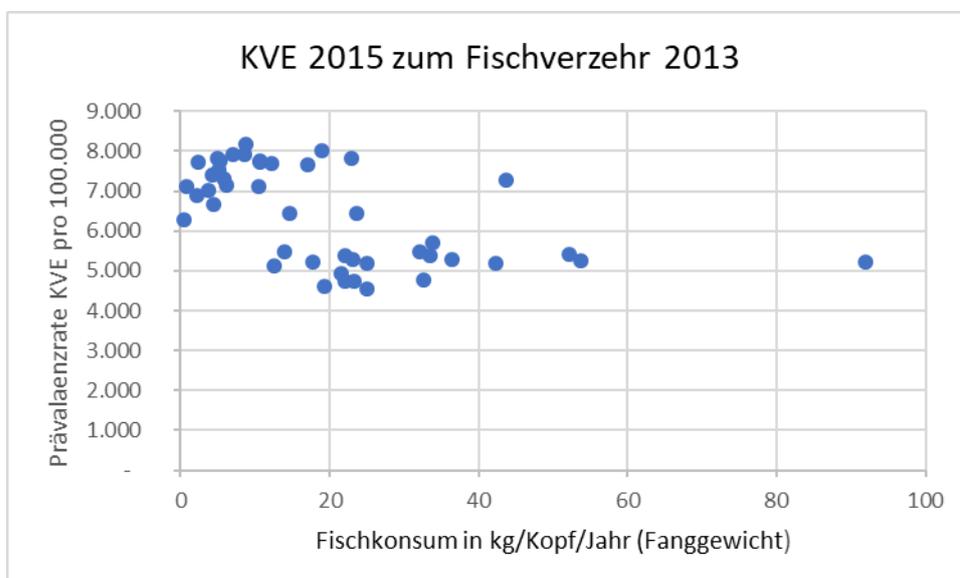
Für einen globalen Ländervergleich werden insgesamt drei aktuelle Studien sowie die Datenbank FAOSTAT der FAO herangezogen um einen Zusammenhang der Variablen 1) Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen 2015 2) Fischkonsum 2013 und 3) Omega-3-Index zu überprüfen. Die Zusammenhänge wurden mit den im Anhang 2 aufgeführten Daten in Excel mit der Formel für den Korrelationskoeffizienten (=KORREL) berechnet und grafisch dargestellt (vgl. Abb. 8, S. 46; Abb. 9, S. 47; Abb. 10, S. 48).

Für einen Vergleich der drei Variablen 1) Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen 2015 2) Fischkonsum 2013 und 3) Omega-3-Index kamen insgesamt 61 Länder in Frage. Für die Auflistung eines Landes mussten mindestens zwei von drei Variablen aus den aktuellen Studien und Datenbank zur Verfügung stehen. In der Tabelle (Anhang 2) wurden die Werte der jeweiligen Variablen farblich entsprechend ihrer Skalierung (Anhang 2) markiert. Mit Ausnahme vom Fischkonsum waren Werte für eine Skalierung in den vorgestellten Studien bereits vorhanden. Für eine Skalierung in fünf Klassen von „sehr hoch“ bis „sehr niedrig“ wurden die Daten des Fischkonsums in Quintilen berechnet. Zudem wurden Auffälligkeiten einzelner Länder und Werte in der Tabelle hervorgehoben.

Miteinander verglichen werden soll, ob (a) erhöhte Prävalenzwerte kardiovaskulärer Erkrankungen mit einem niedrigen Fischkonsum korrelieren, (b) erhöhte Prävalenzwerte kardiovaskulärer Erkrankungen mit einem niedrigen Omega-3-Index korrelieren und (c) ein erhöhter Fischkonsum mit einem erhöhten Omega-3-Index korreliert. Hierzu wird jeweils der Korrelationskoeffizient und die Korrelation grafisch dargestellt. Einzelne auffallende Werte aus der Tabellenübersicht (vgl. Anhang 2) werden anschließend erläutert.

Vorweg sollte noch erwähnt werden, dass in der GBD-Studie Daten der Prävalenzrate nicht für einzelne Länder, sondern für Regionen vorgestellt wurden. Dementsprechend konnten die Werte nicht in der Tabelle, sondern nur im schriftlichen Vergleich mitaufgeführt werden. Außerdem werden in der Tabelle drei Kategorien für den Omega-3-Index angegeben. Das liegt daran, dass es vor dem Jahr 2004 noch keine einheitliche und standardisierte Messmethode für den Index gab. Wie Harris und von Schacky herausfanden, wird der Anteil an EPA und DHA in unserem Körper besonders in den Geweben am besten anhand der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) wiedergespiegelt. Dazu entwickelten sie 2004 eine hochwertig standardisierte Messmethode für die Omega-3-Fettsäuren, den sogenannten HS-Omega-3 Index (Hamm & Neuberger 2018, S. 39). Aufgrund ihrer höheren Aussagekraft über den tatsächlichen Gehalt an EPA und DHA im Körper werden vorhandene Werte aus den Erythrozyten für eine Aussage den anderen vorgezogen.

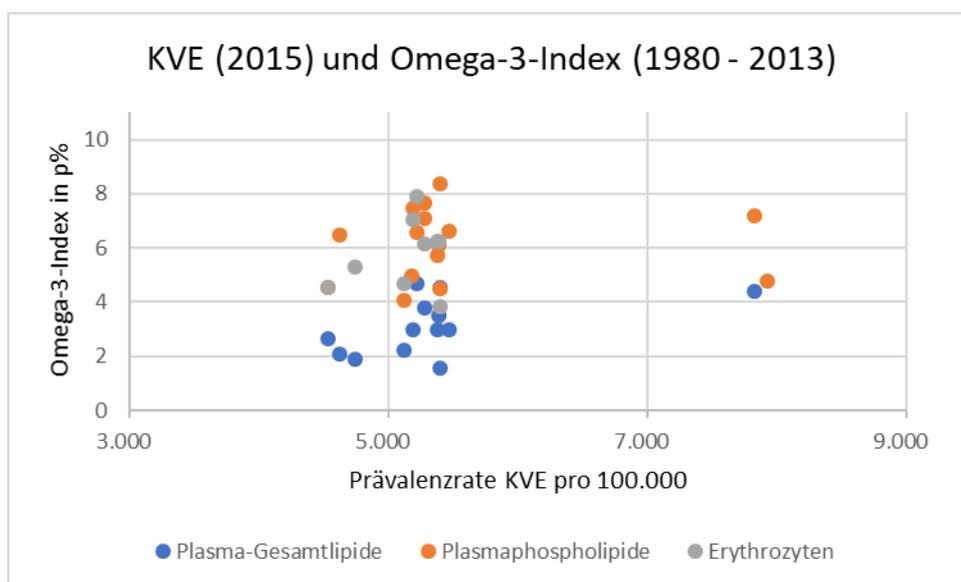
(a) Prävalenzwerte kardiovaskulärer Erkrankungen (2015) und Fischkonsum (2013)



**Abb. 8: Korrelation zwischen der globalen Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen (2015) und dem Fischkonsum (2013)**

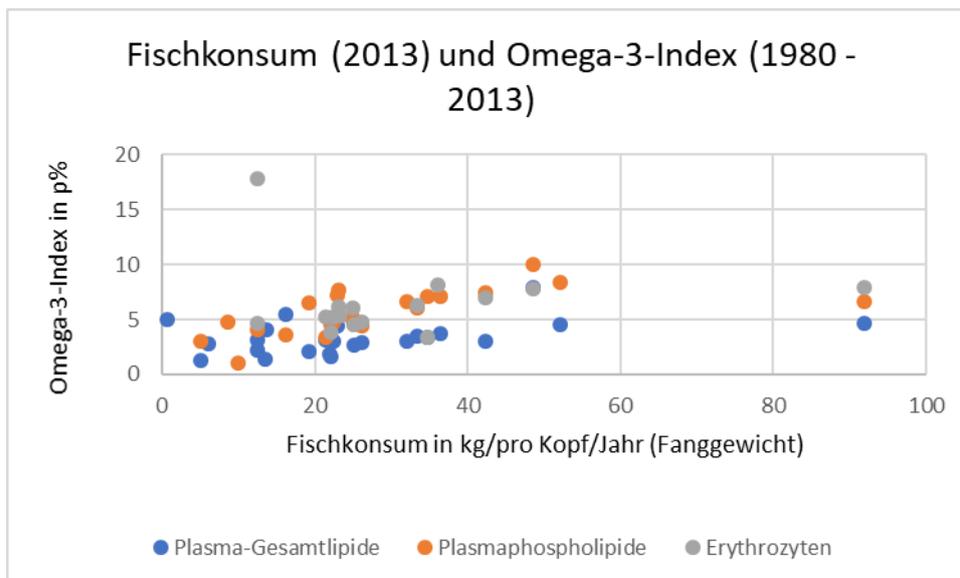
Wie bereits an der Grafik erkennbar ist, besteht zwischen den Prävalenzwerten kardiovaskulärer Erkrankungen (2015) und dem Fischkonsum (2013) keine Korrelation. Dies bestätigt auch der errechnete Korrelationskoeffizient von  $-0,539$ . Eine Beziehung in Wirkungszusammenhängen beider Variablen kann nach diesem Ergebnis nicht bestätigt werden. Wenn jedoch davon ausgegangen wird, dass Werte unter  $-0,6$  und über  $0,6$  einen statistisch erkennbaren Zusammenhang zulassen, könnte eine geringe Tendenz eines Zusammenhangs zwischen einem erhöhten Fischkonsum und niedrigeren Auftreten kardiovaskulärer Erkrankungen in einem Land bestehen.

(b) Prävalenzwerte kardiovaskulärer Erkrankungen und Omega-3-Index



**Abb. 9: Korrelation zwischen der globalen Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen und dem Omega-3-Index (1980 – 2013)**

In dieser Grafik dargestellt werden der ermittelte Omega-3-Index aus den Plasma-Gesamtlipiden (blau), Plasmaphospholipiden (orange) und Erythrozyten (grau) in Abhängigkeit zu den Prävalenzraten kardiovaskulärer Erkrankungen. Der ermittelte Omega-3-Index aus den Plasmaphospholipiden ( $r = 0,026$ ) und Erythrozyten ( $r = 0,311$ ) stehen in keiner Beziehung zu der Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen. Eine etwas höhere Korrelation von  $0,5$  ergibt der Omega-3-Index aus Plasma-Gesamtlipiden. Statistisch gibt es jedoch keinen Zusammenhang. Demzufolge stehen erhöhte EPA und DHA Konzentrationen im Körper in keinem Zusammenhang mit einer niedrigeren Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen.

*(c) Fischkonsum und Omega-3-Index*

**Abb. 10:** Korrelation zwischen dem globalen Fischkonsum (2013) und dem Omega-3-Index (1980 – 2013)

Ein eindeutig statistischer Zusammenhang zwischen dem Fischkonsum und dem Omega-3-Index eines Landes kann auch hier nicht beobachtet werden. Der ermittelte Omega-3-Index aus den Plasma-Gesamtlipiden ( $r = 0,41$ ) und Erythrozyten ( $r = 0,016$ ) weisen keine Korrelation zum Fischkonsum auf. Nur der Omega-3-Index aus den Plasmaphospholipiden ( $r = 0,606$ ) lassen eine geringe Tendenz eines Zusammenhangs zwischen einem erhöhten Fischkonsum und einem erhöhten Omega-3-Index eines Landes vermuten.

## 5 Diskussion

Die folgende Diskussion wird mit Hilfe der zu dem Thema systematisch recherchierten aktuellen Studienergebnissen und Daten geführt. Unter Anwendung von Ein- und Ausschlusskriterien konnten 15 klinische Studien sowie Reviews klinischer Studien über den Einfluss von Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Erkrankungen im Rahmen dieser Arbeit ausgewertet werden (vgl. Tab. 9, S. 32-33). Zudem wurde für einen globalen Ländervergleich drei weitere aktuelle Studien sowie die Datenbank FAOSTAT der FAO verwendet um einen Zusammenhang der Variablen 1) Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen 2015 2) Fischkonsum 2013 und 3) Omega-3-Index zu überprüfen.

Trotz unterschiedlicher Ergebnisse der untersuchten Studien belegt die Mehrheit einen positiven Einfluss der Omega-3-Fettsäuren auf kardiovaskuläre Risiken sowie die Erkrankung selbst. Nur vier von 15 Studien können einen solchen Einfluss nicht bestätigen. Eine weitere Studie der ESC zeigt widersprüchliche Ergebnisse. Keine Studie deutet auf unerwünschte Nebenwirkungen von Omega-3-Fettsäuren auf, auch nicht durch eine Überdosierung. Zudem sollte noch erwähnt werden, dass viele experimentelle Studien Art und Menge der Supplementierung nicht immer genau definiert haben.

Ein Großteil der hier vorgestellten Studien bestätigen einen Zusammenhang erhöhter Konzentrationen von EPA und DHA im Blut mit einem erniedrigten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen. Dagegen konnten Berciano et al. (2014) keine eindeutigen Hinweise für eine Reduzierung kardiovaskulärer Ereignisse durch diätetische oder ergänzende Omega-3-Fettsäure-Gaben feststellen. Nach einer Risikoabschätzung von prospektiven Kohortenstudien bestätigt die ESC zwar eine Reduzierung des Risikos für kardiovaskuläre Erkrankungen durch Omega-3-Fettsäuren aus Fisch, konnte jedoch basierend auf der von ihnen vorgestellten Meta-Analyse keine Vorteile einer Supplementierung von Fischöl zur Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erkennen.

Zu den führenden Risikofaktoren für die Entstehung einer Atherosklerose zählen Fettstoffwechselstörungen sowie Übergewicht, welche mit einem erhöhten kardiovaskulären Risiko assoziiert werden. Bei Patienten mit einer koronaren Herzkrankheit weisen etwa 70 Prozent eine Fettstoffwechselstörung auf (Biesalski, 2018, S. 699). Die Studien von Dittrich et al. (2014), Kuhnt et al. (2014) sowie Annuzzi et al. (2013) können den positiven Einfluss pflanzlicher wie auch mariner Omega-3-Quellen auf den Fettstoffwechsel durch Senkung des LDL-Cholesterin sowie eine Erhöhung des HDL-Cholesterin bestätigen.

Ebenfalls durch die Studien nachgewiesen werden konnte eine Verringerung arterieller Steifheit (Reinders et al., 2015), eine Hemmung der Thrombozytenaggregation (McEwan, 2014) sowie eine Reduzierung des Risikos für einen Schlaganfall (Bork et al., 2016).

Neben den aktuellen Studien bestätigen auch die Fachliteraturen „Omega-3 aktiv“ und „Ernährungsmedizin“ aus dem Jahr 2018 sowie nationale und internationale Organisationen wie die DGE oder FAO den positiven Einfluss der Omega-3-Fettsäuren auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Höher ungesättigte Omega-3-Fettsäuren wirken sich günstig auf die kardiovaskulären Ereignisse, Entwicklung einer koronaren Herzkrankheit und Schlaganfallrate aus (Biesalski et al., 2018, S. 703). Dennoch gibt es Studien wie die ESC, die eine tatsächliche Reduktion kardiovaskulärer Erkrankungen durch Omega-3-Fettsäuren in Frage stellen. Omega-3-Fettsäuren können zwar einen positiven Einfluss auf kardiovaskuläre Risiken wie Übergewicht haben, jedoch werden sie nicht als Präventionsmittel anerkannt.

Bei einem weltweiten Ländervergleich in den Variablen 1) Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen 2015 2) Fischkonsum 2013 und 3) Omega-3-Index konnte gezeigt werden, dass bei einem Korrelationskoeffizient von  $-0,539$  eine geringe Tendenz eines Zusammenhangs zwischen dem erhöhten Fischkonsum und niedrigeren Auftreten kardiovaskulärer Erkrankungen in einem Land besteht. Es konnte jedoch keine Korrelation einer Beziehung zwischen erhöhter Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen und niedrigem Omega-3-Index oder zwischen hohem Fischkonsum eines Landes und einem erhöhten Omega-3-Index festgestellt werden. Dies könnte damit zusammenhängen, dass die Datenmenge sowie Stichprobengröße der 298 Studien über den Omega-3-Index für die jeweiligen Länder sehr unterschiedlich waren. Zudem ist die Zeitspanne zwischen 1980 und 2013 groß, sodass insgesamt sehr unterschiedliche Messmethoden der Fettsäurewerte in Art und Qualität angewandt wurden. Die Datenqualität und -quantität ist sicherlich nicht in allen Ländern für die angestellten Schlussfolgerungen ausreichend. Um den tatsächlichen Omega-3-Index auf globaler Ebene widerspiegeln zu können, genügt weder die Anzahl der aktuellen Studien noch die Qualität der Messmethoden. Dennoch konnte festgestellt werden, dass viele der globalen Werte mit Aussagen aus vorherigen Studien übereinstimmen, sodass alle Arbeiten für einen globalen Vergleich herangezogen wurden.

In dem Review von Berciano & Ordovas (2014) werden Interventionsstudien erläutert, die zeigen, dass Bevölkerungen, die besonders viel Fisch essen oder insgesamt eher nordische oder mediterrane Ernährungsgewohnheiten pflegen ein geringeres Auftreten kardiovaskuläre Erkrankungen und Typ-2-Diabetes aufweisen (Berciano et al., 2014). Dies stimmt zum

Teil mit den Werten aus der Tabelle des Ländervergleichs überein. Ein Auszug ist in der Tabelle 11 (S. 51) vorzufinden. Die nordischen Länder Dänemark, Finnland, Island, Norwegen und Schweden weisen nicht nur einen hohen bis sehr hohen Fischkonsum auf, sondern auch eine sehr niedrige Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen. Das gleiche gilt für die Mittelmeerregionen Frankreich, Italien, Portugal und Spanien. Zudem haben alle genannten Länder bis auf Portugal zwar keinen optimalen aber einen moderaten Omega-3-Index auf (vgl. Tab. 11, S. 51).

**Tab. 11: Prävalenzwerte kardiovaskulärer Erkrankungen (2015), Fischkonsum (2013) und Omega-3-Index ausgewählter nordischer Länder und Mittelmeerregionen (Auszug aus Anhang 2 -Ländervergleich)**

Land	Kardiovaskuläre Erkrankungen 2015	Meeresfrüchte & Fischkonsum 2013	EPA- und DHA-Werte in relativen Prozentzahlen (%) 1980-2013		
			Prävalenzrate pro 100.000	kg/Kopf/Jahr (Fanggewicht)	Plasma-Gesamtlipide
<b>Nordische Länder</b>					
Dänemark	5.275	23,16		7,66	6,16
Finnland	5.282	36,35	3,76	7,11	
Island	5.222	91,92	4,7	6,59	7,88
Norwegen	5.400	52,08	4,56	8,38	
Schweden	5.466	32,01	2,97	6,6	
<b>Mittelmeerregionen</b>					
Frankreich	5.384	33,48	3,52	6,08	6,24
Italien	4.537	25,08	2,66	4,56	4,53
Portugal	5.265	53,76		-	
Spanien	5.187	42,38	3	7,47	7,03

*Beschreibung: Die Tabelle zeigt ausgewählte nordische Länder sowie Mittelmeerregionen, die eine besonders niedrige Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen, einen hohen Fischkonsum und moderate Omega-3-Index-Werte aufweisen.*

Bemerkenswert ist, dass die Ernährung dieser Länder natürliche an Omega-3-Fettsäure-reichen Quellen beinhalten und die Versorgung von EPA und DHA nicht auf Supplemente oder angereicherte Lebensmittel zurückzuführen ist.

Eine hohe Konzentration an EPA und DHA im Blut und ein optimaler Omega-3-Index von über 8 Prozent wirken sich günstig auf Fettstoffwechselstörungen, Adipositas, Durchblutungsstörungen, Blutgerinnsel sowie Atherosklerose aus. Somit können sie kardiovaskulären

Risikofaktoren vorbeugen und das Risiko einer Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen reduzieren (Hamm & Neuberger, 2018, S. 37f). Dabei stellt sich die Frage, in welcher Menge und in welcher Form der Verzehr von Omega-3-Fettsäuren angemessen ist, um eine solche Schutzwirkung zu erzielen.

Für den Nachweis eines Effekts der Omega-3-Fettsäuren erhalten Teilnehmer klinischer Studien oft hohe Mengen in Form von Supplementen, angereicherten Lebensmitteln oder Fischöl. Diese enthalten zwischen 1 – 7 Gramm ALA, EPA und DHA täglich.

Klinische Studien beweisen eine dosisabhängige Senkung der Triglyzeride im Blut von 25 bis 30 Prozent durch die Gabe von 1 – 3 Gramm Omega-3-Fettsäuren aus fettreichem Fisch pro Tag. (Hamm, 2018, S. 43; Biesalski et al., 2018, S. 683). Bei einer sehr hohen Dosis von 5 – 6 Gramm/Tag wurden sogar Triglyzeridabfälle von bis zu 60 Prozent beobachtet (Biesalski et al., 2018, S. 683).

Diese täglich zugeführten Mengen entsprechen weder den internationalen Verzehrempfehlungen, noch kann eine tägliche Dosis von einem Gramm bis sogar 6 Gramm EPA und DHA über natürliche Nahrungsquellen erreicht werden (vgl. Tab. 12, S. 53).

Die DGE empfiehlt eine tägliche Aufnahme der alpha-Linolensäure von 0,5 Prozent der Gesamtenergiezufuhr (vgl. Tab. 4, S. 17). Dies entspricht in etwa 1,5 Gramm pro Tag. Natürliche ALA Quellen sind pflanzliche Öle wie Raps-, Lein-, Walnuss- und Sojaöl (vgl. Tab. 1, S. 11). Es wird eine Zufuhrmenge von 10 bis 15 Gramm pflanzlicher Öle empfohlen. Für eine direkte Aufnahme der EPA und DHA wird lediglich eine wöchentliche Aufnahme von einer Portion (80-150 g) Seefisch (wie Kabeljau oder Rotbarsch) und einer Portion (70 g) fettreichen Fisch (wie Lachs, Makrele oder Hering) geraten (DGE, 2018b).

In Bezug auf die Primärprävention kardiovaskulärer Erkrankungen empfehlen Experten der FAO sowie der ESC auf Grundlage prospektiver epidemiologischer und diätetischer Interventionsstudien eine tägliche Zufuhr von 250 Milligramm EPA und DHA (FAO, 2018; Piepoli et al., 2016, S. 34). Zudem sollte eine tägliche Zufuhr von 0,5 – 0,6 Prozent der Gesamtenergiezufuhr ALA ausreichend sein. Insgesamt sollte die tägliche Omega-3-Fettsäure-Zufuhr 0,5 – 2 Prozent der Gesamtenergiezufuhr betragen (FAO, 2010). Mehreren Studien zufolge erklärt die Expertengruppe der FAO, dass eine erhöhte Zufuhr von 3 Gramm Omega-3-Fettsäuren pro Tag besonders aus marinen Quellen kardiovaskuläre Risikofaktoren reduzieren können (ebd.).

**Tab. 12: EPA-, DHA- und ALA-Gehalt in ausgewählten Lebensmitteln** (LykonDX, 2018; FAO, 2018)

250 mg EPA und DHA entsprechen		1,5 g ALA entsprechen	
Lachs	13 g	Leinöl	2,8 g
Hering	17 g	Walnussöl	12 g
Makrelen	11 g	Rapsöl	17,5 g
Kabeljau	140 g	Sojaöl	20 g
Seebarsch	40 g	Walnüsse	15 g

*Beschreibung: Pflanzliche Öle und Nüsse, die einen hohen Gehalt an alpha-Linolensäure aufweisen sowie ausgewählte Fischarten mit hohem Gehalt an EPA und DHA. Die Werte können je nach Herkunft, Produktion und Herstellung schwanken.*

Ein wöchentlicher Verzehr von einer Portion fettreichem Fisch (z.B. 70 g Lachs) und einer Portion Seefisch (z.B. 120 g Kabeljau) entsprechen etwa einer Aufnahme von 1,6 Gramm EPA und DHA. Dies würde einer täglichen Zufuhr von etwa 230 Milligramm entsprechen und den Empfehlungen nahekommen. Eine tägliche Zufuhr von 10 bis 15 Gramm Rapsöl entsprechen einer Aufnahme von 0,85 bis 1,28 Gramm ALA oder bei Leinöl 5,28 bis 7,92 Gramm. Auch hier ist es realistisch, dass die empfohlene Verzehrmenge erreicht werden kann (vgl. Tab. 12, S. 53).

Bei den Angaben wurde jedoch der Verlust der oxidationsempfindlichen Omega-3-Fettsäuren durch Zubereitung und Erhitzung meist nicht berücksichtigt. Des Weiteren gibt es von Organisationen wie die DGE oder FAO keine offiziell alternativen Empfehlungen für Vegetarier und Veganer, die auf den Verzehr von Fisch verzichten. Hier stellt sich die Frage, wie viel und in welcher Form ALA zusätzlich aufgenommen werden sollte, um einen optimalen Omega-3-Index von 8 bis 11 Prozent zu erreichen. Bis heute ist nicht klar, welche Mengen an EPA und DHA der Körper aus der alpha-Linolensäure tatsächlich verstoffwechseln kann, da die Metabolisierung sehr komplex und von Mensch zu Mensch individuell verschieden sein kann (Henn, 2014, S. 24).

Auch wenn hohe Dosierungen von Omega-3-Fettsäuren keine Nebenwirkungen aufweisen, sollte eine hochdosierte Zufuhr von EPA und DHA in Form von Supplementen kritisch betrachtet werden (Hamm & Neuberger, 2018, S. 25). Bevor eine Präventivmaßnahme in Form

von Ergänzungsmitteln wie Fischölkapseln oder Mikroalgenöl in Betracht gezogen wird, sollte Rücksprache mit dem Arzt gehalten und der Omega-3-Spiegel untersucht werden. Zudem wird geraten, sich zunächst durch natürliche Ressourcen, die reich an Omega-3-Fettsäuren sind, zu versorgen (ebd.). Beispiele sind in den Tabellen 1 und 2 (S. 11-12) zu finden. Auch die FAO spricht sich gegen eine Supplementierung mit beispielsweise Fischölkapseln aus, da sie häufig mehr Mengen enthalten als wirklich benötigt werden (FAO, 2018). In der Primärprävention geht es nicht um einen möglichst hohen Omega-3-Index, sondern darum in Form einer ausgewogenen Ernährung ein günstiges Verhältnis des Omega-3-/Omega-6-Fettsäurenverhältnisses von 5:1 herzustellen (Schek, 2013, S. 61). Die ebenso essentielle Omega-6-Fettsäure sollte nicht durch dauerhafte Überdosierung komplett verdrängt werden (ebd.). Den Bedarf einer Supplementierung als Präventivmaßnahme haben zum Beispiel Personen wie Vegetarier, Veganer oder/und Allergiker, mit sehr niedrigem Omega-3-Index und wenig Alternativen zu natürlich Quellen, die reich an Omega-3-Fettsäuren sind.

Aufgrund ihrer positiven Eigenschaften werden immer mehr mit Omega-3-Fettsäure angereicherte Lebensmittel (Functional Food), wie zum Beispiel Margarine auf den Markt gebracht (Hamm & Neuberger, 2018, S. 110). Die Anreicherung von Lebensmitteln ist ebenfalls kritisch zu betrachten. Es ist fraglich, ob die oxidationsempfindlichen Fettsäuren durch die Verarbeitung überhaupt noch einen Effekt aufweisen (Biesalski et al., 2018, S. 134).

Die im Rahmen der durchgeführten systematischen Literaturrecherche erarbeiteten Ergebnisse zeigen, dass Omega-3-Fettsäuren durch positiven Einfluss auf kardiovaskuläre Risiken die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen reduzieren können. Dabei bleibt weiter unklar, ob die Darreichung von Omega-3-Fettsäuren auch als Präventivmaßnahme innerhalb einer Bevölkerung geeignet ist. Grundlegend gilt, dass selbst eine erhöhte Zufuhr der höher ungesättigten Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA nur dann eine positive Schutzwirkung erzielen, wenn allgemein ein gesunder Lebensstil geführt wird. Im weitesten Sinne umfasst dies eine ausgewogene Ernährung, ausreichend körperliche Aktivität sowie keinen oder nur geringen Konsum von Alkohol und Nikotin. Gerade Menschen in Industrieländern weisen einen eher ungesunden Lebensstil auf und zudem eine hohe Morbidität kardiovaskulärer Erkrankungen (Biesalski et al., 2018, S 698). In diesem Fall können keine mit EPA und DHA hochdosierten Supplemente vor einer kardiovaskulären Erkrankung schützen. Hierzu fehlt es an Studien, die einen Zusammenhang zwischen Omega-3-Index nach aktuellen standar-

disierten Messmethoden und Morbidität von Herz-Kreislauf-Erkrankungen in unterschiedlichen Bevölkerungen unter Berücksichtigung der Störfaktoren kardiovaskulärer Erkrankungen untersuchen.

Bis heute gilt, dass als Einflussfaktor kardiovaskulärer Erkrankungen ein Ernährungsmuster ganzheitlich als Präventivmaßnahme angesehen wird und nicht einzelne Nahrungsbestandteile. Innerhalb einer gesunden Ernährung, wie bei der mediterranen oder nordischen Diät spielen Omega-3-Fettsäuren aus pflanzlichen und marinen Quellen eine wesentliche Rolle, um die Schutzfunktion gegen das Entstehen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu optimieren (Biesalski et al., 2018, S 697). Nur als Teil einer gesunden Ernährung können Omega-3-Fettsäuren als Präventivmaßnahme bei kardiovaskulären Erkrankungen angesehen werden.

## 6 Fazit und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluss von Omega-3-Fettsäuren auf das Entstehen kardiovaskulärer Erkrankungen in unterschiedlichen Bevölkerungen zu untersuchen. Zudem sollte geklärt werden, ob Omega-3-Fettsäuren als Präventivmittel gegen das Entstehen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen angesehen werden können.

Der aktuelle in der Fachliteratur publizierte Forschungsstand gibt Aufschluss darüber, dass höher ungesättigte Omega-3-Fettsäuren aus pflanzlichen sowie marinen Quellen eine eindämmende Wirkung auf das Entstehen kardiovaskulärer Erkrankungen haben können. Zudem lässt der globale Ländervergleich in den Variablen 1) Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen 2015 2) Fischkonsum 2013 und 3) Omega-3-Index die Tendenz erkennen, dass Länder mit erhöhtem Fischkonsum ein geringeres Auftreten von Herz-Kreislauf-Erkrankungen aufweisen. Eine Korrelation zwischen einer erhöhten Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen und niedrigem Omega-3-Index sowie der hohe Fischkonsum eines Landes und einem erhöhten Omega-3-Index konnten nicht festgestellt werden. Dennoch weisen einige Studien und Werte des Ländervergleichs darauf hin, dass Länder mit einer nordischen oder mediterranen Ernährungsform einen sehr hohen Fischkonsum und eine niedrige Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen sowie zumindest moderate Omega-3-Index-Werte aufweisen. Es fehlt jedoch an Studien, die nach aktuellen standardisierten Messmethoden einen Zusammenhang zwischen dem Omega-3-Index und der Morbidität von Herz-Kreislauf-Erkrankungen in unterschiedlichen Bevölkerungen unter Berücksichtigung von Störfaktoren kardiovaskulärer Erkrankungen untersuchen.

Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit kann gezeigt werden, dass Omega-3-Fettsäuren als wichtiger Bestandteil einer gesunden Ernährung als Präventionsmittel gegen das Entstehen kardiovaskulärer Erkrankungen angesehen werden können. Im Rahmen einer gesunden Ernährung soll laut FAO und ESC die Aufnahme von 250 Milligramm EPA und DHA sowie 1,5 Gramm ALA einen Schutzeffekt gegen das Entstehen kardiovaskulärer Erkrankungen ausüben können. Diese sollen über natürliche Ressourcen wie Fisch, Raps- oder Leinöl aufgenommen werden. Trotz nicht nachgewiesener negativer Nebeneffekte hochdosierter Omega-3-Fettsäuren wird von einer Supplementierung in Form von beispielsweise Fischölkapseln abgeraten. Supplemente enthalten häufig deutlich höhere Mengen als vom Körper überhaupt gebraucht werden und könnten bei dauerhafter Überdosierung zu einem gestörten

Verhältnis des Omega-6-/3-Quotienten führen. Über das tatsächliche Ausmaß des Einflusses der Omega-3-Fettsäuren auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind sich Forscher dennoch bis heute uneinig und Studien liefern immer wieder unterschiedliche Ergebnisse. Deshalb sind weitere wissenschaftliche Untersuchung in diesem Forschungsfeld empfehlenswert.

## Literaturverzeichnis

Annuzzi, G., Bozzetto, L., Costabile, G., Giacco, R., Mangione, A., Anniballi, G. et al. (2014): Diets naturally rich in polyphenols improve fasting and postprandial dyslipidemia and reduce oxidative stress: a randomized controlled trial. In: *The American journal of clinical nutrition* 99 (3), S. 463-471. DOI: 10.3945/ajcn.113.073445

Berciano, S., Ordovás, J. M. (2014): Nutrition and cardiovascular health. In: *Revista española de cardiología (English ed.)* 67 (9), S. 736-747. DOI: 10.1016/j.rec.2014.05.003

Biesalski, H. K., Bischoff, S. C., Pirlich, M., Weimann, A. (2018): *Ernährungsmedizin. 5., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag

Bork, C. S., Jakobsen, M. U., Lundbye-Christensen, S., Tjønneland, A., Schmidt, E. B., Overvad, K. (2016): Dietary intake and adipose tissue content of  $\alpha$ -linolenic acid and risk of myocardial infarction: a Danish cohort study. In: *The American journal of clinical nutrition* 104 (1), S. 41-48. DOI: 10.3945/ajcn.115.127019

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (a) (2018): *Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE. 5. Gesundheitsfördernde Fette nutzen*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. Online im Internet unter: <https://www.dge.de/index.php?id=52>. Stand 24.07.2018

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (b) (2018): *DGE-Ernährungskreis. Ein Beispiel für eine vollwertige Lebensmittelauswahl*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. Online im Internet unter: <https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/ernaehrungskreis/>. Stand 24.07.2018

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (c) (2018): *Fett. Richtwerte für die Zufuhr. Essenzielle Fettsäuren. Empfohlene Zufuhr*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. Online im Internet unter: <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/fett/>. Stand 24.07.2018

Dittrich, M., Jahreis, G., Bothor, K., Drechsel, C., Kiehntopf, M., Blüher, M., Dawczynski, C. (2015): Benefits of foods supplemented with vegetable oils rich in  $\alpha$ -linolenic, stearidonic or docosahexaenoic acid in hypertriglyceridemic subjects: a double-blind, randomized, controlled trial. In: *European journal of nutrition* 54 (6), S. 881-893. DOI: 10.1007/s00394-014-0764-2

EFSA (European Food Safety Authority) (2017): *Dietary reference values for nutrients: Summary report*. In: *EFSA supporting publication 2017, 92*. DOI: 10.2903/sp.efsa.2017.e15121

Ellulu, M. S., Khaza'ai, H., Abed, Y., Rahmat, A., Ismail, P., Ranneh, Y. (2015): Role of fish oil in human health and possible mechanism to reduce the inflammation. In: *Inflammopharmacology* 23 (2-3), S. 79-89. DOI: 10.1007/s10787-015-0228-1

FHchol Austria: *Patientenorganisation für Patienten mit Familiärer Hypercholesterinämie oder verwandten genetisch bedingten Stoffwechselstörungen (2018): Was sind kardiovaskuläre Erkrankungen*. Wien: FHchol Austria. Online im Internet unter:

<http://www.fhchol.at/fh-diagnose/was-ist-familiaere-hypercholesterinaemie/was-sind-kardiovaskulaere-erkrankungen.html>. Stand 01.08.2018

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010): Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation; 10 to 14 November 2008, Geneva. Rome: FAO Food and Nutrition Paper 91

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018): A simple overview of omega-3. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Online im Internet unter: <http://www.fao.org/in-action/globefish/fishery-information/resource-detail/en/c/1052098>. Stand 20.07.2018

Gellert, S., Schuchardt, J. P., Hahn, A. (2017): Low long chain omega-3 fatty acid status in middle-aged women. In: Prostaglandins, leukotrienes, and essential fatty acids 117, S. 54-59. DOI: 10.1016/j.plefa.2017.01.009

Hamm, M., Neuberger, D. (2018): Omega-3 aktiv. Gesundheit aus dem Meer. 3., aktualisierte Auflage. Hannover: humboldt Verlag

Heinrich, P. C., Müller, M., Graeve, L. (2014): Löffler/Petrides Biochemie und Pathobiochemie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg

Henn, J. (2014): Messen, Analysieren, Regulieren - Klinische Relevanz eines optimierten Fettsäurestatus durch natürliches Fischöl-/ Olivenölgemisch. Frankfurt an der Oder: Europa Universität Viadrina. Online im Internet unter: [https://www.norsan.de/wp-content/uploads/2015/06/Masterarbeit\\_Dr-med-Jochen-Henn.pdf](https://www.norsan.de/wp-content/uploads/2015/06/Masterarbeit_Dr-med-Jochen-Henn.pdf). Stand 25.07.2018

Kuhnt, K., Fuhrmann, C., Köhler, M., Kiehntopf, M., Jahreis, G. (2014): Dietary echium oil increases long-chain n-3 PUFAs, including docosapentaenoic acid, in blood fractions and alters biochemical markers for cardiovascular disease independently of age, sex, and metabolic syndrome. In: The Journal of nutrition 144 (4), S. 447-460. DOI: 10.3945/jn.113.180802

Leung Yinko, S. S. L., Thanassoulis, G., Stark, K. D., Avgil Tsadok, M., Engert, J. C., Pilote, L. (2014): Omega-3 fatty acids and the genetic risk of early onset acute coronary syndrome. In: Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD 24 (11), S. 1234-1239. DOI: 10.1016/j.numecd.2014.06.001

LykonDX GmbH (2018): Linolensäurehaltige Lebensmittel. Berlin: LykonDX GmbH. Online im Internet unter: <https://www.lykon.de/magazin/ernaehrung/lebensmittel/linolensaure-haltig>. Stand 08.07.2018

McEwen, B. J. (2014): The influence of diet and nutrients on platelet function. In: Seminars in thrombosis and hemostasis 40 (2), S. 214-226. DOI: 10.1055/s-0034-1365839

Mori, T. A. (2014): Dietary n-3 PUFA and CVD: a review of the evidence. In: The Proceedings of the Nutrition Society 73 (1), S. 57-64. DOI: 10.1017/S0029665113003583

Nigam, A., Talajic, M., Roy, D., Nattel, S., Lambert, J., Nozza, A. et al. (2014): Fish oil for the reduction of atrial fibrillation recurrence, inflammation, and oxidative stress. In: Journal of the American College of Cardiology 64 (14), S. 1441-1448. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.07.956

- Ninomiya, T., Nagata, M., Hata, J., Hirakawa, Y., Ozawa, M., Yoshida, D. (2013): Association between ratio of serum eicosapentaenoic acid to arachidonic acid and risk of cardiovascular disease: the Hisayama Study. In: *Atherosclerosis* 231 (2), S. 261-267. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2013.09.023
- Piepoli, M. F., Hoes, A. W., Agewall, S., Albus, C., Brotons, C., Catapano, A. L. et al. (2016): 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts) Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR). In: *Atherosclerosis* 252, S. 207-274. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2016.05.037.
- Geisenberger, C., Rahbari, N. (2015): *MEDI-LEARN Skriptenreihe 2015/16: Biochemie 7. Verdauung, Fettsäuren und Lipide, Leber*. Kiel: Medi-Learn Verlag GbR
- Reinders, I., Murphy, R. A., Song, X., Mitchell, G. F., Visser, M., Cotch, M. F. et al. (2015): Higher Plasma Phospholipid n-3 PUFAs, but Lower n-6 PUFAs, Are Associated with Lower Pulse Wave Velocity among Older Adults. In: *The Journal of nutrition* 145 (10), S. 2317-2324. DOI: 10.3945/jn.115.212282
- Roth, G. A., Johnson, C., Abajobir, A., Abd-Allah, F., Abera, S. F., Abyu, G. et al. (2017): Global, Regional, and National Burden of Cardiovascular Diseases for 10 Causes, 1990 to 2015. In: *Journal of the American College of Cardiology* 70 (1), S. 1-25. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.04.052
- Schek, A. (2013): *Ernährungslehre kompakt. 5. aktualisierte und ergänzte Auflage*. Sulzbach im Taunus: Umschau Zeitschriftenverlag GmbH
- Schmidt, K., Bayer, W. (2013): Orthomolekulare Diagnostik, Prävention und Therapie am Beispiel der Omega-3-Fettsäuren und ihrer Metabolite. In: *E&M - Ernährung und Medizin* 2013; 28, 55-60. Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Stark, K. D., van Elswyk, M. E., Higgins, M. R., Weatherford, C. A., Salem, N. (2016): Global survey of the omega-3 fatty acids, docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid in the blood stream of healthy adults. In: *Progress in lipid research* 63, S. 132-152. DOI: 10.1016/j.plipres.2016.05.001
- Steffen, B. T., Steffen, L. M., Liang, S., Tracy, R., Jenny, N. S., Tsai, M. Y. (2013): n-3 and n-6 Fatty acids are independently associated with lipoprotein-associated phospholipase A2 in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. In: *The British journal of nutrition* 110 (9), S. 1664-1671. DOI: 10.1017/S0007114513000949
- Wilkins, E., Wilson, L., Wickramasinghe, K., Bhatnagar, P., Leal, J., Luengo-Fernandez, R. et al. (2017). *European Cardiovascular Disease Statistics 2017*. Brussels: European Heart Network

## Anhang

### Anhang 1: Globaler Fischkonsum 2013

Detaillierte Tabelle zu den Daten des Fischkonsums basierend auf der Datenbank FAOSTAT, der Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). Zu sehen ist der Gesamtverzehr von Meeresfrüchten und Fischen für das Jahr 2013 pro Kopf in Kilogramm (Angaben in Fanggewicht). Der globale Fischkonsum wurde anschließend und anhand der vorliegenden Werte in eine Skala von sehr niedrig bis sehr hoch eingeteilt und ist am Ende von Anhang 1 als Zusammenfassung der Gesamtdaten beigefügt.

Country	Fish, Seafood (kg/capita/yr)	Country	Fish, Seafood (kg/capita/yr)	Country	Fish, Seafood (kg/capita/yr)
Afghanistan	0,07	Ecuador	8,16	Israel	23,23
Ethiopia	0,25	Czechia	8,60	Mauritius	23,45
Tajikistan	0,50	Slovakia	8,67	Latvia	23,66
Mongolia	0,68	Mauritania	9,09	Trinidad and Tobago	23,90
Uzbekistan	0,74	Guinea	9,18	Senegal	23,94
Lesotho	0,84	Democratic People's Republic of Korea	9,33	Jamaica	24,00
Sudan	0,95	Venezuela (Bolivarian Republic of)	9,58	Gambia	24,08
Guatemala	1,29	Iran (Islamic Republic of)	9,97	Thailand	24,83
Eswatini	1,30	Mexico	10,46	New Zealand	24,92
Guinea-Bissau	1,40	Slovenia	10,48	Belgium	25,03
Pakistan	1,92	Lebanon	10,61	Italy	25,08
Azerbaijan	2,13	Georgia	10,62	Sao Tome and Principe	25,42
Nepal	2,17	Poland	10,62	Sri Lanka	25,65
Bolivia	2,19	Brazil	10,87	Australia	26,09
Kyrgyzstan	2,31	Namibia	11,41	Ghana	26,25
Yemen	2,46	Togo	11,69	Congo	26,46
Niger	2,69	Cabo Verde	12,01	New Caledonia	27,13
Zimbabwe	2,82	Montenegro	12,22	Bahamas	27,66
Iraq	3,29	Chile	12,49	Indonesia	28,17
Paraguay	3,69	Uganda	12,50	Grenada	28,38
Turkmenistan	3,72	Germany	12,56	Guyana	29,54
Djibouti	3,75	Costa Rica	12,90	Philippines	31,58
Rwanda	3,88	Republic of Moldova	12,93	Sweden	32,01
Algeria	3,92	Panama	13,01	Vanuatu	32,05
Honduras	3,98	Benin	13,34	Sierra Leone	32,27

Botswana	4,05	Saudi Arabia	13,48	Malta	32,56
Liberia	4,16	Tunisia	13,62	Viet Nam	32,67
Bosnia and Herzegovina	4,28	Belize	13,73	France	33,48
Kenya	4,28	Kuwait	13,82	Solomon Islands	33,60
Armenia	4,38	Austria	13,88	Luxembourg	33,79
Madagascar	4,56	Estonia	14,69	China, mainland	34,47
Chad	4,74	Angola	15,34	China	34,67
Nicaragua	4,75	Cameroon	15,36	China, Taiwan Province of	35,41
Haiti	4,84	Côte d'Ivoire	15,48	Gabon	35,62
Albania	4,87	Nigeria	16,18	Fiji	36,09
India	5,04	Belarus	16,44	Finland	36,35
Hungary	5,09	Suriname	16,47	Saint Kitts and Nevis	37,12
Jordan	5,28	Ukraine	17,03	Barbados	40,14
Kazakhstan	5,33	Switzerland	17,78	Cambodia	41,43
The former Yugoslav Republic of Macedonia	5,52	Morocco	18,07	Spain	42,38
Cuba	5,57	Saint Vincent and the Grenadines	18,28	Lithuania	43,64
United Republic of Tanzania	5,59	Croatia	18,98	Samoa	44,57
Timor-Leste	5,74	Bangladesh	19,21	Bermuda	45,17
Serbia	5,80	Greece	19,29	Brunei Darussalam	46,70
Turkey	6,07	Lao People's Democratic Republic	19,83	French Polynesia	46,82
Romania	6,22	Dominica	20,46	Japan	48,60
Zambia	6,22	United Arab Emirates	20,76	Norway	52,08
Colombia	6,23	United States of America	21,51	Republic of Korea	52,78
South Africa	6,25	Cyprus	21,61	Antigua and Barbuda	53,36
Burkina Faso	6,72	Ireland	21,99	Portugal	53,76
El Salvador	6,77	Netherlands	22,11	Myanmar	54,39
Bulgaria	6,94	Egypt	22,12	China, Macao SAR	54,83
Argentina	7,05	Peru	22,13	Malaysia	58,97
Malawi	7,33	Oman	22,43	China, Hong Kong SAR	69,84
Uruguay	7,49	Canada	22,52	Kiribati	72,46
Mali	7,73	United Arab Emirates	22,78	Iceland	91,92
Central African Republic	7,77	Russian Federation	22,93	Maldives	184,88
Dominican Republic	8,06	Denmark	23,16		
Mozambique	8,06	Saint Lucia	23,20		

Fischkonsum in kg/Kopf/Jahr (Fanggewicht)	
sehr niedrig	0 - 3
niedrig	3 - 7
mittel	7 - 24
hoch	24 - 42
sehr hoch	42 - 185

## Anhang 2: Globaler Ländervergleich: Omega-3-Index, Fischkonsum 2013 und Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen 2015

Durch einen globalen Ländervergleich wurden der Omega-3-Index, der Fischkonsum und die Prävalenzrate für kardiovaskuläre Erkrankungen in verschiedenen Bevölkerungsregionen miteinander verglichen. Für den Vergleich wurde die Datenbank FAOSTAT der FAO herangezogen um einen Zusammenhang der Variablen 1) Prävalenzrate kardiovaskulärer Erkrankungen 2015 2) Fischkonsum 2013 und 3) Omega-3-Index zu überprüfen. Für einen Vergleich der drei Variablen kamen insgesamt 61 Länder in Frage. Voraussetzung: für die Auflistung eines Landes mussten mindestens zwei von den drei Variablen aus den vorliegenden Studien und Datenbanken zur Verfügung stehen. Die Werte der jeweiligen Variablen wurden farblich entsprechend ihrer Skalierung markiert und in Agenden, die über der angeführten Haupttabelle stehen dargestellt.

Omega-3-Index	Kardiovaskuläre Erkrankung pro 100.000	Fischkonsum in kg/Kopf/Jahr (Fanggewicht)
hoch >8%	sehr niedrig 3601 - 5600	sehr niedrig 0 - 3
mittel 4 - 8%	niedrig 5601 - 6600	niedrig 3 - 7
niedrig <4%	mittel 6601 - 7500	mittel 7 - 24
	hoch 7501 - 8500	hoch 24 - 42
	sehr hoch 8501 - 9500	sehr hoch 42 - 185

Globale Gegenüberstellung kardiovaskulärer Erkrankungen, Fischkonsum und Omega-3-Index					
Land	Kardiovaskuläre Erkrankungen 2015	Meeresfrüchte & Fischkonsum 2013	EPA- und DHA-Werte in relativen Prozentzahlen (%) 1980-2013		
	Prävalenzrate pro 100.000	kg/Kopf/Jahr (Fanggewicht)	Plasma-Gesamtlipide	Plasmaphospholipide	Erythrozyten
Albanien	7.826	4,87	-	-	-
Armenien	6.671	4,38	-	-	-
Aserbaidschan	6.875	2,13	-	-	-
Australien	-	26,09	2,94	4,370	4,82
Belgien	5.177	25,03	-	4,960	-
Bosnien und Herzegowina	7.404	4,28	-	-	-
Bulgarien	7.914	6,94	-	-	-
Kanada	-	22,52	3,03	4,77	5,18
Chile	-	12,49	3,18	-	17,81
China	-	34,67	3,32	7,06	3,32
<b>Dänemark</b>	<b>5.275</b>	<b>23,16</b>	-	<b>7,66</b>	<b>6,16</b>
Deutschland	5.121	12,56	2,21	4,09	4,67
Estland	6.433	14,69	-	-	-
Fidschi	-	36,09	-	-	8,1
<b>Finnland</b>	<b>5.282</b>	<b>36,35</b>	3,76	<b>7,11</b>	-
<b>Frankreich</b>	<b>5.384</b>	<b>33,48</b>	3,52	6,08	<b>6,24</b>
Georgien	7.712	10,62	-	-	-
Griechenland	4.621	19,29	2,1	6,5	-
Indien	-	5,04	1,25	2,98	-
Iran	-	9,97	-	1,06	-
Irland	4.737	21,99	1,87	-	-
<b>Island</b>	<b>5.222</b>	<b>91,92</b>	4,7	6,59	<b>7,88</b>
<b>Israel</b>	<b>4.741</b>	<b>23,23</b>	-	-	<b>5,31</b>
<b>Italien</b>	<b>4.537</b>	<b>25,08</b>	2,66	4,56	<b>4,53</b>
<b>Japan</b>	-	<b>48,60</b>	<b>7,86</b>	<b>10,06</b>	<b>7,8</b>
<b>Kasachstan</b>	<b>7.761</b>	<b>5,33</b>	-	-	-
<b>Kirgisistan</b>	<b>7.739</b>	<b>2,31</b>	-	-	-
Kroatien	8.006	18,98	-	-	-
Lettland	6.440	23,66	-	-	-
Litauen	7.286	43,64	-	-	-
Luxemburg	5.702	33,79	-	-	-
Malta	4.766	32,56	-	-	-
Mongolei	-	0,68	4,98	-	-
Montenegro	7.693	12,22	-	-	-
Neuseeland	-	24,92	-	5,12	6,02
Niederlande	5.394	22,11	1,58	4,51	3,83
Nigeria	-	16,18	5,42	3,56	-

<b>Norwegen</b>	<b>5.400</b>	<b>52,08</b>	4,56	<b>8,38</b>	
Österreich	5.476	13,88		-	
Polen	7.770	10,62		-	
<b>Portugal</b>	<b>5.265</b>	<b>53,76</b>		-	
Rumänien	7.151	6,22		-	
Russland	7.826	22,93	4,39	7,2	
Saudi-Arabien	-	13,48	1,40		
<b>Schweden</b>	<b>5.466</b>	<b>32,01</b>	2,97	<b>6,6</b>	
Schweiz	5.225	17,78		-	
Serbien	7.296	5,80		-	
Slowakei	8.168	8,67		-	
Slowenien	7.107	10,48		-	
<b>Spanien</b>	<b>5.187</b>	<b>42,38</b>	3	<b>7,47</b>	<b>7,03</b>
Tadschikistan	6.272	0,50		-	
Tschechien	7.924	8,60		4,8	
Tunesien	-	13,62	4,05		
Türkei	-	6,07	2,8		
Turkmenien	7.032	3,72		-	
Vereinigtes Königreich	5.373	-	3	5,7	6,25
Ukraine	7.650	17,03		-	
Ungarn	7.526	5,09		-	
Usbekistan	7.105	0,74		-	
USA	-	21,51	3,17	3,42	5,19
Zypern	4.938	21,61		-	
<b>61</b>	<b>46</b>	<b>60</b>		<b>32</b>	

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere, dass ich vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, den 20.08.2018

Elisa Grune