

## Das Fettsäurenprofil

Unilabs Genf

## Die „Fett-Gesundheit“

Eine optimale Gesundheit ist abhängig vom richtigen Mengenverhältnis aller Fette in unserer Ernährung. „Fett-Gesundheit“ bedeutet auch Vermeidung potentiell gefährlicher Fette („trans-Fette“). Diese finden sich z. B. im Backfett, in der Margarine, in gebratenem Essen und in Milchprodukten, wobei trans-Fette aus tierischen Quellen (Milchprodukten) offenbar kein gesundheitliches Risiko darstellen.

Ein ausgewogener Fetthaushalt führt zu geistigem Wohlbefinden und einer guten Nervenfunktion, einem gesunden Herz-Kreislauf System, zu guter Magen-Darm- und Lungenfunktion, einem ausgeglichenen Immunsystem, ja sogar zu gesunder Haut, gesunden Haaren und Nägeln und einer deutlich verminderten Entzündungsbereitschaft des Körpers. Ein ausgewogener Fettsäurehaushalt ist besonders wichtig für die Gesunderhaltung schwangerer Frauen und ihrer Babys.

DHA zum Beispiel (in Fischöl enthalten) ist wichtig für die kindliche Hirnentwicklung und sollte schon in der Schwangerschaft in Form von Fischölkapseln zusätzlich eingenommen werden. In vielen Krankheitsprozessen wurde ein Ungleichgewicht im Fettsäurehaushalt festgestellt, so z.B. bei Herzkrankheiten, überhöhtem Blutdruck, Insulinresistenz und Diabetes, Asthma, Menstruationskrämpfen, beim prämenstruellen Syndrom, bei Depression, beim Aufmerksamkeitsdefizit-Syndrom (ADHD), bei Senilität, bei Zwangsneurosen und bei der Nachgeburtsdepression.

Die Zellwand bildet die äussere Begrenzung aller pflanzlichen und tierischen Zellen und besteht vorwiegend aus Fetten und Eiweissen. Einerseits müssen die Membranen widerstandskräftig und stabil sein, andererseits ist für einen reibungslosen Nährstoffaustausch auch die Fließfähigkeit im Wandinneren von erheblicher Bedeutung.

### **Cholesterin und gesättigte Fette erhöhen die Membranfestigkeit:**

Zuviel: Die Zellwände erstarren  
Zuwenig: Die Zellwände fallen in sich zusammen

### **Ungesättigte Fettsäuren erhöhen die Fließfähigkeit:**

Zuviel: Bisher sind keine negativen Auswirkungen bekannt  
Zuwenig: Der Stoffwechsel in der Zellwand kommt zum Erliegen

Je höher der Anteil an gesättigten Fetten ist (besonders der langkettigen Lignocerin säure und Nervonsäure), desto stabiler und widerstandsfähiger ist die Zellwand. Umgekehrt, je höher der Anteil und je mehrfach ungesättigter die Fette in einer Zellwand sind, desto höher ist die Fließfähigkeit im Wandinneren. DHA - eine Omega-3 Fettsäure - ist die höchst ungesättigste Fettsäure im Körper und daher sehr wichtig für die Fließfähigkeit.

Zellen mit niedrigem DHA in ihrer Zellwand verändern die Bindungsfähigkeit von Hormonrezeptoren. Einige Hormone wie z.B. Östrogene, Progesteron und Angiotensin weisen ein hohes Rezeptor-Bindungsvermögen auf im Gegensatz zu Insulin und Serotonin mit schwachem Bindungsvermögen. Forscher gehen davon aus, dass diese Tatsache einen Zusammenhang zwischen niedrigen DHA Werten und Krankheiten wie Brustkrebs, PMS, Bluthochdruck, Diabetes und Depression erklären könnte.

Die Zellwand ist auch befähigt zum Aufbau und Weiterleitung elektrischer Potentiale. Ihre Wand sollte so fest sein, dass die Zelle nicht in sich zusammenfällt aber doch so elastisch, dass sie sich allfälligen Verformungen leicht anzupassen vermag.

Fettlösliche, giftige Substanzen wie Alkohol, Barbiturate, Drogen, Karzinogene, chemische Umweltgifte (PCB etc.) können aufgrund ihrer Fettlöslichkeit die Zellwand schädigen und somit den Zellstoffwechsel empfindlich treffen oder sogar die Zelle selbst zerstören.

## Fettsäuren, Kohlenhydrate und Diabetes

Übergewicht, Bewegungsmangel und wohl auch ein Zuviel an Kohlenhydraten in unserer Ernährung sind mögliche Ursachen für eine so genannte Insulinresistenz, d.h. die Unempfindlichkeit gegen Insulin. Bei Insulinresistenz nehmen die Zellen den Zucker im Blut nur unzureichend auf. Die Folge: Der Blutzucker steigt an. Mit steigendem Blutzucker wird aber noch mehr Insulin produziert, um diesem Zuckerüberschuss entgegen zu wirken. Auf lange Sicht werden die insulinproduzierenden Zellen überlastet, bis hin zur völligen Erschöpfung. Eine Insulinresistenz geht einem manifesten Diabetes des Typs 2 oft um Jahre voraus.

Insulinresistenz ist vergesellschaftet vor allem mit erhöhten Werten für Palmitin- und Palmitoleinsäure und mit tiefen Linolsäure Werten. In Studien zeigte sich eine umgekehrte Beziehung zwischen dem Auftreten eines Diabetes mellitus und dem Verbrauch an pflanzlichen Ölen und Fetten und dem Ausmass des Ersatzes von gesättigten durch mehrfach ungesättigte Fettsäuren:

Je weniger ungesättigte Fette (zB. Rapsöl, Olivenöl, Fischöl) und je mehr gesättigte Fette (zB. in Wurstwaren) wir täglich mit der Nahrung einnehmen, desto grösser wird die Gefahr einer Insulinresistenz und damit zwangsläufig für eine Blutzuckerkrankheit (Diabetes).

Zellwände, die aufgrund zu hoher Einnahme von gesättigten Fetten, insbesondere bei begleitendem DHA Mangel (Fischöl), ihre Fließfähigkeit eingebüsst haben, sind resistent gegen Insulin.

Hohe Insulinwerte wirken darüber hinaus entzündungsfördernd, in dem sie die Enzyme der Arachidonsäuresynthese ankurbeln. Mit ansteigender Insulinresistenz werden auch diese Enzyme „insulinresistent“ was zu einer weiteren Zunahme der gesättigten Fetten in den Zellwänden und damit zu einer weiteren Verstärkung der Insulinresistenz führt.

## Die Entzündung

Bestimmte Gewebeshormone, gebildet aus den Fettsäuren Linolsäure (Omega-6) und Alpha-Linolensäure (Omega-3) sind u. a. verantwortlich für einen ausgeglichenen Entzündungsprozess. Entzündungshemmung und Entzündungsförderung müssen sich die Waage halten. Eine Entzündung an sich ist keine schlechte Sache: Eine Entzündung ist stets der erste Schritt zur Reparatur beschädigter Gewebe.

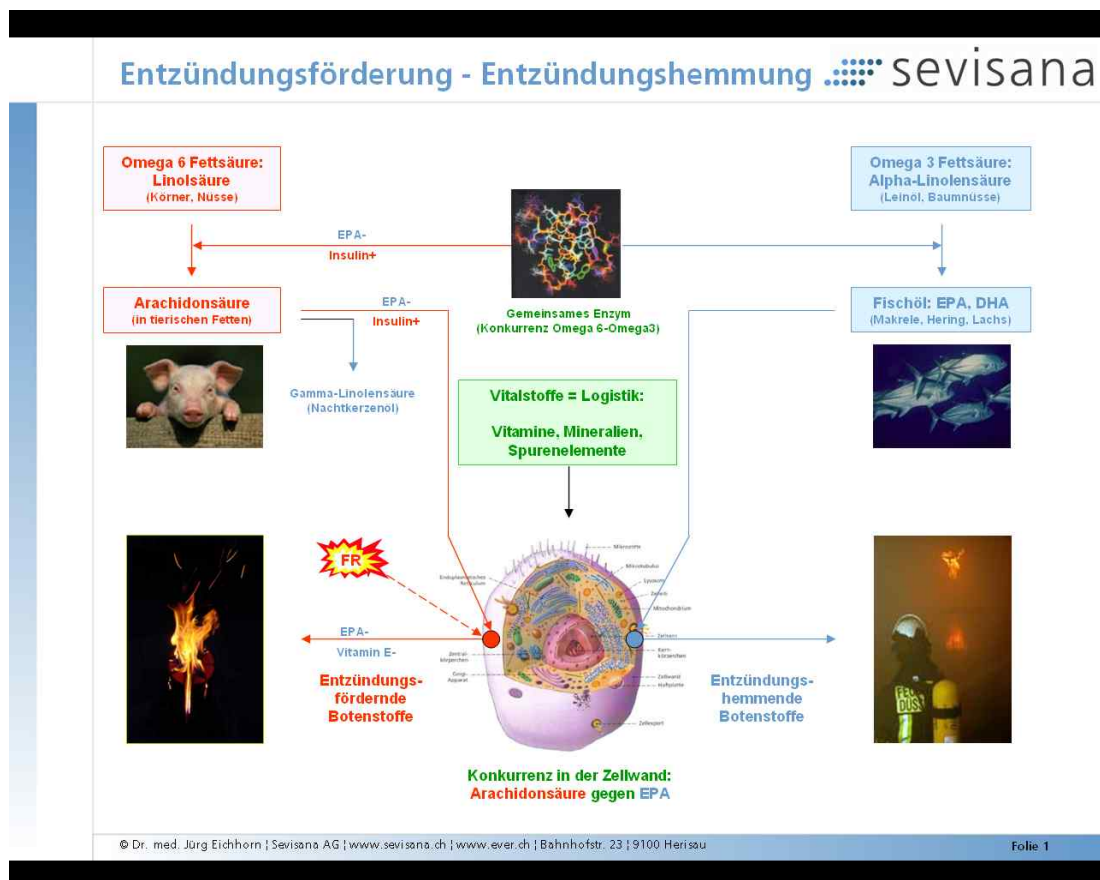
Wenn allerdings die entzündungshemmende Omega-3 Seite (Fischöl, EPA) geschwächt oder durch ein Übermass an Omega-6 Fetten blockiert ist, dann kann ein Entzündungsprozess aus den Fugen geraten, mit verheerenden Folgen für unsere Gesundheit.

Omega-6 und Omega-3 Fettsäuren sind mehrfach ungesättigte Fettsäuren, die unser Organismus nicht selbst herstellen kann. Sie sind aber lebensnotwendig und müssen mit der Nahrung zugeführt werden, das heisst, sie sind für uns „essentiell“.

Der wichtigste Vertreter der Omega-6 Fettsäuren ist die Linolsäure. Für die Pflanze ist die Linolsäure die Speicherform der Energie. Pflanzliche Fette und Öle (u. a. Distelöl und Sonnenblumenöl, die meisten Margarinen) sind linolsäurereich. Olivenöl enthält lediglich 8% Linolsäure und Rapsöl 13%. Rheumatiker sollten auf Distel- und Sonnenblumenöl zugunsten des Rapsöls und allgemein auf stark linolsäurehaltige Nahrungsmittel verzichten. Aus Linolsäure wird nämlich über das Zwischenprodukt Gamma-Linolensäure der eigentliche Brennstoff jeder Entzündung, die Arachidonsäure gebildet.

Fischöl auf der anderen Seite ist der Gegenspieler der Entzündung. Gewonnen aus dem Fett bestimmter Kaltwasserfische wie Makrelen, Heringen und Lachs, enthält Fischöl eine beachtliche Menge essentieller Fettsäuren wie EPA, das entzündungshemmend wirkt und DHA, das den Blutdruck senkt.

Einerseits verleihen diese Säuren den Zellwänden Geschmeidigkeit, Elastizität und Festigkeit, andererseits sind sie die Hauptakteure entzündungshemmender Vorgänge im menschlichen und tierischen Organismus. Bei einer Entzündung werden aus der Arachidonsäure entzündungsfördernde und aus den „Fischölen“ mehrheitlich entzündungshemmende Botenstoffe freigesetzt.



## Gesättigte Fettsäuren

Die meisten gesättigten Fette erkennt man daran, dass sie bei Raumtemperatur fest sind. Ihre Moleküle kleben förmlich aneinander und bilden feste Fettklumpchen. Gesättigte Fette tragen so wesentlich zur strukturellen Festigkeit der Zellwände bei.

Ein Zuviel an diesen Fetten hat zur Folge, dass die Zellmembranen zu fest, zu starr werden und so den Nährstoffaustausch, darüber hinaus auch die Bindungsfähigkeit von Hormonen, beeinträchtigen. Die gesättigten Fettsäuren, welche das LDL-Cholesterin infolge der herabgesetzten Aktivität der LDL Rezeptoren erhöhen, sollten auf 10% der Kalorienzufuhr beschränkt werden. Zudem haben die gesättigten Fettsäuren thrombogene Eigenschaften (Aktivierung der Thrombozytenaggregation, so Erhöhung der Neigung zu Thrombosen).

Gesättigte Fette finden sich allgemein in fettreichen Fleisch und Milchprodukten, Fetträndern an Fleisch, Schinken, Wurstwaren, Saucen, Cremesuppen, Creme- und Sahnejoghurts, Käse, Butter, Kuchen und Rahm.

Der Prozentanteil gesättigter Fette kann wirkungsvoll gesenkt werden durch eine Bevorzugung ungesättigter Omega-3 und Omega-6 Fettsäuren und Meidung fettreicher tierischer Produkte.

Durch die stärkere Gewichtung des pflanzlichen im Vergleich zum tierischen Anteil innerhalb der Ernährung verringert sich begleitend der Verzehr an gesättigten Fettsäuren von alleine.

Der steigende Einfluss der gesättigten Fettsäuren Laurinsäure, Myristinsäure und Palmitinsäure auf den Blutcholesterinwert ist mittlerweile, basierend auf unzähligen Studien, gut belegt.

Myristinsäure	Hauptvorkommen	Mangelercheinung	Hauptbedeutung
	Milchfett, Kokosfett, Palmkernfett. In gebundener Form als Triglycerid ist die Myristinsäure in fast allen pflanzlichen und tierischen Fetten enthalten. In hohem Masse findet man sie in Muskatnussbutter, daher der Name Myristinsäure	Mangelnde Festigkeit der Zellwände	Aufbau von Biomembranen von Körperzellen Spielt eine wichtige Rolle bei der Regulierung verschiedener zellulärer Funktionen.
	<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>		
	Der Zusammenhang zwischen einem Überschuss an Myristinsäure (1-4% der totalen Energieaufnahme) und dem Risiko für eine Herzkrankgefässerkrankung ist gut belegt: Die Auswirkung zeigt sich über einen Anstieg des LDL Cholesterins. Nahrungsmittel, reich an Myristinsäure, sind: Butter, Kokosnuss, Rahm, Käse, Speck, Schmalz, Kekse und Pommes-chips. Myristinsäure und Palmitinsäure haben von allen gesättigten Fettsäuren die ausgeprägteste LDL-Cholesterin steigernde Wirkung.		

Pentadecansäure	Hauptvorkommen	Mangelercheinung	Hauptbedeutung
	<p>Pentadecansäure kommt in der Natur nur selten und in geringerer Konzentration vor. Lebertran des Kabeljaus 0,1%, Aalfett 1,6%, Rind- u. Lammfleisch 0,6%, Milchfett 1,05%, Körperfett von Wiederkäuern 0,43 % der Gesamtfettsäuren. In Pflanzen ist sie selten.</p>		
	<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>		
	<p>Da der menschliche Körper diese Fettsäure nicht selbst herstellen kann, lassen sich aus dem Anteil der Pentadecansäure Schlüsse auf die Aufnahme von Milch und/oder Milchprodukten ziehen. Es gibt aber Hinweise, dass die Pentadecansäure auch aus Darmbakterien gebildet werden kann: Die Pentadecansäure wie auch die Tricosansäure werden im Körper vermehrt gebildet, wenn die Fettsäuresynthese mit Propionsäure beginnt anstatt mit der Essigsäure. Propionsäure kommt in grösseren Mengen in der Butter und anderen Milchprodukten vor. Propionsäure ist auch eine der ungeradkettigen Fettsäuren, die von unseren Darmbakterien durch Gärungsprozesse und Aufschlüsselung wasserlöslicher Nahrungsfasern produziert werden. Bei ausreichendem Vorhandensein von Vitamin-B12 und Biotin kann Propionat in Succinat verwandelt werden und zwar um entweder im Zitronensäurezyklus oder der Energieproduktion verwendet zu werden. Hohe Werte der ungeradkettigen Fettsäuren in der Zellmembran können Hinweis sein auf einen erhöhten Bedarf an Vitamin-B12 und Biotin oder Folge eines hohen Nahrungsanteils an wasserlöslichen Nahrungsfasern.</p>		

Palmitinsäure	Hauptvorkommen	Mangelercheinung	Hauptbedeutung
	<p>In tierischen und pflanzlichen Fetten und Ölen, insbesondere: Kochmargarine, Speck, Vollrahm, Eigelb, Butter, Patisserie.</p>		
	<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>		
	<p>Myristinsäure und Palmitinsäure haben von allen gesättigten Fettsäuren die ausgeprägteste LDL-Cholesterin steigernde Wirkung. Die Zunahme des Verhältnisses Gesamtcholesterin/HDL-Cholesterin - ein Mass für das kardiovaskuläre Risiko - ist bei Palmitinsäure am deutlichsten.</p>		

Stearinsäure	Hauptvorkommen	Mangelererscheinung	Hauptbedeutung
	In tierischen und pflanzlichen Fetten und Ölen. Bei der Härtung pflanzlicher Öle (Margarine etc.) entsteht als gesättigte Fettsäure überwiegend Stearinsäure		Umwandlung in Ölsäure
<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>			
<p>Stearinsäure wird, wie auch die kurzkettigen Fettsäuren, im Körper mittels des Enzyms Delta-9 Desaturase in Ölsäure umgewandelt. Ausreichend Ölsäure ist wichtig um die Fließfähigkeit in den Zellmembranen zu gewährleisten.</p> <p>Stearinsäure ist in tierischen Fetten am Aufbau der Triglyceride beteiligt: Im Schweinefett zu 14%, im Rinderfett zu 20%, im Milchfett zu 13%. Aber auch im pflanzlichen Fetten findet sich Stearinsäure noch zu 2-5%.</p> <p>Bei ausreichender Delta-9 Desaturase Aktivität wird die Stearinsäure rasch in Ölsäure umgebaut und hat so keinen negativen Einfluss auf den Cholesterinspiegel.</p> <p>Die Vitamine B2, B3, B6, C und die Mineralien Zink und Magnesium stärken die Delta-9 Desaturase Aktivität. Der Stoffwechselschritt der Delta-9 Desaturase kann umgangen werden durch vermehrte Einnahme von Rapsöl oder Olivenöl.</p>			

Laurinsäure	Hauptvorkommen	Mangelererscheinung	Hauptbedeutung
	Hauptsächlich in Kokosfett		
<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>			
Laurinsäure führt von allen Fettsäuren zum deutlichsten Anstieg des Gesamtcholesterinspiegels, grösstenteils jedoch bedingt durch einen Anstieg des HDL-Cholesterins.			

## Omega-7 Fettsäuren

Palmitoleinsäure	Hauptvorkommen	Mangelercheinung	Hauptbedeutung
	In tierischen und pflanzlichen Fetten und Ölen		
<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>			
<p>Was die Rolle der einfach ungesättigten Fettsäuren betrifft, so existiert insgesamt doch eine Fülle aussagekräftiger Erkenntnisse zu den positiven gesundheitsrelevanten Wirkungen der Ölsäure und der Palmitoleinsäure.</p> <p>Die Palmitoleinsäure - eine einfach ungesättigte Fettsäure - zeigt eine ähnliche Zusammensetzung wie unsere hauteigenen Fettsäuren und wird deswegen gerne in der Kosmetikindustrie verwendet. Einige pflanzliche Öle sind reich an Palmitoleinsäure. Macadamianussöl beispielsweise zeichnet sich aus durch einen hohen Anteil an Palmitoleinsäure (ca. 25 %). Deswegen wird kalt gepresstes Macadamianussöl gerne als Hautöl verwendet. Durch seinen hohen Palmitoleinsäure Gehalt verleiht es der Haut einen samtigen Glanz und macht sie weich und geschmeidig. Das Vitamin-E reiche, kaltgepresste Sanddorn-Fruchtfleischöl enthält etwa 30% Palmitoleinsäure, 35% Palmitinsäure und 25% Ölsäure und soll helfen bei Sodbrennen und Magen-Darm-Erkrankungen (wenige Tropfen täglich in Wasser oder Saft eingerührt).</p>			

Cis-Vaccensäure	Hauptvorkommen	Mangelercheinung	Hauptbedeutung
	Nahrungsmittel reich an cis-Fettsäuren sind: Schweineschmalz, Backmargarine, Speck, Vollrahm, Eigelb, Butter, Waffeln und Patisseries.		
<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>			
<p>Eine erhöhte Eigenproduktion der Omega-7 Fette wird mit einem ernährungsbedingten Omega-3 Fettsäuremangel in Verbindung gebracht. In Rattenversuchen zeigte sich, dass Vaccensäure die Synthese von konjugierten Linolsäuren (CLA) massgeblich erhöhen kann. Für den Menschen würde das bedeuten, dass die Aufnahme von Vaccensäure zu einer deutlichen Verbesserung der CLA-Versorgung beitragen könnte. CLA-Fettsäuren reduzieren die Bildung von Arachidonsäure in Endothel-Zellen und reduzieren damit die Bildung entzündungsfördernder Gewebeshormone.</p> <p>Der Begriff CLA - eine anticarcinogene und antiatherogene (gegen Krebs und Arteriosklerose gerichtete) Fettsäure steht für eine Gruppe von Linolsäureabkömmlingen.</p> <p>In den letzten 10 Jahren wurden zahlreiche positive Wirkungen der CLA im Stoffwechsel von Labortieren und des Menschen publiziert. Die krebshemmenden Effekte der CLA gelten mittlerweile als gut gesichert. Die natürlichen CLA-Fettsäuren findet man vorwiegend im Milch- und Körperfett von Wiederkäuern. Ökologische Weidehaltung (Ökoweiden, Kräuter!), erhöht den CLA-Gehalt im Milchfett.</p>			

## Omega-9 Fettsäuren

Ölsäure (Oleinsäure)	Hauptvorkommen	Mangelerkrankung	Hauptbedeutung
	<p>In tierischen und pflanzlichen Fetten und Ölen. Besonders reich an Ölsäure sind z.B. Palmöl, Olivenöl und Erdnussöl. Im menschlichen Körper entsteht Ölsäure aus Stearinsäure.</p>		<p>Ölsäure ist von grosser Bedeutung für die Erhaltung der Fließfähigkeit in den Zellwänden.</p>
<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>			
	<p>Die meisten Studien belegten, dass sowohl die Ölsäure als auch die übrigen einfach ungesättigten Fettsäuren wie die Palmitoleinsäure keine Veränderung des Cholesterinspiegels bewirken. Dieser neutrale Effekt scheint auf einer leichten Zunahme der HDL-Cholesterinspiegel verbunden mit einer moderaten Reduktion des LDL-Cholesterins zu beruhen, was einen potentiell günstigen Anstieg des HDL/LDL-Verhältnisses bewirkt.</p> <p>Was die Rolle der einfach ungesättigten Fettsäuren betrifft, so existiert insgesamt doch eine Fülle aussagekräftiger Erkenntnisse zu den positiven gesundheitsrelevanten Wirkungen der Ölsäure und der Palmitoleinsäure.</p> <p>Im menschlichen Körper entsteht Ölsäure aus Stearinsäure. Das dafür verantwortliche Enzym heisst Delta-9 Desaturase. Tiefe Ölsäurewerte weisen u. U. auf eine eingeschränkte Delta-9 Desaturase Aktivität hin. Die Vitamine B2, B3, B6, und C sowie Zink und Mangan erhöhen die Delta-9 Desaturase Aktivität.</p> <p>Hohe Ölsäurewerte resultieren in der Regel aus einer erhöhten Einnahme Ölsäure-reicher Öle, in erster Linie Olivenöl, aber auch Palmöl, Walnussöl, Distelöl oder Sonnenblumenöl. Hohe Ölsäurewerte sind nach dem derzeitigen Wissensstand für die Gesundheit vorteilhaft und bieten keinerlei Anlass zu medizinischer Sorge.</p> <p>Eine hochregulierte Delta-9 Desaturase Aktivität hingegen wird mit bösartigen Tumoren, insbesondere der Prostata, in Verbindung gebracht. Krebsforscher nehmen an, dass Krebszellen die Delta-9 Desaturase Aktivität erhöhen, um die Fließfähigkeit in den Zellmembranen zu erhöhen um damit den Nährstoffaustausch, d.h. die Abfallbeseitigung aus bösartigen Zellen, zu beschleunigen.</p> <p>Eine <b>Verminderung der Ölsäure</b> kann durch eine verminderte Aufnahme oder eine verminderte Synthese dieser Säure, verbunden mit einer Hypoaktivität einer Desaturase, bedingt sein. Nahrungsmittel reich an Oleinsäure sind: Olivenöl, Rapsöl, Gänsefett, Schmalz, Rindertalg, Haselnüsse, Mandeln, Erdnüsse. Gänseleber und Avocado.</p>		

## Trans-Fettsäuren

**Elaidinsäure:** vornehmlich industrieller Herkunft: **gesundheitlich bedenklich**  
**Vaccensäure:** vornehmlich tierischen Ursprungs: **gesundheitlich gut**

Ein Überschuss an trans-Fettsäuren kann eine LDL-Cholesterin-Erhöhung und eine HDL-Cholesterin Erniedrigung fördern. Die trans-Fettsäuren können vom menschlichen Organismus nicht synthetisiert werden und müssen somit über Milchprodukte (Ausnahme: Produkte, welche 0% Fett enthalten), Fleisch und Talg zugeführt werden.

In frischen pflanzlichen Nahrungsmitteln, in pflanzlichen Ölen und Fetten, finden sich in der Regel kaum TFA. Trans-Fettsäuren werden durch Bakterien im Magen-Darmtrakt von Wiederkäuern durch Fermentation gebildet, aus dem Darm absorbiert und in die Gewebe übergeführt. Entsprechend kommen sie natürlicherweise in Milch und Milchprodukten und im Fleisch von Wiederkäuern vor.

Eine zweite Quelle von trans-Fettsäuren sind industriell gehärtete Fette. Bei der Härtung (der sog. Hydrogenierung) von Pflanzenölen entstehen aus der Linolsäure die cis-Ölsäure, die sich dann in die trans-Elaidinsäure umlagert. So erklärt sich, dass in gehärteten Pflanzenfetten bzw. Margarinen die trans-Elaidinsäure dominiert, die vor allem als gesundheitlich bedenklich gilt.

Heute härtet man die Fettsäuren weiter durch als früher. Mit diesem technologischen Schritt wandeln sich die ungesättigten trans-Fettsäuren zum Grossteil in die gesättigte Stearinsäure um. Auf diese Art sinkt der Gehalt an TFA und der Gehalt an gesättigten Fettsäuren steigt. Die höheren Gehalte von Stearinsäure werden aber akzeptiert, da sie den Cholesterinspiegel nicht erhöhen.

Die in tierischen Produkten vorherrschende Vaccensäure wird enzymatisch in die conjugierte Linolsäure (CLA) umgewandelt. Für den Menschen würde das bedeuten, dass die Aufnahme von Vaccensäure zu einer deutlichen Verbesserung der CLA-Versorgung beitragen könnte. CLA-Fettsäuren reduzieren die Bildung von Arachidonsäure in Endothel-Zellen und reduzieren damit die Bildung entzündungsfördernder Gewebeshormone. Der Begriff CLA, eine gegen Krebs und Arteriosklerose gerichtete Fettsäure steht für eine Gruppe von Linolsäureabkömmlingen. In den letzten 10 Jahren wurden zahlreiche positive Wirkungen der CLA gefunden. Die krebshemmenden Effekte der CLA gelten mittlerweile als gut gesichert. Die natürlichen CLA-Fettsäuren findet man vorwiegend im Milch- und Körperfett von Wiederkäuern. Ökologische Weidehaltung (Ökoweiden, Kräuter!), erhöht den CLA-Gehalt im Milchfett. Fleisch und Fleischprodukte von Wiederkäuern enthalten TFA mit anerkannten Qualitäten (CLA). Bei Nicht-Wiederkäuern (Geflügel, Schwein, Pferd etc.) finden sich nur dann trans-Fettsäuren im Fett, wenn sie mit dem Futter aufgenommen wurden.

### Positive Einflüsse der natürlichen CLA-Fettsäuren bezüglich:

- Krebs
- Immunsystem
- Arteriosklerose
- Körperzusammensetzung (Fett, Muskel)
- Knochenmasse
- Diabetes
- Blutdruck

Es scheinen nur die TFA industrieller Herkunft einen negativen Effekt auf die Gesundheit zu haben. Fleisch und Fleischprodukte von Wiederkäuern enthalten TFA (vornehmlich Vaccensäure) mit anerkannten Qualitäten (CLA). Einige epidemiologische Studien der letzten Jahre gaben Hinweise, dass eventuell das aus industrieller Fettverarbeitung generierte Transfettsäurenspektrum (vornehmlich Elaidinsäure) bezüglich Herz-Kreislauf-Erkrankungen einen negativeren Einfluss haben könnte als das Transfettsäurenspektrum aus tierischem Fett von Wiederkäuern. Diese Vermutung wurde kürzlich von einer grossen dänischen Studie bestätigt (Laufzeit 18 Jahre, 3636 Teilnehmern). Es wurde keinerlei Assoziation der Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit der Aufnahme von TFA aus tierischer Quelle gefunden. Bei Frauen wurde sogar über einen leichten, nicht signifikanten positiven Effekt berichtet. (Quelle: Schweizer Zeitschrift für Ernährung – 4/2008).

### TFA industrieller Herkunft (Fetthärtung) sind gesundheitlich als bedenklich einzustufen:

- Erhöhung von LDL-Cholesterin und Lipoprotein  
Erniedrigung HDL-Cholesterin
- Erhöhung von Triglyzeriden
- Höhere Aufnahmemengen von TFA erhöhen das Risiko für eine koronare Herzkrankheit
- Erhöhung von Entzündungsstoffen (CRP, Interleukin-6)
- Hemmende Wirkung auf den Stoffwechsel von Omega-6 und Omega-3 Fettsäuren (Hemmung des Enzyms Delta-6 Desaturase)
- Studien zeigten enge Zusammenhänge zwischen dem vermehrten Konsum von trans-Fetten und dem Auftreten von Brust-, Dickdarm- und Prostatakrebs
- Erhöhung der Insulinresistenz und damit Erhöhung des Diabetes-Typ-2-Risikos bei Frauen
- TFA blockieren die Aktivitätsstelle der Desaturasen und Elongasen und behindern die Synthese von EPA und DHA

Aufgrund der vorhandenen Daten wird nachdrücklich empfohlen, um koronaren Herzkrankheiten vorzubeugen, die trans-Fettsäuren Aufnahme einzuschränken.

Die Energiegewinnung bei Mensch und Tier aus gesättigten Fettsäuren läuft bekanntlich sehr effizient über die so genannte Betaoxidation ab. Anders bei den ungesättigten Fettsäuren: Die Doppelbindungen ungesättigter Fettsäuren verursachen gewisse Schwierigkeiten. Die Umwandlung von ungesättigten Fettsäuren in den Mitochondrien läuft immer über eine Umwandlung der cis- in eine trans-Form ab. Somit verfügt auch der Mensch über die Möglichkeit, TFA zu bilden. Nach heutigem Wissensstand scheinen die trans-Vaccensäure sowie die conjugierte Linolsäure (CLA) für den menschlichen Metabolismus kein Problem zur weiteren Verstoffwechselung darzustellen.

Bei der unsachgemässen Lagerung von Ölen (kein Lichtschutz, keine Kühlung) bilden sich trans-Fettsäuren insbesondere, wenn die Öle nicht dunkel gelagert werden. Die Empfehlungen zur Bannung dieser Gefahr lauten: Pflanzenöle kühl und dunkel lagern und, einmal geöffnet, innerhalb von drei Monaten konsumieren.

Trans-Vaccensäure	Hauptvorkommen	Mangelercheinung	Hauptbedeutung
	Im Milchlipp dominiert die trans-Vaccensäure und in gehärteten Fetten die trans-Elaidinsäure		Zwischenschritt von der Linolsäure zur Stearinsäure
	<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>		
	Im tierischen Organismus, im Pansen von Wiederkäuern (Rind, Schaf, Ziege) wird die Linolsäure in die conjugierte Linolsäure (CLA) umgewandelt. Daraus entsteht die trans-Vaccensäure, die schlussendlich in die Stearinsäure umgewandelt wird. Letzterer Schritt ist die geschwindigkeitsbegrenzende Reaktion bei der vollständigen Biohydrierung, womit die trans-Vaccensäure akkumuliert.		

Trans-Elaidinsäure (9)	Hauptvorkommen	Manglerscheinung	Hauptbedeutung
	<p>Im Milchfett dominiert die trans-Vaccensäure und in gehärteten Fetten die trans-Elaidinsäure:            Teilweise hydrierte Pflanzenöle wie Backfette, Margarine, gebratene Nahrungsmittel oder Molkereifett in Cremes, Eiscremes, Vollmilch, etc.</p>		
	<p><b>Auswirkung auf die Gesundheit</b></p>		
	<p>Epidemiologische Studien haben einen Zusammenhang zwischen der trans-Elaidinsäure und dem Auftreten von Koronarerkrankungen aufgezeigt. Die Trans-Elaidinsäure kann vom menschlichen Organismus nicht synthetisiert werden. Sie wird ausschliesslich in Form von pflanzlichen Ölen oder Fischöl zugeführt. Diese fetthaltigen Substanzen werden als Inhaltsstoffe von Nahrungsprodukten (Biscuits, Gebäck, Getreideprodukte der Brotzubereitung, Konfekt) und manchmal gewissen Margarinen und Shortenings (wasserfreie, halbfeste Fette, die sich zum Backen und Braten eignen) verwendet.</p> <p>Hohe trans-Elaidinsäure Werte können Hinweis sein auf einen übertriebenen Verbrauch von teilweise hydrierten Ölen (z.B. Backfett, Margarine, gebratene Nahrungsmittel, usw.) oder Molkereifett (Butter, Creme, Eiscreme, Vollmilch, etc.). Wegen ihrer Form verhalten sich trans-Fette wie gesättigte Fette: Ungünstiger Einfluss auf den Fettstoffwechsel. Sie erhöhen das Arteriosklerose fördernde LDL-Cholesterin, senken das schützende HDL-Cholesterin und tragen so zur Entwicklung von Herz-Gefässerkrankungen bei. Es wird angenommen, dass die Doppelbindung in den trans-Fetten die Aktivität der Desaturase Enzyme abschwächt und so der Körper weniger lebenswichtige Gewebe-Hormone bilden kann. Bei der Härtung pflanzlicher Öle entsteht aus Linolsäure die einfach ungesättigte cis-Ölsäure, die sich dann in die trans-Elaidinsäure umwandelt und bei der weiteren Härtung in die gesättigte Stearinsäure übergeht. In Milchfett dominiert die trans-Vaccensäure gefolgt von der trans-Elaidinsäure. In Butter finden sich an trans-Fettsäuren die Vaccensäure und die Elaidinsäure, während in Margarine vornehmlich nur die Elaidinsäure anzutreffen ist.</p>		

## Omega-6 Fettsäuren

Linolsäure	Hauptvorkommen	Mangelerkrankung	Hauptbedeutung
	In pflanzlichen Fetten und Ölen und in tierischen Produkten. Distelöl, Sonnenblumenöl, Avocada, Nüsse, Mais	s.u.	Ausgangssubstanz für die Omega-6 Reihe
	<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>		
	Die Linolsäure ist eine essentielle Fettsäure, welche mit der Nahrung aufgenommen werden muss. Linolsäurehaltige Nahrungsmittel sind: Distelöl, Traubenkernöl, Soja, Mais, Avocado, Sonnenblumenöl, Erdnuss, gewisse Kochmargarinen und Mandeln. Rapsöl oder dessen Mischung mit Olivenöl scheint aktuell die einfachste Methode zu sein, um diesen Bedarf zu decken.		

### Linolsäureüberschuss

Ein Überschuss an Linolsäure kann Auswirkungen auf die Entzündungsvorgänge und die Blutplättchenverklumpung haben. Er fördert die Viskosität (Dickflüssigkeit) des Blutes, die Vasokonstriktion (Gefäßengstellung) und die Oxidation von LDL Cholesterin und steht in direktem Zusammenhang mit dem Risiko für Herzkrankheiten. Des Weiteren hemmt er die Synthese von Eicosapentaensäure-EPA und Docosa-hexaensäure-DHA (Omega 3-Fettsäure) werden.

### Linolsäuremangel

- Verstärkte Verhornung (Hyperkeratose)
- Akne: Die bei Akne beobachtete folliculäre Hyperkeratose kann als lokales folliculäres Linolsäuredefizit angesehen werden
- Hauttrockenheit
- Haarausfall
- Allgemeine Schwäche
- Auswirkungen auf die Entwicklung des Gehirns und auf das Prostaglandin-Gleichgewicht

Tiefe Linolsäure Werte begünstigen Hauterkrankungen, Ekzeme, führen u. U. zu Verhaltensstörungen, verlangsamen das Wachstum und die Wundheilung und sind mitunter verantwortlich für ein gesteigertes Durstgefühl. Als mögliche Symptome eines „extremen“ Linolsäure-Mangels werden genannt: Ekzematöse Hautveränderungen, Haarausfall, Degeneration von Leber und Niere, Wasserverlust durch die Haut mit Durstgefühl, Austrocknen der Drüsen, Infektanfälligkeit, Wundheilungsstörungen, Sterilität des Mannes, Fehlgeburten bei Frauen, Arthritis-ähnliche Beschwerden, Herz- Kreislaufbeschwerden, Wachstumsverlangsamung, Verhaltensstörung.

<b>Gamma-Linolensäure</b>	<b>Hauptvorkommen</b>	<b>Manglerscheinung</b>	<b>Hauptbedeutung</b>
	Nachtkerzenöl, Borretschöl Dorade (enthält 54mg/100g)	Entzündungen der Gelenke und der Haut, virale Infekte.	Entzündungs- hemmung
	<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>		
	Ein Defizit an Gamma-Linolensäure (GLA) findet sich bei Entzündungen der Gelenke und der Haut, sowie bei viralen Infekten. Einer Verminderung an GLA kann eine verminderte Zufuhr dieser Fettsäure und/oder eine verminderte Synthese, verbunden mit einer Hypoaktivität einer Desaturase, zugrunde liegen. Letztere Situation kann bei einem angeborenen oder erworbenen Mangel an Kofaktoren (Eisen, Magnesium und Vitamin PP) auftreten. Diverse Situationen können eine Enzymhypoaktivität fördern: Chronischer Stress, Altern, Insulinresistenz, unausgewogene Ernährung, Atopie, u.a. Um so wichtiger ist es, eine abwechslungsreiche und ausgewogene Ernährung zu gewährleisten, um die Aufnahme von für die Desaturasen wichtigen Vitaminen und Spurenelementen sicherzustellen.		

### Gamma-Linolensäure und Neurodermitis

Eine Überprüfung vorhandener Studien ergab, dass bei einer Linolsäurezufuhr die Konzentrationen im Blut, in der Milch und im Fettgewebe der Patienten stiegen. Dennoch waren die Konzentrationen der Linolsäurestoffwechselprodukte verringert. Forschungen zwischen 1930 bis 1950 ergaben, dass ein Mangel an essentiellen Omega-6-Fettsäuren zu Hautentzündungen führen kann. Besonders bei der häufig vorkommenden Neurodermitis schienen niedrige Blutwerte an Omega-6-Fettsäuren und die Verbesserung der Hauterkrankung bei aussergewöhnlich hohen Linolsäure-Gaben den Zusammenhang zu beweisen. Andere Studien widerlegen einen Zusammenhang zwischen einem Linolsäuremangel und der Neurodermitis. Eine Überprüfung vorhandener Studien ergab, dass bei einer Linolsäurezufuhr die Konzentrationen im Blut, in der Milch und im Fettgewebe der Patienten stiegen. Dennoch waren die Konzentrationen der Linolsäurestoffwechselprodukte verringert. Dieses Ergebnis weist auf eine gestörte Umwandlung der Linolsäure zur Gamma-Linolensäure hin.

Wurde Gamma-Linolensäure verwendet, verbesserten sich in den meisten Studien der Hautzustand, die Hautrauhheit und die Blutwerte der Patienten mit Neurodermitis. Die Neurodermitis scheint eine vererbte Abweichung im Stoffwechsel der Omega-6-Fettsäuren zu sein, da die Einnahme von Gamma-Linolensäure den Hautzustand von Patienten mit Neurodermitis verbessert.

Literaturquelle: www.hausarzt-intern.de  
Essential fatty acid metabolism and its modification in atopic eczema. Horrobin DF. Laxdale Research Grossbritannien. Am J Clin Nutr, Jan 2000;71(1 Suppl):367-72 Weitere Tipps für eine ausreichende Versorgung mit Gamma-Linolensäure finden Sie im Vitalstofflexikon.

<b>Di-Hommo-Gamma-Linolensäure</b>	<b>Hauptvorkommen</b>	<b>Manglerscheinung</b>	<b>Hauptbedeutung</b>
	Entstehung aus Gamma-Linolensäure	Entzündungen der Gelenke und der Haut, virale Infekten	
	<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>		
	Ein Mangel an Dihomo-Gamma-Linolensäure (DGLA) bringt den Prostaglandin Typ 1 und Typ 2 -Haushalt aus dem Gleichgewicht, welcher beim Ablauf der Entzündungskaskade von entscheidender Bedeutung ist. Studien über eine Supplementation mit Gamma-Linolensäure (GLA), dem Vorläufer der DGLA, haben eine Aktivierung der T-Lymphozyten und eine schmerzstillende und abschwellende Wirkung bei rheumatoider Arthritis gezeigt. Für den Nahrungszusatz mit GLA stehen folgende Nahrungsmittel zur Verfügung: Nachtkerzenöl, Borretschöl und Traubenkernöl.		

Arachidonsäure	Hauptvorkommen	Manglerscheinung	Hauptbedeutung
	Tierische Fette, teils auch in Fischen, besonders im Lachs. Gänseleber, Eigelb, Hähnchenhaut, Schweinsniere, rotes Fleisch, geräucherter Aal, geräucherter Lachs.	Ein Mangel an Arachidonsäure kann Auswirkungen auf die kognitiven Fähigkeiten (Denkfähigkeiten) einer Person haben. Die Arachidonsäure bildet nicht nur entzündungsfördernde, sondern auch entzündungshemmende (Resolvin) und neuroprotektive (nervenschützende) Botenstoffe. Bei tiefen Arachidonsäurewerten werden diese Stoffe vermindert gebildet.	Förderung der Entzündung, Blutdruckerhöhung, Thromboseförderung
<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>			
Ein Überschuss an Arachidonsäure begünstigt das Auftreten von entzündlichen und kardiovaskulären Krankheiten. Einer Verminderung des Arachidonsäure-Spiegels kann eine verminderte Aufnahme oder eine gestörte Synthese, verbunden mit einer Hypoaktivität einer Desaturase, zugrunde liegen. Letztere Ursache kann im Falle eines angeborenen oder erworbenen Mangels an Kofaktoren (Eisen, Magnesium, Vitamin C) auftreten. Diverse Situationen können eine solche Hypoaktivität einer Desaturase fördern: Chronischer Stress, Alter, Insulinresistenz, unausgewogene Ernährung, Atopie, u.a. Um so wichtiger ist es, eine abwechslungsreiche und ausgewogene Ernährung zu gewährleisten, um die Aufnahme von für die Desaturasen wichtigen Vitaminen und Spurenelementen sicherzustellen. Selen entgiftet Peroxide (Peroxide erhöhen u.a. die Arachidonsäure).			

### Omega-6 Manglerscheinungen

Haut, Haare, Nägel:	Ekzeme, Wasserverlust - trockene Haut, Haarausfall, gestörtes Nagelwachstum
Innere Organe:	Leber-Dysfunktion, Nieren-Dysfunktion
Drüsen:	Schilddrüse-Dysfunktion, Nebennieren – Keimdrüsen-Dysfunktion
Immunsystem:	Infektionsanfälligkeit, Gestörte Wundheilung
Herz-Rhythmus-Störungen:	Herzstillstand, erhöhter Cholesterinspiegel
Fruchtbarkeit – Sterilität:	Fehlgeburten
Hirnfunktion:	Physische Störungen, mentale Störungen, Gemütsschwankungen, Depression
Gelenke:	Arthritis - Entzündungen
Wachstums-Rückstand:	Bei Kindern

## Omega-3 Fettsäuren

Alpha-Linolensäure	Hauptvorkommen	Mangelerkrankung	Hauptbedeutung
	Leinöl, Baumnüsse	s.u.	Ausgangssubstanz für die Omega-3 Reihe
<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>			
Die Alpha-Linolensäure selbst ist biologisch inaktiv. Sie ist Ausgangssubstanz für die Omega-3 Reihe. Die Alpha-Linolensäure kann vom menschlichen Organismus nicht synthetisiert werden. Sie wird nur in Form von gewissen Nahrungsmitteln aufgenommen: Leinsamen, Nüsse, Rapsöl, Soja und Kerbel. Ein Überschuss an Alpha-Linolensäure hemmt die Synthese von Omega-6-Fettsäuren.			

EPA	Hauptvorkommen	Mangelerkrankung	Hauptbedeutung
	Fetter Seefisch	s.u.	Entzündungshemmung
<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>			
<p>Die Eicosapentaensäure (EPA) und die Docosahexaensäure (DHA) sind Marker für eine gesunde Ernährung. Die Wirkung von EPA ist bemerkenswert. Deren Aufnahme in der Nahrung bietet einen Schutz gegenüber der Atherothrombose und steht in negativer Korrelation zum Auftreten von koronaren Ereignissen und plötzlichem Herztod. Des Weiteren hat die EPA einen positiven Einfluss auf die Sekundärkomplikationen des Diabetes, wie die Mikroangiopathie, die Polyneuropathie und die Nephropathie. Die Aufnahme von DHA hat einen anti-atherogenen und entzündungshemmenden Effekt auf die Gefäßendothelien. DHA ist ein essentieller Bestandteil der Phospholipide der Netzhaut und des Gehirns, welche für die Funktionsfähigkeit dieser Organe unerlässlich sind. Eine Verminderung der DHA wurde bei gewissen Formen der Depression und bei kognitiven Funktionsstörungen gefunden.</p> <p>Die Ursache einer Verminderung von EPA und/oder DHA kann in der mangelnden Zufuhr an Fettsäuren oder an deren verminderten Synthese infolge Hypoaktivität einer Desaturase liegen. Letztere Situation kann bei einem angeborenen oder erworbenen Mangel an Kofaktoren (Eisen, Magnesium, Vitamin pp und C) auftreten. Diverse Situationen können eine Enzymhypoaktivität (Desaturase) unterhalten: Chronischer Stress, Altern, Insulinresistenz, unausgewogene Ernährung, Atopie, u.a. Umso wichtiger ist es, eine abwechslungsreiche und ausgewogene Ernährung zu gewährleisten, um die Aufnahme von für die Desaturasen wichtigen Vitaminen und Spurenelementen sicherzustellen. Folgende Nahrungsmittel, welche reich an EPA und DHA sind, sollten 2 mal pro Woche konsumiert werden: Hering, Thunfisch, Lachs, Makrelen, geräucherter Aal, Kabeljau und Sardinen.</p>			

DHA	Hauptvorkommen	Mangelerkrankung	Hauptbedeutung
	Fetter Seefisch	s.u.	
<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>			
Ein Überschuss an Docosahexaensäure (DHA) hängt möglicherweise mit Peroxidations-Mechanismen zusammen. Folgende Nahrungsmittel sind reich an DHA: Thunfisch, Lachs, Sardinenöl, Makrelen, Hering, Aal, Kabeljauleber und Sardellen.			

DPA	Hauptvorkommen	Mangelerkrankung	Hauptbedeutung
	Fetter Seefisch	Eine Verminderung der Docosapentaensäure (DPA) kann eine verminderte Zufuhr oder eine verminderte Synthese, verbunden mit einer Hypoaktivität einer Desaturase, zur Ursache haben.	
<b>Auswirkung auf die Gesundheit</b>			
Es liegen keine Daten über einen negativen Effekt eines Überschusses an Docosapentaensäure (DPA) vor.			

### Eigenschaften von Fischöl (EPA, DHA)

Die Wirksamkeit von Omega-3-Fettsäuren ist durch eine Vielzahl klinischer Studien bestätigt. Die umfangreichste war wohl die GISSI - Studie, eine von Experten als sensationell bewertete Untersuchung, an der über 11'000 Patienten teilgenommen haben. Nach dreieinhalb Jahren täglicher Einnahme von 850mg Fischöl pro Tag konnte die Gesamtsterblichkeit um 20%, das Risiko für Herz- und Kreislauftod um 45% verringert werden.

Omega-3-Fettsäuren bewirken eine Senkung der Triglyceridwerte im Blut und schützen vor Arteriosklerose. Sie wirken als Gegenspieler zur tierischen Arachidonsäure entzündungshemmend. Omega-3-Fettsäuren verbessern messbar das Immunsystem, sie hemmen die Blutplättchenverklumpung wie Aspirin und schützen vor Thrombosen. Die Fließfähigkeit des Blutes wird durch Einnahme von Omega-3 verbessert, was eine zusätzliche Entlastung für das Herz zur Folge hat. Des Weiteren wirken Omega-3-Fettsäuren Herzrhythmusstörungen und Depressionen entgegen (Erhöhung des Serotoninspiegels). Bei Kleinkindern wird die Hirnentwicklung und die Lernfähigkeit gefördert. Bakterien, Bazillen und Viren aller Art werden bekämpft.

### Anwendungsgebiete von Fischöl (EPA Pro SevisanaLine)

- Als Nahrungsergänzung zur Sicherstellung des Bedarfs an essentiellen, mehrfach ungesättigten Omega-3-Fettsäuren

- Bei chronischen Entzündungen (Rheumatische Erkrankungen, Multiple Sklerose, chronische entzündliche Darmerkrankungen)
- Bei Immunschwäche und chronischer Infektneigung
- Bei Gefässerkrankungen (Gefäßverschlüsse: Bluthochdruck, Durchblutungsstörungen, Thromboseneigung. Nach Herzinfarkt)
- Bei Arteriosklerose (Verkalkung)
- Bei erhöhtem Triglyceridspiegel
- Bei Herzrhythmusstörungen
- Bei Depressionen (verringern das Risiko einer Herzarrhythmie)

### **Omega-3 Mangelerscheinungen**

Wachstums-Rückstand:	Bei Kindern
Hirnfunktion:	Physische Störungen, mentale Störungen, Gemütsschwankungen, depressive Verstimmung, Aggressionsverhalten, Sehstörungen, Lernprobleme
Muskulatur:	Muskelschwäche, Koordinationsstörungen, Muskelversteifungen
Nerven:	Kribbeln
Herz- und Kreislauf:	Hohe Triglyceride, Bluthochdruck, klebrige Blutplättchen
Gewebe:	Entzündungen - Ödeme
Haut:	Hornhautrisse, Schuppen
Darm:	Entzündungen, Darmdurchlässigkeit, Allergien, Auto-Immun-Erkrankungen
Gewichtszunahme:	Wasser, Fett

### **Omega-3-Fettsäuremangel und neuronale Phänomene**

Ein Mangel an Omega-3-Fettsäuren im zentralen Nervensystem führt zu einer Vielzahl von Störungen, wie Störungen des Neurotransmitterstoffwechsels (z. B. Dopamin, Serotonin), Reduktion der Dopaminausschüttung (v.a. im Frontalhirn), Beeinträchtigung des neuronalen Glucose- und Energiestoffwechsels, Reduktion wichtiger Phospholipide wie Phosphatidylserin, die für die Kommunikation und den Informationsaustausch zwischen Nervenzellen wichtig sind. Ferner Beeinträchtigung der zerebralen Durchblutung (Zitat Gröber U.:OM, 2008;3:5-8).