

# Fettsäuren

Üblicherweise wird Fett nur als ein Energielieferant gesehen. Es liefert jedoch zusätzlich einen nicht unwesentlichen Beitrag zur Gesundheit eines Säugetieres. Der Grund liegt in der Art bzw. Zusammensetzung. Fette bestehen aus Glycerin (Glycerol) und drei mit dem Glycerin veresterten Fettsäuren. Diese Fettsäuren sind verschieden gesättigt. Gesättigte Fettsäuren besitzen keine Doppelbindung zwischen den C-Atomen, ungesättigte über mindestens eine. Sind mehrere Doppelbindungen vorhanden, spricht man von „mehrfach ungesättigten Fettsäuren“ (engl.: polyunsaturated fatty acids, PUFA). Von diesen sind für das Kaninchen zwei essenziell: die Linolsäure (C18:2, Omega-6-Fettsäure: übliche Schreibweise 18:2n-6) und die  $\alpha$ -Linolensäure (C18:3, Omega-3-Fettsäure: übliche Schreibweise 18:3n-3), <sup>1)</sup>

Die Zahl 18 gibt die Anzahl der Kohlenstoffatome an, die zweite Zahl die Anzahl der Doppelbindungen. Mit dem griechischen Buchstaben „Omega“ ( $\omega$ ) wird die Position und Zählweise der ersten Doppelbindung beschrieben. Beispiel: Linolsäure (C18:2n-6), Omega-6-Fettsäure (von rechts gezählt, blaues „ $\omega$ “) oder 9,12-Octadecadiensäure (von links gezählt, rote Zahlen). Die doppelten Linien in [Abbildung 1](#) geben die jeweilige Position der Doppelbindung an.

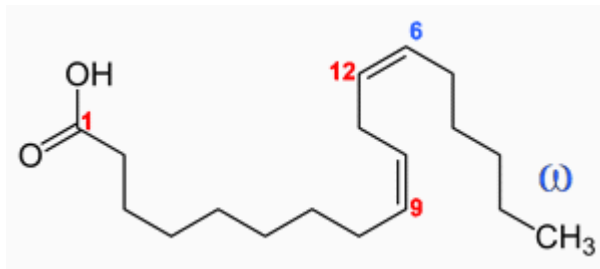


Abb. 1: Struktur und Namen am Beispiel der Linolsäure

[Abbildung 2](#) zeigt die Einteilung der Fettsäuren, verändert nach (Gonder, 2004) <sup>2)</sup>

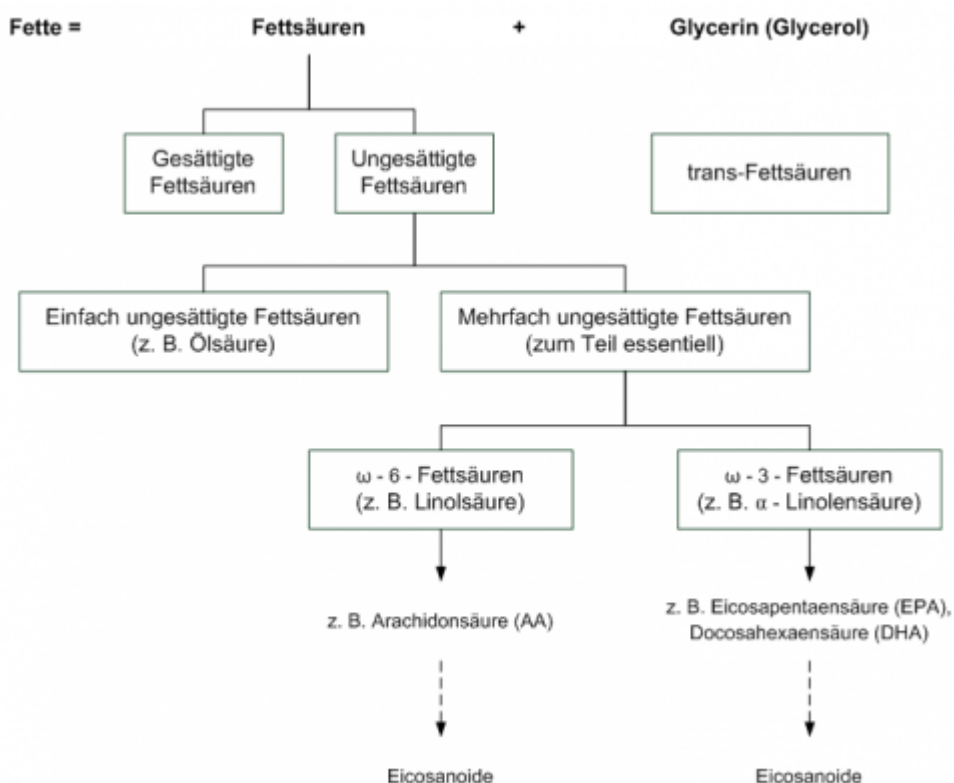


Abb. 2: Einteilung der

Fettsäuren

Trans-Fettsäuren kommen vor allem in verarbeiteten Lebensmitteln vor. Sie entstehen auf Grund der Verarbeitung durch die Umlagerung von Doppelbindungen. Auf Grund der enthaltenen Doppelbindungen reagieren ungesättigte Fettsäuren mit Sauerstoff, das heißt, sie neigen leichter zum oxydativen Verderb - insbesondere durch die Einwirkung von Wärme, Licht, Enzymen und Mikroorganismen bei der Lagerung und Verarbeitung wie zum Beispiel der Heugewinnung.

Tabelle 1: Haltbarkeit verschiedener Pflanzenöle in Monaten, entsprechend der empfohlenen Lagerbedingungen<sup>3)</sup>

Distelöl (Raumtemperatur ca. 20°C)	9 Monate
Leinöl (Kühlschrank)	1-2 Monate
Rapsöl (kühler Raum)	12 Monate
Sonnenblumenöl (Raumtemperatur)	9 Monate

In der natürlichen Nahrung werden Fette, insbesondere ungesättigte Fettsäuren, durch das in ihr enthaltene **Vitamin E** vor dem Verderb geschützt. Dieses Vitamin ist aber selbst empfindlich gegen Licht. Aus diesem Grund folgt auch die Empfehlung, verarbeitete Futtermittel möglichst dunkel und kühl zu lagern. So wird der Verlust von Vitamin E und Fettsäuren gering gehalten. Weitere, natürliche **Antioxidantien** der Fettsäuren sind **Zink** und **Selen**.

## Synthese

Alle Tiere wie auch der Mensch haben die Fähigkeit verloren, aus der einfach ungesättigten „Ölsäure“ die mehrfach ungesättigten Fettsäuren Linolsäure und  $\alpha$ -Linolensäure zu synthetisieren. Sie müssen also zwingend mit der Nahrung zugeführt werden. Aus diesen können dann langkettige, mehrfach ungesättigte Fettsäuren wie AA und EPA durch eine Reihe von Desaturierungs- und Elongationsreaktionen synthetisiert werden<sup>4)</sup>.

„Desaturasen“ sind Enzyme, die in Fettsäuren Doppelbindungen einfügen (Desaturierung = Entsättigung). Das heißt, dass die enzymatische Aktivität der Desaturase eine Fettsäure in die nächst höhere, ungesättigte Fettsäure überführt. Der Einbau von Doppelbindungen durch Desaturase erfolgt bei Fettsäuren mit 14, 16 und 18 C-Atomen. Die Kettenverlängerung erfolgt mit Hilfe von Enzymen, die „Elongasen“ genannt werden (Elongation = Verlängerung).

Mit Hilfe dieser speziellen Enzyme werden ungesättigte Fettsäuren aus der Nahrung also im Stoffwechsel verlängert und mit weiteren Doppelbindungen versehen. Diese daraus entstehenden, hoch ungesättigten Fettsäuren steuern u. a. den Fettstoffwechsel, die Blutgerinnung, Reaktionen des Immunsystems und Entzündungsvorgänge.

Aus der Linolsäure kann der Körper die vierfach ungesättigte Omega-6-Fettsäure „Arachidonsäure“ (AA, 20:4n-6) herstellen, die wiederum zu entzündungsfördernden Icosanoiden (auch Eicosanoide genannt) umgebaut werden. Auch die  $\alpha$ -Linolensäure wird im Körper schrittweise verlängert und mit zusätzlichen Doppelbindungen versehen. Auf diese Weise entstehen „Eicosapentaensäuren“ (EPA, 20:5n-3) und „Docosahexaensäuren“ (DHA, 22:6n-3). Diese finden sich in den Membranen der Nerven- und Hirnzellen. Aus EPA werden ebenfalls längerkettige Fettsäuren synthetisiert, die aber entzündungshemmend wirken. Über den Nutzen der essentiellen Fettsäuren entscheidet aus diesem Grund nicht allein ihr Gesamtgehalt, sondern auch ihr Verhältnis zueinander.

Eine weitere Omega-3-Fettsäure mit entzündungshemmender Wirkung ist die „Calendulasäure“ der Ringelblume (*Calendula officinalis*). Sie unterscheidet sich von der  $\alpha$ -Linolensäure durch die Stellung

der Doppelbindungen. Anwendung findet das Öl der Ringelblume z. B. bei entzündlichen Veränderungen der Mund- und Rachenschleimhaut. Bekannter ist sie aber als Inhaltsstoff für Salben gegen Hauterkrankungen und -wunden<sup>5)</sup>.

## Wirkungen von Fettsäuren

Entzündungen sind eine Komponente einer Reihe akuter und chronischer Krankheiten. Sie sind durch die Produktion inflammatorischer (entzündlicher) Zytokine, von der Arachidonsäure abgeleiteter Icosanoide sowie von Adhäsionsmolekülen gekennzeichnet. Langkettige n-3 PUFAs verringern die Produktion von Entzündungsmediatoren. Sie wirken sowohl direkt z. B. durch die Hemmung des Arachidonsäuremetabolismus oder indirekt durch die Veränderung der Expression von Entzündungsgenen. Langkettige n-3 PUFA bewirken auch ein Ansteigen entzündungshemmender Mediatoren, sogenannter „resolvins“, die aus EPA und DHA bestehen. n-3-PUFAs sind somit potentiell wirksame, entzündungshemmende Substanzen. Als solche können sie von therapeutischem Nutzen in einer Vielzahl von akuten und chronischen entzündlicher Einstellungen sein. Die entzündungshemmende Wirkung von n-3 PUFAs kann verbessert werden, wenn die Zufuhr von n-6-PUFAs, insbesondere die der Arachidonsäure, vermindert wird<sup>6)</sup>. Da die Fettsäuren in biochemischen Vorgängen miteinander konkurrieren, wird bei einem hohen Anteil der n-6-Fettsäuren die Verwertung der n-3-Fettsäuren behindert, wie bei Kindern nachgewiesen werden konnte<sup>7)</sup>.

In den letzten Jahren wurde mehr und mehr die Bedeutung der Fettsäuren erkannt und untersucht - in Hinsicht auf die Ernährung des Menschen. Weitgehend unberücksichtigt blieb dabei die Bedeutung für das Tier selbst. Der Gehalt und die Zusammensetzung der Fettsäuren spielen nicht nur für den Menschen, sondern auch für das Tier eine wichtige Rolle für den Stoffwechsel, das Immunsystem und die Gesundheit. Die folgenden Zahlen bzw. Tabellen sollen einen kleinen Einblick des Einflusses der Nahrung auf diese wichtigen Bestandteile des Fettes bieten. Die Werte für die Fettsäuren werden in keiner Deklaration von kommerziellen Futtermitteln angegeben. Warum nicht, wird aus den folgenden Beispielen deutlich.

## Gehalte von Fettsäuren

Prozentuale Fettsäurezusammensetzung des Fettes von Reh und Wildkaninchen (in %), aus Ternes et al., 2005<sup>8)</sup>

	<b>C18:2</b>	<b>C18:3</b>	<b>C18:2 : C18:3</b>
Reh	2,9	2,5	1,2 : 1,0
Wildkaninchen	12,9	8,3	1,6 : 1,0

Gesamtfettsäuremuster von Feldhase, Rehwild sowie Wild- und Hauskaninchen im Oberschenkelmuskelfleisch, Anteil an Gesamtfettsäure in %, aus Valencak, et al., 2005<sup>9)</sup> und Hernández, et al., 2008<sup>10)</sup>

<b>Tierart</b>	<b>SFA</b>	<b>MUFA</b>	<b>C18:2</b>	<b>C18:3</b>	<b>C18:2 : C18:3</b>
Feldhase	30,8	13,5	36,0	19,8	2 : 1
Reh	38,2	22,5	28,1	11,2	3 : 1
Wildkaninchen	37,1	19,6	32,6	10,7	3 : 1
Hauskaninchen	34,9	28,7	30,9	2,2	14 : 1

SFA - Gesättigte Fettsäuren; MUFA - Einfach ungesättigte Fettsäuren; PUFA - Mehrfach ungesättigte Fettsäuren

Der große Unterschied zwischen Wild- und Hauskaninchen in Bezug auf das Verhältnis der mehrfach ungesättigten Fettsäuren beruht allein auf der unterschiedlichen Nahrung bzw. Ernährung.

Für die menschliche Ernährung wird heute ein Verhältnis  $n\ 6 : n\ 3 \leq 4 : 1$  empfohlen<sup>11)</sup>, von der (DGE, 2015)<sup>12)</sup>  $5 : 1$ . Vor der Neolithischen Revolution vor ca. 20.000 bis 10.000 Jahren, also dem Wandel des Menschen vom Jäger und Sammler hin zum Ackerbauern und Viehzüchter lag dieses Verhältnis bei ca.  $1 : 1$ . Maßgeblich dafür verantwortlich gemacht wird der Getreideanbau und eine einseitigere Ernährung, was das Verhältnis zu Ungunsten der  $18:3n-3$  Fettsäuren hin zu den  $18:2n-6$ -Fettsäuren verschob<sup>13)</sup>.

Da Wildkaninchen in der Vegetationszeit größere Mengen an Samen und Blüten aufnehmen, ist das Verhältnis von  $n\ 6 : n\ 3 = 3 : 1$  nachvollziehbar. Valencak et al. (2005)<sup>14)</sup> stellten fest, dass grüne Pflanzenteile (Blätter, Stängel) bis zu 70-80% der beiden essentiellen Fettsäuren Linolsäure ( $C18:2n-6$ ) und  $\alpha$ -Linolensäure ( $C18:3n-3$ ) enthalten, während in Blüten, Früchten und Samen mehr als 50% Linolsäure nachweisbar sind.

In einem Fütterungsversuch von Capra und Kollegen (2013)<sup>15)</sup> wurden wachsenden Kaninchen einmal kommerzielle Pellets und zum Vergleich kommerzielle Pellets sowie frische Luzerne jeweils ad libitum, also ständig zur freien Verfügung, angeboten. Mit dem zusätzlichen Angebot von frischer Luzerne sank die Aufnahme von Pellets um 12,6%. Die Zugabe der frischen Luzerne zeigte eine signifikante Zunahme der Linolensäure  $18:3n-3$ . Das Verhältnis der Fettsäuren im intramuskulären Fett sank von  $n\ 6 : n\ 3 = 8,6 : 1$  für die alleinige Fütterung von Pellets auf  $5,8 : 1$  bei Zugabe frischer Luzerne. Diese Änderung ist gewaltig, wenn man bedenkt, dass die Luzerne nur einen Teil der Nahrung bildete.

Kaninchen können durch die mikrobielle Verdauung im Blinddarm bestimmte Stoffe herstellen, aber eben nicht die mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Gerade die Versorgung mit diesen wird durch die Mikrofauna des Blinddarms sogar verschlechtert, weil sie von den Bakterien in gesättigte Fettsäuren umgewandelt werden. Somit bilden Pflanzen für Kaninchen ebenso wie für Hasen die einzig verwertbare Quelle für diese wichtigen Nahrungsbestandteile. Der Rückgang der Hasenbestände wird z. B. auch auf die mangelnde Vielfalt an Äsungspflanzen in der heutigen Kulturlandschaft zurückgeführt. Aktuelle Forschungsarbeiten weisen zudem darauf hin, dass der hohe Bedarf des Hasen an essentiellen Fettsäuren für beide Geschlechter und zu allen Jahreszeiten gilt<sup>16)</sup>. Vor allem für Jungtiere dient das Fett der in der Milch der Mutter nicht nur als Energiequelle für Wärmeproduktion bei kalter Witterung, sondern auch als „Wasserspeicher“ im Hochsommer. Da beim Abbau von 1 g Fett im Tierkörper 1,1 g Wasser entsteht, verfügen Jungtiere auch in trockenen Gebieten und Jahreszeiten über Wasser<sup>17)</sup>.

In Fütterungsversuchen von Kelly und Mitarbeitern wurde die Wirkung verschiedener Quellen von Fetten auf das Immunsystem des Kaninchens untersucht. Zusammenfassend wurde u. a. festgestellt, dass das Immunsystem von Kaninchen, deren Futter Leinöl enthielt, stärker war als das von Tieren, denen Fettsäuren aus anderen Quellen zugeführt wurde<sup>18)</sup>.

**Abbildung 3:** Gehalte von  $n-6 : n-3$  Fettsäuren in verschiedenen Futtermitteln, Werte in g/kg TS aus (Clapham, et al., 2005)<sup>19)</sup>, (Souci, et al., 2008)<sup>20)</sup>, (Wyss, et al., 2007)<sup>21)</sup>

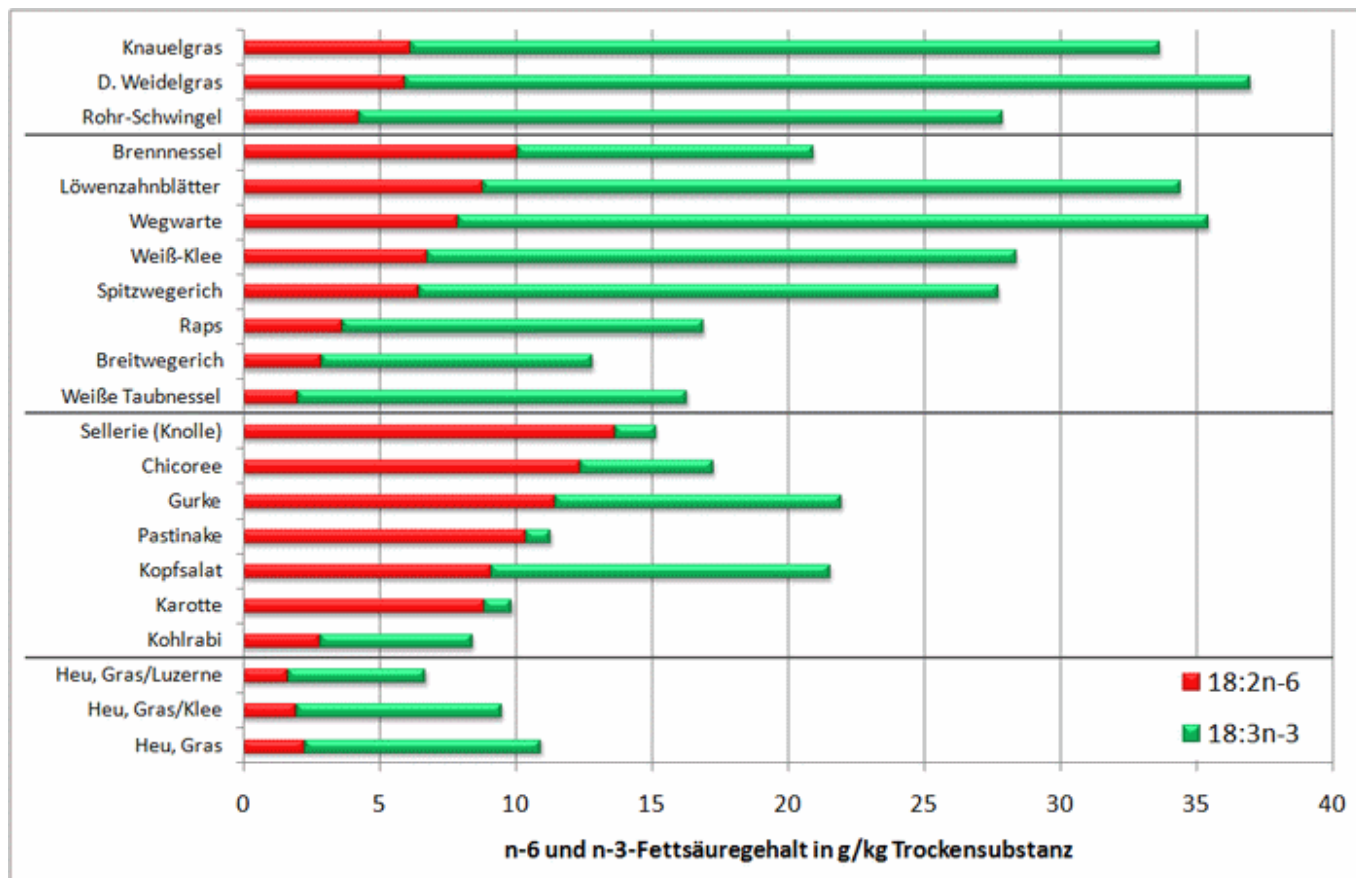


Abb. 3: Gehalte von n-6 : n-3 Fettsäuren in verschiedenen Futtermitteln, Werte in g/kg TS

In [Abbildung 3](#) sind verschiedene, mögliche Futtermittel für Kaninchen aufgeführt, die in 4 Kategorien eingeteilt sind: Gemüse, Gräser, Kräuter und Heu. Aus den Daten werden folgende Fakten deutlich:

- Die Fettsäuregehalte sind in Gräsern und Kräutern am höchsten
- Die Verhältnis der n-6 zu n-3-Fettsäuren ist in Gräsern, Kräutern und Heu deutlich hin zu den n-3-Fettsäuren verschoben. Das heißt, diese überwiegen in diesen Futtermitteln
- Gemüse enthält zwar etwas mehr essentielle Fettsäuren, aber ihr Verhältnis ist überwiegend hin zu den n-6-Fettsäuren verschoben. Das heißt, diese überwiegen in diesen Futtermitteln.
- Sowohl von der Menge als auch dem Verhältnis der n-6 : n-3-Fettsäuren schneiden Gräser und Kräuter im Vergleich am besten ab, Gemüse ist auf Grund des Verhältnisses und Heu wegen der Menge der Fettsäuren nachteilig.

Als gute Fettsäurelieferanten werden oft ölhaltige Samen angesehen. In [Abbildung 4](#) sind, zusätzlich zu Wiese, Gemüse und Heu die Gehalte an PUFA in Sonnenblumenkernen (SBK), Leinsamen und Hafer aufgeführt.

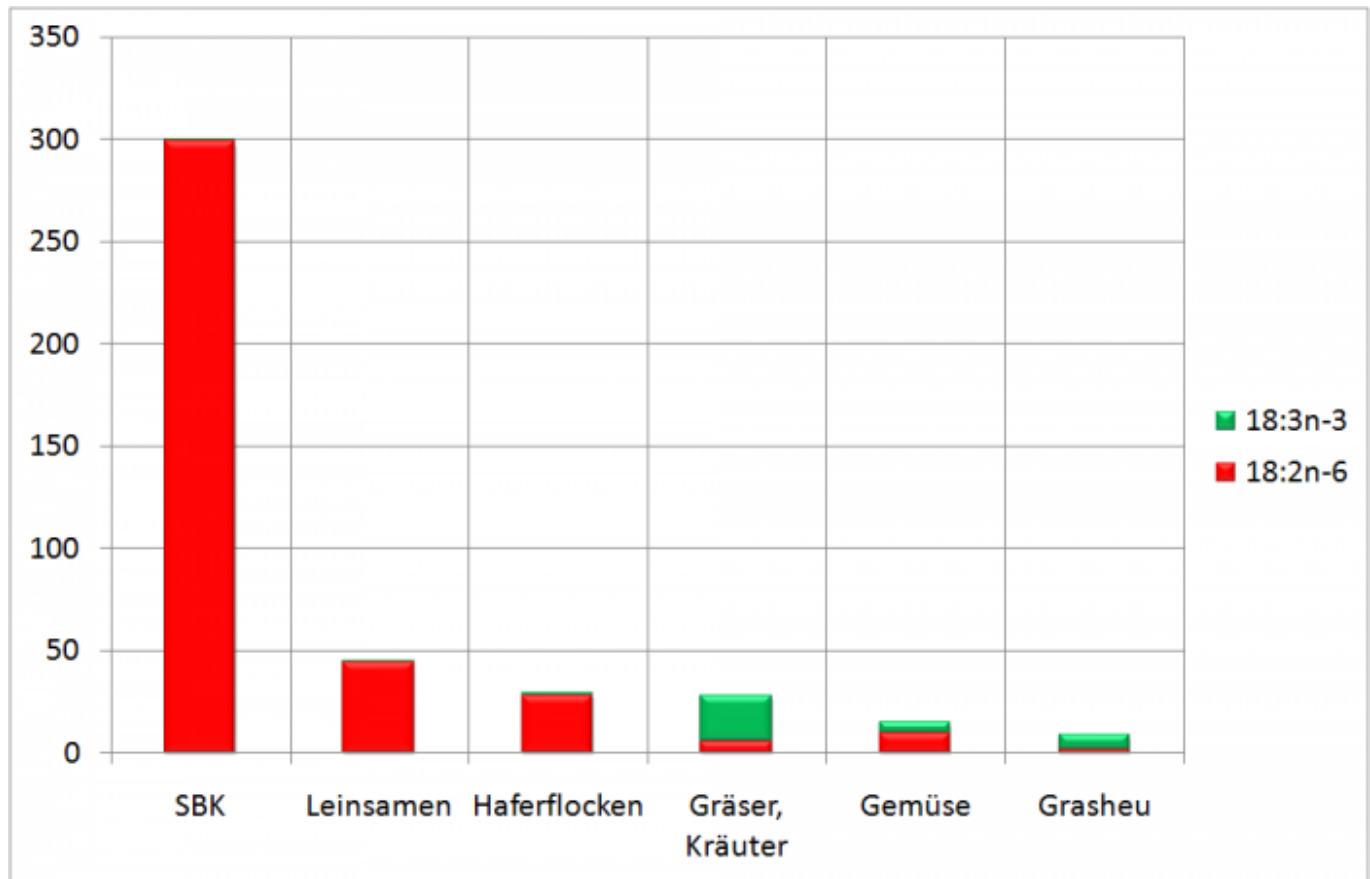


Abb. 4: Gehalte von n-6 : n-3 Fettsäuren in verschiedenen Futtermitteln, Werte in g/kg TS

Der Fettgehalt und damit der an Energie ist besonders in Sonnenblumenkernen sehr hoch, aber der Beitrag an PUFA besteht lediglich in der von Linolsäure, 18:2n-6, also der entzündungsfördernden Komponente. Da diese, wie bereits beschrieben, mit der Linolensäure, 18:3n-3 (entzündungshemmend) konkurriert, ist in Bezug auf einen Nutzen für das Immunsystem eher mit einem Nachteil zu rechnen.

Der Beitrag der essentiellen Fettsäuren zur Gesundheit ist mittlerweile nicht mehr nur theoretisch, sondern nachgewiesen, wenn auch nicht restlos. Der Grund dafür sind indirekte Zusammenhänge, wie z. B. die regulatorische Wirkung von Zytokinen als Botenstoffe in der Darmschleimhaut, die der Steuerung der Immunantwort dienen. Sie werden von Makrophagen, B-Lymphozyten, T-Lymphozyten, natürlichen Killerzellen und Fibroblasten gebildet.

Ist das Gleichgewicht und damit das Zusammenwirken entzündungsfördernder und entzündungshemmender Zytokine gestört, kann es zu schwerwiegenden Erkrankungen kommen, da das Immunsystem den Krankheitserreger nicht beseitigen kann oder eine Immunreaktion nicht zum Stillstand kommt, obwohl der Erreger gar nicht mehr vorhanden ist (überschießende Reaktion). Liegen entzündungsfördernde Zytokine im Überschuss vor oder sind zu wenig entzündungshemmende Zytokine vorhanden, entsteht eine chronische Entzündung<sup>22)</sup>.

1 2 1099

1)

Fortun-Lamothe, L.; Drouet-Viard, F. (2010): Review: II - Diet and Immunity: Current State of Knowledge and Research Prospects for the Rabbit. World Rabbit Science. 2010, Bd. 10, 1, S. 25-39.

2)



Gonder, U. 2004. Fett! . Stuttgart : Hirzel, 2004. ISBN 3-7776-1292-8

3)

Krist, S., Buchbauer, G. und Klausberger, C. 2008. Lexikon Der Pflanzlichen Fette und Öle. Wien, New York : Springer, 2008. ISBN: 978-3709110041

4)

Venegas-Calcrón, M., Sayanova, O. und Napier, J. A. 2010. An alternative to fish oils: metabolic engineering of oil-seed crops to produce omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids. Progress in lipid research. 2010, Bd. 49, 2, S. 108-119

5)

Kommission E. 1986. Calendulae flos (Ringelblumenblüten). s.l. : Monographie BGA/BfArM (Kommission E), 1986. Bundesanzeiger: 13.3.1986., Heftnummer: 50., ATC-Code: D03CA

6)

Calder, P. 2006. n-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. The American journal of clinical nutrition. 2006, Bd. 83, 6, S. 1505S-1519S

7)

Hoyos, C., et al. 2008. Effect of omega 3 and omega 6 fatty acid intakes from diet and supplements on plasma fatty acid levels in the first 3 years of life. Asia Pac J Clin Nutr. 2008, Bd. 17, 4, S. 552-557

8)

Ternes, W.; Täufel, A.; Tunger, L.; Zobel, M. (2005): Lebensmittel-Lexikon. 4. vollst. überarb. Auflage, 2 Bände. Verlag Behr. ISBN 3-89947-165-2

9)

Valencak, T. G., Tataruch, F. und Arnold, W. 2005. Fettsäurezusammensetzung von Wildtieren, insbesondere des Feldhasen. [Hrsg.] P. Paulsen. Fachtagung „Niederwild - Wildtiergesundheit, Lebensmittel- Sicherheit und Qualität“. s.l. : Eigenverlag des Instituts für Fleischhygiene, Fleischtechnologie und Lebensmittelwissenschaft, 2005. S. 61-67. Veterinärmedizinische Universität Wien. ISBN 3-901950-06-0

10)

Hernández, P., Cesari, V. und Blasco, A. 2008. Effect of genetic rabbit lines on lipid content, lipolytic activities and fatty acid composition of hind leg meat and perirenal fat. Meat science. 2008, Bd. 78, 4, S. 485-491

11) , 13)

Eaton, S. B., et al. 1998. Dietary intake of long-chain polyunsaturated fatty acids during the paleolithic. [Hrsg.] A. P. Simopoulos. The Return of ?3 Fatty Acids into the Food Supply. I. Land-Based Animal Food Products and Their Health Effects. World Rev Nutr Diet. Basel : Karger, 1998, S. 12-23

12)

DGE. 2015. Fett. Essenzielle Fettsäuren - Empfohlene Zufuhr. [Online] Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 2015. [Zitat vom: 20. 4 2015.] <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/fett/>

14)

Valencak, et al., 2005)((Valencak, T. G., Tataruch, F. und Arnold, W. 2005. Fettsäurezusammensetzung von Wildtieren, insbesondere des Feldhasen. [Hrsg.] P. Paulsen. Fachtagung „Niederwild - Wildtiergesundheit, Lebensmittel- Sicherheit und Qualität“. s.l. : Eigenverlag des Instituts für Fleischhygiene, Fleischtechnologie und Lebensmittelwissenschaft, 2005. S. 61-67. Veterinärmedizinische Universität Wien. ISBN 3-901950-06-0

15)

Capra, G., et al. 2013. Meat quality of rabbits reared with two different feeding strategies: with or without fresh alfalfa ad libitum. World Rabbit Science. 2013, Bd. 21, 1, S. 23-32

16)

Ruf, T. 2003. Feldhase: Neues zur Ernährungsphysiologie. Weidwerk. 2003, 1, S. 13-15

17)

Hackländer, K., et al. 2005. Hege des Feldhasen: Sind die Brachen der Schlüssel zum Erfolg? [Hrsg.] P. Paulsen. Fachtagung „Niederwild - Wildtiergesundheit, Lebensmittel- Sicherheit und Qualität“. s.l. : Eigenverlag des Instituts für Fleischhygiene, Fleischtechnologie und Lebensmittelwissenschaft, 2005. S. 17-21. Veterinärmedizinische Universität Wien. ISBN 3-901950-06-0

18)

Kelley, D. S., et al. 1988. Effects of Type of Dietary Fat on Indices of Immune Status of Rabbits. Journal of Nutrition. 1988, Bd. 118, 11, S. 1376-1384

<sup>19)</sup>

Clapham, W. M., et al. 2005. Fatty acid composition of traditional and novel forages. Journal of agricultural and food chemistry. 2005, Bd. 53, 26, S. 10068-10073

<sup>20)</sup>

Souci, S. W., Fachmann, W. und Kraut, H. 2008. Food Composition and Nutrition Tables: Die Zusammensetzung der Lebensmittel, Nährwert-Tabellen. 7., revidierte und ergänzte Auflage. Stuttgart : Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2008. ISBN 978-3804750388

<sup>21)</sup>

Wyss, U., Morel, I. und Collomb, M. 2007. Einfluss der Verfütterung von Grünfutter und dessen Konserven auf das Fettsäurenmuster von Milch. [Online] 2007. [Zitat vom: 09. 09 2015.]

[http://lfz.or.at/filearchive/2e\\_2007\\_pr%E4s.\\_wyss.pdf](http://lfz.or.at/filearchive/2e_2007_pr%E4s._wyss.pdf)

<sup>22)</sup>

Fortun-Lamothe, L. und Boullier, S. 2004. Interactions between gut microflora and digestive mucosal immunity, and strategies to improve digestive health in young rabbits. Proc.: 8th World Rabbit Congress. 2004, S. 7-10

From:

<http://www.wikikanin.de/> - **Wikikanin**

Permanent link:

<http://www.wikikanin.de/doku.php?id=naehrstoffe:fettsaeuren&rev=1695839638>

Last update: **2023/09/27 20:33**

