

Ernährungsphysiologische Besonderheiten von Rindfleisch aus Weidehaltung

Martin R.L. Scheeder, Manuela Duxenneuner und Michael Kreuzer, Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich - Fette im Futter können die Zusammensetzung der Körperfette stark beeinflussen. Am Institut für Nutztierwissenschaften der ETH Zürich wurde nun untersucht, inwieweit solche Effekte in Rindfleisch aus verschiedenen Produktionsverfahren auch unter Praxisbedingungen, d.h. direkt in dem zum Verkauf angebotenen Fleisch, nachzuweisen sind.

Wenn gut gegessen wird, ist meistens auch Fleisch im Spiel. Zweifellos gehört Fleisch zu den am besten bezahlten und somit wohl von vielen Personen am höchsten geschätzten Lebensmitteln. Zu dieser hohen Wertschätzung könnte beitragen, dass auch die anständige Fleischeslust Teil des evolutionären Erbes der Menschheit ist. Es bestehen kaum noch ernst zu nehmende Zweifel, dass Fleisch in der Ernährung der als Jäger und Sammlerinnen lebenden Menschen einen grossen Anteil ausmachte und auch schon wesentlich früher Bestandteil der Diät von Hominiden war. Es gibt sogar ernsthafte und plausible Hinweise, dass die Entwicklung der modernen Menschen, insbesondere auch des Hirnes zu der gegenwärtigen Grösse und Leistungsfähigkeit, u.a. erst durch die hohe Nährstoffdichte von Nahrungsmitteln tierischer Herkunft möglich war. Eine Schlüsselrolle könnte dabei auch ganz spezifischen Fettsäuren zugekommen sein, die für den Aufbau und die Funktionalität des Hirnes von grosser Bedeutung sind. Daneben liefert Fleisch eine ganze Reihe von weiteren wertvollen und sogar lebensnotwendigen Nährstoffen und kann so massgeblich zu einer gesunden Ernährung beitragen.

Andererseits wird Fleisch in zahlreichen Ernährungsempfehlungen als ungesund verpönt. Dabei wird immer wieder das tierische Fett als gesundheitlicher Risikofaktor eingestuft. Ein etwas genauerer Blick auf den Nährwert von Fleisch und insbesondere das Fett im Fleisch scheint also angebracht.

Der Mensch ist was er isst - dieser viel zitierte Satz, der auf Ludwig

Feuerbach (1804 - 1872) zurück geht, kann mindestens im physiologischen Sinne auch auf Tiere übertragen werden. So ist beispielsweise bestens bekannt, dass die Fette im Futter die Zusammensetzung der Körperfette stark beeinflussen können. Auch für Rindfleisch wurde die Abhängigkeit der Fettsäurezusammensetzung in Muskel- und Fettgewebe von der Art des Futters mehrfach in Versuchen nachgewiesen. Nun erschien es interessant zu prüfen, inwieweit solche Effekte in Rindfleisch aus verschiedenen Produktionsverfahren auch unter Praxisbedingungen, d.h. direkt in dem zum Verkauf angebotenen Fleisch nachzuweisen sind und ob etwaige Unterschiede für die Konsumierenden überhaupt relevant sind. Dazu wurde am Institut für Nutztierwissenschaften der ETH Zürich eine Untersuchung durchgeführt, deren Ergebnisse im folgenden, nach ein paar einführenden Bemerkungen zu Rolle und Bedeutung von Fetten in der Ernährung, dargestellt werden.

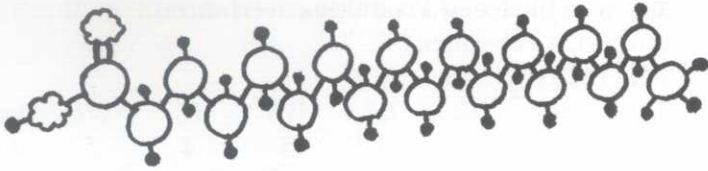
Das Fett im Fleisch

Fette sind nicht nur hervorragende Energiespender und (leider auch) -speicher, sondern liefern daneben wesentliche Nähr- und Baustoffe mit verschiedensten Funktionen. So sind Fettsäuren beispielsweise elementare Bausteine von Zellmembranen, und sie spielen eine wesentliche Rolle als Ausgangssubstanz für Wirkstoffe, die in die Regulation von Entzündungen und dem Immungeschehen eingreifen. Es wurde sogar gezeigt, dass Fettsäuren als so genannte Transkriptionsfaktoren die Aktivität von Genen direkt beeinflussen können. Dies sind

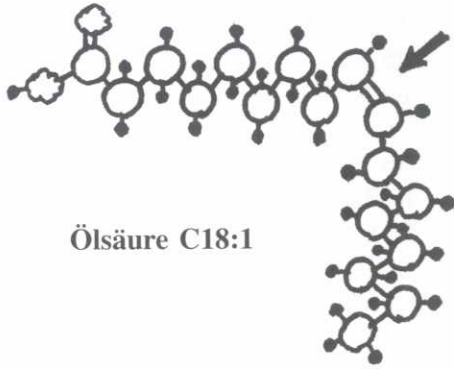
nur einige Beispiele für die mannigfaltigen und lebenswichtigen Funktionen von Fett.

Die Fettsäuren, Hauptkomponente aller Fette und Öle, sind organische Säuren mit Kohlenstoffketten unterschiedlicher Länge. In diese Kohlenstoffketten können Doppelbindungen eingebaut werden, welche die chemisch-physikalischen und biochemischen Eigenschaften der Fettsäuren stark beeinflussen. Entscheidend ist dabei, dass Doppelbindungen an 3. oder 6. Position vom Ende der Kette her gezählt im Organismus von Wirbeltieren nicht selber erzeugt werden können. Diese so genannten Omega-3 (oder n-3) bzw. Omega-6 (n-6) Fettsäuren müssen also mit der Nahrung aufgenommen werden und sind daher essentieller Natur. Die mit der Nahrung überwiegend aufgenommen mehrfach ungesättigten Omega-3 und Omega-6 Fettsäuren sind die *alpha-Linolensäure* mit einer Kettenlänge von 18 Kohlenstoffatomen und drei Doppelbindungen (ALA, C18:3 n-3) und die *Linolensäure* (LA, C18:2 n-6). In dieser Kurzschreibweise bezeichnet die erste Zahl die Kettenlänge, die zweite die Anzahl Doppelbindungen. Im Organismus können diese beiden Fettsäuren dann verlängert und mit weiteren Doppelbindungen versehen werden. Die so entstehenden sehr langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren (z.B. Arachidonsäure, ARA: C20:4n-6; Eicosapentensäure, EPA: C20:5n-3; Docosahexaensäure, DHA: C22:6n-3) sind für den Aufbau der Zellmembranen (insbesondere auch in Hirn und Netzhaut) sowie als Vorläufer für die hormonartig wirkenden Eicosanoide und daher für den gesamten

Stearinsäure C18:0

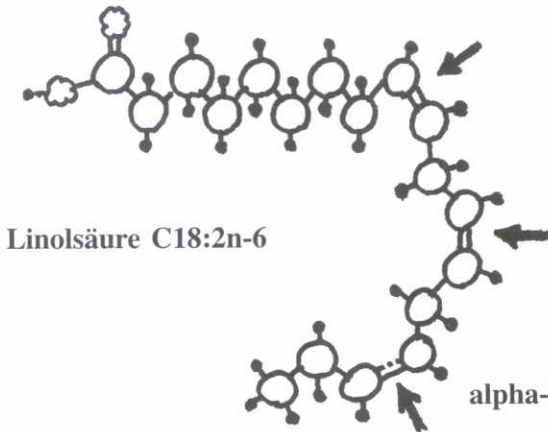


gesättigte Fettsäure: In der Kurzschreibweise gibt die Zahl nach dem C die Anzahl der Kohlenstoffatome (Kettenlänge) an, die Zahl nach dem Doppelpunkt die Anzahl an Doppelbindungen.



Ölsäure C18:1

ungesättigte Fettsäure: Durch die Doppelbindung verändern sich die chemischen und physikalischen Eigenschaften drastisch. So liegt beispielsweise der Schmelzpunkt von Stearinsäure (C18:0) bei ca. 70 °C und von Ölsäure (C18:1) nur noch bei ca. 16 °C, also unter Raumtemperatur.

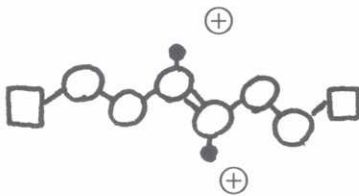


Linolsäure C18:2n-6

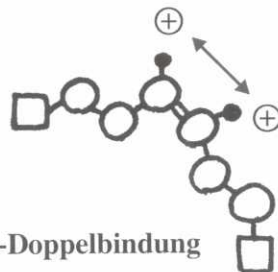
alpha-Linolensäure C18:3n-3

mehrfach ungesättigte Fettsäuren: Die mengenmässig wichtigsten sind Linolsäure, eine omega-6-, und alpha-Linolensäure, eine omega-3-Fettsäure.

trans-Doppelbindung



cis-Doppelbindung



An den Kohlenstoffatomen, die eine Doppelbindung bilden, verbleibt jeweils ein Wasserstoffatom. Im Falle der cis-Doppelbindung liegen die Wasserstoffatome nebeneinander. Da sie teilweise positiv geladen sind, stossen sie sich ab und erzeugen so einen räumlichen Knick in der Kohlenstoffkette. Bei trans-Doppelbindungen liegen sich die Wasserstoffatome gegenüber, die Kette wird nicht gekrümmt.

Legende

- Kohlenstoff
- Wasserstoff
- Sauerstoff
- Organischer Rest
- Positive Ladung

Organismus von elementarer Bedeutung. Als besonders vorteilhaft werden dabei die Omega-3 Fettsäuren eingestuft, die aber in der modernen Ernährung leider in weit geringerem Umfang aufgenommen werden als die Omega-6 Fettsäuren.

Da es auch dieselben Enzyme sind, welche die Verlängerung und den Einbau der Doppelbindung sowohl der Omega-3 wie auch der Omega-6-Fettsäuren vornehmen, besteht zwischen diesen beiden Fettsäurenfamilien eine Konkurrenz. Auch aus diesem Grund ist das Omega-6 /Omega-3 Verhältnis in der Ernährung von ausschlaggebender Bedeutung.

Da alpha-Linolensäure überwiegend in grünen Pflanzenteilen vorkommt, während Linolsäure in Getreide, Mais sowie den meisten Pflanzenölen die am stärksten vertretene mehrfach ungesättigte Fettsäure ist, kann man davon ausgehen, dass Rinder, die hauptsächlich Gras und wenig Kraftfutter verzehren, auch verstärkt Omega-3 Fettsäuren in die Gewebe einlagern.

Daneben gibt es weitere interessante Fettsäuren, die natürlicherweise fast ausschliesslich in Produkten von Wiederkäuern zu finden sind. Ein prominentes Beispiel sind die so genannten konjugierten Fettsäuren (engl. Abk.: CLA für conjugated linoleic acids), die mit verschiedenen Konstellationen der konjugierten Doppelbindungen vorkommen können (sog. Isomere). Für ein spezifisches Isomer dieser CLA, das in Fleisch und Milch von Wiederkäuern vorkommt, weil seine Vorstufe von Mikroben im Pansen gebildet wird, ist in Tiermodellen sogar eine Krebs hemmende Wirkung nachgewiesen worden.

Neben diesen offenbar positiv wirkenden Fettsäuren finden sich aber gerade bei Wiederkäuern auch gesättigte und sog. trans-Fettsäuren in den Produkten. Der Anteil an gesättigten Fettsäuren ist in Produkten von Wiederkäuern vergleichsweise hoch, da die Mikroorganismen im Vormagen einen Grossteil der ungesättigten Fettsäuren aus dem Futter hydrieren, das heisst durch Anlagerung von Wasserstoff an die Doppelbindungen diese auflösen. Bei dieser "Biohydrierung" entstehen auch die trans-Fettsäuren. Die gesättigten und besonders die trans-Fettsäuren werden nun oftmals als gesundheitliche Risikofaktoren angeprangert, was zu dem schlechten Ruf von Lebensmitteln tierischer Herkunft beitrug.

Wie relevant das Produktionsverfahren für das Auftreten und die Menge einerseits der förderlichen und andererseits der unerwünschten Fettsäuren in Rindfleisch tatsächlich ist, soll am Beispiel einer Untersuchung von Rindfleisch aus verschiedenen Produktionsverfahren diskutiert werden.

Die Zusammensetzung von Rindfleisch verschiedener Herkunft

Für die Untersuchung, ob sich die Art der Mastverfahren in der Zusammensetzung des Fleisches widerspiegelt, wurden in zehn verschiedenen Supermärkten und Fachgeschäften in der Ostschweiz Entrecôtes (*M. longissimus dorsi*) von zwei Labels gekauft, die Weidehaltung vorschreiben. In einem dieser Labelprogramme werden Schlachtkörper in dem üblichen Gewichtsbereich (ca. 280 kg) produziert (Weide, schwer=WS), in dem anderen Natura-Beef, also leichtere Schlachtkörper von Absetzern aus der Mutterkuhhaltung (WL). In weiteren neun Geschäften derselben Region wurden Entrecôtes von Tieren aus der üblichen Mast (IS; Intensivmast, schwer) und aus einem speziellen Labelprogramm, in dem in hochintensiver Stallmast Jungmastrinder im Alters- und Gewichtsbereich von Absetzern aus der

Tabelle 1: Anteil ausgewählter Fettsäuren in den Phospholipiden von Rindfleisch aus verschiedenen Produktionsverfahren
[% aller identifizierten Fettsäuren]

Probenanzahl	IS	WS	IL	WL	Standardfehler
Gesättigte Fettsäuren	34.0	35.3	34.3	34.9	0.5
C16:0	20.3	22.3	20.2	23.0*	0.87
C18:0	9.11	8.05	10.05	7.31*	0.482
Einfach ungesättigte Fettsäuren	26.2	28.6	14.1	28.9*	2.6
C16:1	0.93	1.16	0.28	1.30*	0.147
C18:1	23.5	25.1	11.9	25.4*	2.38
C18:1trans	0.67	0.77	1.21	0.63*	0.091
Mehrfach ungesättigte Fettsäuren	39.7	36.1	51.6	36.2*	2.6
C18:2n-6	20.7	13.7*	34.9	14.5*	2.06
C18:3n-3	2.29	5.18*	1.57	4.54*	0.601
C18:2c9,t11 (CLA)	0.17	0.19	0.08	0.27*	0.037
C20:4n-6 (ARA)	7.69	5.35*	7.55	5.82	0.729
C20:5n-3 (EPA)	2.11	3.70*	1.46	4.32*	0.561
C22:5n-3	2.91	4.55*	2.39	3.39	0.350
C22:6n-3 (DHA)	0.30	0.57*	0.31	0.50	0.072

IS - übliche Intensivmast im Stall

WS - Weidehaltung und Grassfütterung

IL - hoch intensive Kraftfüttermast auf niedrige Endgewichte

WL - Absetzer aus der Mutterkuhhaltung

* gekennzeichnete Werte für WS und WL unterscheiden sich statistisch signifikant ($p < 0.05$) von IS bzw. IL

Mutterkuhhaltung produziert werden (IL), gekauft. Die Entrecôtes wurden dann von äusserem Bindegewebe und Fett befreit und homogenisiert. Das intramuskuläre Fett wurde aus dem Fleischhomogenat extrahiert und dessen Fettsäurezusammensetzung mittels Gaschromatographie bestimmt. Dabei wurden auch die Fettsäureprofile der Phospholipide, welche die Zellmembranen bilden, separat analysiert, da in diesen funktionellen Lipiden die langkettigen, hochgradig ungesättigten Fettsäuren (ARA, EPA, DHA) in besonders hoher Konzentration vorkommen.

Tatsächlich war der erwartete Einfluss der Produktionsverfahren dann auch im Fleisch, so wie es zum Verkauf angeboten wurde, zu finden. Bei den Phospholipiden zeigte sich einerseits, dass diese funktionellen Membranbausteine in ihrer Zu-

sammensetzung offenbar recht stark reguliert werden, so war z.B. der Anteil an gesättigten Fettsäuren sehr konstant. Andererseits ergaben sich aber sehr deutliche Unterschiede im Anteil einfach und mehrfach ungesättigter Fettsäuren sowie der Anteile von Omega-3 und Omega-6-Fettsäuren in Abhängigkeit vom Produktionsverfahren zu finden waren (Tabelle 1). Hervorzuheben ist dabei der hohe Anteil an Linolsäure bei dem Fleisch aus der hochintensiven Kraftfüttermast (IL). Der hohe Gehalt an dieser Omega-6-Fettsäure in Getreide und Mais sorgte also offenbar für eine Verdrängung der einfach ungesättigten Fettsäuren in den Phospholipiden. Die Linolsäure und die aus ihr entstehende Arachidonsäure (ARA) ersetzen dabei auch die Omega-3-Fettsäuren. Im Unterschied dazu wurden durch das hohe Ange-

Tabelle 2: Gehalt ausgewählter Fettsäuren in Entrecôte aus verschiedenen Rindfleischproduktionsverfahren [mg/100 g Fleisch]

Probenanzahl	IS 5	WS 5	IL 4	WL 5	Standard- fehler
Intramuskuläres Fett [%]	1.98	2.54	0.87	2.32	0.55
Gesättigte Fettsäuren	965	1180	384	1164	259.7
C16:0	508	654	195	616*	139.1
C18:0	318	350	136	332	82.4
Einfach ungesättigte Fettsäuren	845	1174	316	977	263.2
C16:1	52	77	15	72*	19.4
C18:1	729	1006	258	815	221.7
C18:1trans	39	54	34	49	14.95
Mehrfach ungesättigte Fettsäuren	165	190	170	180	29.4
C18:2n-6	85	65	117	60*	13.1
C18:3n-3	12.8	36.3*	7.0	25.5*	5.7
C18:2c9,t11 (CLA)	6.7	13.8	2.8	19.8*	4.91
C20:4n-6 (ARA)	22	14*	20	15	2.19
C20:5n-3 (EPA)	6.2	9.7	3.8	11.3*	1.53
C22:5n-3	9.2	13.2*	6.4	9.9*	1.07
C22:6n-3 (DHA)	0.9	1.6*	0.9	1.7*	0.25
n-6/n-3 Verhältnis	4.5	1.4*	8.1	1.7*	0.9

IS - übliche Intensivmast im Stall

WS - Weidehaltung und Grassfütterung

IL - hoch intensive Kraftfuttermast auf niedrige Endgewichte

WL - Absetzer aus der Mutterkuhhaltung

* gekennzeichnete Werte für WS und WL unterscheiden sich statistisch signifikant ($p < 0.05$) von IS bzw. IL

bot an alpha-Linolensäure infolge Weidehaltung bzw. Grasfütterung, unabhängig vom Schlachtgewicht (und damit Alter) der Tiere, die Konzentrationen an den besonders wertvollen langkettigen, hochgradig ungesättigten Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA deutlich erhöht. EPA und DHA können auch im menschlichen Organismus aus alpha-Linolensäure gebildet werden. Diese Synthese ist aber stark begrenzt. Ausserdem kommt alpha-Linolensäure selber bei der in Industrienationen üblichen Ernährung nur in sehr geringem Umfang vor. Einer zusätzlichen Versorgung mit EPA und DHA durch die Nahrung kommt also besondere Bedeutung zu, und gerade hier zeigt sich der Vorteil, quasi eine Verede-

lung auch der Fettsäuren über den tierischen Organismus zu erreichen. Australische Untersuchungen (ebenso wie eigene Hochrechnungen aus Verbrauchsstatistiken) zeigen, dass Fleisch von landwirtschaftlichen Nutztieren im Mittel zu ca. 20 % zur Versorgung des Menschen mit EPA und DHA beitragen kann. Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, die den absoluten Gehalt verschiedener Fettsäuren im Fleisch angibt, kann dieser Beitrag noch deutlich erhöht werden, wenn das Fleisch aus Produktionsverfahren stammt, die auf Grasfütterung basieren. Dabei ist auch von ernährungsphysiologischer Bedeutung, dass sich das Omega-6/Omega-3-Verhältnis deutlich zu Gunsten von Omega-3 verbessert und bei Fleisch

aus Weidehaltung klar "im grünen Bereich" der offiziellen Ernährungsempfehlungen (Omega 6/Omega-3 < 5) liegt. Positiv zu werten ist wohl auch der verringerte Anteil an Arachidonsäure, die u.a. als Ausgangssubstrat für die Entzündlichkeit fördernden Eicosanoide eher unerwünscht ist.

Ähnlich verhält es sich in dieser Untersuchung auch mit dem Gehalt an cis-9, trans-11-CLA, dem spezifischen Isomer der konjugierten Linolensäuren, das natürlicherweise in Produkten von Wiederkäuer zu finden ist und daher auch "ruminic acid" genannt wird. Der Gehalt an dieser Fettsäure lag im Fleisch der geweideten Tiere wiederum höher. Dies lässt sich damit erklären, dass die trans-Vaccensäure (C18:1 trans-11), die Vorstufe der ruminic acid bei der mikrobiellen Hydrogenierung von alpha-Linolensäure im Pansen entsteht und nach der Absorption im Organismus zu C18:2 cis-9, trans-11, eben der ruminic acid, umgewandelt werden kann.

Dementsprechend liegt auch der Gehalt an C18:1 trans im Fleisch der Tiere aus Weidehaltung etwas höher. Ein Teil des höheren Gehaltes - insbesondere im Vergleich von Natura-Beef mit IL - dürfte aber auch auf den insgesamt höheren Fettgehalt im Fleisch zurückzuführen sein, denn der relative Anteil an trans-Fettsäuren ist bei IL am höchsten. Dies lässt sich damit erklären, dass von den Mikroorganismen im Pansen auch aus Linolensäure trans-Fettsäuren gebildet werden.

Trans-Fettsäuren entstehen auch bei der technischen Hydrierung, d.h. Härtung z.B. von Pflanzenölen. Der feine Unterschied bei den trans-Fettsäuren technischer oder tierischer Herkunft liegt nun aber im Vorkommen und den Anteilen verschiedener Isomere. Im Unterschied zu der technischen Fetthärtung entsteht bei der Biohydrierung von alpha-Linolensäure vor allem das C18:1-trans-Isomer, welches eben im Stoffwechsel des Tieres (und ggf. auch Menschen) in eine CLA umgewandelt werden kann. Es darf also weiter spekuliert wer-



Mit Weidemastverfahren und Grasfütterung kann ein natürliches Produkt erzeugt werden, das auch ernährungsphysiologische Vorteile bietet. (Foto: Fam. Bucher, Hohenrain)

den, dass "natürliche" trans-Fettsäuren tierischer Herkunft, die bei Weidemast vermehrt auftreten können, ein geringeres Gesundheitsrisiko bergen als diejenigen technischen Ursprungs (obgleich die Auffassungen dazu noch gespalten sind).

Dann bleiben also noch die gesättigten Fettsäuren und der Fettgehalt als potentiell ungünstige Faktoren in der menschlichen Ernährung. Der Gehalt an intramuskulärem Fett war bei IL äusserst niedrig und lag bei den anderen Herkünften im Mittel um 2-2.5 %, wobei die Unterschiede aufgrund der geringen Beobachtungszahl und der vergleichsweise grossen Streuung statistisch nicht signifikant waren. Es kann jedenfalls nicht davon ausgegangen werden, dass in Weidemastverfahren Fleisch mit einem geringeren intramuskulären Fettgehalt als in Intensivmastverfahren erzeugt wird. Das dürfte unter anderem auch daran liegen, dass in der üblichen Intensivmast in aller Regel Muni eingesetzt werden, die an sich eher magerer als Ochsen oder weibliche Rinder sind. Es wird aber auch deutlich, dass unter hiesigen Bedingungen produziertes Fleisch insgesamt nur sehr wenig Fett enthält. Mit 100 g Muskelfleisch nimmt man also nur ca. 2-2.5 g Fett zu sich

(das heisst, wenn man den Fettrand nicht mit isst, falls das überhaupt noch möglich ist und der Metzger ihn nicht schon entfernt hat). Selbst Siedfleisch wird heutzutage in der Regel in einem so mageren Zuschnitt verkauft, dass nach eigenen Untersuchungen der Fettanteil nach Zubereitung und grober Entfernung des Fettgewebes nur noch maximal etwas über 5 g Fett in 100 g Frischsubstanz ausmacht.

In dem Zusammenhang sollte man wohl auch den Beitrag an gesättigten Fettsäuren durch Frischfleisch sehen. Durch den insgesamt niedrigen Fettgehalt von Frischfleisch (bei Wursthäuten kann das allerdings ganz anders aussehen) bleibt auch die Aufnahme an gesättigten Fettsäuren moderat, und ausserdem besteht das Fett selbst im Rindfleisch nur knapp zur Hälfte aus gesättigten Fettsäuren. Ein Teil davon geht dann auch noch während des Garens verloren (wobei das Bratfett allerdings noch hinzukommt). Aus den Verbrauchsstatistiken und Hochrechnungen im Vierten Schweizerischen Ernährungsbericht kann jedenfalls geschlossen werden, dass Fleisch und Fleischwaren nur ca. 17 % am Verbrauch an gesättigten Fettsäuren ausmachen. Der tatsächliche Verzehr dürfte noch deut-

lich darunter liegen, da Verbrauch eben nicht gleich Verzehr ist.

Zusammenfassend kann wohl gesagt werden, dass mit Weidemastverfahren und Grasfütterung ganz offensichtlich ein natürliches Produkt erzeugt werden kann, das auch ernährungsphysiologische Vorteile bietet. Viele waren davon ja schon immer überzeugt, aber es gibt mittlerweile tatsächlich auch wissenschaftlich fundierte Hinweise, dass dem so ist. Es darf auch geschlossen werden, dass ein Gutteil des verschiedentlich hervorgehobenen vorteilhaften Fettsäurenmusters im Fleisch von Extensivrasen also eigentlich auf die Fütterung zurückzuführen sein dürfte, nämlich den hohen Gehalt an alpha-Linolensäure im Gras. Extensive Verfahren der Rindfleischproduktion können demnach zu einer Verbesserung des ernährungsphysiologischen Wertes von Rindfleisch beitragen. Inwieweit sich durch Weidehaltung bzw. Grassfütterung noch andere erwünschte oder unerwünschte Einflüsse z.B. auf die Ausprägung des Aromas ergeben, bleibt - vorzugsweise unter Berücksichtigung der Vorlieben der hiesigen Verbraucherschaft - kritisch zu überprüfen.

Fettsäure	<p>Hauptbestandteil aller Fette und Öle. Eine organische Säure, die auf einer Kette von Kohlenstoffatomen (C) basiert. Fettsäuren unterscheiden sich in Kettenlänge und Anzahl der Doppelbindungen (-> ungesättigte Fettsäuren).</p> <ul style="list-style-type: none">> <i>gesättigte Fettsäure</i>: Alle Kohlenstoffatome sind durch eine einfache Bindung miteinander verbunden und mit Wasserstoff (H) abgesättigt.> <i>ungesättigte Fettsäure</i>: zwei benachbarte Kohlenstoffatome gehen eine Doppelbindung ein und binden nur noch jeweils ein Wasserstoffatom. Doppelbindungen können sich an verschiedenen Stellen in der Kohlenstoffkette befinden.> <i>mehrfach ungesättigte Fettsäure</i>: die Kohlenstoffkette enthält mehrere Doppelbindungen.> <i>Omega-3 oder omega-6</i> (Synonym n-3 oder n-6) bezeichnet die Position des ersten C, das an einer Doppelbindung beteiligt ist, gezählt vom Ende der Kette her (Omega ist der letzte Buchstabe im griechischen Alphabet).> <i>trans-Fettsäure</i>: die verbliebenen H an den C, die an einer Doppelbindung beteiligt sind, liegen sich gegenüber, das Molekül bleibt weitgehend gerade. Trans-Fettsäuren entstehen bei der Härtung (Hydrierung) von mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Es gibt deutliche Hinweise, dass trans-Fettsäuren gesundheitliche Risikofaktoren sind. Unklar ist, ob sich trans-Fettsäuren tierischer oder technischer Herkunft im Risikopotential unterscheiden.> <i>konjugierte Linolsäure</i>: C18:2 Fettsäuren, deren Doppelbindungen nur durch eine einfache Bindung getrennt sind. Es existieren viele verschiedene -> Isomere.> Für den Menschen <i>essentielle Fettsäuren sind</i>:<ul style="list-style-type: none">- alpha-Linolensäure (omega-3) C18:3 cis 9, 12, 15- Linolsäure (omega-6) C18:2 cis 9, 12Längerkettige omega-3 und -6 Fettsäuren können im Körper aus diesen gebildet werden. Unklar ist aber, ob die Syntheserate für eine optimale Entwicklung und Gesundheit wirklich ausreicht.
Isomer	<p>Moleküle mit derselben chemischen Summenformel, aber mit unterschiedlicher räumlicher Anordnung und Positionen der Doppelbindungen.</p>
essentiell	<p>Essentielle Nährstoffe sind lebensnotwendige Stoffe, die der Körper aber nicht selber herstellen kann. Sie müssen daher mit der Nahrung aufgenommen werden. Das bekannteste Beispiel ist wohl Vitamin C.</p> <ul style="list-style-type: none">> <i>Essentielle Fettsäuren</i>: alpha-Linolensäure, Linolsäure
Zellmembran	<p>Dünne, strukturierte Schicht aus Phospholipiden, fettähnlichen Substanzen (z.B. Cholesterin) und Proteinen. Sie umgibt jede Körperzelle wie eine Haut, grenzt sie von ihrer Umgebung ab und kontrolliert, was in die Zelle ein- und ausgeführt wird.</p>
Phospholipid	<p>Grundbaustein der Zellmembranen bei Mensch und Tier. Es besteht aus einem wasserlöslichen "Kopf" und einem wasserabstossenden "Schwanz"(die Fettsäuren).</p>
Eicosanoide	<p>Eine Gruppe von Verbindungen, die im Körper aus C20 Fettsäuren gebildet werden und ähnlich wie Hormone (Botenstoffe) wirken.</p>
Enzym	<p>Ein Protein oder Proteinkomplex, das wie ein Katalysator spezifische chemische Reaktionen im Körper auslöst und beschleunigt. Ohne sie würden Vorgänge im Organismus so langsam ablaufen, dass wir nicht leben könnten.</p>
Gaschromatographie	<p>Analytische Methode, um ein Gemisch aufzutrennen und die verschiedenen Substanzen einzeln mengenmässig bestimmen zu können. So kann z.B. die Zusammensetzung von Fetten bestimmt werden.</p>