



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

HAW Hamburg
Fakultät Life Sciences
Department Ökotropnologie

Bachelorarbeit

Zusatz von Supplementen in der Tierfütterung –
Die Auswirkung von n-3 angereichertem Tierfutter auf das
n-6/n-3 Verhältnis im Muskelfleisch von Rindern

Verfasser: Finn Neumann
[REDACTED]

Matrikelnr.: [REDACTED]

Gutachter: Tierärztin Lisa Walter
Zweitgutachter: Prof. Dr. Sibylle Adam

Ort: Hamburg
Abgabetermin: 05.12.2017

Inhaltsverzeichnis

I.	Tabellenverzeichnis	III
II.	Abbildungsverzeichnis	IV
III.	Abkürzungsverzeichnis	V
1	Einleitung	1
2	Ernährungsphysiologie von Fetten	3
2.1	Chemischer Aufbau	3
2.2	Gesundheitliche Aspekte	5
3	Physiologie des Rindes	8
3.1	Das Nutztier Rind	8
3.2	Verdauung bei Wiederkäuern	8
3.3	Synthese essentieller Fettsäuren	10
3.4	Merkmale der Fleischqualität	11
4	Rechtliche Grundlagen der industriellen Tierernährung	13
4.1	Definition und Einsatz von Futtermitteln	13
4.2	Zufütterung von Supplementen	15
4.3	Rechtliche Rahmenbedingungen	16
4.4	Zulassung und Verwendung neuartiger Futtermittel	16
5	Einsatz von Algen	17
5.1	Biologie und Einteilung	17
5.2	Nährwerte	18
5.3	Industrielle Verwendung	19
6	Methodik	21
7	Ausgewählte Studien zur Supplementierung unterschiedlicher n-3 haltiger Futtermittel	23
7.1	Grasfütterung (Warren et al., 2007)	23

7.2	Gabe von Leinsamen (Corazzin et al., 2011)	27
7.3	Zusatz von Algen (Hwang et al., 2014)	29
7.4	Fütterung von PEAR (Morril et al., 2016)	31
7.5	Vergleich der Studien bzgl. der Auswirkung auf das n-6/n-3 Verhältnis ..	34
8	Diskussion	36
8.1	Methodik.....	36
8.2	Inhalt	36
8.3	Literatur	39
8.4	Abschließende Prüfung der Forschungsfragen	40
9	Fazit.....	41
	Zusammenfassung.....	43
	Abstract	44
	Literaturverzeichnis/Quellenverzeichnis	45
	Rechtsquellenverzeichnis.....	51
	Eidesstattliche Erklärung.....	53

I. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: PUFA(s) mit besonderer ernährungsmedizinischer Bedeutung.....	4
Tabelle 2: PUFA-Vorkommen in Lebensmitteln.....	7
Tabelle 3: PUFA-Zusammensetzung im musculus longissimus von Bullen unterschiedlicher Rassen	11
Tabelle 4: Nährwerttabelle von ausgewählten Rindfleischstücken.....	12
Tabelle 5: Roh Nährstoffgehalt von Algen	19
Tabelle 6: n-6/n-3 Verhältnis von verschiedenen Futtermitteln	20
Tabelle 7: Literaturreview	22
Tabelle 8: Vergleich der Konzentration von ausgewählten Fettsäuren im Futter (Konzentrat/Silage).....	24
Tabelle 9: PUFA-Zusammensetzung bei der Rasse Aberdeen Angus (Konzentrat/Silage).....	26
Tabelle 10: PUFA-Zusammensetzung bei der Rasse Holstein Friesian (Konzentrat/Silage)	27
Tabelle 11: PUFA-Zusammensetzung im musculus longissimus bei der Leinsamen- vs. Kontrollfütterung	29
Tabelle 12: PUFA-Zusammensetzung im Fleisch bei der Wakame- vs. Kontrollfütterung	31
Tabelle 13: PUFA-Zusammensetzung im Fleisch beim PEAR- vs. Kontrollfutter .	32
Tabelle 14: Übersicht der Auswirkungen von den verschiedenen Futtermitteln auf das n-6/n-3 Verhältnis.....	35

II. **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Eicosanoidstoffwechsel	6
Abbildung 2: Das Verdauungssystem der Wiederkäuer	9
Abbildung 3: Rechtliche Übersicht der verschiedenen Futtermittel	14

III. Abkürzungsverzeichnis

AA	Arachidonsäure
ALNA	Alpha-Linolensäure
DHA	Docosahexaensäure
DM	Trockenmasse
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
EPA	Eicosapentaensäure
EU	Europäische Union
LNA	Linolsäure
MUFA	Einfach ungesättigte Fettsäure
n-3	Omega 3
n-6	Omega 6
n-9	Omega 9
OM	Organische Substanz
PEAR	Post-extraction algal residue
PUFA	Mehrfach ungesättigte Fettsäure
ad libitum	Nach Belieben/ohne Begrenzung
SFA	Gesättigte Fettsäuren

1 Einleitung

Fleisch und Produkte aus Fleisch erlitten in den letzten Jahren einen deutlichen Imageschaden. So titelten Magazine, Illustrierte und Zeitungen unter anderem mit „Die rote Gefahr“ oder „Rindfleisch ungesund“. Dabei wurde Fleisch mit gesundheitlich nachteiligen Eigenschaften belegt. Es soll u.a. verantwortlich sein für hohe Blutfettwerte und daraus resultierende Herzinfarkte. Jedoch relativieren sich solche Aussagen zumeist aufgrund unzureichender Informationsbasis. Eine wissenschaftliche Grundlage, die Fleisch als „gesundheitsgefährdendes Lebensmittel“ deklariert, wird oft nicht angeführt (Berndt, 2010).

Ernährungsphysiologisch ist der Konsum von Fleisch durchaus als wertvoll zu betrachten. Der hohe Gehalt an verfügbarem Eisen, die niedrigen Anteile von Kohlenhydraten sowie die biologisch sehr wertvollen Aminosäuren sind essentielle Faktoren, die bei der Bewertung dieses Lebensmittels zu berücksichtigen sind (Möckl, 2014).

Ursache der kritischen Betrachtungen von rotem Fleisch, sind die zum Teil hohen Fettgehalte insbesondere der Anteil an gesättigten Fettsäuren. Diese Fette mit deren Fettsäuremustern werden deshalb in der Wissenschaft fokussiert untersucht und erforscht. Im Zentrum der Betrachtungen steht das Verhältnis von den mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA(s)) Omega-6 (n-6) zu Omega-3 (n-3) (Ernährungs-Umschau, 2004).

Die PUFA(s) sind bei der Regulation von Inflammationen von großer Bedeutung. Insbesondere langkettige PUFA(s) der n-3 Fraktion wirken in Verbindung mit dem Eicosanoidstoffwechsel antiinflammatorisch. Die größte Quelle dieser Fettsäuren stammen aus den Ozeanen und befinden sich im fettreichen Seefisch und in Algen. Hingegen wirken die n-6 PUFA(s) Linolsäure (LNA) und Arachidonsäure (AA) negativ auf Entzündungsprozesse, da diese zu proinflammatorischen Eicosanoiden verstoffwechselt werden. Tierische Produkte weisen sowohl hohe LNA- als auch AA-Gehalte auf (Belkowitz, 2016, S. 12). Eine Verminderung der n-6 PUFA(s) und eine Erhöhung der n-3 PUFA(s) sind von bedeutendem ernährungsphysiologischem Interesse (DGE, 2003). Erste Studien zeigten bereits, dass sich eine Weidewirtschaft positiv auf die Zusammensetzung des roten Fleisches auswirken kann. Im Folgenden wird die Einflussnahme der Fütterung und der Supplementierung von

n-3 reichen Quellen auf die Qualität des Fleisches betrachtet. Dabei werden verschiedene Studien zum Vergleich herangezogen.

Diese Arbeit befasst sich mit den folgenden drei Forschungsfragen:

1. Hat eine Zufütterung von n-3 Supplementen eine Auswirkung auf die Fettsäurezusammensetzung im Fleisch von Rindern? Verglichen werden Algen, Leinsamen und Grassilage mit konventionellem Mastfutter.
2. Welches wäre die beste Variante der Supplementierung, damit ein positiveres n-6/n-3 Verhältnis im Muskelfleisch entstehen kann?
3. Haben Algen als Supplement zu konventionellen Produkten wie Leinsamen Vorteile?

Diese Arbeit gibt einen Überblick, welchen Einfluss die Supplementation auf die Fettsäurezusammensetzung im Speziellen der PUFA(s) bei Rindern hat. Vergleichbare Supplemente werden hierfür betrachtet. Anhand einer strukturierten Literaturrecherche über die medizinische Datenbank ScienceDirect wird den Forschungsfragen nachgegangen und überprüft, ob randomisierte, kontrollierte Studien diese beantworten.

Der Aufbau der Arbeit gliedert sich folgendermaßen: Zunächst werden die Grundlagen der Fette und des Eicosanoidstoffwechsels erläutert. Anschließend wird auf die Rinder, deren Fleischqualität und die Verdauung eingegangen. Im Anschluss werden Futtermittel und die rechtlichen Regelungen hierzu erläutert. Danach wird ein Einblick in das Themengebiet der Algen mit Zusammensetzung, Nährwerten und Fütterungsmöglichkeiten gegeben, bevor zum Hauptteil übergeleitet wird. Dieser beschäftigt sich mit der Vorgehensweise und den Ergebnissen der Literaturrecherche zu den oben genannten Forschungsfragen. Die Fragestellungen, die Probanden- und Kontrollkollektive, die untersuchten Outcomevariablen sowie die Ergebnisse ausgewählter Studien werden ausführlich dargestellt und diskutiert. Abschließend werden die Ergebnisse in einem Fazit zusammengefasst.

Zusätzlich auftretende Fragen wie z.B.: „Gibt es Rasseneffekte bei der Wirkung von Supplementen?“, „Sind verschiedene Haltungsformen, Jahreszeiten, Alter, genetische Disposition und verschieden zusammengemischte Futtermittel wichtig und zu berücksichtigen, damit eine Veränderung der PUFA(s) eintritt?“, werden nicht beantwortet, da diese den Rahmen dieser Ausarbeitung sprengen würden.

2 Ernährungsphysiologie von Fetten

2.1 Chemischer Aufbau

Fette treten in vielfältigen Formen in der Umwelt auf. Bei der menschlichen Nahrung stammen sie aus einer Vielzahl von Quellen tierischen und pflanzlichen Ursprungs. Fette sind ein großer und wichtiger Bestandteil von Lebensmitteln und können positive wie auch negative Auswirkungen auf einen Organismus und dessen Gesundheitszustand haben. Der Aggregatzustand von Fetten kann sowohl fest als auch flüssig sein. Sie haben viele Funktionen in einem Organismus, wie die Isolierung gegen Kälte, Bildung von Schutzpolstern für innere Organe, Bereitstellung der fettlöslichen Vitamine (A, D, E, K), sowie als Bestandteile der Zellmembranen. Die essentiellen Fettsäuren können positive Auswirkungen auf die Bildung von hormonähnlichen Reglersubstanzen haben (Hamm, Neuberger, 2008, S. 11). Fett besitzt eine hohe Energiedichte. Der physiologische Brennwert von 1g Fett entspricht 38,9 kJ bzw. 9,3 kcal (Baltes, Matissek, 2011, S. 83). Es ist der wichtigste Energiespeicher im menschlichen Körper wie auch bei allen anderen Säugetieren (Kasper, Burghardt, 2009, S. 9).

Fettsäuren werden nach ihrer Kettenlänge unterschieden. Es wird in kurzkettig mit bis zu 4 Kohlenstoffatomen, mittelkettig mit 6-10 Kohlenstoffatomen und langkettig mit über 10 Kohlenstoffatomen unterschieden. Des Weiteren werden die Fettsäuren nach dem Grad ihrer Sättigung von deren Kohlenstoffkette unterteilt. Es gibt die gesättigten Fettsäuren (SFA(s)), die einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA(s)) und die mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA(s)). Die ungesättigten Fettsäuren weisen eine oder mehrere Doppelbindungen im Molekül auf. Je nachdem an welchem Kohlenstoffatom sich die erste Doppelbindung im Molekül befindet, werden die Fettsäuren in n-3, n-6 und n-9 eingeteilt. Die Carboxylgruppe (-COOH) bildet immer den Anfang des Moleküls. Zur Bestimmung, um welche Art von Fettsäure es sich handelt, wird immer vom Ende der Kohlenstoffkette gezählt (s. Tab. 1). Der einfachste Vertreter der PUFA(s) n-6 ist die LNA und der PUFA(s) n-3 ist die alpha-Linolensäure (ALNA) (Hamm, Neuberger, 2008, S. 15).

Tabelle 1: PUFA(s) mit besonderer ernährungsmedizinischer Bedeutung

Quelle: modifiziert nach: (Kasper, Burghardt, 2009, S. 9).

Kurz-schreib-weise	Name	Ab-kür-zung	Strukturformel
<i>n-6-Fettsäure-Familie</i>			
C18:2	Linolsäure	LNA	
C20:4	Arachidonsäure	AA	
<i>n-3-Fettsäure-Familie</i>			
C18:3	Alpha-Linolen-säure	ALN A	
C20:5	Eicosa-pentaen-säure	EPA	
C22:6	Docosahe-xaensäure	DHA	

Dem menschlichen Körper fehlt ein Enzymsystem, das die PUFA(s) LNA und ALNA synthetisieren kann. Diese Fettsäuren müssen über die Nahrung aufgenommen werden und sind somit essentiell (Bitsch, Bitsch, 2010, S. 1108). Sie liegen als Baustoff in vielen Strukturen von Zellen vor, sind Strukturelemente von Zellmembranen (Phospholipide) und befinden sich in Zellkernen, Mitochondrien oder im endoplasmatischen Retikulum. Sie sind Bestandteile von Proteinen, Enzymen, Rezeptoren und Ionenkanälen. Als freie Fettsäuren kommen sie nur zu einem geringen Anteil im Organismus vor (Heckel, 2009, S. 19). Das Umwandeln und Umbauen der chemischen Struktur von MUFA(s) zu den essentiellen PUFA(s) ist nur Pflanzen

vorbehalten. Durch Einsetzen von zusätzlichen Doppelbindungen in die Kohlenstoffkette der Ölsäure, einer n-9 Fettsäure, ist es der Pflanze möglich LNA oder ALNA zu bilden. Diese beiden Fettsäuren können vom Körper in geringen Mengen durch Elongierungs- und Desaturierungsschritte durch den Einbau neuer Doppelbindungen zum Carboxylende hin zu höher molekularen PUFA(s) umgewandelt werden. Die bekanntesten und am weitesten erforschten Fettsäuren sind die Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) (Bitsch, Bitsch, 2010, S. 1108).

2.2 Gesundheitliche Aspekte

Durch eine Vielzahl von Untersuchungen und Studien ist belegt worden, dass das Verhältnis von n-6/n-3 aus ernährungsphysiologischer Sicht beachtet werden sollte. Dabei ist der Eicosanoidstoffwechsel mit einzubeziehen. Eicosanoide sind Hormonverbindungen, die sich von den PUFA(s) ableiten. Aus ALNA wird durch das Enzym δ -5- und δ -6-Desaturase EPA und DHA metabolisiert. Die Enzyme δ -5- und δ -6-Desaturase können aber auch die LNA zu AA umbauen (s. Abb. 1) (Biesalski, 2004, S. 76). EPA ist eine direkte Vorstufe der Eicosanoide und DHA ist hauptsächlich ein funktioneller Membranbaustein. AA ist auch wie EPA eine direkte Vorstufe der Eicosanoide (Hamm, 2016). Der Umwandlungsprozess zu EPA, DHA und AA der hauptsächlich in der Leber und den Leukozyten stattfindet, sorgt so für ein Konkurrieren um die δ -5- und δ -6-Desaturase. Diese bevorzugt zwar n-3 Fettsäuren, jedoch hängt die Konzentration der PUFA(s) in Blut und Gewebe stark von Ernährungsart und -Form ab, so dass bei höheren Verhältnissen von n-6 Fettsäuren auch hier eine höhere Synthese von AA geschieht. Eicosanoide sind in der Lage, Entzündungen, die Zytokin Synthese und die Zellkommunikation zu beeinflussen. Die Wirkung auf die Immunreaktion des Eicosanoidstoffwechsel gehört zu den pathogenetischen Mechanismen, die durch Ernährung steuerbar sind. Das Verhältnis pro- und antiinflammatorischer Eicosanoide übernimmt eine zentrale Funktion im Entzündungsprozess (Belkowitz, 2016, S. 12). Die Metaboliten der EPA und AA haben vorwiegend konkurrierende Wirkung und sind lokale Mediatoren. Metaboliten von EPA besitzen antithrombotische, antichemotaktische, antivasokonstriktive und antiinflammatorische Eigenschaften, die sozusagen als Gegenspieler der aus der AA gebildeten Eicosanoide fungieren. Die Metaboliten der AA können an inflammatorischen und allergischen Reaktionen beteiligt sein.

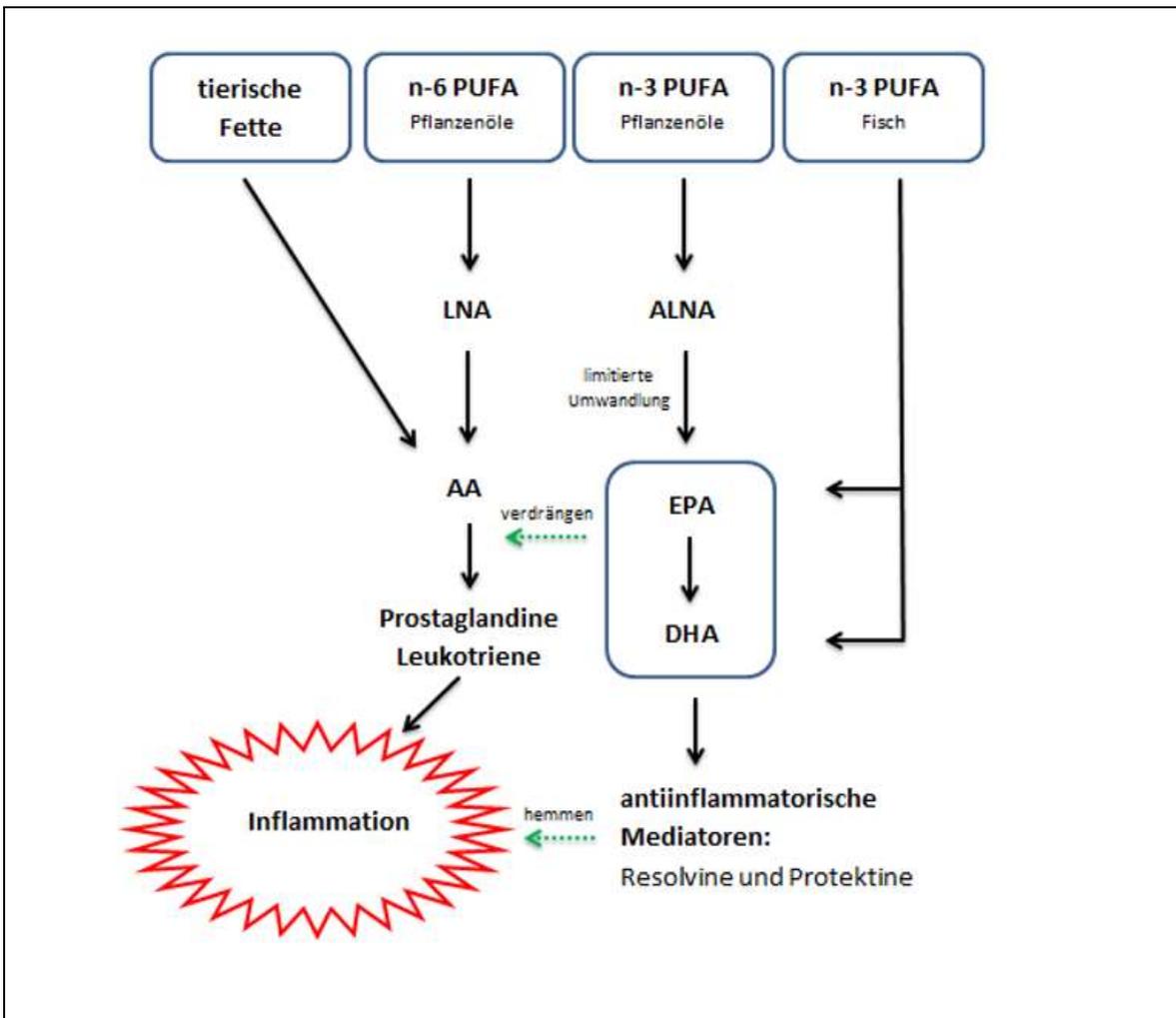


Abbildung 1: Eicosanoidstoffwechsel
Quelle: auf Grundlage von: (Goldberg, Katz, 2007).

Aufgrund der gegenspielenden positiven wie negativen Effekte wird empfohlen, auf die Zusammensetzung der aufgenommenen Fette zu achten. Es wird ein Verhältnis von n-6/n-3 Fettsäuren von 5:1 empfohlen (Bitsch, Bitsch, 2010, S. 1109). In der ursprünglichen Nahrung des Menschen war das Verhältnis von n-6/n-3 weitestgehend ausgeglichen. Untersuchungen haben aufgezeigt, dass sich dieses Verhältnis mit der modernen, aktuellen Ernährung auf 10:1 bis zu 20:1 geändert hat (Hamm, Neuberger, 2008, S. 17). Zufuhrempfehlung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) sind für einen gesunden Menschen 2-3 g/d ALNA, 6 g/d LNA, EPA und DHA 200-500 mg/d (Elm, 2013, S. 7). Hauptsächlich in Getreidekeimölen, Sonnenblumen-, Soja-, Distelöl ist die LNA zu finden (S. Tab. 2) (Bialscki, 2004, S. 76). Die AA ist besonders in tierischen Lebensmitteln wie z.B.

Schweineschmalz, Schweineleber, Eigelb und Leberwurst enthalten (DGE, 2003). Die n-3 Fettsäure ALNA kommt in den Chloroplasten grüner Blattgemüse vor, wie z.B. in Spinat und Portulak. Aber auch in Leinsamen und Algen ist sie in höherer Konzentration zu finden. Die natürlichen Quellen der n-3 Fettsäuren EPA und DHA sind hauptsächlich in aquatischen Lebewesen wie in fettreichen Kaltwasserfischen und Muscheln zu finden, bei denen sich durch den Verzehr von Algen diese Fettsäuren im Gewebe anreichern (Biesalski, 2004, S. 76). Forschungen zeigten, dass nicht nur bei Wasserlebewesen durch Nahrung reich an EPA und DHA die Fettqualität und Zusammensetzung verbessert werden kann. Es wurde festgestellt, dass bei Mastrindern, die mit DHA haltigen Mikroalgen gefüttert wurden, sowohl ein Anstieg der Konzentration von DHA als auch von EPA im Muskelfleisch zu verzeichnen war (Heckel, 2009, S. 18).

Tabelle 2: PUFA-Vorkommen in Lebensmitteln

Quelle: Modifiziert nach: (ProVeg Deutschland e.V., 2015).

Mehrfach ungesättigte Fettsäuren	
<i>n-6-Fettsäuren</i>	
LNA	Distelöl, Sonnenblumenöl, Weizenkeimöl, Maiskeimöl, Sojaöl, Sesamöl, Chia-Samen
AA	Schweineschmalz, Schweineleber, Eigelb, Leberwurst, Schweinefleisch, Rindfleisch, Hühnerfleisch, Camembert
<i>n-3-Fettsäuren</i>	
ALNA	Leinöl, Hanföl, Wallnussöl, Rapsöl, Chia-Samen, Leinsamen, Mikro/Makroalge
EPA	Hering, Thunfisch, Sprotte, Lachs, Mikro/Makroalge
DHA	Thunfisch, Sprotte, Lachs, Hering, Makrele, Mikro-/Makroalge

3 Physiologie des Rindes

3.1 Das Nutztier Rind

Die heutigen Rinder entstanden aus dem Auerochsen (Ur, *Bos primigenius*). Die Züchtungen, die bis in die heutige Zeit andauern, ergeben mehr als 100 Rinderrassen auf der Welt. Rinder werden je nach Alter, Geschlecht und Funktion in verschiedene Gruppen eingeteilt (Mielke, 2001). Grundlegend werden Rinder, dies sind alle männlichen und weiblichen Tiere, in Kuh, Stier und Kalb unterteilt. Die Kuh ist das weibliche Rind, welches gekalbt hat. Es wird zwischen Milchkuh und Mutterkuh unterschieden. Kälber sind alle männlichen und weiblichen Tiere bis zu einem Alter von 6 Monaten. Männliche Tiere heißen Bullenkalb und weibliche Kuhkalb oder Mutterkalb. Geschlechtsreife männliche Rinder werden Bulle, Stier, Farren oder Fasel genannt. Sie werden als Mastbullen zur Fleischerzeugung genutzt oder als Zuchtbullen. Ochsen sind kastrierte männliche Rinder. Sie werden auch zur Fleischerzeugung genutzt (Elfrich, Roesicke, 2002, S. 5).

3.2 Verdauung bei Wiederkäuern

Die Rinder gehören mit ihrem speziellen Verdauungstrakt, genau wie die Schafe, Ziegen, Hirsche aber auch Antilopen, Giraffen und Gazellen zu den Wiederkäuern. Diese Tiere haben sich speziell an pflanzliche Nahrung angepasst, hauptsächlich an Gräser (Koops, 2012).

Der Verdauungstrakt ist in folgender Reihenfolge aufgebaut: Das Gebiss, die vier Mägen (Pansen (Rumen), Netzmagen (Reticulum), Blättermagen (Omasum), Labmagen)), der Dünndarm und Dickdarm (s. Abb. 2) (Sauermost, Freudig, 1999). Das Gebiss setzt sich aus acht Schneidezähnen zusammen, die im Unterkiefer sitzen. Im Oberkiefer befindet sich hier eine Hornplatte. Zusätzlich gibt es 24 Mahlzähne, auf jedem hinteren Kieferquadranten sechs Stück. Grasbüschel, die die Kuh mit der Zunge erfasst hat, kann sie mit Hilfe der Schneidezähne und der Hornplatte abreißen. Das Gras wird fast nicht gekaut und mithilfe von Speichel abgeschluckt (Vogt, 2016). Durch den Schlund gelangt die Nahrung in den Pansen. Er ist der erste der insgesamt vier Mägen. Er füllt mit seinem Volumen von 150 bis 180 Litern fast die ganze linke Bauchhöhle aus. Der Magen ist in einen oberen und einen unteren Pansensack aufgeteilt. In dem Pansen sitzen Milliarden von Bakterien und Einzellern,

die ein Gewicht von ca. sieben kg haben. Diese Bakterien produzieren durch ihre Tätigkeit Säure.

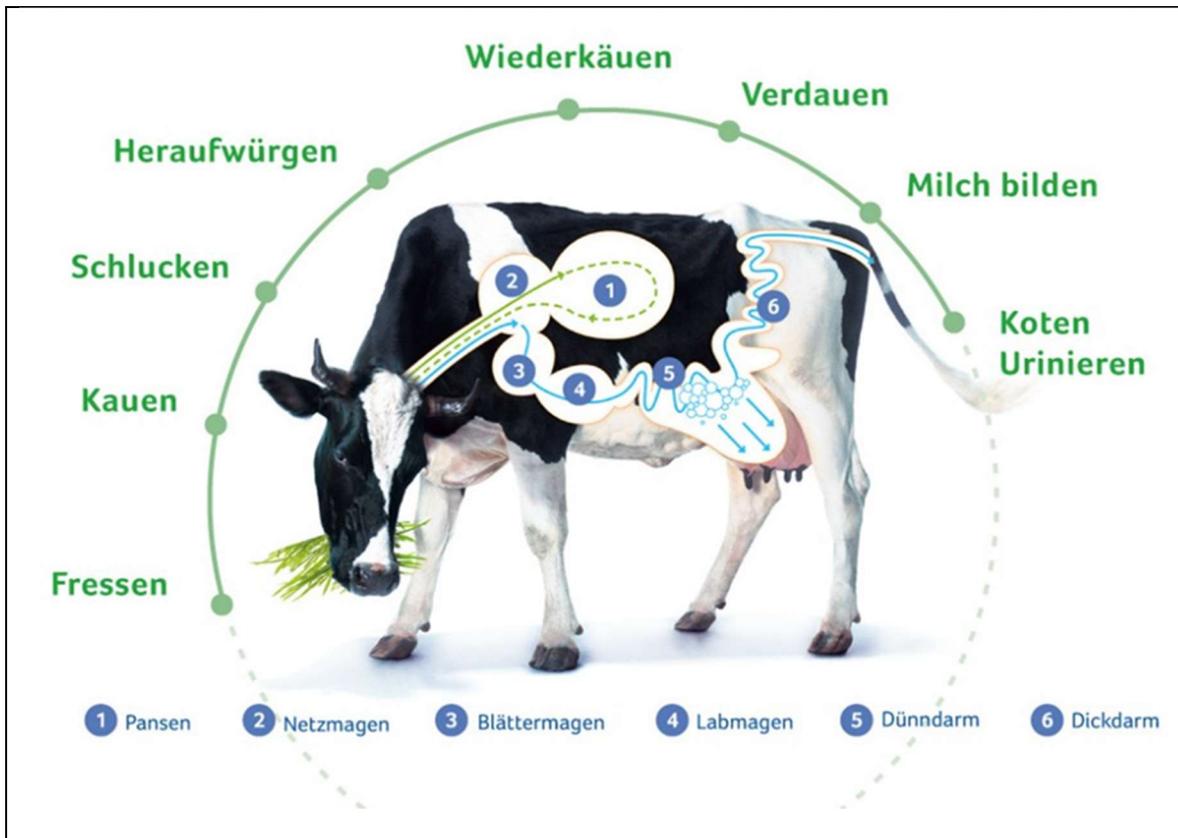


Abbildung 2: Das Verdauungssystem der Wiederkäuer
Quelle: (Emaze.com, 2016).

Nach der Aufnahme vom Futter und einer kurzen Pause beginnt das Wiederkäuen. Schon leicht zersetzte Pflanzenteile werden durch einen Reflux zurück in das Maul befördert. Hier wird es diesmal ordentlich mit den Mahlzähnen durchgekaut und mit Speichel zu einem feinen Speisebrei vermischt. Der Speichel lässt die Futtermittel gut durch den Schlund rutschen und erhöht durch seinen eigenen pH-Wert den pH-Wert im Pansen auf ca. 6,5. Der Aufschluss von Rohfasern, der Abbau von Stärke und Zucker und die Spaltung von Eiweißen zu Aminosäuren bis hin zu einfachen stickstoffhaltigen Verbindungen findet mithilfe der Bakterien und Einzeller statt. Nachdem das Futter weitestgehend von Bakterien zersetzt ist, dies kann ein bis drei Tage dauern, wird es in kleinen Portionen durch den Netzmagen in den Blättermagen geführt. Der Netzmagen spielt nur eine untergeordnete Rolle bei der Verdauung. Er sorgt dafür, dass nur fein gemahlene Teile weiter in den Blättermagen ge-

langen. Die Hauptaufgabe im Blättermagen ist die Aufnahme von Wasser, Nährstoffen und Natriumbicarbonat. Teilweise findet hier auch noch eine Zersetzung von Pflanzenfasern durch Bakterien statt. Nach Abgabe des Futterbreis in den letzten Magen, den Labmagen, wird hier bei noch vorhandenen Nahrungsbestandteilen die Struktur zersetzt. In diesem Magen finden dieselben Vorgänge statt wie sie z.B. beim Menschen oder Schweinen ablaufen. Der pH-Wert wird in den sauren Bereich auf einen pH-Wert von ca. 3,0 gesenkt. Das Enzym Pepsin übernimmt die Resteiweißspaltung. Die Salzsäure löst die noch vorhandenen Strukturen auf (Droescher, 2017). Im Dünndarm werden nun Fette durch Gallensalz aktivierte Lipasen in Fettsäuren und deren Alkohole gespalten, Kohlenhydrate in Einfachzucker zerlegt und Eiweiße in Aminosäuren. Alle Endprodukte werden von der Darmwand resorbiert. Der Dickdarm ist von der Bakterienbesiedelung ähnlich wie der Pansen. Hier findet die Verdauung der noch vorhandenen Nährstoffe statt. Pansen und Dickdarm sind wirkungsvolle Gärkammern. Es werden noch mal Wasser und Elektrolyte aus dem Verdauungsbrei gezogen, wobei dann der Kot entsteht. Der Dickdarm hat keine optimale Nährstoffresorption und somit an der Gesamtresorption nur einen geringen Anteil (Schreiber, 1956, S. 84).

3.3 Synthese essentieller Fettsäuren

Die essentiellen n-6 und n-3 Fettsäuren LNA und ALNA können von Wiederkäuern genau wie beim Menschen nicht selber gebildet werden. Die Zusammensetzung der Fettsäuren im Schlachtkörper hängt somit zum einen von dem Fettsäuremuster des Futters ab und zum anderen von der Abbaurate im Pansen. Die enthaltenen essentiellen n-6 und n-3 Fettsäuren im Muskelfleisch stammen somit aus der Ernährung. Je nach Bakterientätigkeit werden im Pansen 95-98 % der n-3 Fettsäuren abgebaut. Die restlichen Prozente werden über den Dünndarm in den Blutkreislauf aufgenommen. Das Depotfett und intramuskuläre Fett wird vom Nährstoffpool aus dem Blut gespeist. Das Rind kann maximal 40 g PUFA(s) pro Tag aufnehmen. Dies entspricht zwei bis fünf % der Futtermenge. Die Synthese von ALNA und LNA zu EPA, DHA und AA beim Rind unterliegt den selben Mechanismen wie beim Menschen (Weiß, 2005, S. 7-8).

3.4 Merkmale der Fleischqualität

Der Begriff Qualität umfasst objektive und subjektive Merkmale. Der Ansatz, der auf das Produkt bezogen ist, sagt aus, dass Qualität als messbare Größe interpretiert wird (objektiv). Hierbei werden die subjektiven Kriterien nicht berücksichtigt, da sie nur schwer messbar sind. In dem nachfolgenden Abschnitt werden hierzu nur messbare Ergebnisse angeführt (Garvin, 1984).

Die Qualität des Fleisches hängt von vielen Faktoren ab. Wichtig ist dabei die Haltung, ein stressfreier Transport zum Schlachthof, eine schonende Schlachtung sowie die Kühlung und Reifung des Fleisches. Zudem muss auf genetische Disposition und Lebensalter geachtet werden, da sich hier größere Unterschiede ergeben können (s. Tab. 3). Der wichtigste Faktor für die optimale Fleischzusammensetzung, ist eine optimale Fütterung (Westphal, 2001, S. 10).

Tabelle 3: PUFA-Zusammensetzung im musculus longissimus von Bullen unterschiedlicher Rassen

Quelle: modifiziert nach: (Ender, Nürnberg, 2000, S. 87).

Fettsäuren ¹⁾	Galloway	Deutsche Holstein	Weiß-Blaue-Belgier
LNA	6,7	4,6	17,2
ALNA	1,3	0,7	1,5
EPA	0,3	0,1	0,4
DHA	0,8	0,01	n.d. ³⁾
Intramusk. Fett (%)	1,7	3,0	0,5
n-3 FA ²⁾ (mg/100 g Muskel)	44,2	36,0	14,5

¹⁾ Gewicht in %. ²⁾ FA = Fettsäure ³⁾ n.d. = not detected. Alter der Tiere: 18 Monate, aus einer konventionellen Mast.

Jedes Schlachttier hat Teile, die einen sehr hohen Bindegewebs- und Fettanteil besitzen aber auch welche die überwiegend aus Muskelfleisch bestehen. Der Fettanteil kann aus hohen Anteilen von intramuskulärem Fett, intermuskulärem Fett oder aufliegendem Fettgewebe bestehen. Die Fleischzusammensetzung unterscheidet sich z.B. von Ochsen, Kalb, Stier oder Jungbullen. Das Fleisch setzt sich aus Wasser, Stickstoffsubstanzen, Fett, Kohlenhydraten, Mineralstoffen, Vitaminen und Enzymen zusammen (IfTN, 2005, S. 1). Die durchschnittlichen Werte von ausgewählten Rindfleischstücken sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Nährwerttabelle von ausgewählten Rindfleischstücken
Quelle: auf Grundlage von: (Fröleke, 2005, S. 12).

Lebensmittel je 100g	Protein [g]	Fett [g]	SFA [g]	MUFA [g]	PUFA [g]	KH [g]	Energie [kcal]
<i>Fleisch und Fleischerzeugnisse Rind/Kalb</i>							
Rindfleisch (reines Muskelfleisch)	22,0	1,90	0,79	0,84	0,10	0,11	108
Rindfleisch (Hochrippe, Roastbeef)	20,6	8,05	3,61	3,68	0,27	-	155
Rindfleisch (Filet)	21,2	4,00	1,80	1,74	0,18	-	121
Kalbfleisch (reines Muskelfleisch)	21,3	0,81	0,30	0,19	0,26	-	92
Kalbfleisch (Rückensteak)	20,9	2,62	1,01	0,98	0,17	-	107
Kalbfleisch (Filet)	20,6	1,43	0,55	0,56	0,30	-	95

4 Rechtliche Grundlagen der industriellen Tierernährung

4.1 Definition und Einsatz von Futtermitteln

Am Anfang der Produktionskette von tierischen Lebensmitteln stehen immer die Futtermittel. Die Lebensmittelqualität hängt zu einem großen Teil von den Futtermitteln ab. Sichere Lebensmittel können auch nur mit sicheren Futtermitteln erzeugt werden (Soravia, Steiling, 2015).

Alle Stoffe oder Erzeugnisse, in verarbeiteter-, teilweise verarbeiteter- und unverarbeiteter Form, die zur oralen Tierfütterung dienen, gelten als Futtermittel. Zusatzstoffe, die diesem Zweck dienlich sind, zählen auch zu den Futtermitteln. Bei Erzeugnissen, die sowohl als Lebens- oder Futtermittel genutzt werden können wie z.B. Weizen, müssen die Hersteller für die genaue Einordnung das Produkt mit dem Verwendungszweck kenntlich machen (§ 2 Abs. 4 LFGB, Art. 3 Nr. 4 Basis-VO) (Soravia, Steiling, 2015, S. 7). Futtermittel werden nach Anzahl ihrer Komponenten eingeteilt (s. Abb. 3). Es wird unterschieden in Einzel-, Misch-, Allein-, Ergänzungs- und Diätfuttermittel (Felsner, Schwertl, 2010).

Einzelfuttermittel sind nach § 3 Nr. 12 LFGB, Art. 3 Abs. 2 lit. g VO (EG) Nr. 767/2009 Futtermittel, die zur oralen Aufnahme geeignet sind. Sie bestehen aus einzelnen Stoffen, die Futtermittelzusatzstoffe enthalten dürfen. Das Futtermittel kann aus tierischen sowie pflanzlichen Quellen kommen und unverändert zubereitet, verarbeitet oder bearbeitet werden. Es kann zur Herstellung von Mischfutter, als Trägerstoff für Vormischungen oder auch direkt gefüttert werden. Beispiele sind: Gras, Silagen, Weizen, Weizenkleie, Molkenpulver, Calciumcarbonat, Natriumchlorid. Laut § 3 Nr. 13 LFGB, Art. 3 Abs. 2 lit. h VO (EG) Nr. 767/2009 besteht ein Mischfuttermittel aus mindestens zwei Einzelfuttermitteln. Das Mischfutter kann ein Alleinfuttermittel oder auch Ergänzungsfuttermittel sein. Es ist zur oralen Fütterung von Tieren gedacht. Futtermittelzusatzstoffe dürfen enthalten sein. Alleinfuttermittel sind laut Art. 3 Abs. 2 lit. i VO (EG) Nr. 767/2009 ein Mischfuttermittel, welches zur alleinigen Verwendung den Nahrungsbedarf der Tiere abdeckt. Ergänzungsfuttermittel laut Art. 3 Abs. 2 lit. j VO (EG) Nr. 767/2009 ist ein Mischfuttermittel, welches nicht als Alleinfuttermittel dient, sondern durch hohen Gehalt einiger Inhaltsstoffe zusätzlich als Ergänzung mit anderen Futtermittel für den täglichen Bedarf eingesetzt wird. Diätfuttermittel ist laut § 3 Nr. 14 LFGB, Art. 9 und 10 VO (EG) 767/2009

ein Futtermittel für besondere Ernährungszwecke. Es wird dann eingesetzt, wenn Verdauungs-, Stoffwechselstörungen oder Aufnahmeschwierigkeiten der Nahrung im Darm zu erwarten sind oder schon vorliegen. Weitere wichtige Begriffe sind die Futtermittelzusatzstoffe und Vormischungen. Die Zusatzstoffe werden in § 3 Nr. 15 LFGB, Art 2 Abs. 2 lit. a VO (EG) 1831/2003 geregelt. Es handelt sich hier um Stoffe, Mikroorganismen oder Zubereitungen, die keine Futtermittel-Ausgangserzeugnisse oder Vormischungen sind. Sie werden bewusst Futtermitteln oder Wasser zugesetzt, um bestimmte technologische, sensorische, ernährungsphysiologische oder zootecnische Wirkungen und Funktionen zu erfüllen.

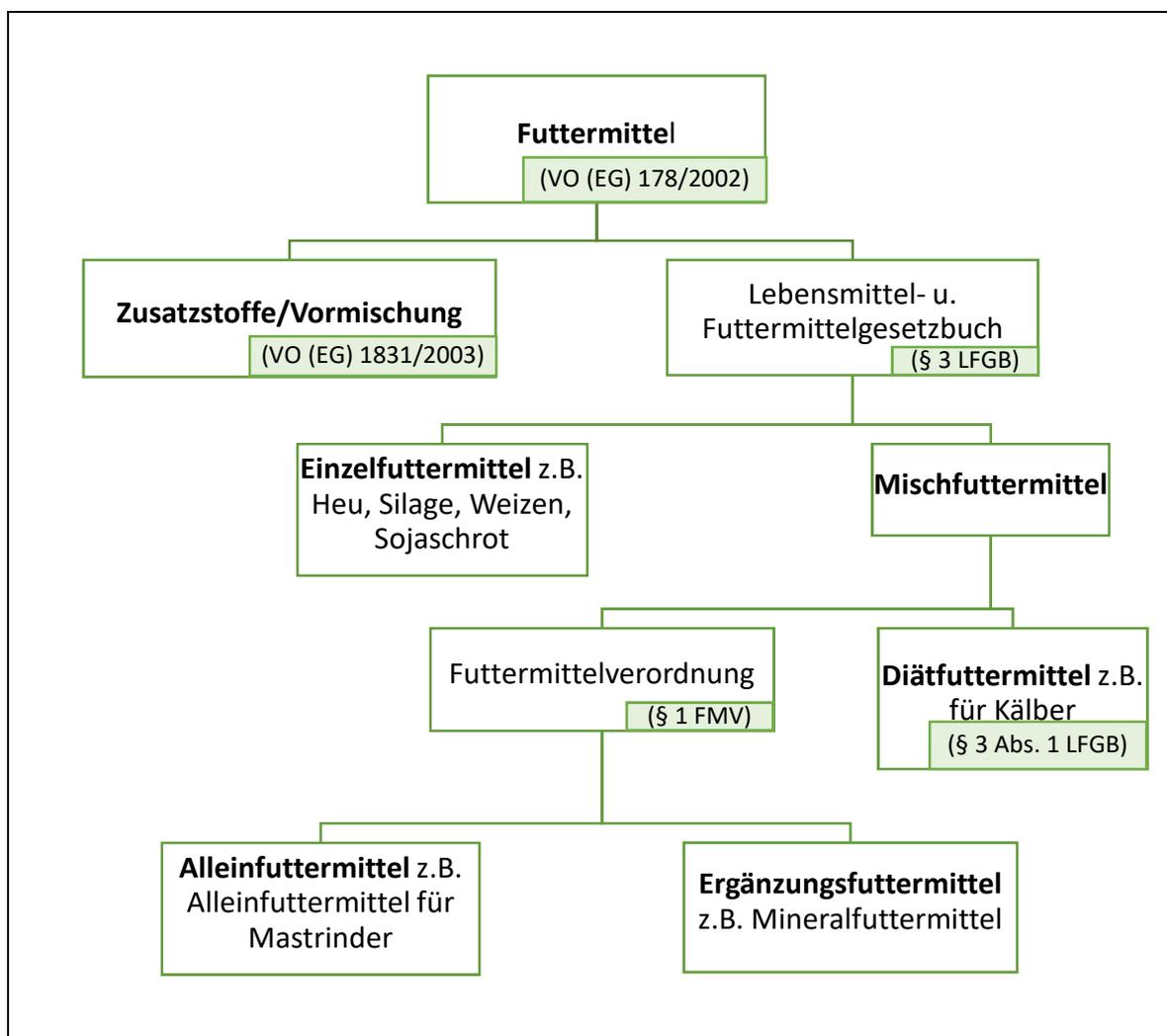


Abbildung 3: Rechtliche Übersicht der verschiedenen Futtermittel
Quelle: Eigene Erstellung auf Datengrundlage von: (Felsner, Schwertl, 2010).

Mischungen aus Futtermittelzusatzstoffen oder Futtermittelzusatzstoffe gemischt mit Futtermittel-Ausgangserzeugnissen, die nicht für die direkte Verfütterung an Tiere bestimmt sind, nennen sich laut § 3 Nr. 16 LFGB, Art. 2 Abs. 2 lit. e VO (EG) Nr. 1831/2003 Vormischungen (Felsner, Schwertl, 2010).

Die Bundesrepublik Deutschland und die Europäische Union (EU) haben eine Auflistung aller Futtermittel veröffentlicht, die bei der Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere Verwendung finden könnten. Zusätzlich existiert eine Positivliste von Einzelfuttermitteln. Diese wurde auf freiwilliger Vereinbarung betroffener Wirtschaftskreise und Organisationen erstellt. Sie enthält nur die Futtermittel, die für die Nutztierernährung als geeignet und sicher angesehen werden und auf Futterwerte, Rohstoffe, Verarbeitungshilfsstoffe und Herstellungsverfahren durchleuchtet wurden und somit transparent sind. Kriterien sind:

- a) die rechtlich zulässige Verwendung als Einzelfuttermittel
- b) ein nachgewiesener Futterwert
- c) die Unbedenklichkeit für Tier und Mensch
- d) die Vermeidung einer negativen Beeinflussung der Qualität tierischer Erzeugnisse
- e) die Vermeidung der Gefährdung des Naturhaushaltes durch die im Futtermittel enthaltenen unerwünschten Stoffe

Alle weiteren zugelassenen Einzelfuttermittel sind in VO (EU) Nr. 68/2013 und im EU-FEEDMATERIALSREGISTER zu finden. Futterzusammensetzungen bei Rindern sind je nach Rasse, Alter, Jahreszeit, Produktionszweig (Milchgewinnung, Fleischerzeugung, Zucht) unterschiedlich (Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft, 2017, S. 3).

4.2 Zufütterung von Supplementen

Supplemente oder auch Nahrungsergänzungsmittel genannt sind Stoffe, die konzentrierte Quellen von Nährstoffen oder anderen Stoffen enthalten. Sie sollen mit ihrer ernährungsspezifischen und/oder physiologischen Wirkung die normale Ernährung ergänzen. Diese Stoffe werden z.B. bei Mangel von bestimmten Nährstoffen eingesetzt oder um zu gewährleisten, dass eine angemessene Aufnahme von speziellen Nährstoffen gegeben ist. Zu hohe Gaben einiger Supplemente z.B. von

Leinsamen, die wegen der vorhandenen Blausäure toxisch wirken können oder Algen, die wegen des hohen Jodgehalts nachteilige Wirkungen auf die Schilddrüse haben können, müssen durch Höchstmengen reguliert werden und wie die Algen noch weiter auf die Wirkung bei dem zugefütterten Organismus untersucht werden (EFSA, 2017).

4.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Ein wichtiger Ansatz, der alle Elemente für die Unbedenklichkeit von Lebensmitteln einbezieht, ist: „from farm to fork“ oder „from the stable to the table“. Jeder Punkt der Nahrungsmittelkette wird hier mitberücksichtigt. Sowohl der Stall bis hin zum Lebensmittel, welches auf dem Esstisch des Verbrauchers liegt, wird durch Kontrollsysteme und Qualitätsnormen geprüft (Brand, Schulz-Schroeder, 2011, S. 1-3). Ziel dieser Kontrollen, Vorschriften und Gesetze ist der Schutz der Verbraucher/innen vor Gesundheitsgefahren, Täuschungsschutz, Schutz von Tieren vor Gesundheitsgefahren und der Schutz vor Gefahren für den Naturhaushalt. Es ist ein sehr starker Focus auf das Prinzip der vorbeugenden Gefahrenabwehr gelegt worden (Soravia, Steiling, 2015, S. 4-6). Die wichtigsten Rechtsgrundlagen sind die Basisverordnung zur Lebensmittelsicherheit (VO (EG) Nr. 178/2002), die Futtermittelhygieneverordnung (VO (EG) Nr. 183/2005) und das Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) (Felsner, Schwertl, 2010). Weitere zahlreiche Spezialvorschriften auf EU-Ebene sind u.a. die VO (EG) Nr. 767/2009 über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln, VO (EG) Nr. 1831/2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung und Richtlinie 2008/38/EG mit dem Verzeichnis der Verwendung von Futtermitteln für besondere Ernährungszwecke (Soravia, Steiling, 2015, S. 1). Außerdem ist die VO (EG) Nr. 882/2004 über amtliche Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts sowie die Bestimmungen über Tiergesundheit und Tierschutz von entscheidender Bedeutung (Kamphues et al., 2008, S. 55a).

4.4 Zulassung und Verwendung neuartiger Futtermittel

Futtermittel, die eine neue Alternative darstellen könnten, werden nach umfangreichen Untersuchungen und einer Positivbewertung zugelassen. Es sind hierzu drei Schritte nötig. Beim ersten Schritt wird der Antrag bei der zuständigen Behörde ei-

nes EU-Mitgliedsstaates eingereicht. In Deutschland ist es das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). Im Antrag müssen unter anderem durchgeführte Studien und Ergebnisse, Analysen vom Futtermittel, Kennzeichnung und eine Zusammenfassung enthalten sein. Dieser Antrag wird an die EFSA weitergeleitet. Die EFSA unterrichtet die EU-Kommission sowie alle anderen Mitgliedsstaaten. Die Zusammenfassung des Antrags wird öffentlich gemacht. Im Schritt zwei prüft die EFSA die Unterlagen und nimmt eine Sicherheitsbewertung vor. Diese wird an die EU-Kommission und die Mitgliedsstaaten weitergeleitet und öffentlich zugänglich gemacht. In Schritt drei fällt die Entscheidung. Diese findet durch Abstimmung der Mitgliedsstaaten statt (Bio- und Gentechnologie e.V., 2009). Neuartige Futtermittel wie Seealgen und kohlensaurer Algenkalk sind als Einzelfuttermittel zugelassen. Sie dürfen an landwirtschaftliche Nutztiere verfüttert werden. VO (EU) Nr. 68/2013 erlaubt den Einsatz als Einzelfuttermittel. Zu beachten sind Blei-, Cadmium-, Quecksilber- und Microcystingehalte, so wie Jod und Arsen (Westendarp, 2013, S. 32).

5 Einsatz von Algen

5.1 Biologie und Einteilung

Der Begriff Alge aus dem Lateinischen „*alga*“ bedeutet: diverse Sippen von Seegrass und Tang. Algen werden auch Phycophyta genannt (Bergfeld, Sendtko, 1999). Zum jetzigen Zeitpunkt wird von Forschern angenommen, dass weltweit über 400.000 Algenarten existieren. Sie gehen davon aus, dass bis jetzt erst ungefähr 20 % bekannt sind (Decker, 2016). Verschiedenste Arten von wurzellosen Pflanzen die keinen Stängel und Leitbündel besitzen, ihre Energie über Photosynthese erzeugen und damit primär autotroph sind, gehören zu der Gruppe der Algen. Sie besiedeln heiße bis kalte Klimazonen, sowohl in den Weltmeeren, Binnenseen als auch auf terrestrischen Böden fühlen sie sich heimisch (Lognone, 2003, S. 1). Algen sind überwiegend an das Leben im Wasser angewiesen (Böhlmann, 1994). Sie können aus komplexen-, vielzelligen Formen bestehen oder aber auch nur Einzeller sein. Algen werden in verschiedene Abteilungen eingeteilt (Lognone, 2003, S. 1). Weiter werden sie nach ihrer Größe in Mikro- und Makroalgen unterschieden (Kroeger, 2007, S. 8). Große Arten von Braun-, Rot- und auch Grünalgen nennt man Tang

oder nach dem englischen Kelp (Lognone, 2003, S. 1). Die Algen werden in eukaryotische Thallophyten mit verschiedenen Farbgebungen und Cyanobakterien (Blaualgen) unterteilt. Cyanobakterien sind Prokaryoten. Sie besitzen wie Algen eine oxygene Photosynthese, allerdings keinen Zellkern wie die Eukaryonten (Bergfeld, Sendtko, 1999). Eukaryontische Algen sind von der amöboiden Stufe bis hin zum Gewebethallus organisiert. Sie besitzen Chloroplasten mit Photosynthesepigmenten. Die Vermehrung kann je nach Art sexuell aber auch asexuell stattfinden (Böhlmann, 1994, S. 5). Durch die Photosynthese erzeugen Algen und Cyanobakterien aus Kohlendioxid, Wasser und Mineralien ihre organischen Moleküle und produzieren damit auch den lebenswichtigen Sauerstoff auf der Erde. Sie sind am Anfang der Nahrungskette und werden von Fischen oder Zooplankton als erste Stufe aufgenommen (Lognone, 2003, S. 1).

5.2 Nährwerte

In dem Lebensraum der Meeresalgen existiert ein großer Reichtum von vielfältigsten Mineralien. Neben den Mikronährstoffen Natrium, Kalzium, Magnesium, Kalium, Chlor, Schwefel, Phosphor sind auch Spurenelemente wie Jod, Eisen, Zink, Kupfer, Selen, Molybdän, Fluor, Mangan, Bor, Kobalt und Nickel enthalten. Der Gehalt an Mineralien ist bei Braun-, Rot- und Grünalgen annähernd derselbe. Braun- und Rotalgen besitzen einen Mineralienanteil von 36 % und Grünalgen einen von 30 % in der Trockenmasse (DM). Die Zusammensetzung der einzelnen Mineralien ist aber sehr variabel. Interessant in diesem Zusammenhang sind die Mineraliengehalte von Jod- und Kalzium, da bei diesen beiden Stoffen weltweit Mangelerscheinungen in der Bevölkerung bekannt sind (Lognone, 2003, S. 2). Der Jodgehalt in Algen- und Seetangprodukten unterliegt bei einzelnen Algenarten großen Schwankungen. Zwischen 5 und 11.000 mg/kg DM kann der Jodgehalt sein. Bei der Ernährung von Menschen und Tieren ist darauf zu achten, damit Gesundheitsschäden ausgeschlossen werden können (BfR, 2004, S. 1). Weiter enthalten Algen ein gutes Verhältnis von Vitaminen. Vitamin B und C sind in höheren Anteilen enthalten als in Obst und Gemüse. Das seltene Vitamin B12 weist eine gute Bioverfügbarkeit auf (Wilmer-Jahn, Westendarp, 2014, S. 1). Der Proteingehalt ist bei den Meeresalgen stark schwankend (s. Tab. 5). Die Bioverfügbarkeit ist ähnlich wie bei proteinreichen Pflanzen z.B. Soja. Die Süßwasseralge Chlorella ist mit bis zu 70 % Protein in der Trockenmasse für den hohen Gehalt bekannt. Ein weiterer großer Bestandteil der

Algen sind die Rohfasern. Sie bestehen hauptsächlich aus Cellulosen, Fucanen, Mannanen und Xylanen. Sie bewirken eine Verringerung der Passagerate im Intestinaltrakt. 51 bis 56 % in den Grün- und Rotalgen sind lösliche Faserstoffe. Bei Braunalgen sogar 67 bis 87 %. Einige dieser Polysaccharide der Rotalge sind Agar-Agar, Carrageen und Xylane. Ein geringer Anteil sind verwertbare Kohlenhydrate, die als Reservestoffe gespeichert sind. Sie betragen 2 bis 3 g auf 100 g frische Algen (Lognone, 2003, S. 4).

Tabelle 5: Rohnährstoffgehalt von Algen
Quelle: (Lognone, 2003, S.2).

Arten ¹⁾	Rohfaser	Rohprotein	Rohfett
Braunalgen	33-47	5-11	1,5-6,5
Rotalgen	33-37	10-30	0,6-3,4
Grünalgen	33-38	10-30	1,8-2,0
Blualgen	13-17	60-71	6,0-7,0

¹⁾Angaben in % der DM (Trockenmasse).

Der Fettgehalt in den Algen ist sehr gering, die Qualität jedoch im Gegensatz zu Fettsäuren aus Pflanzen sehr hoch. Die Fette aus Algen setzen sich aus deutlich mehr essentiellen Fettsäuren zusammen. Einige Arten von Grün- und Braunalgen weisen besonders hohe essentielle Fettsäureanteile auf und können EPA und DHA bilden. Eine besondere Stellung haben die Rotalgen, einige Arten erzeugen bis zu 50 % PUFA(s) (Lognone, 2003, S. 3).

5.3 Industrielle Verwendung

Die häufigsten Vertreter in Bezug auf Anzahl der Arten sowie Biomasse sind die Cyanobakterien, Kiesel-, Grün-, Braun- und Rotalgen (Esser, 2000, S. 61-62). Diese Arten finden große Anwendungen in verschiedenen Industriezweigen. Als Nahrungs-, Futter- und Kosmetikmittel, sowie in der Textil-, Farb- und Papierindustrie finden sie in nicht unerheblicher Anzahl Anwendung (Ginglas, 1998, S. 15). Durch die gute Nährwertzusammensetzung, besonders der Fettsäuren, sind Algen und Algenpräparate wie z.B. Algenöle, die Wakame Alge oder die Mikroalge Chlorella im heutigen Europa ein Futter- oder Lebensmittel, welches bei vielen Verbrauchern

und Erzeugern vermehrt in den Focus rückt. Die Anwendung als Futtermittel bzw. Lebensmittel ist aber nicht neu. Es wurden im ersten Weltkrieg wegen Futtermangel Algen statt Hafer gefüttert. Im großen Umfang wurden und werden Algen in Küstenregionen für die Fütterung verwendet. 1960 bis 1980 wurde Fucusmehl in bedeutenden Mengen für die Tierernährung produziert. In den letzten Jahren werden für bestimmte Anwendungen bei der Zufütterung spezielle technische Produkte entwickelt (Lognone, 2003). Neuere Untersuchungen bei der Supplementation von Algen bei Wiederkäuern zeigen zukunftsweisende Fütterungsalternativen auf, die sich günstig auf die Fettsäurezusammensetzung des Fleisches auswirken könnten. Bei der Biokraftstoffproduktion durch die Mikroalgen Chlorella, sie gehört zur Abteilung der Grünalgen, entsteht ein Abfallprodukt das „PEAR“ (post-extraction algal residue). Dieses Produkt mit seinem hohen Proteinanteil und wertvollen Lipidresten wird versuchsweise bei der Zufütterung von Wiederkäuern genutzt, um zu untersuchen, wie sich das Fettsäureprofil im Muskelfleisch verändert (Morris et al., 2016). Eine weitere sehr interessante Makroalge ist die *Undaria pinnatifida* in Japan auch Wakame genannt. Sie gehört zu der Abteilung der Braunalgen.

Tabelle 6: n-6/n-3 Verhältnis von verschiedenen Futtermitteln

Quelle: Eigene Erstellung auf Datengrundlage von: (Eichhorn, 2016).

Art des Futters	Fette [g/100g]	LNA [mg/100g]	ALNA [mg/100g]	Quotient n-6/n-3 ¹⁾
<i>Algen (DM)</i>				
Undaria pinnatifida	1-3	k.A. ²⁾	k.A. ²⁾	0,5
Chlorella sp.	8-13	450	1000	0,45
Porphyra yezoensis	2-7	k.A. ²⁾	k.A. ²⁾	0,6
<i>Konventionelles Futtermittel (DM)</i>				
Sojabohnen	2,2	9800	930	10,54
Mais	4,7	1630	40	40,75
Haferflocken	6,7	2740	120	22,83

¹⁾ Verhältnis von n-6 zu n-3 ²⁾ k.A. = keine Angaben.

In Japan, China und Korea hat sie als Nahrungsmittel schon seit jeher eine große Bedeutung. Es wird untersucht in wie weit sie mit ihren guten Nährwerten und besonders mit dem guten Fettsäureprofil bei der Supplementation von Wiederkäuern Einfluss auf das Fettsäureprofil vom Fleisch aufweist (Hwang et al., 2014). Vergleiche von ausgewählten Algen und konventionellen Futtermitteln in Bezug auf deren Fettgehalte und n-6/n-3 Verhältnis sind in Tabelle 6 aufgeführt.

6 Methodik

In der vorliegenden Ausarbeitung, bei der es sich um den Schwerpunkt der Arbeit handelt, werden die Forschungsfragen (s. Einleitung) untersucht. Diese bestehen darin, den Einfluss von n-3 reichen Supplementen auf die Fettsäurezusammensetzung im Speziellen bei den PUFA(s) im Fleisch von Rindern zu untersuchen. Jedes Supplement wird auf seine Wirksamkeit hin untersucht. Sie wird mit Hilfe des n-6/n-3 Verhältnisses beurteilt. Es werden die Supplemente Algen, Leinsamen und Grassilage dem konventionellen Mastfutter gegenübergestellt. Im Rahmen dieser Untersuchung wird analysiert, welche Variante der Supplementierung die Sinnvollste wäre. Die Vor- oder Nachteile der neuartigen Futtermittel (Algen) werden untersucht. Es steht in Frage, ob dieser neue Ansatz eine Alternative zur Supplementierung von Leinsamen- oder Grassilagefütterung ist.

Das Hauptaugenmerk liegt auf der Literaturrecherche. Sie besteht aus evidenzbasierten Studien, die in der Medizin einen hohen Stellenwert haben, da sie mit Objektivität und auf Grundlage von empirisch nachgewiesener Wirksamkeit eine hohe Qualität der Ergebnisse gewährleistet (Sackett et al., 1996). Recherchiert wurde in der wissenschaftlichen Online-Datenbank ScienceDirect. Sie ist eine englischsprachige über den HAW-Server frei zugängliche und somit kostenlose Literaturdatenbank. Weitere Recherchen wurden über Google, Google Scholar, dem HAW-Katalog und der Datenbank Beluga getätigt. Im Folgenden wird die Suche über die Datenbank ScienceDirect und Google erörtert und die Ergebnisse in einem Literaturreview (s. Tab. 7) dargestellt.

Die Literaturrecherche läuft folgendermaßen ab: Der Begriff *n-3 beef feeding* wird bei ScienceDirect eingegeben, um eine Übersicht zu erhalten. Eine Eingabe ohne

das Wort *feeding* ergibt 77.921 Treffer. Um Literatur zu den Themengebieten Grassilage- und Leinsamenfütterung einzugrenzen, wird AND *grass silage* bzw. AND *linseed* hinzugefügt. Dadurch reduziert sich die Anzahl der Einträge. Um die Ergebnisse weiter einzugrenzen, wird die Suche mit dem Themengebiet *Meat Science* verfeinert. Die Eingrenzungskriterien bei ScienceDirect sind ein Mittel, um die Suchergebnisse noch weiter auf das Themengebiet einzugrenzen. Dabei ergeben sich bei der Grassilagefütterung 160 und bei der Leinsamenfütterung 130 Publikationen. Hiervon wird jeweils eine Studie ausgewählt.

Tabelle 7: Literaturreview

Quelle: Eigen erstellte Tabelle.

Suchbegriffe	Anzahl der Einträge	Begrenzung	Anzahl der Einträge	Ausgewählte Literatur
<i>ScienceDirect (Grassupplement)</i>				
n-3 beef	97.921			
n-3 beef AND feeding	27.835			
n-3 beef AND feeding AND grass silage	3.297	Publication title: Meat Science	160	1
<i>ScienceDirect (Leinsamensupplement)</i>				
n-3 beef AND feeding AND linseed	1.174	Publication title: Meat Science	130	1
<i>ScienceDirect (PEAR-Supplement)</i>				
n-3 beef AND feeding AND pear	1.848			
Post-extraction algal residue	2.698	Publication title: Algal Research	71	2
<i>Google (Algensupplement)</i>				
Seaweed / seamustard n-3 feeding cattle	Ca. 1.710			
Seaweed / seamustard n-3 feeding cattle nlm	Ca. 35			1

Das Themengebiet über Algenzufütterung ist komplexer. Dazu wird über Google recherchiert. Es wird nach denselben Schlagwörtern gesucht. In der Wirtschaftswoche (Schmidt, 2016) wurde das Produkt „PEAR“ beschrieben. Die Suche dazu auf ScienceDirect läuft nach folgendem Schema ab. *N-3 beef feeding AND pear* wird eingegeben. Da sich bei diesen Schlüsselwörtern keine schlüssigen Eingrenzungen machen lassen, wird das Wort *post-extraction algal residue* eingegeben und mit dem Punkt *Algal Research* die Suche verfeinert. Hierbei werden zwei aufeinander aufbauende Studien gefunden. Weitere aussagekräftige Untersuchungen zu dem Thema Zufütterung von Algen und Rindfleisch werden bei ScienceDirect nicht gefunden. Bei Google wird nach *seaweed / seamustard n-3 feeding cattle* gesucht. Hier werden ca. 1.710 Suchergebnisse angezeigt. Um die Suche einzugrenzen, werden die Begriffe mit *NLM* (United States National Library of Medicine) erweitert. NLM ist die weltgrößte medizinische Bibliothek. Bei dieser Suche reduzieren sich die Ergebnisse auf ca. 35. Hiervon wurde eine relevante Studie genommen.

Im folgenden Abschnitt werden die Studien, die durch die Literaturrecherche gefunden und ausgewählt wurden genauer beschrieben.

7 Ausgewählte Studien zur Supplementierung unterschiedlicher n-3 haltiger Futtermittel

7.1 Grasfütterung (Warren et al., 2007)

Wie zahlreiche Studien belegen, hat das Fettsäuremuster von Rindfleisch, welches auf Wiesen im Grünland oder in Berggebieten produziert wurde, wesentliche Vorteile. Das Fleisch aus diesen Regionen hat ein ernährungsphysiologisch wertvolleres Fettsäuremuster als Fleisch aus konventionellen Mastbetrieben. Der Gehalt von den wichtigen n-3 Fettsäuren ist höher (Velik, 2010).

In dieser Studie wurden 48 Aberdeen Angus mit einem Anfangsalter von 232 Tagen und einem Lebendgewicht von 224 kg und 48 Holstein-Friesian mit einem Anfangsalter von 214 Tagen und einem Lebendgewicht von 206 kg in einer gut belüfteten Rindfleisch-Forschungsanlage vom Institute of Grassland and Environmental Research (IGER) in Aberystwyth, Wales untergebracht. Warren et al. untersuchten die Auswirkungen von einer Grassilagediät im Vergleich zu einer Fütterung von klassi-

schem Konzentrat auf die Qualität von Rindfleisch bei zwei unterschiedlichen Rassen. Die Hypothese war, dass eine Diät aus Grassilage mit einem hohen Anteil an n-3 PUFA(s) Einfluss auf die Fleischqualität in Bezug auf das Fettsäureprofil und im Speziellen auf das n-6/n-3 Verhältnis haben könnte. Die Fettsäurezusammensetzung vom Muskelfleisch (*musculus longissimus*) wurden überprüft. Die Ställe wurden mit Holzspänen ausgelegt. Die Tiere hatten freien Zugang zu Süßwasser. Am Ende eines 14-tägigen Akklimatisierungszeitraums, bei dem allen Tieren täglich ein kg Konzentrat gefüttert wurde und Grassilage ohne Begrenzung (ad libitum) zur Verfügung stand, begannen die Versuchsdiäten. Die zwölf Studiengruppen bestanden aus den beiden Rassen und zwei Diätbehandlungen (Grassilage und Konzentrat). Geschlachtet wurden die Rinder im Alter von 14, 19 und 24 Monaten. Jede Gruppe umfasste acht Tiere. Die erste Diätbehandlung bestand aus Konzentrat und Gerstenstroh bei einem DM-Verhältnis von 70:30 und die zweite aus ad libitum Grassilage. Das experimentelle Konzentrat bestand aus Gerste, gemahlener Zuckerrübenpulpe, Melasse und Vollfett-Soja. Es wurde eine handelsübliche Mineral- und Vitaminvormischung verwendet. Die Silage wurde aus mehrjährig gewachsenem Weidegras hergestellt. Vollständige Querschnitte des *musculus longissimus* wurden von einer Seite des Schlachtkörpers an der 10.-11. Rippe, mit einer Dicke von 20 mm zur Fettsäureanalyse entnommen. Ein Vergleich von ausgewählten Fettsäuren des Konzentrats und der Grassilage ist in Tabelle 8 angegeben. Die Anzahl der Gesamtfettsäuren war im Konzentrat doppelt so hoch wie bei der Silage-Diät. Die LNA ist in der Silage deutlich niedriger als im Konzentrat, im Gegensatz zu der ALNA, die in der Silage signifikant höher ist.

Tabelle 8: Vergleich der Konzentration von ausgewählten Fettsäuren im Futter (Konzentrat/Silage)

Quelle: Eigene Erstellung auf Datengrundlage von: (Warren et al., 2007).

Fettsäure ²⁾	Konzentrat	Silage
Total ¹⁾	45.2	20.4
LNA	24.7	3.3
ALNA	2.8	11.4

¹⁾ Total = Summe aller gemessenen Fettsäuren ²⁾ Fettsäurekonzentration in g/kg DM angegeben.

In der 14-Monats-Gruppe waren die Effekte auf die Mengen und Proportionen der Fettsäuren von der Diät bestimmt. Kleinere Unterschiede von der Anzahl einiger Fettsäuren zwischen den Rassen waren feststellbar. Der signifikanteste Rassenunterschied lag bei den n-6 PUFA(s) vor. Sie sind bei den Holstein Friesian und der Grassilagediät höher (s. Tab. 9 und 10). Die Gesamtzahl an PUFA(s) war in der Konzentrat-Gruppe deutlich höher sowie die n-6 PUFA(s). Die Mengen von den n-3 PUFA(s) waren bei den Tieren, die mit Grassilage gefüttert wurden, signifikant höher.

Die gleichen Trends waren auch in der 19-Monats-Gruppe ersichtlich. Jedoch zeigte sich hierbei eine Abweichung. Die n-6 PUFA(s) bei den Holstein Friesian und der Grassilagediät sanken leicht. Die Beträge und Proportionen von den PUFA(s) total und speziell den n-6 PUFA(s) waren in der Konzentrat-Diät auch in dieser Altersgruppe deutlich höher. Die Menge an n-3 PUFA(s) war in der eingesetzten Grassilagediät höher.

In der 24-Monats-Gruppe zeigte sich ein deutlicher Rasseneffekt bei den Holstein Friesian und der Fütterung von Grassilage. Die Anteile von den PUFA(s) allgemein, n-6 PUFA(s) und n-3 PUFA(s) waren bei beiden Diäten höher. Die beobachteten Wirkungen der Diäten waren trotz des Rassenunterschieds in allen Gruppen offensichtlich. Die mit Grassilage gefütterten Tiere produzierten höhere Mengen an n-3 PUFA(s). Die Mengen und Anteile der PUFA(s) und n-6 PUFA(s) waren in der Konzentrat-Diät höher.

Durch diese aufgezeigten Veränderungen der PUFA(s) war das Verhältnis von n-6/n-3 vom *musculus longissimus* bei allen Altersgruppen rassenunabhängig und bei der Grassilage Fütterung niedriger (s. Tab. 14).

Es ist anzumerken, dass langkettige n-3 PUFA(s) wie ALNA, EPA und DHA nur in den Phosphorlipiden vorlagen und nicht im Neutralfett zu finden waren. LNA lag zu einem kleinen Teil im Neutralfett (1,5 %) vor.

DHA war in allen Altersgruppen rassenabhängig, wobei die Fettsäure bei den Holstein Friesian signifikant höher war. Dies könnte eine größere Umwandlung von ALNA zu DHA zeigen. Dementsprechend muss davon ausgegangen werden, dass jede Rasse unterschiedliche Fettsäuremetabolismen hat.

Grundsätzlich zeigt sich, dass die Grassilagediät erhöhte Anteile aller n-3 PUFA(s) mit einem gleichzeitigen Rückgang von n-6 PUFA(s) produziert. Damit verändert sich das Verhältnis von n-6/n-3 zugunsten von n-3. Die Konzentrat-Diät produzierte höhere Mengen der gesamten PUFA(s). Diese wurden von den n-6 PUFA(s), insbesondere der LNA, dominiert. Generell zeigte sich, dass fast alle PUFA(s) kontinuierlich über die Diät zunahmen. Es könnte hieraus angenommen werden, dass die Dauer der Fütterung einen erheblichen Anteil auf das Endresultat des n-6/n-3 Verhältnis haben kann.

Tabelle 9: PUFA-Zusammensetzung bei der Rasse Aberdeen Angus (Konzentrat/Silage)
Quelle: Eigene Erstellung auf Datengrundlage von: (Warren et al., 2007).

Fettsäure mg/100g ³⁾	Grassilage 14	Konzentrat 14	Grassilage 19	Konzentrat 19	Grassilage 24	Konzentrat 24
LNA	46,6	119,0	46,9	157,6	40,9	125,3
ALNA	20,6	4,0	23,4	4,0	22,7	3,1
EPA	18,6	4,8	19,7	2,6	19,1	3,1
DHA	4,7	1,2	5,1	0,6	3,3	0,5
Summe n-3 FA ¹⁾	85,5	25,5	106,1	20,5	114,9	20,6
Summe n-6 FA ¹⁾	102,8	223,2	123,7	310,0	123,9	301,9
Total PUFA ²⁾	187,3	248,7	229,8	330,5	238,4	322,5

¹⁾ FA = Fettsäure ²⁾ Total PUFA = Alle n-3 und n-6 Fettsäuren³⁾ mg/100g Muskel.

Die Quantität und Qualität der Fettsäuren sind für die Nährwerte wichtige Faktoren. Die für den Menschen ernährungsphysiologische Qualität des Fleisches ist damit verbunden. Sie kann durch Rasse und Fütterung beeinflusst werden. Die Länge der Zufütterung scheint wichtig zu sein. Es wird deutlich, dass die Grassilagediät vorteilhaft niedrige Werte für das Verhältnis von n-6/n-3 produziert (s. Tab. 14), welches idealerweise niedriger als vier bis fünf sein sollte. Das Verhältnis war immer niedriger als das von den mit Konzentrat gefütterten Rindern. Die Aufnahme von ALNA aus der Grassilage führte zur Synthese von langkettigen n-3 PUFA(s).

Tabelle 10: PUFA-Zusammensetzung bei der Rasse Holstein Friesian (Konzentrat/Silage)
 Quelle: Eigene Erstellung auf Datengrundlage von: (Warren et al., 2007).

Fettsäure mg/100g ³⁾	Grassilage 14	Konzentrat 14	Grassilage 19	Konzentrat 19	Grassilage 24	Konzentrat 24
LNA	52,6	117,5	49,2	144,2	58,6	150,3
ALNA	21,0	3,6	22,9	3,6	30,1	3,5
EPA	19,9	4,1	20,5	2,6	30,9	4,3
DHA	5,9	1,4	6,9	0,8	7,5	0,6
Summe n-3 FA ¹⁾	88,7	23,4	97,2	20,3	128,8	21,7
Summe n-6 FA ¹⁾	116,9	222,7	113,2	291,5	133,7	338,4
Total PUFA ²⁾	205,6	246,1	210,4	311,8	262,4	360,1

¹⁾ FA = Fettsäure ²⁾ Total PUFA = Alle n-3 und n-6 Fettsäuren ³⁾ mg/100g Muskel.

7.2 Gabe von Leinsamen (Corazzin et al., 2011)

Viele Studien, die in der Milchviehindustrie gemacht wurden, haben gezeigt, dass die Supplementation von Leinsamen, die ein gutes n-6/n-3 Verhältnis aufweisen, die Milch mit hochwertigen Fettsäuren anreichern können. Durch diese Erkenntnisse sind weitere interessante Untersuchungen zur Fleischqualität und dessen Fettsäuremustern in Bezug auf die PUFA(s) gemacht worden (Herdmann, 2011), (Razminowicz et al., 2007).

In dieser Studie wurden 32 junge Stiere der Rassen Italienisches Simmental und Italienisches Holstein nach der Entwöhnung von der Mutter und deren Milch, etwa mit 5 Monaten und einem Anfangskörpergewicht von 175,8 kg zufällig ausgewählt. Die Tiere wurden einem 2 mal 2 experimentellen Design zugeordnet. Die experimentellen Faktoren waren die Rassen und die Diäten. Sie wurden in das Futter mit ganzen gemahlene Leinsamen und der Kontrollgruppe, ohne Leinsamen eingeteilt. Die Hypothese von Corazzin et al. bestand darin, durch eine Supplementation von ganzen gemahlene Leinsamen eine Verbesserung der Fleischqualität zugunsten der Verbesserung des Fettsäureprofils im Speziellen von den PUFA(s) und dem n-6/n-3 Verhältnis zu erhalten. Als Fundament dienten bei dieser Studie eine täglich

überprüfte einheitliche Nahrungsgabe und Gewichtsmessung. Es wurden die Unterschiede in der Zusammensetzung der PUFA(s) im Fleisch der Tiere zwischen den zwei Diäten untersucht. Die Tiere wurden einmal täglich am Morgen mit vollständig gemischten isokalorischen und isonitrogenen Rationen gefüttert. Außerdem wurden die täglichen Rationen so ausgearbeitet, dass der Anteil von ganzen Sojabohnen konstant gehalten wurde, um eine Verwechslung zwischen den Effekten von Sojabohnen und Leinsamen zu vermeiden. Die in der Studie verwendeten Leinsamen hatten ein cyanogenes Potential von 0,166 mg HCN/kg DM. Es wurde die Höhe der Zufuhr von Leinsamen bei den Tieren auf fünf % und acht % der DM gewählt, um den maximalen Gesamtgehalt an tolerierten cyanogenen Stoffen von 0,25 mg HCN/kg Körpergewicht, die laut EFSA empfohlen wurden, zu respektieren. Während der gesamten experimentellen Periode waren die jungen Stiere in vier Ställen mit Einstreu von Stroh freilaufend untergebracht. Die Tiere wurden mit dem üblichen kommerziellen Lebendgewicht nach italienischem Markt geschlachtet. Die Proben für die Analysen wurden vom *musculus longissimus* entnommen. Eine Zusammensetzung der Fettsäuren im Futtermittel und Fleisch wurde bestimmt.

Die Ergebnisse zeigen, dass das n-6/n-3 Verhältnis durch die Zugabe von Leinsamen im Vergleich zur Kontrollgruppe niedriger ist (s. Tab. 14). Das Verhältnis liegt in der Leinsamen-Gruppe bei 16,22 und in der Kontrollgruppe bei 22,04. Die Summe der n-3 Fettsäuren liegt in der Kontrollgruppe bei 1,96 g/100 g der Gesamtlipide, im Gegensatz zu einem deutlich höheren Wert in der Leinsamen-Gruppe von 2,45 g/100 g. Ein Anstieg der ALNA und EPA ist bei der Leinsamen-Gruppe deutlich zu sehen. Die gesamten n-6 PUFA(s) liegen hier bei 36,98 zu 40,84 g/100 g in der Kontrollgruppe. Die n-6 PUFA(s) waren bei der Leinsamen-Gruppe niedriger als bei Kontrollgruppe (s. Tab. 11) Die Summe von n-3 in der Leinsamen-Gruppe konnte im Gegensatz zur Kontrollgruppe durch die Ernährung leicht erhöht werden. Es zeigte sich, dass die Fettsäureaufnahme bei den zwei Rassen marginal unterschiedlich war, die Proportionen der PUFA(s) zueinander aber nicht. Deshalb ist das Fettsäureverhältnis der PUFA(s) annähernd gleich und somit rassenunabhängig.

Tabelle 11: PUFA-Zusammensetzung im *musculus longissimus* bei der Leinsamen- vs. Kontrollfütterung

Quelle: Eigene Erstellung auf Datengrundlage von: (Corazzin et al., 2011).

Fettsäuren ³⁾	Leinsamen	Kontrolle
LNA	31,72	33,62
ALNA	1,62	1,17
EPA	0,42	0,21
DHA	n.d. ⁴⁾	n.d. ⁴⁾
Summe n-3 FA ¹⁾	2,45	1,96
Summe n-6 FA ¹⁾	36,98	40,84
Total PUFA ²⁾	39,43	42,8

¹⁾FA = Fettsäure ²⁾Total PUFA = Alle n-3 und n-6 Fettsäuren ³⁾Fettsäuren in g/100 g of total FA ⁴⁾n.d = not detected. Mittelwert der beiden Rassen.

Die Ergebnisse dieser Studie weisen darauf hin, dass sich eine langfristige Fütterung mit bis zu acht % gemahlene ganzen Leinsamen auf der DM-Basis eine moderate Verbesserung der Qualität des Fleisches in Bezug auf das Verhältnis von n-6/n-3 Fettsäuren ergeben könnte. Die Ergebnisse zeigten deutlich die Zunahmen von allen detektierten n-3 Fettsäuren darunter ALNA und EPA sowie die Abnahme der n-6 PUFA(s). Durch diese Veränderung verbessert sich das n-6/n-3 Verhältnis signifikant. Es ist schwierig, das geforderte Verhältnis von vier bis fünf zu erlangen, welches auch andere Autoren beschreiben.

7.3 Zusatz von Algen (Hwang et al., 2014)

In vielen Küstenregionen gehörten Algen seit je her als Futtermittel dazu. Die zu meist wiederkäuenden Tiere nahmen sie entweder beim Gras an der See mit auf oder beim Trinken von Süßwasser mit Algenanteil. In Wintermonaten oder bei Futternapheit wurden Algen zugefüttert. Die wertvollen Mineralien werden schon seit längerer Zeit aus den Algen extrahiert und als Mehl zugefüttert. Neuere Untersuchungen beschäftigen sich mit der positiven Fettsäurezusammensetzung und deren Vor- oder ggf. Nachteilen bei der Supplementation (Lognone, 2003, S. 1; Rajauria, 2015, S. 318-322).

In dieser Studie ging es um eine Zufütterung von Algen. Die Studie wurde von April 2012 bis Oktober 2012 auf der experimentellen Farm der Suncheon National University, Jeonnam, Korea durchgeführt. Insgesamt wurden 20 homogene Hanwoo-Stiere (ca. 22 Monate alt, 619 kg Körpergewicht) in zwei diätetischen Behandlungen mit jeweils zehn Stieren pro Gruppe in einer randomisierten Weise zugeordnet. Eine Gruppe von zwei Tieren wurde als eine Replikation betrachtet. Die zwei Diäten setzten sich aus der Kontrolldiät (basale Ernährung) und der experimentellen Diät zusammen. Sie bestand zusätzlich aus zwei % Seetang (basale Diät + 2,0 % Seetang, DM Basis). Hwang et al. untersuchten die PUFA Zusammensetzung im *musculus longissimus* bei einer Zugabe von Seetang im Vergleich zu der Kontrollgruppe unter der Hypothese, dass sich das PUFA Verhältnis von n-6/n-3 zu einem Besseren verändern lassen könne. Eine kommerziell erhältliche Gesamtmischung (Suncheon Gwangyang Livestock Co-operative, Yeonhyang-dong, Suncheon, Jeonnam, Korea) wurde als Basal-Diät verwendet. Wurzeln und Stämme von *U. pinnatifida* wurde von Algen, die für die menschliche Nahrung weiterverarbeitet werden, getrennt und gesammelt. Es setzt sich aus 1,85 % Salz, 89,67 % Feuchtigkeit, 9,44 % Rohprotein, 0,68 % Rohfett, 6,93 % Rohfaser und 45,24 % Rohasche zusammen. Das Versuchsfutter wurde zweimal täglich morgens und abends (15 kg/Rind/d) gegeben. Wasser stand ad libitum zur Verfügung. Beleuchtung und sonstiges Management wurden nach allgemeiner Praxis durchgeführt. Zur Untersuchung und Analyse der chemischen Zusammensetzungen diente der *musculus longissimus* aus dem Lendenbereich. Fettsäurekonzentrationen im Hanwoo Fleisch aus der aktuellen Studie sind in Tabelle 12 dargestellt.

Eine erhöhte Konzentration an n-3 Fettsäuren und ein reduzierter Gehalt an n-6 PUFA(s) wurde in der Seetang-Gruppe gefunden. Von den einzelnen Fettsäuren war die ALNA Konzentrationen im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant erhöht. LNA sank durch die Seetang-Diät deutlich. Die Summe aller PUFA(s) war in der Kontrollgruppe höher. Durch diese Unterschiede sank das Verhältnis von n-6/n-3 in der Seetang-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe von 29,03 bei der Kontrollgruppe auf 18,79 bei der Seetang-Gruppe (s. Tab. 14). *U. pinnatifida* enthielt die PUFA(s) ALNA und den Eicosanoidvorläufer EPA und könnte so eine entscheidende Rolle für die Reduktion des n-6/n-3-Verhältnisses spielen.

Tabelle 12: PUFA-Zusammensetzung im Fleisch bei der Wakame- vs. Kontrollfütterung
 Quelle: Eigene Erstellung auf Datengrundlage von: (Hwang et al., 2014).

Fettsäuren ³⁾	Wakame	Kontrolle
LNA	2,12	2,32
ALNA	0,15	0,09
EPA	k.A. ⁴⁾	k.A. ⁴⁾
DHA	k.A. ⁴⁾	k.A. ⁴⁾
Summe n-3 FA ¹⁾	0,13	0,10
Summe n-6 FA ¹⁾	2,38	2,57
Total PUFA ²⁾	2,51	2,66

¹⁾ FA = Fettsäure ²⁾ Total PUFA = Alle n-3 und n-6 Fettsäuren ³⁾ Fettsäuren in g/100 g of total FA ⁴⁾ k.A. = keine Angaben.

Aufgrund der Anwesenheit von Tanninen (sekundäre Pflanzenstoffe), die in den Braunalgen vorkommen, wird eine reduzierte Aktivität von ruminalen Mikroorganismen beim Rind angenommen. Dadurch werden die langkettigen PUFA(s) nicht abgebaut und könnten von dem Rind vermehrt aufgenommen werden. Die Nahrungsergänzung von Seetang in Höhe von zwei % bei Hanwoo-Stieren hatte einen signifikant positiven Einfluss auf die Verbesserung des Fettsäureprofils im Speziellen der PUFA(s). Es ist eine Verbesserung des n-6/n-3 Verhältnisses messbar.

Dieses Ergebnis könnte eine Alternative aufzeigen, die zukünftig eine mögliche Zufütterungsvariante darstellt. Das n-6/n-3 Verhältnis verbessert sich zwar, ein Wert von vier bis fünf ist mit dieser Umstellung nicht zu schaffen. Die Verwendung von lokal verfügbarem Seetang, könnte dazu genutzt werden, das Fettsäuremuster des Fleisches zu optimieren und die Qualität zu verbessern.

7.4 Fütterung von PEAR (Morris et al., 2016)

Mikroalgen werden derzeit als potenzielle Rohstoffe für die Herstellung von Biokraftstoffen untersucht. Ein interessantes Nebenprodukt ist das post-extracted algae residue (PEAR). Dieses wird derzeit als nachhaltiges Einzelfuttermittel untersucht.

Ähnlich wie bei anderen Nebenprodukten z.B. der Trockenschlempe oder Baumwollsamemehl könnte PEAR in der Mast von Rindern supplementiert werden. Die Effekte der Fütterung von PEAR auf das Rindfleisch und im Speziellen auf das Fettsäuremuster der PUFA(s) müssen für die Einbeziehung in die Mast untersucht werden. Es hat sich gezeigt, dass der Einsatz unterschiedlicher Futtermittel Auswirkungen auf die Fettsäurezusammensetzung und die damit verbundene Qualität haben kann (Schmidt, 2016).

In dieser Untersuchung wird das PEAR in der Endmast eingesetzt. Das gefütterte PEAR wurde von der Alge *Chlorella sp.*, welche in einem offenen Teich gewachsen ist, produziert. Morril et al. untersuchten die Resultate einer Zufütterung von PEAR in den letzten 35 Tagen der Mast von Rindern. Die Hypothese war, dass die im PEAR enthaltenen hochwertigen Restfette, die PUFA(s) in einem guten Verhältnis im Fleisch anreichern können und im Speziellen das n-6/n-3 Verhältnis positiv beeinflussen.

Die Lipidkomponenten des PEAR bestanden aus 26 % Palmitinsäure, 4 % Stearinsäure, 38 % Ölsäure, 4,5 % LNA und 5 % ALNA.

Tabelle 13: PUFA-Zusammensetzung im Fleisch beim PEAR- vs. Kontrollfutter
Quelle: Eigene Erstellung auf Datengrundlage von: (Morril et al., 2016).

Fettsäuren ³⁾	PEAR	Kontrolle
LNA	2,68	2,58
ALNA	0,32	0,28
EPA	n.d. ⁴⁾	n.d. ⁴⁾
DHA	0,01	0,01
Summe n-3 FA ¹⁾	0,33	0,29
Summe n-6 FA ¹⁾	2,88	2,76
Total PUFA ²⁾	3,21	3,05

¹⁾ FA = Fettsäure ²⁾ Total PUFA = Alle n-3 und n-6 Fettsäuren ³⁾ Fettsäuren in g/100 g of total FA ⁴⁾ n.d. = not detected.

18 Angus und Hereford Jungochsen (Körpergewicht = $549 \pm 38,8$ kg) wurden in einem einseitigen, vollständig randomisierten Nachbehandlungsexperiment verwendet, um die Auswirkung von PEAR auf die PUFA-Veränderung zu untersuchen und zu bewerten. Der behandelten Gruppe wurde 1,0 kg organische Substanz (OM)/d PEAR für die letzten 35 Tage vor dem Schlachten zum Futter zugemischt. Der Vergleichsgruppe wurde 1,0 kg OM/d Glukose per Infusion in den Pansen gegeben. Beide Gruppen bekamen ansonsten das identische Futter. Die Rinder bekamen fünf Tage Zeit sich an die Räumlichkeiten und das Futter zu gewöhnen. Die Tiere wurden in einzelnen Stallboxen untergebracht und hatten ad libitum Zugang zu Süßwasser. Vor dem Beginn der Studie wurden die Rinder an eine Veredelungsdiät angepasst, die aus trockenem Mais (42,3 %), gemahlenem Milo (18,0 %), Baumwollsamenschalen (13,5 %), Heu (10,0 %), Melasse (6,7 %), Baumwollsamensamen (5,4 %), Vitamin/Mineral-Vormischung (2,3 %), Harnstoff (0,9 %) und Kalkstein (0,9 %) bestand. Für die Dauer der Studie wurde das Futter täglich um 06.00 Uhr gefüttert. Während der 35-tägigen Fütterungsperiode erhielten die Rinder ihre jeweiligen Behandlungen. Nach dem Schlachten wurden Fleischschnitte aus Keule und Schulter durch eine chemische Analyse auf die PUFA-Zusammensetzung ausgewertet (s. Tab. 13).

Die Ergebnisse zeigen kleine Veränderungen in der Fettsäurezusammensetzung. LNA stieg bei der PEAR-Fütterung im Gegensatz zur Kontrollgruppe leicht an, genau wie ALNA. EPA konnte in den Proben nicht identifiziert werden. Bei dem DHA-Gehalt gab es keine Unterschiede zur Kontrollgruppe (s. Tab. 13). Die Summe aller n-3 und n-6 Fettsäuren stieg auch an. Somit erhöhte sich der PUFA-Wert insgesamt. Es zeigten sich keine nachteiligen Auswirkungen auf die Fettsäurezusammensetzung aufgrund der Supplementation von PEAR. Eine leichte Verbesserung des n-6/n-3 Verhältnisses lässt sich dennoch erkennen. Dies könnte darauf hindeuten, dass es ein wirksames Supplement für die Veredelung von Fettsäuremustern im Speziellen der PUFA(s) beim Rind sein könnte. Unwahrscheinlich ist, dass es negative Auswirkungen auf das Rind und die Rindfleischproduktion haben könnte. Die Einbeziehung von PEAR auf höherem Niveau, einer längeren Diätphase und die Wirkung auf die Fettsäurezusammensetzung im Speziellen das n-6/n-3 Verhältnis sollten weiter untersucht werden. Ein Verhältnis von vier bis fünf ist mit dem Einsatz dieses Supplements nicht zu erreichen.

7.5 Vergleich der Studien bzgl. der Auswirkung auf das n-6/n-3 Verhältnis

Die folgende selbsterstellte Tabelle 14 soll einen Überblick über die verschiedenen Studien geben. In ihr werden wichtige Kriterien, wie die Auswirkungen der verschiedenen Supplemente auf das n-6/n-3 Verhältnis gegenübergestellt. Je Supplement wird mit einem + oder – gezeigt, ob ein Benefit entstand oder nicht. Verglichen werden die Kontrollgruppe mit der Supplementengruppe einer Studie. In der folgenden Diskussion fließen wichtige Fakten der Tabelle mit ein.

Tabelle 14: Übersicht der Auswirkungen von den verschiedenen Futtermitteln auf das n-6/n-3 Verhältnis
 Quelle: Eigen erstellte Tabelle.

Rasse	Anzahl Tiere	Zufütterungszeitraum	Basisfutter	Supplement	n-6/n-3 Verhältnis	Benefit
Aberdeen Angus	8	14 Monate	Ja	kein	9	
Aberdeen Angus	8	14 Monate	Nein	ad libitum Grassilage	1,2	+
Holstein Friesian	8	14 Monate	Ja	kein	9,5	
Holstein Friesian	8	14 Monate	Nein	ad libitum Grassilage	1,3	+
<hr/>						
Aberdeen Angus	8	19 Monate	Ja	kein	15,1	
Aberdeen Angus	8	19 Monate	Nein	ad libitum Grassilage	1,2	+
Holstein Friesian	8	19 Monate	Ja	kein	14,3	
Holstein Friesian	8	19 Monate	Nein	ad libitum Grassilage	1,2	+
<hr/>						
Aberdeen Angus	8	24 Monate	Ja	kein	14,9	
Aberdeen Angus	8	24 Monate	Nein	ad libitum Grassilage	1,1	+
Holstein Friesian	8	24 Monate	Ja	kein	16,2	
Holstein Friesian	8	24 Monate	Nein	ad libitum Grassilage	1	+
<hr/>						
Italienisches Simmental	8	Bis Schlachtgewicht ca. 619 kg	Ja	Kein	22,04	
Italienisches Simmental	8	Bis Schlachtgewicht ca. 619 kg	Ja	Leinsamen	16,22	+
Italienisches Holstein	8	Bis Schlachtgewicht ca. 577 kg	Ja	kein	22,04	
Italienisches Holstein	8	Bis Schlachtgewicht ca. 577 kg	Ja	Leinsamen	16,22	+
<hr/>						
Hanwoo Stier	10	22 Monate	Ja	Kein	29,03	
Hanwoo Stier	10	22 Monate	Ja	Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	18,79	+
<hr/>						
Angus	8	35 Tage vor Schlachtung	Ja	Glukose	9,5	
Hereford	8	35 Tage vor Schlachtung	Ja	PEAR (<i>Chlorella sp.</i>)	8,7	+

8 Diskussion

8.1 Methodik

Die Methodik dieser Ausarbeitung stützt sich auf Fachliteratur der einzelnen Themengebiete. Hierzu zählen unter anderem Grundlagen der Fette, Algen, Rinder und Futtermittel. Die ausgearbeiteten Fakten in Tabelle 14 ergänzen sich mit den Datenanalysen der Studien, die im methodischen Teil herausgearbeitet und dargestellt wurden. Diese Arbeit, auf Grundlage reiner Literaturrecherche, ist eine Möglichkeit, einen Überblick über das Themengebiet zu erlangen. Eigene Studien, Auswertungen und Analysen wären im Rahmen einer Bachelorarbeit nicht durchführbar, weder unter dem Kosten- noch dem Zeitaspekt. Umfragen, Interviews und Beobachtungen fallen bei dieser Art von Arbeit weg.

8.2 Inhalt

Der vorherige Abschnitt analysierte Ernährungsfaktoren bei Rindern. Es wurde untersucht, ob es sinnvoll wäre, das Muskelfleisch durch spezielle Futtermittelzugaben zu verbessern. Diese Futtermittel sind n-3 reiche Pflanzen oder Bestandteile von diesen. In der Wissenschaft und im Speziellen in der Ernährungswissenschaft wird sich stark mit der Verbesserung von Lebensmitteln beschäftigt. Unter anderem ist die Optimierung von Fleisch ein großes Forschungsgebiet. Hier wird sich mit der Qualitätssteigerung beschäftigt. Wichtige Faktoren sind die essentiellen n-3 Fettsäuren, wie die PUFA(s) ALNA, EPA und DHA. Es wird geforscht, in wie weit die Ernährung von Rindern einen Einfluss auf das n-6/n-3 Verhältnis im Muskelfleisch hat. Marine Produkte mit ihren langkettigen PUFA(s) rücken in den Mittelpunkt. Für diese Forschungsarbeit wurden 4 Studien näher betrachtet. Sie untersuchten die Wirkung von n-3 reichen Supplementen auf die Fettsäurezusammensetzung und im Speziellen auf das n-6/n-3 Verhältnis im Muskelfleisch von Rindern. Zwei Studien untersuchten marine Quellen als Supplement im Vergleich zu zwei Studien, die konventionelle schon existente Supplemente untersuchten.

Bei drei dieser Studien lässt sich feststellen, dass bei einer Wiederholung die Ergebnisse gleich wären und sie daher gelten. Es zeigen sich bei diesen Untersuchungen positive Veränderungen im Fettsäuremuster des Fleisches. Ein Anstieg von n-3 Fettsäuren und ein Abfall der n-6 Fettsäuren wird deutlich. Diese Formen

der Supplementation wären als adjuvant anzusehen. Lediglich eine Studie zeigt keine signifikanten Ergebnisse.

Diese Studie von Morril et al. beschäftigte sich mit einem neuen Produkt, dem „PEAR“, einem Co-Produkt aus der Biokraftstoffherstellung aus Algen. Das Supplement wies ähnliche Fettsäurewerte auf wie die Produkte der anderen Studien. Der Unterschied lag bei dieser Studie darin, dass die Zufütterung erst in den letzten 35 Tagen der Mast stattfand. Es ist hier eine minimale Verbesserung des n-6/n-3 Verhältnisses zu erkennen, wobei aber nicht nur n-3 Fettsäuren, sondern auch n-6 Fettsäuren leicht ansteigen. Die Summe der n-6 und n-3 Fettsäuren war höher als in der Kontrollgruppe. Der gesamt PUFA Wert war auch leicht erhöht. Im Gegensatz zu den anderen Studien haben sich die Werte nicht so deutlich verändert. Die Ergebnisse lassen eine positive Veränderung der PUFA(s) im Hinblick auf das Verhältnis von n-6/n-3 erkennen. Diese Aspekte sind aber von marginaler Bedeutung und könnten auch durch genetische Disposition oder andere weitere Möglichkeiten auftreten.

Bei den drei anderen Studien zeigten sich sehr große Übereinstimmungen, obwohl Futtermittel und Rassen unterschiedlich waren, die Fütterungsdauer aber annähernd übereinstimmte. Es stellt sich bei der Grassilage-, Leinsamen- und Wakame-supplementation heraus, dass die Ergebnisse der Versuche mit Supplement, bei jeder einzelnen Studie deutliche Unterschiede zur jeweiligen Kontrollgruppe aufzeigten. Bei allen drei Studien war durch die Supplementation eine Verbesserung des n-6/n-3 Verhältnisses ersichtlich. Die n-6 Fettsäure LNA hatte bei allen Interventionsgruppen in den drei Studien einen geringeren Anteil als die Kontrollgruppe. ALNA wies überall signifikant höhere Werte auf. Die Summe aller n-3 Fettsäuren war im Gegensatz zur jeweiligen Kontrollgruppe höher, wobei die Summe aller n-6 Fettsäuren signifikant abnahm. Durch diese Effekte veränderte sich das n-6/n-3 Verhältnis zum Positiven. Es ist sichtbar, dass die Gesamtmenge an PUFA(s) bei den drei Studien mit Supplement im Gegensatz zur Kontrollgruppe signifikant abnahm. Dies ist mit der Summe an n-6 Fettsäuren zu erklären. Sie sind in höheren Mengen im Kontrollfutter enthalten und tragen so zu einer Erhöhung und einem schlechteren n-6/n-3 Verhältnis bei. In der Grassilagediät ist dieser Effekt sehr deutlich zu sehen, da diese Studie umfassender als die anderen Studien ist. Sie betrachtet die Fettsäuren bei verschiedenen Altersgruppen. Hier wird ersichtlich, dass LNA am Anfang

und am Ende der Mast mit der Grassilage annähernd gleich ist im Gegensatz zur Kontrollgruppe. Bei ihr ist eine Steigerung zu sehen. ALNA erhöht sich bei der Grassilage vom Anfang der Mast bis zum Ende nur leicht. Bei dieser Studie ist klar zu sehen, dass der Beginn der Zufütterung von Supplementen und der Zeitraum der Supplementierung bei einer Mast zu berücksichtigen ist, damit eine gesteigerte Qualität des Fettsäureverhältnisses produziert werden kann. Die PEAR Studie zeigt dies eindeutig. Die zu späte Zufütterung von Supplementen in einer Mast bringt kaum ersichtliche Veränderungen auf das Fettsäuremuster und im Speziellen auf das n-6/n-3 Verhältnis im Fleisch von Rindern.

Über die Auswirkung von n-3 reichen Supplementen, auch mariner Natur, existieren weitere randomisierte Kontrollstudien von Wiederkäuern (Diaz et al., 2016; Raes et al., 2003; Velik et al., 2013; Hopkins et al., 2014). Viele dieser Studien bestätigen eine Wirksamkeit von n-3 reichen Supplementen aus marinen und konventionellen Quellen. Diese Studien zeigen ähnliche Verbesserung des n-6/n-3 Verhältnisses. Die Ergebnisse legen nahe, dass durch eine gezielte Supplementierung von marinen und konventionellen Nahrungsergänzungen eine signifikante Verbesserung der Fettsäuremuster und im Besonderen eine Verbesserung des n-6/n-3 Verhältnis im Muskelfleisch von Rindern entsteht. Algen als Nahrungsergänzung zeigen hierbei keine Nachteile. Demnach lässt die aktuelle Datenlage den Schluss zu, dass es eine Evidenz für eine moderate Wirksamkeit von n-3 Supplementen auf das Fettsäuremuster und das n-6/n-3 Verhältnis bei Rindern gibt. Darüber hinaus wird Fleisch, welches reich an n-3 ist und im guten Verhältnis zu n-6 Fettsäuren steht, mit positiven sensorischen Eigenschaften in Verbindung gebracht. Damit bestimmt werden kann, wie viel Supplement einer bestimmten Quelle zugefüttert werden sollte, gilt weiter herauszufinden, welches die optimale Dosierung ist, um die Fleischqualität im gesundheitlichen Sinne zu verbessern. Durch zusätzliche Untersuchungen ist herauszufinden, welches die mini- und maximal erforderliche Dauer und Dosis ist. Andere Variablen wie Rasse, Alter und Grundfutter sind zu berücksichtigen. In den Studien wurden gut verträgliche Mengen der Supplemente gefüttert. Einige Inhaltsstoffe wie die sekundären Pflanzenstoffe Tannine, die in Algen vorkommen, sollten weiter untersucht werden. Sie stehen im Verdacht, hemmende Wirkung auf die Bakterienkulturen im Rumen zu haben. Durch die reduzierte Ab-

baurate soll eine Umwandlung der PUFA(s) zu niederen Fettsäuren verhindert werden. Die Aufnahme der PUFA(s) könnte so gesteigert werden. Gegebenenfalls würde eine Reduzierung der zugefütterten Menge mit einhergehen. Diese positive Eigenschaft von den Tanninen ist weiter zu untersuchen. Ein anderer zu berücksichtigender Punkt ist die gleichzeitige hohe Jodaufnahme, die bei der Zufütterung von Meeresalgen negative Auswirkung haben könnte. Krankmachende oder zusätzlich sich ergebende negative Einflüsse auf Rinder, müssen noch geklärt werden, wie z.B. die Toxizität der Blausäure durch das konventionelle Futtermittel Leinsamen. Sie stellt eine limitierende Eigenschaft für die Supplementation dar. In gängiger Praxis werden Algenbestandteile in Form von Algenmehl wegen der qualitativ hochwertigen Mineralien und Spurenelementen eingesetzt. Algenöle und weitere Kombinationsprodukte werden schon als Tierfutter eingesetzt. Die Wirkung auf Wiederkäuer sollte aber noch durch aussagekräftige Studien weiter belegt werden.

8.3 Literatur

Die Literatur zu den speziellen Themengebieten wie Algen, Fette, Futtermittel, Rinder und Futtermittelrecht ist sehr umfangreich. Hierzu existiert sehr viel Fachliteratur. Die Kombination von Algenprodukten, Futtermittelrecht und Futtermitteln bei Rindern ist ein neues Themengebiet, bei dem es nur wenige valide Untersuchungen gibt (s. Tab. 7). Würde die Suche allgemein auf Wiederkäuer erweitert werden, gibt es Ergebnisse, die auch Schafe und andere Wiederkäuer miteinschließen. Da bei den genutzten Studien schon minimale Rasseneffekte in Verbindung mit Diäten existieren, wurde nur die Literatur von Rindern genutzt, damit ggf. die Ergebnisse nicht größeren Schwankungen unterliegen. Anzahl der Tiere und Dauer der Supplementation waren in den genutzten Studien annähernd dieselben. Die experimentellen Designs glichen sich. Die Analysemethoden waren auch vergleichbar. Schlussfolgernd ist zu sagen, dass sich bei einer Supplementation von Algen die Tendenz zur Verbesserung der Fettsäuren in Bezug auf das n-6/n-3 Verhältniss erkennen lässt. Diese ist aber vergleichbar mit den konventionellen Supplementen. Bei einigen Studien wurden langkettige PUFA(s) wie DHA und EPA nicht gemessen. Dieses wäre interessant für eine valide Aussage bei der Frage, ob sich durch Algenfutter diese Fettsäuren anreichern oder auf einem selben Level bleiben.

8.4 Abschließende Prüfung der Forschungsfragen

1. Hat eine Zufütterung von n-3 Supplementen eine Auswirkung auf die Fettsäurezusammensetzung im Fleisch von Rindern? Verglichen werden Algen, Leinsamen und Grassilage mit konventionellem Mastfutter.

Die erste Forschungsfrage wurde in dieser Arbeit eindeutig beantwortet. Es ist belegt worden, dass durch n-3 reiche Supplemente eine effektive Verschiebung der n-6 und n-3 Fettsäuren erkennbar ist. Das Fettsäureverhältnis von n-6/n-3 verändert sich positiv und sinkt. Sowohl Algen, Leinsamen oder Grassilage bewirken eine Veränderung (s. Tab. 14).

2. Welches wäre die beste Variante der Supplementierung, damit ein positiveres n-6/n-3 Verhältnis im Muskelfleisch entstehen kann?

Zur Forschungsfrage zwei gibt es momentan noch keine eindeutige wissenschaftliche Aussage, da einfach noch mehr Untersuchungen in verschiedensten Feldern wie z.B. Rasse oder Haltung benötigt werden. Bei der natürlichsten Form der Fütterung in dieser Untersuchung, der Grassilage, sind die größten Effekte im Muskelfleisch aufgetreten. Da aber Weideflächen und Grassilage nicht im Überfluss in Europa zu finden sind und diese Art der Fleischproduktion im Vergleich zum Verkaufspreis des Fleisches teuer erscheinen, ist es wichtig, alternative Varianten zu suchen, die einen ähnlichen oder besseren Effekt auf die PUFA(s) haben. Sinnvoll für die Zukunft erscheinen die Algen, da sie in so großen Massen vorhanden sind und sie auch immer mehr Einzug in die menschliche Ernährung, Energiegewinnung und Kosmetik haben. Abfallprodukte dieser Industrien könnten gut genutzt werden.

3. Haben Algen als Supplement zu konventionellen Produkten wie Leinsamen Vorteile?

Die untersuchten Algen als Supplement sind schon jetzt sehr gut vergleichbar mit den konventionellen Produkten. Positive physiologische Effekte durch ein gutes Fettsäureverhältnis lassen sich mit einer optimalen Zufütterung herstellen. Durch noch nicht ganz geklärte Effekte der Tannine ist die Aufnahme von PUFA(s) sehr effektiv. Andere positive Eigenschaften könnten ökologische Auswirkungen haben. Die effiziente Nährstoffnutzung, die dreimal höhere CO₂-Bindungskapazität und die fünf- bis zehnfach höhere Flächenproduktivität sind einige weitere Vorteile (Pejic-

Pulkowski, 2011). Zusammenfassend sind die n-3 reichen Algen in der physiologischen Wirkung vergleichbar mit n-3 reichen anderen Supplementen wie Leinsamen oder Grassilage. Die Fleischzusammensetzung nach Algensupplementation sollten durch weitere Studien untersucht werden. Besonderes Augenmerk sollte auf die langkettigen PUFA(s) wie EPA, DHA und weitere gelegt werden.

9 Fazit

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein angereichertes Futter mit n-3 reichen Supplementen wie Leinsamen, Grassilage und den untersuchten Algen im Vergleich zu konventionellem Futter in der Rindermast auf eine Anreicherung von n-3 Fettsäuren im Muskel hindeutet. Eine Abnahme an n-6 Fettsäuren geht dabei immer einher. Dafür muss das n-3 Supplement über die gesamte Mast gefüttert werden, um einen positiven Effekt zu erzeugen. Dies zeigt sich bei einer Studie deutlich, bei der die Rinder nur in den letzten 35 Tagen der Mast mit dem Algenprodukt supplementiert wurden. Hier verschiebt sich das Verhältnis der n-6/n-3 Fettsäuren nur marginal in eine positive Richtung. Durch die Supplementation von Grassilage, Leinsamen und Wakame Algen zeigt sich ein signifikant besseres n-6/n-3 Verhältnis. Abschließend kann gesagt werden, dass n-3 reiches Futter, welches durch eine Supplementation zur richtigen Zeit und in den richtigen Mengen gefüttert wird, einen positiven Effekt auf die Fettsäurezusammensetzung im Muskelfleisch bei Rindern haben kann. Rasseneffekte in Verbindung mit der Diät sind zu beobachten. Sie zeigen aber keine Verschiebung des n-6/n-3 Verhältnisses, sondern diese Unterschiede beziehen sich lediglich auf die Quantität der Fettsäuren. Bei den Algen als Supplement werden für die bessere Aufnahme im Verdauungssystem die pflanzlichen Sekundärstoffe „Tannine“ genannt. Sie sollen für eine Begrenzung des Fettsäureabbaus im Rumen verantwortlich sein und können somit eine verstärkte Aufnahme der PUFA(s) bewirken. Die untersuchten Algen können aus diesem Grund für die Verbesserung des n-6/n-3 Verhältnisses positiv bewertet werden. Sie können ähnlich wie die konventionellen Supplemente zur Verbesserung des Fettsäureverhältnisses in einer konventionellen Mast genutzt werden. Studien von (Diaz et al., 2016; Raes et al., 2003; Hopkins et al., 2014) zeigen vergleichbare Ergebnisse bei Schafen, die auch zu den Wiederkäuern gehören. Durch die Ähnlichkeit ihrer Verdauung und des Fressverhaltens können Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von n-

3 reichen Supplementen und deren Anreicherung im Muskelgewebe mit positivem Ergebnis gezogen werden. Trotz beschränkter Studienlage über Algen als Supplement kann durch die eindeutigen Ergebnisse eine positive Beeinflussung des n-6/n-3 Verhältnisses festgestellt werden. Die Ergebnisse sind aber nicht endgültig und bedürfen zusätzlicher Untersuchungen. Im Vergleich der Studien der anderen zugefütterten Futtermittel wie Leinsamen und Grassilage, die ähnliche Fettsäureprofile aufweisen, sind die Ergebnisse annähernd dieselben. Somit können die Forschungsfragen positiv beantwortet werden. Um möglichst genaue Ergebnisse zu bekommen, empfiehlt es sich, in weiteren Gebieten rund um das Thema der Supplementation von n-3 reichen Nahrungsergänzungsmitteln zu forschen. Dabei können sich Untersuchungen eignen, die z.B. die Algenart analysieren, die eine gute Verträglichkeit und ein gutes Fettsäureprofil aufweist. Ein weiteres Forschungsgebiet könnte die genaue Wirkungsweise und Reaktion der Verdauung bei Gabe von Algen sein. Diese Untersuchungen sollen sich auf eine Rasse beschränken, damit die Ergebnisse noch valider werden. Rechtliche Regelungen bezüglich verschiedener Algenarten als Futtermittel müssen konkreter und klarer bearbeitet und erforscht werden, damit hier eine bessere Übersicht entsteht und ggf. mehr Algenarten in der Positivliste der Futtermittel eingetragen werden können. Alles in allem bleibt festzuhalten, dass eine gezielte Supplementation bei Rindern mit den richtigen hochwertigen n-3 reichen Produkten eine Möglichkeit ist, das Lebensmittel Fleisch in ein noch hochwertigeres Lebensmittel in Bezug auf das n-6/n-3 Verhältnis zu modifizieren. Die Frage stellt sich, in wie weit Interesse und Nutzen für die Lebensmittelindustrie oder die Verbraucher besteht, Lebensmittel auf so eine Art und Weise zu verbessern.

Zusammenfassung

In der Fleischindustrie werden neue Wege gesucht, um das als „ungesund“ geltende Rindfleisch zu veredeln. Durch n-3 reiche Supplemente, die in der Mast zugefüttert werden, soll eine Verbesserung des n-6/n-3 Verhältnisses erzeugt werden.

Das Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, zu bestimmen, wie n-3 reiche Supplemente, die in einer Rindermast eingesetzt werden, einen Einfluss auf die PUFA(s) und im Speziellen auf das n-6/n-3 Verhältnis haben. Hierzu werden konventionelle Supplemente wie Leinsamen und Grassilage im Vergleich zu neuartigen Supplementen aus marinen Quellen gegenübergestellt. Dazu wurden folgende Forschungsfragen gestellt:

1. Hat eine Zufütterung von n-3 Supplementen eine Auswirkung auf die Fettsäurezusammensetzung im Fleisch von Rindern? Verglichen werden Algen, Leinsamen und Grassilage mit konventionellem Mastfutter.
2. Welches wäre die beste Variante der Supplementierung, damit ein positives n-6/n-3 Verhältnis im Muskelfleisch entstehen kann?
3. Haben Algen als Supplement zu konventionellen Produkten wie Leinsamen Vorteile?

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Hierzu wurde die Datenbank ScienceDirekt, so wie die Suchmaschine Beluga und Google genutzt. Die Ergebnisse dieser Ausarbeitung zeigen, dass n-3 reiche Supplemente einen positiven Einfluss auf die Fettsäurezusammensetzung haben und im Speziellen auf das n-6/n-3 Verhältnis. Es ist irrelevant, ob sie aus konventionellen oder neuartigen Quellen stammen. Die beste Variante der Supplementierung ist bei dieser Ausarbeitung nicht ersichtlich, hierzu sind noch weitere Untersuchungen durchzuführen. Algen als Supplement zeigen einige Vorteile durch Ihre Zusammensetzung. Hierbei ist das qualitativ hochwertige Fettsäuremuster anzumerken und auch sekundäre Pflanzenstoffe, die positive Effekte bei der Verdauung aufzeigen. Weitere Forschung könnte auf die Rasseneffekte eingehen. Unterschiedliche Haltungformen, Jahreszeiten, Alter, genetische Disposition so wie verschieden zusammengemischte Basis-Futtermittel sind möglicherweise wichtig und zu berücksichtigen, damit eine Veränderung der PUFA(s) eintritt.

Abstract

The meat industry is seeking new ways to refine the supposedly „unhealthy“ beef. Adding n-3 rich supplements to the fattening feed may improve the n-6/n-3 ratio.

This research aims to determine in how far n-3 rich supplements used in cattle fattening impact the PUFA(s) and in particular the n-6/n-3 ratio. Conventional supplements such as linseed and grass silage are compared to novel supplements from marine sources.

Research topics are as follows:

1. Does the addition of n-3 supplements have an effect on the FA composition in cattle meat? Algae, linseed and grass silage are compared to conventional fattening feed.
2. Which supplementation variant results in a better n-6/n-3 ratio in the muscle meat?
3. Is there a benefit in supplementing with algae instead of conventional products like flaxseed?

Literature review was done to answer these questions. The databases Science Direkt and PubMed as well as web search engines like Beluga and Google were used. The results of this review show that the n-3 rich supplements have a positive influence on the composition of fatty acid and, in particular, on the n-6/n-3 ratio. However, it is irrelevant whether these supplements derive from conventional or novel sources. Further research needs to be done to determine the best supplementation variant in this regard. Algae as a supplement show some advantages due to their composition. The high-quality fatty acid pattern and also the phytochemicals show positive effects on digestion. Future research could address the effects of n-3 supplements on races. Various factors such as forms of animal husbandry, age, genetic disposition as well as seasons, and differently mixed basic fattening feeds may be important to consider in order to change PUFA(s).

Literaturverzeichnis/Quellenverzeichnis

Baltes, W., Matissek, R. (2011). Lebensmittelchemie (7. Ausg.). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Belkowitz, B. (2016). Rheumatoide Arthritis und Ernährung. Hamburg.

Bergfeld, D. R., & Sendtko, D. A. (1999). Algen. Spektrum.de. (S. A. Verlag, Herausgeber). <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/algen/2029>. Stand 04.08.2017.

Berndt, C. (2010). Die rote Gefahr. Süddeutsche Zeitung. <http://www.sueddeutsche.de/leben/fleisch-ist-ungesund-die-rote-gefahr-1.389045>. Stand 10.11.2017.

BfR (2007). Gesundheitliche Risiken durch zu hohen Jodgehalt in getrockneten Algen. Bundesinstitut für Risikobewertung. http://www.bfr.bund.de/cm/343/gesundheitliche_risiken_durch_zu_hohen_jodgehalt_in_getrockneten_algen.pdf. Stand 10.08.2017.

Biesalski, H. K. (2004). Ernährungsmedizin (3. Ausg.). (B. e. al., Hrsg.) Stuttgart - New York: Georg Thieme Verlag.

Bio- und Gentechnologie e.V. (2009). Zulassung von Gentechnik-Produkten: Der lange Weg vom Antrag bis zur Entscheidung. Forum Bio- und Gentechnologie e.V. <http://www.transgen.de/recht/664.lebens-futtermittel-eu-zulassungsverfahren.html>. Stand 04.11.2017.

Bitsch, I., Bitsch, R. (2010). Ernährungswissenschaften. In W. Frede (Hrsg.), Handbuch für Lebensmittelchemiker. Berlin Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Böhlmann (1994). Gliederung der Pflanzenwelt (Stammbaum). Giessen: Uni Giessen. <http://www.staff.uni-giessen.de/~gf1178/Algen.pdf>. Stand 12.08.2017.

Brand, B., Schulz-Schroeder, G. (2011). Sichere Futtermittel – Sichere Lebensmittel. Hamburg: Behr's-Verlag.

Corazzin, M., Bovolenta, S., Sepulcri, A., Piasentier, E. (2011). Effect of whole linseed addition on meat production and quality of Italian Simmental and Holstein young bulls. Meat Science 90 (2012) 99-105. Elsevier Ltd.

- Decker, S. (2016). Algen. Planet-wissen.de. <http://www.planet-wissen.de/natur/pflanzen/algen/index.html>. Stand 10.08.2017.
- DGE (2003). Mehr bewegen und die Fettaufnahme reduzieren. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. <http://www.dge.de/presse/pm/mehr-bewegen-und-die-fettaufnahme-reduzieren/>. Stand 13.10.2017.
- DGE (2003). Rheumadiät. DGE-Aktuell (14). <https://www.dge.de/wissenschaft/weitere-publikationen/fachinformationen/rheumadiaet/>. Stand 01.10.2017
- Diaz, M. T., Perez, C., Sanchez, C. I., Lauzurica, S., Caneque, V., Gonzalez, C. (2016). Feeding microalgae increases omega 3 fatty acids of fat deposits and muscles in light lambs. *Journal of Food Composition and Analysis* 56 (2017) 115-123. Elsevier Ltd.
- Droescher, A. (2017). So funktioniert der Magen einer Kuh. Westfälisch-Lippischer Landwirtschaftsverband e.V. <http://www.bauernhof.net/warum-geben-kuehemilch/verdauung-der-kuh/>. Stand 20.09.2017.
- EFSA (2009). Nahrungsergänzungsmittel. European Food Safety Authority. <https://www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/food-supplements>. Stand 02.11.2017.
- Eichhorn, Dr. med. J. (2016). Quotient Omega-6 zu Omega-3 Fettsäuren. Allgemein Medizin FMH. <http://www.allesroh.at/journal/krebs/6zu3.pdf>. Stand 10.10.2017.
- Elfrich, A., Roesicke, Dr. E. (2002). Das gläserne Rind – Wo kommt mein Rindfleisch her?. AID. Stand 15.09.2017.
- Elm, A. v. (2013). Omega-3-Fettsäuren: Versorgung durch marine und pflanzliche Quellen. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Emaze.com (2016). Wer bin ich?. Emaze.com. <https://www.emaze.com/@AZLCFRFQ/Rinder>. Stand 10.09.2017.
- Ender, K., Nürnberg, K., Ender, B. (2000). Rindfleisch – Fleisch hoher ernährungsphysiologischer Wertigkeit. Arch. Tierz. Dummerstorf: Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere und Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock.

Ernährungs-Umschau (2004). Rindfleisch mit Omega-3-Fettsäuren. Ernährungs-Umschau.de. <https://www.ernaehrungs-umschau.de/news/01-04-2004-rindfleisch-mit-omega-3-fettsaeuren/>. Stand 15.10.2017.

Esser, K. (2000). Kryptogamen 1 - Cyanobakterien Algen Pilze Flechten (3. Ausg.). Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.

Felsner, M., Schwertl, Dr. K. (2010). Bayrisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. <https://www.lgl.bayern.de/tiergesundheit/futtermittel/futtermittelkunde/>. Stand 18.10.2017.

Fröleke, P. Dr. H. (2005). Kleine Nährwerttabelle, in: Umschau der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V. Auflage 43.

Garvin, D. A. (1984). Qualität. Wirtschaftslexikon. <http://www.wirtschaftslexikon.co/d/qualitaet/qualitaet.htm>. Stand 19.10.2017.

Ginglas, H. (1998). Gesundheit und Schönheit aus dem Meer - Algen, Salz, Thalasso & Co. Niederhausen: Falken-Verlag.

Goldberg, R., J., Katz, J. (2007). A metaanalysis of the analgesic effects of omega3 polyunsaturated fatty acid supplementation for inflammatory joint pain, Pain 129: 210–23.

Hamm, P. D. (2016). Arbeitskreis Omega-3 e. V. Von <http://www.ak-omega-3.de/presse/publikumsmedien/fettsaeuren-der-diskussion> abgerufen

Hamm, P. D., Neuberger, D. o. (2008). Omega-3 aktiv - Gesundheit aus dem Meer (2. Ausg.). Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft GmbH & Co. KG.

Heckel, C. (2009). Einfluss von Omega-3-Fettsäuren aus Algen auf das Fettsäuremuster und auf Knochenparameter beim Pony. Ludwig-Maximilians-Universität München.

Herdmann, A. (2011). Exogenous effects of alpha-linolenic and linoleic acid on the fatty acid distribution and the regulation of lipid metabolism in ruminant tissues. Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Hopkins, D. L., Clayton, E. H., Lamb, T. A., van de Ven, R. J., Refsauge, G., Kerr, M. J., Bailes, K., Lewandowski, P., Ponnampalam, E. N. (2014). The impact

of supplementing lambs with algae on growth, meat traits and oxidative status. Meat Science 98 (2014) 135-141. Elsevier Ltd.

Hwang, J. A., Islam, M. M., Ahmed, S. T., Mun, H. S., Kim, G. M., Kim, Y. J., Yang, C. J. (2014). Seamustard (*Undaria pinnatifida*) Improves Growth, Immunity, Fatty Acid Profile and Reduces Cholesterol in Hanwoo Steers. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. Nr. 27:1114-1123.

IFTN (2005). Sachkunde „Fleisch“. Gießen: Institut für Tierärztliche Nahrungsmittelkunde.

Kamphues, Pr. Dr. J., et al. (2008). Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. Hannover: M. & H. Schaper.

Kasper, H., Burghardt, W. (2009). Ernährungsmedizin und Diätetik (11. Ausg.). München: Urban & Fischer.

Koops, M. (2012). Wiederkäuer. Biologie-Lexikon. <http://www.biologie-lexikon.de/lexikon/wiederkaeuer.php>. Stand 12.10.2017.

Kroeger, V. (2007). Die ernährungsphysiologische Bedeutung von Algen für die Ernährung des Menschen und ihre Nutzung als Lebensmittel in der Zukunft. Hamburg: HAW.

Lognone, V. (2003). Algen in der Tierernährung. Lohmann Information.

Mielke, Prof. Dr. Heinz (2001). Zur Kulturgeschichte der Kuh. Uni-Leipzig. <http://home.uni-leipzig.de/mielke/kuehe/kuehe3.htm>. Stand 20.09.2017.

Möckl, S. (2014). Krank durch Fleischverzicht? Wie gefährlich Vegetarier wirklich leben. Focus Online. http://www.focus.de/gesundheit/ernaehrung/gesundessen/diskussion-um-vegetarische-ernaehrung-fleisch-essen-ist-gesund-verzicht-aber-auch_id_3649003.html. Stand 23.10.2017.

Morril, J. C., Sawyer, J. E., Smith, S. B., Miller, R. K., Baber, J. R., Wickersham, T. A. (2016). Post-extraction algal residue in beef steer finishing diets: 2. Beef flavor, fatty acid composition, and tenderness. Algal Research. Elsevier B.V.

Pejic-Pulkowski, S. (2011). Was Sie über Algen wissen sollten. Geo.de. <http://www.geo.de/natur/oekologie/4203-rtkl-algen-was-sie-ueber-algen-wissen-sollten>. Stand 20.11.2017.

ProVeg Deutschland e.V. (2015). Omega-3-Fettsäuren: Vorkommen in pflanzlichen Lebensmitteln. ProVeg Deutschland e.V. <https://vebu.de/fitness-gesundheit/naehrstoffe/omega-3-fettsaeuren-in-pflanzlichen-lebensmittel/>. Stand 01.10.2017.

Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D. (2003). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology* 113 (2004) 199-221.

Rajauria, G., Cornish, L., Ometto, F., Msuya, F. E., Villa, R. (2015). Identification and selection of algae for food, feed, and fuel applications. *Seaweed Sustainability*. Elsevier Ltd.

Razminowicz, R. H., Kreuzer, M., Leuenberger, H., Scheeder, M. R. L. (2007). Efficiency of extruded linseed for the finishing of grass-fed steers to counteract a decline of omega-3 fatty acids in the beef. *Livestock Science* 114 (2008) 150-163. Elsevier Ltd.

Sackett, D., L., Rosenberg, W., M., Gray, J., A., Haynes, R., B., Richardson, W., S. (1996). Evidence based medicine: what it is and what it isn't, *BMJ* 312(7023): 71–2.

Sauermost, R., Freudig, D. (1999). *Wiederkäuer-Magen*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/wiederkaeuer-magen/70703>. Stand 01.09.2017.

Schmidt, R. (2016). Wenn Rinder Algen fressen. *Wirtschaftswoche*. <http://www.wiwo.de/technologie/green/living/landwirtschaft-wenn-rinder-algen-fressen/13554172.html>. Stand 20.10.2017.

Schreiber, R. (1956) *Praktische Tierernährung*. Leipzig: Neumann Verlag.

Soravia, S., Steiling, R. (2015). *Futtermittelrecht*. Hamburg: Behr's-Verlag GmbH & Co. KG.

Velik, M., Friedrich, E.-M., Häusler, J., Steinwidder, A. (2013). Färsenmast auf Kurzrasenweide oder im Stall – Einfluss auf Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität. *Züchtungskunde* 85. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

- Vogt, M. (2016). Gebiss der Kuh im Überblick. Haustierte-Lexikon. <http://www.haustiere-lexikon.com/blog/das-gebiss-der-kuh/>. Stand 02.09.2017.
- Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R. I., Wood, J. D. (2007). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. 1: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science* 78 (2008) 256-269. Elsevier Ltd.
- Weiß, Dr. D. (2005). Fettsäurezusammensetzung im Rinderschlachtkörper – Einflussmöglichkeiten durch die Fütterung. Projekt Chiemgauer Weidefleisch. <http://www.region-aktiv-chiemgau-inn-salzach.de/sites/default/files/doc/fettsaeure-zusammensetzunggrindfleisch.pdf>. Stand 15.11.2017.
- Westendarp, Pr. H. (2013). Lösen Algen unsere Eiweißprobleme? In: Top Agrar, Ausgabe 10.
- Westphal, Dr. K. (2001). Praktische Beispiele für die Qualitätsprüfung an Fleisch und Fleischerzeugnissen. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. <http://www.kolleg.loel.hs-anhalt.de/cmsloel/fileadmin/Dateien/Professor/Martin-Waehner/Downloads/Oekotrophologie/FleischqualitaetEinfuehrung.pdf>. Stand 20.10.2017.
- Wilmer-Jahn, M. M., Westendarp, P. D. (2014). Algen in der Schweinefütterung? Proteinmarkt. www.proteinmarkt.de. Stand 12.07.2017.
- Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft (2017). Positivliste für Einzelfuttermittel. Berlin: Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft, Normenkommission für Einzelfuttermittel.

Rechtsquellenverzeichnis

Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Juni 2013 (BGBl. I S.1426), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes zur Änderung futtermittelrechtlicher und tierschutzrechtlicher Vorschriften vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2147).

Verordnung (EG) Nr. 178/2002 Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit, ABl. Nr. L 31, S. 1, zuletzt geändert durch Artikel 118 der Änderungsverordnung (EU) 2017/745 vom 5. April 2017, ABl. Nr. L 117, S. 1.

Verordnung (EG) Nr. 183/2005 Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene, ABl. L 35 vom 8.2.2005, S. 1.

Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung

Verordnung (EG) Nr. 767/2009 Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juli 2009 über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln, zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Richtlinien 79/373/EWG des Rates, 80/511/EWG der Kommission, 82/471/EWG des Rates, 83/228/EWG des Rates, 93/74/EWG des Rates, 93/113/EG des Rates und 96/25/EG des Rates und der Entscheidung 2004/217/EG der Kommission.

Verordnung (EG) Nr. 882/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über amtliche Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts sowie der Bestimmungen über Tiergesundheit und Tierschutz, ABl. Nr. L 165 S. 1, zuletzt geändert durch Artikel 146 der Änderungsverordnung (EU) 2017/625 vom 15. März 2017, ABl. Nr. L 95, S. 1.

Richtlinie 2008/38/EG Der Kommission vom 5. März 2008 mit dem Verzeichnis der Verwendungen von Futtermitteln für besondere Ernährungszwecke

Verordnung (EU) Nr. 68/2013 Der Kommission vom 16. Januar 2013 zum Katalog der Einzelfuttermittel

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die 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 05.12.2017