



Fachbereich 11 Ökologische Agrarwissenschaften
Diplomarbeit am Fachgebiet Landnutzung und regionale Agrarpolitik

„Fettsäurezusammensetzung (CLA, Omega-3-Fettsäuren) und Isotopensignatur (C) der Milch ökologischer und konventioneller Betriebe und Molkereien“



eingereicht von Dipl. Ing. Maria Elisabeth Ehrlich

1. Betreuer: Martin Hofstetter
2. Betreuer: Dr. Christian Schüler
3. Betreuer: Prof. Onno Poppinga

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	I
1 EINLEITUNG	1
2 LITERATUR	3
2.1 Grundlagen Milchlipp	3
2.1.1 Zusammensetzung des Milchlippes und Bau der Fettsäuren	3
2.1.2 Synthese	5
2.2 Omega-3-Fettsäuren und CLA	7
2.2.1 Omega-3-Fettsäuren – Bau, Bedeutung und Vorkommen	7
2.2.2 Omega-3-Fettsäuren und Gesundheit	10
2.2.3 CLA – Bau, Bedeutung und Vorkommen	12
2.2.4 CLA und Gesundheit	13
2.3 Beeinflussung des Fettsäuremusters durch Fütterung	15
2.3.1 Auswirkungen verschiedener Fütterungsstrategien - Alp/ Höhenlage	16
2.3.2 Auswirkungen verschiedener Fütterungsstrategien – Weidehaltung	20
2.3.3 Auswirkungen verschiedener Fütterungsstrategien – ökologisch versus konventionell	24
2.3.4 Auswirkungen verschiedener Fütterungsstrategien – GF : KF-Verhältnis und Futterstruktur	25
2.3.5 Auswirkungen verschiedener Fütterungsstrategien – Heu versus Silage	25
2.4 Isotopenanalytik	26
2.4.1 Grundlagen der Isotopenanalytik	27
2.4.2 Kohlenstoffsignatur	28
2.5 Schlussfolgerungen aus der Literatur	30
3 MATERIAL & METHODEN	32
3.1 Material	32
3.1.1 Material Konsummilch	32
3.1.2 Material Tankmilch	34
3.2 Methode	36
3.2.1 Bestimmung der Kohlenstoffsignatur	36
3.2.2 Bestimmung des Fettgehaltes	37
3.2.3 Bestimmung des Fettsäuremusters	38
3.2.4 Quantitative Analyse	39
4 ERGEBNISSE	40
4.1 Ergebnisse Molkereien	40
4.1.1 Ergebnisse Kohlenstoffisotope	40
4.1.2 Ergebnisse Omega-3-Fettsäuren	42
4.1.3 Ergebnisse CLA	45
4.1.4 Ergebnisse Omega-6 zu Omega-3-Verhältnis	47
4.1.5 Ergebnisse Schwankungen der Einzelproben einer Molkereimilch	48
4.2 Ergebnisse Einzelbetriebe	49
4.2.1 Ergebnisse Futterrationen der Betriebe	49
4.2.2 Ergebnisse Kohlenstoffisotope	50
4.2.3 Ergebnisse Omega-3-Fettsäuren	51
4.2.4 Ergebnisse CLA	53

4.2.5 Ergebnisse Fettsäuregehalte versus Mais- und Kraftfutteranteile in der Ration	55
4.2.6 Ergebnisse Omega-6 zu Omega-3-Verhältnis	57
5 DISKUSSION	58
5.1 Kohlenstoffsignatur	58
5.2 Gehalte an Omega-3-Fettsäuren	60
5.3 CLA-Gehalte	64
5.4 Diskussion Einzelproben der Molkereimilch	67
5.5 Betrachtung der Werbeaussagen im Hinblick auf die Gehalte an gesundheitlich wertvollen Fettsäuren bzw. den Maisanteil in der Ration	67
5.6 Bedeutung der Aufnahme von Omega-3-Fettsäuren aus Milch und Milchprodukten	70
5.7 Bedeutung der Aufnahme von CLA aus Milch und Milchprodukten	73
6 SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEN ERGEBNISSEN UND DER DISKUSSION	74
7 ZUSAMMENFASSUNG	77
8 LITERATURVERZEICHNIS	78
9 ANHANG	86

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Schwankungsbreite der Zusammensetzung einer „typischen“ Rohmilch (Gew.%) (SCHLIMME ET AL. 1999)..... 3

Tab. 2: Wichtige Fettsäuren der Milchlipide, Anteil im Milchfett (molar %) und Herkunft (MEYER 2006)..... 4

Tab. 3: D-A-CH-Tagesrichtwerte bei mittlerer körperlicher Aktivität von verschiedenen Altersgruppen (<http://www.acibas.net/omega3/page4.shtml> 25.10.06)..... 11

Tab. 4: Mittlerer c9,t11-CLA- und CLA-Gehalt in verschiedenen Lebensmittelgruppen (1 FRITSCHKE UND STEINHARDT 1998 und 2 CHIN ET AL. 1992) 13

Tab. 5: Omega-3 und Omega-6-Gehalte verschiedener Rationskomponenten in Praxisbetrieben Süddeutschlands (WEIß ET AL. 2006)..... 21

Tab. 6: Übersicht über die Ergebnisse der beschriebenen Versuche (Angaben in mg/g Fett) (EIGENE DARSTELLUNG) 22

Tab. 7: Kennzahlen der von JAHREIS (1999) untersuchten Betriebe 24

Tab. 8: Zusammenfassung der beschriebenen Ergebnisse (Angaben in mg/g Fett) (EIGENE DARSTELLUNG)..... 26

Tab. 9: Unterschiedliche relative Häufigkeit verschiedener stabiler Isotope von vier Elementen. Angegeben sind globale Mittelwerte (GLASER 2004) 27

Tab. 10: Übersicht über die untersuchte Molkereimilch (ö = ökologisch, k = konventionell) (EIGENE DARSTELLUNG)..... 32

Tab. 11: Einteilung der ausgewählten Betriebe in Lage, Kreis, Höhenlage und Landschaftsform (EIGENE DARSTELLUNG)..... 34

Tab. 12: Auswahlkriterien der Betriebe (EIGENE DARSTELLUNG) 35

Tab. 13: Parameter des Gaschromatographen 6890 39

Tab. 14: Schwankungen der Einzelmilchproben einer Molkerei im Vergleich zu den Schwankungen aller Proben hinsichtlich Omega-3-Fettsäuren, CLA, Omega-6 zu Omega-3-Verhältnis, Maisanteil (EIGENE DARSTELLUNG) 48

Tab. 15: Futterkomponenten und -anteile in % der Gesamttrockenmasse der gefütterten Rationen (Angaben in %) (EIGENE DARSTELLUNG)..... 49

Tab. 16: Gehalte an Omega-3-Fettsäuren, CLA und Maisanteile in %; nachgewiesen in der Molkereimilch mit und ohne besondere Kennzeichnung (EIGENE DARSTELLUNG)..... 68

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Strukturvergleich von Öl- (C18:1 cis9) und Elaidinsäure (C18:1 trans9) (ANON. 2005).....	5
Abb. 2: Die Rolle der Biohydrogenation und der delta ⁹ -Desaturase bei der Produktion von c9, t11 CLA im Pansen und Gewebe von Wiederkäuern (BAUMANN ET AL. 1999).....	7
Abb. 3: Chemische Struktur der Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA (C20, C22 = Kettenlänge; 5, 6 = Zahl der Doppelbindungen; n-3 = Position der ersten Doppelbindung) (FUHRMANN 2003).....	8
Abb. 4: Eicosanoidsynthese aus Fettsäuren der Omega-3 und Omega-6-Reihe (STEHLE 2006).....	8
Abb. 5: Entdeckungsgeschichte der CLA-Eigenschaften (KRAFT 2003).....	14
Abb. 6: Zusammenfassung der diätetischen Faktoren, welche die CLA-Synthese beeinflussen und deren Wirkungen auf den CLA-Gehalt (BAUMANN ET AL. 1999).....	15
Abb. 7: Mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Omega-3 und Omega-6-Fettsäuren auf Praxisbetrieben in Süddeutschland im Zeitraum März bis Dezember 2005 (WEIB ET AL. 2006).....	20
Abb. 8: Wichtige Isotopen und ihre Einflussparameter (SCHMIDT ET AL. 2005).....	28
Abb. 9: δ ¹³ C verschiedener Grasarten (C3 versus C4-Pflanzen) (VOGEL 1980 IN SCHÄUFELE 2006).....	29
Abb. 10: Errechnete Maisanteile in der Molkereimilch, berechnet über drei verschiedene in der Literatur angegebene Regressionsgeraden, geordnet nach den Anteilen (k = konventionell, ö = ökologisch) (EIGENE DARSTELLUNG).....	41
Abb. 11: Prozentualer Anteil der einzelnen Omega-3-Fettsäuren in der Molkereimilch (EIGENE DARSTELLUNG).....	42
Abb. 12: Omega-3-Fettsäuregehalte der verschiedenen Molkereimilchproben geordnet nach abnehmendem Gehalt (k = konventionell – weiße Balken, ö = ökologisch – schwarze Balken) (EIGENE DARSTELLUNG).....	43
Abb. 13: Gehalt an Omega-3-Fettsäuren in mg/g Fett geordnet nach abnehmendem Gehalt und der berechnete Maisanteil in % nach WINKELMANN (2006) in den Molkereimilchproben (k = konventionell, ö = ökologisch) (EIGENE DARSTELLUNG).....	44
Abb. 14: Zusammenhang zwischen dem 13C-Wert und den Omega-3-Fettsäuregehalten der Molkereimilchproben (EIGENE DARSTELLUNG).....	45
Abb. 15: Boxplot-Diagramm für die Verteilung der Omega-3-Gehalte in ökologischer und konventioneller Molkereimilch (EIGENE DARSTELLUNG).....	45
Abb. 16: Gehalt an CLA in mg/g Fett der Molkereimilch, geordnet nach abnehmendem Gehalt (ö = ökologisch – schwarze Balken, k = konventionell – weiße Balken) (EIGENE DARSTELLUNG).....	46
Abb. 17: Boxplot-Diagramm für die Verteilung der CLA-Gehalte in ökologischer und konventioneller Molkereimilch (EIGENE DARSTELLUNG).....	47
Abb. 18: Gehalte an Omega-6 und Omega-3-Fettsäuren und das Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3-Fettsäuren der Molkereimilchproben, geordnet nach abnehmendem Omega-3-Fettsäuregehalte (k = konventionell, ö = ökologisch) (EIGENE DARSTELLUNG).....	48
Abb. 19: δ ¹³ C –Werte der Molkereimilchproben, geordnet nach Betrieben „ohne Mais“, „mit Mais im KF, ohne Maissilage“ (*), „ohne Mais im KF, mit Maissilage“ (**), „mit Mais im KF, mit Maissilage“ (***) (EIGENE DARSTELLUNG).....	50
Abb. 20: Maisanteil in % der verschiedenen Futterrationen der Einzelbetriebe auf Grundlage der Beziehung $y = 0,199x - 29,0$ (KÖHLER ET AL. 2005) (n = 16) und $y = 0,1745x - 30,162$ (WINKELMANN 2006) (n = 600) und nach Angabe der Landwirte (in % der Gesamttrockenmasse der Ration). Das Kraftfutter der mit * gekennzeichneten Betriebe enthält Mais. (EIGENE DARSTELLUNG).....	51

Abb. 21: Omega-3-Fettsäuregehalte der 13 einzelbetrieblichen Milchproben geordnet nach abnehmendem Gehalt (schwarze Säulen = Ökobetriebe, weiße Säulen = konventionelle Betriebe) (EIGENE DARSTELLUNG)	51
Abb. 22: Omega-3-Fettsäuregehalte der Milchproben der Einzelbetriebe, geordnet nach Regionen (EIGENE DARSTELLUNG).....	52
Abb. 23: Fehlerbalkendiagramm mit dem 95 % Konfidenzintervall des Mittelwertes für die Omega-3-Gehalte in ökologischer und konventioneller Tankmilch bzw. bei intensiver und extensiver Fütterung (EIGENE DARSTELLUNG).....	53
Abb. 24: CLA-Gehalte der 13 einzelbetrieblichen Milchproben geordnet nach abnehmendem Gehalt (schwarze Säulen = Ökobetriebe, weiße Säulen = konventionelle Betriebe) (EIGENE DARSTELLUNG).....	53
Abb. 25: CLA-Gehalte der Milch der einzelnen Betriebe, sortiert nach Regionen (EIGENE DARSTELLUNG).....	54
Abb. 26: Fehlerbalkendiagramm mit dem 95 % Konfidenzintervall des Mittelwertes für die CLA-Gehalte in ökologischer und konventioneller Tankmilch bzw. bei extensiver und intensiver Fütterung (EIGENE DARSTELLUNG).....	55
Abb. 27: Prozentualer Anteil verschiedener CLA-Isomere an den CLA in der Milch der vier süddeutschen Betriebe (EIGENE DARSTELLUNG).....	55
Abb. 28: Omega-3-Fettsäuregehalte und Maissilageanteil in der Ration der Einzelbetriebe (schwarze Säulen = Ökobetriebe, weiße Säulen = konventionelle Betriebe) (EIGENE DARSTELLUNG).....	56
Abb. 29: 13C-Werte im Zusammenhang mit den Omega-3-Fettsäuregehalten der Einzelmilchproben (EIGENE DARSTELLUNG)	56
Abb. 30: Omega-3-FS-Gehalte im Zusammenhang mit dem Kraftfutteranteil an der Ration (EIGENE DARSTELLUNG).....	57
Abb. 31: Omega-6 zu Omega-3-Fettsäurenverhältnis (schwarze Säulen = Ökobetriebe, weiße Säulen = konventionelle Betriebe) (EIGENE DARSTELLUNG)	57
Abb. 32: Einzugsgebiet der Molkerei Weihenstephan (Quelle: www.molkerei-weihenstephan.de/fileadmin/template/main/files/Milcheinzugsgebiet.pdf 15.10.06).....	69

Abkürzungsverzeichnis

‰	Promill
AA	Arachidonsäure (arachidonic acid)
ALA	alpha-Linolensäure
AOC	"Appellation d' Origine Contrôlée"
C	Kohlenstoff
c,c- Isomer	cis, cis konfigurierte Isomeren
c9t11	cis9trans11
CLA	Konjugierte Linolensäure
d	Tag
D-A-CH	Deutschland – Österreich - Schweiz
d.h.	dass heißt
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DHA	Docosahexaensäure
DSN	Deutsches Schwarzbuntes Niederungsrind
EPA	Eicosapentaensäure
FAME	Fettsäuremethylester (fatty acids methyl ester)
FID	Flammenionisationsdetektor
FS	Fettsäuren
g	Gramm
GB	Großbritannien
GC	Gaschromatograph
Gew. %	Gewichtsprozent
GF:KF	Grundfutter-Kraftfutter-Verhältnis
h	Stunde
K	Kanada
k	konventionell
ke	konventionell extensiv
KF	Kraftfutter
KHK	Koronare Herzkrankheit
ki	konventionell intensiv
LA	Linolsäure
LDL/HDL-Spiegel	high density lipoprotein
LDL-Spiegel	low density lipoprotein
mg	Milligramm
MUFA	einfach ungesättigte Fettsäuren (monounsaturated fatty acid)
MW	Mittelwert
n	Stichprobenumfang
N	Stickstoff

Abkürzungsverzeichnis

NN	Normal Null
NL	Niederlande
ö	ökologisch
O	Sauerstoff
O-3	Omega-3-Fettsäuren
O-6	Omega-6-Fettsäuren
öe	ökologisch extensiv
öi	ökologisch intensiv
PCA	Hauptkomponentenanalyse
PCBs	Polychlorierte Biphenyle
PSE	Periodensystem der Elemente
PUFA	mehrfachungesättigte Fettsäuren (Polyunsaturated fatty acids)
s.	siehe
SFA	gesättigte Fettsäuren (saturated fatty acids)
sog.	sogenannte
T	Trockenmasse
t,c - Isomere	trans, cis konfigurierte Isomeren
t,t – Isomere	trans, trans konfigurierte Isomeren
TFA	trans-Fettsäuren (trans fatty acids)
TMSH	Trimethylsulfoniumhydroxid
tVA	trans-Vaccensäure (trans vaccenic acid)
u.a.	unter anderem
UFOP	Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

1 Einleitung

Im Laufe der Jahrzehnte haben sich die Ernährungskonzepte verändert. Früher galt es, klassische Mangelkrankungen zu verhindern, den Hunger zu stillen und das Überleben zu sichern. Heutzutage strebt die Ernährungsforschung an, den Gesundheitszustand und das Wohlergehen der Menschen zu optimieren und Leben zu verlängern, bei einer gleichzeitigen Verbesserung der Lebensqualität. Im Zuge dessen hat das Interesse an Lebensmittelbestandteilen mit protektiven physiologischen Eigenschaften deutlich zugenommen, durch die möglicherweise das Risikopotential einiger chronischer oder infektiöser Krankheiten reduzierbar ist.

Der Begriff „funktionelle Lebensmittel“ ist in den letzten Jahren geprägt worden. Funktionelle Lebensmittel sind Lebensmittel bzw. Lebensmittelbestandteile, denen über die Zufuhr von Nährstoffen hinaus ein zusätzlicher Nutzen ausgesprochen wird. Funktionelle Bestandteile sind beispielsweise Probiotika (Milchsäurebakterien, Bifidobakterien), Prebiotika (resistente Stärke, Pektine), Vitamine (Folsäure, B6+12), Fettsäuren (Konjugierte Linolensäuren (CLA), Omega-3-Fettsäuren) etc. (HOLM 2003). Solche Lebensmittel werden unterschieden in natürliche, mit verschiedenen Zutaten angereicherte, von antinutritiven Substanzen befreite und neuartige (z.B. gentechnisch veränderte) Produkte.

Diese Diplomarbeit befasst sich mit den unterschiedlichen Gehaltsmengen an gesundheitlich wertvollen Fettsäuren, vor allem CLA und Omega-3-Fettsäuren, in pasteurisierter Vollmilch aus dem Handel (nachfolgend als „Molkereimilch“ bezeichnet) und Rohmilch von Einzelbetrieben (nachfolgend als „Tankmilch“ bezeichnet) in der Winterfütterungszeit.

CLA übt einen positiven Einfluss auf den Stoffwechsel des Menschen aus. Im Mittelpunkt der Forschungen stehen die antikarzinogenen, antithrombotischen und antidiabetogenen Wirkungen der CLA. Zahlreiche Untersuchungen, vor allem an Zelllinien und Tiermodellen, erbrachten gut gesicherte Nachweise. Eine Vielzahl von Untersuchungen weltweit ergaben zahlreiche Hinweise auf sehr unterschiedliche günstige Effekte von Omega-3-Fettsäuren im menschlichen Körper, vor allem bei der Prävention von Herz - Kreislauferkrankungen und Rheumatismus.

Dass CLA hauptsächlich in Wiederkäuerprodukten vorkommt, ist hinlänglich bekannt. Hingegen bezogen sich die Forschungen zu Omega-3-Fettsäuren hauptsächlich auf Fischfette und pflanzliche Öle. Bisher nur wenig Beachtung fand die Tatsache, dass Milch von artgerecht gehaltenen und wiederkäuergerecht gefütterten Kühen einen Beitrag zur Erfüllung der Omega-3-Referenzwerte leisten kann. In dieser Arbeit geht es in erster Linie um die Betrachtung eines natürlichen Produktes (nativ funktionelles Lebensmittel), welches durch eine unterschiedliche Fütterung der Milchkühe je nach Region, Tradition und Einstellung des Landwirtes sehr unterschiedliche Gehalte an funktionellen Bestandteilen, in dem Fall Fettsäuren, beinhalten kann.

1 Einleitung

In einer Vielzahl von Untersuchungen ist deutlich geworden, dass über eine veränderte Fütterung und vor allem die Fütterung von Futterzusätzen (Zugabe von Pflanzenölen, ölhaltigen Samen oder tierischen Fetten), der Fettsäuregehalt der Milch beeinflusst werden kann.

In dieser Arbeit geht es jedoch um das, auf deutschen Betrieben gefütterte, „normale“ Winterfutter (Heu, Grassilage, Maissilage, Kraftfutter) und dessen Einfluss auf die Milchfettzusammensetzung. Ausgehend von der Annahme, dass Milch von gesunden, wiederkäuergerecht gehaltenen und gefütterten Kühen (Sommer: vorwiegend Weidegang, Winter: Heu, Grassilage) ohne den Einsatz jeglicher Zusatzstoffe einen natürlich erhöhten Gehalt an gesundheitlich wertvollen Fettsäuren, vor allem CLA und Omega-3-Fettsäuren, besitzen könnte.

Im Zuge der Untersuchung der Milch hinsichtlich ihres Fettsäurespektrums wurden an den gleichen Proben Kohlenstoffisotopenanalysen zum Nachweis des verfütterten Maisanteils durchgeführt. Bei der Auswahl der Molkereimilch wurde ein zusätzliches Augenmerk auf Milch mit besonderer Werbung gelegt (z.B. „Alpenmilch“, „Landmilch“) um herauszufinden, ob sich diese Milch hinsichtlich des Gehaltes gesundheitlich wertvoller Fettsäuren und dem verfütterten Maisanteil von anderer Milch ohne besondere Werbung unterscheidet.

Aufgrund der einmaligen Milchprobenziehung im Winter muss darauf hingewiesen werden, dass es sich um Momentaufnahmen handelt. Durch den geringen Probenumfang können keine allgemeingültigen Schlüsse für die CLA- und Omega-3-Fettsäuregehalte in Milch und Milchprodukten aus Winterfütterung gezogen, jedoch Tendenzen aufgezeigt werden.

2 Literatur

Ein wachsendes wissenschaftliches Interesse an Fettsäuren mit konjugierten Doppelbindungen und Omega-3-Fettsäuren wird besonders in den letzten Jahren durch die steigenden Publikationszahlen deutlich. Beispielsweise erstellte HOOPER ET AL. (2006) eine Metaanalyse von 15.159 (!) bereits existierenden Omega-3-Studien zu Auswirkungen auf die Gesamtmortalität, Koronare Herzkrankheit (KHK) und Krebs. Da innerhalb dieser Arbeit nicht alle wissenschaftlichen Versuche vorgestellt werden können, werden die aussagekräftigsten ausführlich dargestellt, und andere Versuche, die zu ähnlichen Erkenntnissen gelangten, nur kurz ergänzend erwähnt. Es wurden vorrangig die Versuche ausgewertet, die im Zusammenhang mit von Tieren gewonnenen Lebensmitteln (Milch) und der Fütterung dieser Tiere stehen.

2.1 Grundlagen Milchfett

2.1.1 Zusammensetzung des Milchfettes und Bau der Fettsäuren

Zu der Stoffgruppe der Lipide zählen die einfachen Fette, also die Ester von Carbonsäuren mit den dazugehörigen Alkoholen sowie komplexe Verbindungen (U.A. SCHLIMME ET AL. 1999, COLLOMB 2002, KIRCHGEBNER 2004, WEIß 2005^A). Zu den einfachen Fetten gehört die quantitativ wichtigste Gruppe, die eigentlichen Fette bzw. Triglyzeride (Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin), sowie Öle (Glyzerin-Ester mit ungesättigten Fettsäuren), Wachse (Ester einwertiger Alkohole, wie z.B. Carotinoide und Cholesterin) und Sterole bzw. Sterolester. Zu den komplexen Verbindungen zählt man Glyceriolipide (u.a. Phospholipide, wie z.B. Lecithin und Etherlipide) sowie Sphingolipide (Spingomyelin, Sphingosin).

Lipide sind zu 2,0 – 7,0 Gew.% in Milch enthalten (Tab. 1). Gehalt und Zusammensetzung des Milchfettes ist abhängig von der Tierart und der Fütterung, sowie in geringem Maße von der Rasse, Jahreszeit, Laktationsstadium und der Anzahl der Laktationen (U.A. PALMQUIST ET AL. 1993, SCHLIMME ET AL. 1999).

Tab. 1: Schwankungsbreite der Zusammensetzung einer „typischen“ Rohmilch (Gew.%) (SCHLIMME ET AL. 1999)

Wasser	87,0 - 89,0
Fett (Lipide)	2,0 - 7,0
Eiweiß (Protein)	2,5 – 6,0
Milchzucker (Laktose)	3,5 – 5,5
Asche	0,5 – 0,8
Minorbestandteile	0,1

Fettsäuren sind verschieden lange Carbonketten mit einer Karboxylgruppe am Ende. Es gibt eine Vielzahl verschiedener Fettsäuren, die sich in folgenden Punkten unterscheiden (u.a. COLLOMB ET AL. 2002, KIRCHGEBNER 2004):

- Anzahl der Kohlenstoffatome in der Kette (C6-C24)
- Anzahl der Doppelbindungen (Monoen- und Polyenfettsäuren)
- Position der Doppelbindungen (isoliert oder konjugiert)
- Konfiguration bzw. räumliche Struktur (cis, trans)

Die Kohlenstoffkette umfasst bei den gesättigten Fettsäuren meist 4 - 18 C-Atome, bei den ungesättigten 16 - 22 C-Atome (KIRCHGEBNER 2004), wobei die ungesättigten Fettsäuren eine oder mehrere Doppelbindungen im Molekül aufweisen. Insgesamt können etwa 400 verschiedene Fettsäuren im Milchfett nachgewiesen werden, von denen jedoch nur 15 mit Anteilen von mehr als einem Prozent vorkommen (SCHLIMME ET AL. 1999). Die wichtigsten Fettsäuren der Milchlipide, deren Anteil im Milchfett und ihre Herkunft, sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Wichtige Fettsäuren der Milchlipide, Anteil im Milchfett (molar %) und Herkunft (MEYER 2006)

Fettsäure	Formel	Anteil	Herkunft
Buttersäure	C4:0	10 %	Pansen, aus mikrob. Fermentation
Laurinsäure	C12:0	3 %	Milchdrüse
Myristinsäure	C14:0	14 %	Milchdrüse
Palmitinsäure	C16:0	30 %	Milchdrüse und Fettgewebe
Heptadecansäure	C17:0	< 1 %	Fettgewebe, Start mit Propionat C3:0
Stearinsäure	C18:0	10 %	Fettgewebe und Futter
Ölsäure	C18:1	20 %	aus C18:0 nach Desaturierung
Linolsäure	C18:2	< 2 %	Futter
Linolensäure	C18:3	< 0,5 %	Futter
“trans vaccenic acid”	C18:1	< 1 %	Zwischenprodukt aus dem Pansen
c9t11 Linolsäure	C18:2	< 2 %	Pansen, Gewebe

Die Doppelbindungen liegen in Fettsäuren normalerweise isoliert vor, d.h. zwischen zwei Doppelbindungen liegen mindestens zwei Einfachbindungen ($-C=C-C-C=C-$). Bei den so genannten konjugierten Doppelbindungen liegt zwischen den Doppelbindungen nur eine Einfachbindung vor ($-C=C-C=C-$). Hinsichtlich der Konfiguration unterscheidet man *trans*- und *cis*-Isomere. Bei der *trans*-Konfiguration stehen sich die Wasserstoffatome diagonal gegenüber, während bei der *cis*-Konfiguration die Molekülreste auf einer Seite der Kohlenwasserstoffkette liegen (Abb. 1). *Cis*-konfigurierte Fettsäuren weisen eine 30° Krümmung der Kohlenwasserstoffkette auf, die eine dichte Packung der Moleküle verhindert und einen niedrigeren Schmelzpunkt zur Folge hat (VOET U. VOET 1994, Abb. 1). Im Gegensatz dazu besitzen *trans*- Fettsäuren eine langgestreckte Struktur, können dementsprechend dichter gepackt werden und weisen einen höheren Schmelzpunkt als das entsprechende *cis*-Isomer auf.

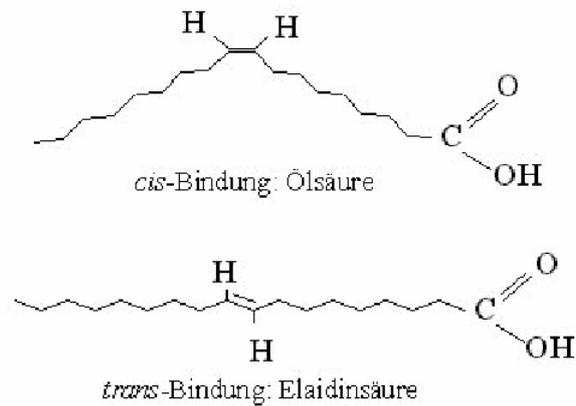


Abb. 1: Strukturvergleich von Öl- (C18:1 cis9) und Elaidinsäure (C18:1 trans9) (ANON. 2005)

In der Literatur findet man verschiedene Bezeichnungen für ein und dieselbe Fettsäure. Es existieren einerseits die Trivialnamen (z.B. Ölsäure, Oleicacid) und andererseits die systematischen Namen, welche sich von der Anzahl der C-Atome ableiten (z.B. Octadecenoic, Octadecadienoic). Auch die chemischen Strukturbezeichnungen können verschieden sein, am Beispiel von Linolsäure 1. C18:2 c9c12 oder 2. C18:2 n6.

Charakterisiert werden die Fette über ihren Schmelzpunkt (Maß für die Härte des Fettes), die Jodzahl (Maß für Anzahl der Doppelbindungen = Gehalt an ungesättigten Fettsäuren) und die Verseifungszahl (mittleres Molekulargewicht der Fettsäuren) (KIRCHGEBNER 2004). Die biologische Bedeutung der Triglyzeride liegt in ihrer Funktion als Reservestoff. Überschüssige Nahrungsmengen werden in Form von Depotfett gespeichert, so dass bei Nahrungsmangel diese Reserven mobilisiert und dem Stoffwechsel zugeführt werden können. Das Depotfett hat neben der Energiespeicherung auch Bedeutung für die Wärmeisolierung, den mechanischen Schutz empfindlicher Organe und der Speicherung fettlöslicher Vitamine (BURGSTALLER 1999, KIRCHGEBNER 2004). Milchlipide sind die Hauptenergiequelle für die Neugeborenen aller Säuger und versorgen diese mit unverzichtbaren Verbindungen wie essentiellen Fettsäuren und Vitaminen (SCHLIMME ET AL. 1999).

2.1.2 Synthese

Die in der Milch enthaltenen Fettsäuren entstehen ungefähr zu je einem Drittel durch Biohydrierung im Pansen, Biosynthese in der Milchdrüse und dem Fettgewebe oder stammen direkt aus dem Futter (U.A. BAUMANN ET AL. 1999, COLLOMB ET AL. 2002^A, SCHUBERT UND JAHREIS 2005, WEIß 2005^A, MEYER 2006). In welchem Verhältnis diese drei Entstehungsmöglichkeiten zueinander stehen, ist jedoch stark abhängig von der metabolischen Situation des Tieres. Beispielsweise dominiert bei Energiedefizit die Lipolyse im Fettgewebe, unter anabolen Umständen steht die Fettsäurebiosynthese in der Milchdrüse mehr im Vordergrund (MEYER 2006).

Die essentiellen Omega-Fettsäuren können vom Rind nicht selbst synthetisiert werden. Die in der Milch enthaltenen Omega-Fettsäuren entstammen direkt dem Blutpool (WEIß 2005^A).

2.1.2.1 Biohydrogenation

Verantwortlich für die Biohydrogenation sind Pansenbakterien. Es gibt verschiedene Bakterienstämme, die bei der Biohydrogenation eine Rolle spielen, und die in zwei Gruppen eingeteilt werden können (BAUMANN ET AL. 1999, COLLOMB ET AL. 2002). Die erste Gruppe kann Linolsäure und α -Linolensäure zu trans-Vaccensäure (trans11-C18:1) konvertieren und die zweite Gruppe benutzt cis- und trans-Isomere, z.B. t11-C18:1, als Substrat und produziert Stearinsäure als Endprodukt (KEMP UND LANDER 1984 IN BAUMANN ET AL. 1999, COLLOMB ET AL. 2002, SCHUBERT UND JAHREIS 2005). Die Biohydrogenation im Pansen besteht aus verschiedenen biochemischen Schritten (Abb. 2). Bevor die mehrfach gesättigten Fettsäuren hydrogeniert werden können, müssen verestert vorliegende Fettsäuren durch Lipolyse in Fettsäuren mit einer freien Carboxyl-Gruppe umgeformt werden (KEPLER ET AL. 1971 IN BAUMANN ET AL. 1999). Bei der Biohydrogenierung ist der erste Reaktionsschritt die Isomerisierung der cis-12 Doppelbindung zu einer trans-11 Doppelbindung, so dass im Fall der Linolsäure c9,t11-CLA entsteht. Die c9, t11-CLA wird durch Reduktion in t11-C18:1 (trans-Vaccensäure) konvertiert und letztendlich zu Stearinsäure (C18:0) hydriert (BAUMANN ET AL. 1999). Bei der α -Linolensäure entsteht c9,t11,c15-C18:3, welche über t11,c15-C18:2 zu t11-C18:1 hydriert wird. In einem letzten Reaktionsschritt entsteht wieder Stearinsäure (C18:0) (BAUMANN ET AL. 1999) (Abb. 2).

2.1.2.2 Biosynthese in der Milchdrüse und im Fettgewebe

Die c9, t11-CLA entsteht durch Biohydrogenation im Pansen aus Linolsäure. Die wichtigste Fettsäure im Weidegras ist jedoch α -Linolensäure (ALA), aus der nicht direkt durch Biohydrogenation c9,t11-CLA entstehen kann. C9t11-CLA wird mittels der δ^9 -Desaturase im Euter- und Körpergewebe aus trans11-18:1 (trans-Vaccensäure), ein Biohydrogenationszwischenprodukt sowohl der ALA als auch der (LA) Linolsäure, synthetisiert (BAUMANN ET AL. 1999, KAY ET AL. 2002 UND 2004) (Abb. 2). KAY ET AL. (2002 & 2004) konnten beweisen, dass die Biosynthese in der Milchdrüse (endogene Synthese) Hauptquelle für c9, t11-CLA bei Kühen aus Weidehaltung ist. Auch im Fettgewebe von Wiederkäuern existiert eine δ^9 -Desaturase -Aktivität (MARTIN ET AL. 1999 IN BAUMANN ET AL. 1999).

Eine Besonderheit des Milchdrüsenorgans ist die Bildung des Enzyms Thioesterase-II, durch das ein Abbruch der Fettsäuresynthese bereits bei der Kettenlänge von 10-16 C-Atomen erfolgt (MEYER 2006). Diese gesättigten Fettsäuren sind im Organismus kaum desaturierbar und machen damit den wesentlichen Teil der gesättigten Fettsäuren der Milchfette aus.

Die Besonderheit der Fettsäurebiosynthese im Gewebe ist der Kettenabbruch durch das Enzym Thioesterase-I bei 16-18C-Atomen (MEYER 2006). Wichtigstes Produkt ist die Stearinsäure, welche durch die im Verdauungskanal und die in der Milchdrüse vorhandenen Desaturasen zu Ölsäure umgewandelt wird (COLLOMB ET AL. 2002, MEYER 2006) (Abb. 2).

Deshalb ist die Ölsäure auch die im Milchfett mengenmäßig wichtigste ungesättigte Fettsäure. Teilweise entgeht dem Pansen auch das Zwischenprodukt $c9,t11$ -CLA und gelangt ohne Umwandlung durch Biohydrogenation in das Milch- und Körperfett (BAUMANN ET AL. 1999). In Abb. 2 sind die biochemischen Vorgänge im Pansen und im Gewebe zusammenfassend schematisch dargestellt.

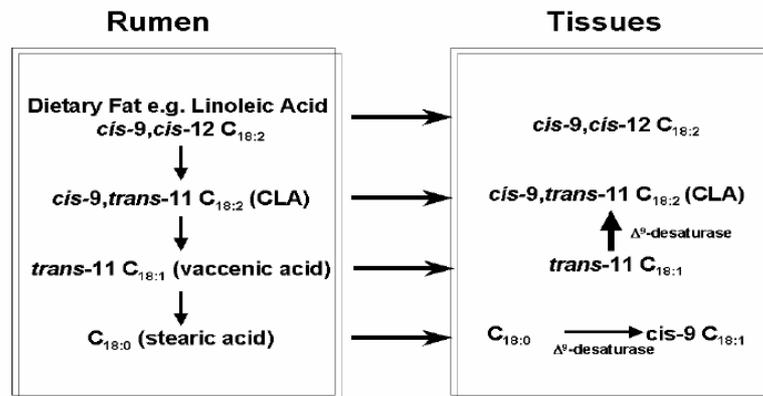


Abb. 2: Die Rolle der Biohydrogenation und der delta⁹-Desaturase bei der Produktion von $c9, t11$ CLA im Pansen und Gewebe von Wiederkäuern (BAUMANN ET AL. 1999)

2.2 Omega-3-Fettsäuren und CLA

Es soll nun der chemische Aufbau, die Bedeutung, das Vorkommen und die gesundheitliche Wirkung der beiden physiologisch wertvollsten Fettsäuren der Milch – die konjugierten Linolensäuren (CLA) und die Omega-3-Fettsäuren – vorgestellt werden.

2.2.1 Omega-3-Fettsäuren – Bau, Bedeutung und Vorkommen

Omega-3-Fettsäuren sind eine Gruppe von mehrfach ungesättigten, für den Menschen essentiellen, Fettsäuren. Diese Gruppe heißt Omega-,3“-Fettsäuren, da die erste Doppelbindung am 3. C-Atom vorliegt. Eine Omega-6-Fettsäure enthält dementsprechend die erste Doppelbindung am 6. C-Atom. Falls eine Fettsäure mehrere Doppelbindungen aufweist, sind diese jeweils durch eine Methylengruppe getrennt (U.A. PFEUFFER 1997, BAHRI ET AL. 2002, STEHLE 2006). Die Unterscheidung von Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren ist wichtig, da die beiden Fettsäuregruppen trotz der geringen Abweichung im Bau sehr unterschiedliche Eigenschaften haben. Die wichtigsten Omega-3-Fettsäuren sind die α -Linolensäure (ALA, n-3 C18:3), die Eicosapentaensäure (EPA n-3 C20:5) und die Docosahexaensäure (DHA n-3 C22:6) (Abb. 3).

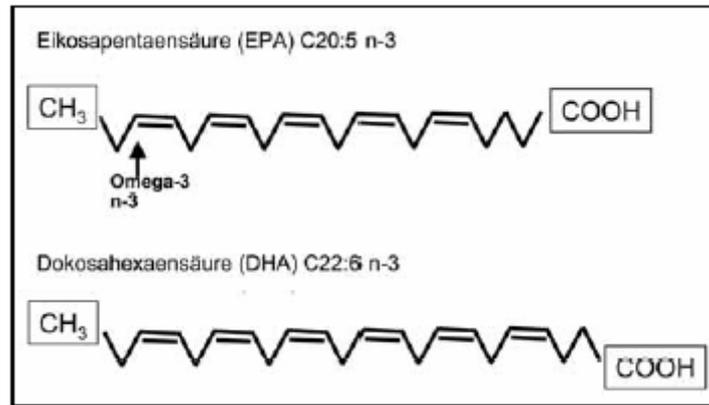


Abb. 3: Chemische Struktur der Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA (C20, C22 = Kettenlänge; 5,6 = Zahl der Doppelbindungen; n-3 = Position der ersten Doppelbindung) (FUHRMANN 2003)

Nicht alle Omega-3-Fettsäuren sind gleichwertig. EPA und DHA sind die länger-kettigen und wertvolleren Omega-3-Fettsäuren, während die ALA nur zu ca. 10 % in die physiologisch wirksamen länger-kettigen Omega-3-Fettsäuren umgewandelt werden können (U.A. GEBAUER ET AL. 2006). Zu den wichtigsten Omega-6-Fettsäuren zählen Linolsäure (LA, n-6 C18:2) und Arachidonsäure (AA, n-6 C20:4). Linolsäure kann im menschlichen Körper und tierischen Organismus, aber nicht in Pflanzen, in Arachidonsäure umgewandelt werden. Omega-3 und Omega-6-Fettsäuren konkurrieren im menschlichen Körper um bestimmte Enzymsysteme und übernehmen unterschiedliche Funktionen, die für die Wirkung bei bestimmten Krankheitsbildern von Bedeutung sind (U.A. PFEUFFER 1997, BAHRI ET AL. 2002, FUHRMANN 2003, STEHLE 2006).

Mehrfach ungesättigte Fettsäuren werden zum einen für den Aufbau von Zellmembranen benötigt. Zum anderen werden daraus im menschlichen Körper Stoffwechselmediatoren mit hormonähnlicher Wirkung („Gewebshormone“), die sog. Eicosanoide (Prostaglandine, Prostazykline, Thromboxane, Leukotriene), gebildet (Abb. 4) (KOGLER 2005, STEHLE 2006).

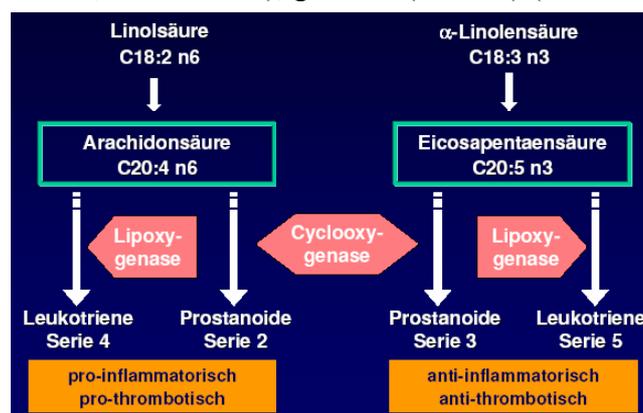


Abb. 4: Eicosanoidsynthese aus Fettsäuren der Omega-3 und Omega-6-Reihe (STEHLE 2006)

Obwohl aus beiden Fettsäure-Gruppen, d.h. sowohl aus Omega-3- als auch aus Omega-6-Fettsäuren, Eicosanoide gebildet werden, zeigen diese meist antagonistische Wirkungen (Abb. 4). Eicosanoide beeinflussen die Funktionen der glatten Muskelzellen, Endothelien, Monocyten, Thrombocyten sowie Entzündungs- und Immunreaktionen.

Die Eicosanoide der Omega-6-Fettsäuren wirken stark gefäßverengend und fördern die Blutgerinnung, wodurch das Blut dickflüssiger wird. Außerdem verstärken sie Entzündungsreaktionen. Die Eicosanoide der Omega-3-Fettsäuren, die eine deutlich höhere Affinität besitzen, bewirken hingegen das Gegenteil, da sie gefäßerweiternd wirken und die Blutgerinnung hemmen, wodurch das Blut flüssiger wird. Des Weiteren wird ihnen eher eine entzündungshemmende Wirkung zugesprochen. Im Hinblick auf bestimmte Erkrankungen sind diese Eigenschaften von großer Bedeutung, da sowohl Gefäßerweiterung als auch Gerinnungshemmung günstige Faktoren für die Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen darstellen (KOGLER 2005, STEHLE 2006).

In Milch liegen die Omega-3-Fettsäuren zu ca. 90 % in Form von ALA vor. In der gleichen Form kommen Omega-3-Fettsäuren in pflanzlichen Ölen, vor allem in Leinöl, Walnussöl und auch in Rapsöl sowie in verschiedenen Gemüsesorten (Löwenzahn, Spinat, Mangold, Salate, Portulak) vor (U.A. PFEUFFER 1997, BAHRI ET AL. 2002, STEHLE 2006). EPA und DHA sind hingegen vor allem in Seefisch enthalten. Zu den fettreichen (viel Omega-3) Seefischen gehören insbesondere Makrele, Lachs, Hering sowie Thunfisch und Sardine (WEIDINGER ET AL. 2005). Doch nicht nur der absolute Gehalt an Omega-3-Fettsäuren eines Produktes sind entscheidend, sondern vor allem auch das Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3-Fettsäuren. Gemäß den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE 2000) sollte das Verhältnis von Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren weniger als 5 zu 1 betragen. STEHLE (2006) gibt ein derzeitiges Verhältnis von 7,5: 1 für Deutschland an. Üblicherweise verzehrte Nahrungsmittel liefern zu wenig Omega-3 und zu viel Omega-6-Fettsäuren (KOGLER 2005). Inzwischen gibt es eine Reihe von funktionellen Lebensmitteln, bei denen der Omega-3-Fettsäuregehalt erhöht wurde (SCHMITT ET AL. 2002). Die Anreicherung von Omega-3-Fettsäuren in Lebensmitteln erfolgt überwiegend in Form hochraffinierter Fischöle natürlichen Ursprungs. Folgende angereicherte Lebensmittel befanden sich im Jahr 2002 auf dem deutschen Markt (SCHMITT ET AL. 2002):

- **Brot- und Backmischungen** - Aktifit-Brot (RUF-Lebensmittelwerk GmbH&Co); Omega-3-Kruste (Diamant-Mühle), Schäfer`s-3-Spitz (Kampffmeyer Mühlen GmbH)
- **Eier** – Eiplus (Eifrisch), Omega-DHA-Eier (Omega DHA Food GBR)
- **Getränke** – E-Vita (Urbacher), EASY DAY (Krings Fruchtsaft AG), Sodenthaler DHA (Sodenthaler Mineral- und Heilbrunnen)
- **Nudeln** – Valtleuri (unbekannt)
- **Pasteten** – Feine Pasteten (Greifen Fleisch GmbH)

2.2.2 Omega-3-Fettsäuren und Gesundheit

Eine Vielzahl von Untersuchungen weltweit ergaben zahlreiche Hinweise auf sehr unterschiedliche günstige Effekte von Omega-3-Fettsäuren im menschlichen Körper (u.a. KOGLER 2005, HILDEBRANDT 2006):

- Senkung der Serumtriglyceridwerte (Neutralblutfettwerte)
- Entzündungshemmende Wirkung bei chronisch-entzündlichen Erkrankungen
- Stabilisierung von arteriosklerotische veränderten Gefäßwänden
- Hemmung der Thrombozytenaggregation (Verminderung der Verklumpung von Blutplättchen in den Blutgefäßen)
- Mögliche Beeinflussbarkeit von verschiedenen neurologischen und psychischen Erkrankungen
- Unterstützung bei Fettstoffwechselstörungen von Diabetikern
- Verbesserung einiger Symptome bei rheumatoider Arthritis
- Verbesserung bei Hauterkrankungen wie Neurodermitis

Aufgrund der zahlreichen günstigen Effekte wurde die Wirkung an höhergradig gefährdeten Patienten überprüft. Die drei wichtigsten klinischen Studien (randomisiert, kontrolliert), die den Einfluss von Fisch auf die Mortalität und Myokardinfarkte untersuchten, sind die

1. DART-STUDIE (DIET AND REINFARCTION TRIAL) (1989) - 2.033 Männer, die einen Myokardinfarkt überlebt hatten, wurden über einen Zeitraum von 2 Jahren drei verschiedenen Ernährungsgruppen zugeteilt (Reduktion des Verzehrs von gesättigten Fettsäuren/ Erhöhung des Verzehrs von Fisch/ Erhöhung des Verzehrs von Ballaststoffen).
2. GISSI-STUDIE (1999) - 11.324 Patienten (mittleres Alter: $59,4 \pm 10,6$ Jahre), die drei Monate zuvor einen Herzinfarkt erlitten hatten, bekamen zu der üblichen Herzmedikation entweder 1g Omega-3-Fettsäuren/ Tag in Form von Fischölkapseln (n = 2836), 300g Vitamin E/Tag (n = 2830), eine Kombination aus beidem (n = 2830) oder ein Placebo (n = 2828) über einen Zeitraum von 3 Jahren.
3. LYON-HEART-STUDIE (1999) - Der Hälfte der 600 teilnehmenden Herzinfarktpatienten wurde eine mediterrane Ernährungsweise empfohlen (reich an Omega-3-Fettsäuren), die sog. „Kreta Diät“ (ca. 15 % mehr Brot, 100 % mehr Hülsenfrüchte, 24 % mehr Obst, mageres Fleisch + Fleischkonsum um ein Drittel reduzieren, 1/5 mehr Seefisch, Käse reduziert, Butter und Sahne wurden durch Rapsöl und Olivenöl ersetzt).

Die Gruppen, bei denen die Omega-3-Fettsäureaufnahme erhöht war, verzeichneten

- eine geringere Gesamt- und kardiale Mortalität
- eine signifikant reduzierte Rate an tödlichen und nichttödlichen Mykardinfarkten und Schlaganfällen

BUCHER ET AL. (2002) führte eine Metaanalyse von 11 klinischen Interventionsstudien zwischen 1966 und 1999 durch und resümierten ebenfalls, dass die Zufuhr von Omega-3-Fettsäuren positive Auswirkungen auf tödliche und nichttödliche Myokardinfarkte, die Gesamtmortalität sowie den plötzlichen Herztod bei Patienten mit KHK haben.

Die meisten Interventionsstudien zur Wirkung von Omega-3-Fettsäuren sind mit Fischölkapseln oder ähnlichen Nahrungsergänzungsmitteln oder mit Medikamenten durchgeführt worden, nicht jedoch mit Omega-3-fettsäurehaltigen Nahrungsmitteln (mit Ausnahme von Fisch und Olivenöl). Ein erhöhter Fischverzehr ist jedoch aufgrund der weltweiten Überfischung der Meere und umweltbedingter Kontaminationen (erhöhter Schadstoffgehalt) problematisch (WEIDINGER ET AL. 2005). Außerdem stehen maritime Nahrungsmittel nicht für alle Menschen ausreichend zur Verfügung und der Großteil der Bevölkerung müsste seinen Bedarf mit der üblichen Nahrung über pflanzliche Omega-3-Fettsäuren decken. An dieser Stelle könnten aber auch Fleisch und Milchprodukte natürlich gehaltener Tiere mit einem natürlich erhöhten Omega-3-Fettsäuregehalt zukünftig eine wichtige Rolle einnehmen. Gemäß einer französischen Ernährungsstudie sind Milchprodukte und Fleisch die wichtigste Quelle für die menschliche Versorgung mit ALA (ASTORG ET AL. 2004).

Die D-A-CH Referenzwerte der DGE (2000) geben den Bedarf mit 0,5 % der Energiezufuhr pro Tag an. Es wird jedoch nicht unterschieden zwischen ALA und den beiden längerkettigen und physiologisch wertvolleren Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA. Der menschliche Körper kann nur 10 % der ALA in EPA und DHA umwandeln. In Tab. 3 wurden einige Altersgruppen ausgewählt, pro Altersgruppe das Referenzgewicht der D-A-CH-Werte übernommen und dafür die empfohlene Menge der Omega-3 Fettsäuren pro Tag berechnet. Als Umrechnungsfaktor wurden 9,2 kcal/g Omega-3 Fettsäuren eingesetzt.

Tab. 3: D-A-CH-Tagesrichtwerte bei mittlerer körperlicher Aktivität von verschiedenen Altersgruppen (<http://www.acibas.net/omega3/page4.shtml> 25.10.06)

Alter	15-19 Jahre		25-51 Jahre		65 + Jahre	
	m	w	m	w	m	w
Energie kcal/kg	46	43	39	39	34	33
Referenzwerte kg	67	58	74	59	68	55
Energie/Referenzgewicht kcal	3082	2494	2886	2301	2312	1815
Omega-3 (9,2 kcal/g) mg	1675	1356	1569	1251	1257	987

Aus Tab. 3 ist ersichtlich, dass z.B. eine Person zwischen 25 und 51 Jahren mit einem Body Mass Index (BMI) im Normalbereich bei mittlerer körperlicher Aktivität 1,5 g (Männer) bzw. 1,25 g (Frauen) Omega-3-Fettsäuren pro Tag zu sich nehmen sollte. HAUSWIRTH ET AL. (2004) stellten fest, dass Käse, der aus Alpmilch hergestellt wurde, einen sehr hohen Anteil an Omega-3-Fettsäuren enthält. Das könnte ein Grund für die niedrige Rate von Herzerkrankungen im Alpenraum sein („Alpines Paradoxon“).

Mit 55 g Käse (durchschnittlicher täglicher Käseverzehr in westlichen Ländern) könnten, wenn man Alpkäse verzehrt, 272 mg ALA aufgenommen werden. Bei 55 g Cheddar wären es nur 62 mg ALA. Würde man also 100 g Alpkäse pro Tag essen, dann könnten damit 1/3 des empfohlenen Tagesbedarfs an Omega-3-Fettsäuren gedeckt werden.

2.2.3 CLA – Bau, Bedeutung und Vorkommen

CLA (conjugated linoleic acid) steht als Sammelbegriff für alle Isomeren der Octadecadiensäure (C18:2), die nicht isolierte, sondern konjugierte (d.h. benachbarte) Doppelbindungen an den Positionen 9, 11 bzw. 10, 12 besitzen (U.A. WAGNER 2006, SCHUBERT UND JAHREIS 2005). Die konjugierte Doppelbindung zeichnet sich durch das Fehlen einer isolierenden Methylgruppe zwischen den Doppelbindungen aus, wie sie zum Beispiel bei der Linolsäure (C18:2) vorhanden ist.

CLA können entweder *cis*- oder *trans*-konfiguriert sein und stellen somit eine besondere Gruppe der *trans*-Fettsäuren dar. Während *trans*-Fettsäuren in vielen Fällen negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben, werden den CLA positive Effekte auf den Stoffwechsel zugeschrieben.

Das Vorkommen konjugierter Doppelbindungen in Wiederkäuerprodukten wurde erstmals 1935 (BOOTH ET AL. 1935 IN BAUMANN ET AL. 1999) beschrieben. PARODI (1977 IN BAUMANN ET AL. 1999) klassifizierte diese später als konjugierte Linolsäuren. Ernährungsphysiologisch relevant sind die *cis*9*trans*11 und *trans*10*cis*12 Isomere, welche die höchste biologische Aktivität haben (FRITSCHKE 2000, SCHUBERT UND JAHREIS 2005, WAGNER 2006). Das *cis*9*trans*11 Isomer ist das wichtigste Isomer der CLA und macht 80-90 % aus (BAUMANN ET AL. 1999).

Produkte von Wiederkäuern bzw. Produkte, die Zutaten von Wiederkäuern (Fleisch, Milch bzw. deren Fette) enthalten, sind die Hauptquelle für CLA in der menschlichen Ernährung (CHIN ET AL. 1992, FRITSCHKE UND STEINHARDT 1998, WAGNER 2006). Die nachfolgende Tab. 4 gibt einen Überblick über die CLA-Gehalte, speziell den Gehalt an *c*9,*t*11-CLA, in verschiedenen Lebensmitteln und -gruppen, die von CHIN ET AL. (1992) in den USA und von STEINHARDT UND FRITSCHKE (1998) in Deutschland untersucht wurden.

Tab. 4: Mittlerer c9,t11-CLA- und CLA-Gehalt in verschiedenen Lebensmittelgruppen (1 FRITSCHKE UND STEINHARDT 1998 und 2 CHIN ET AL. 1992)

Lebensmittelgruppen	¹ Gehalt an c9,t11-CLA (% der FSME)	² Gehalt an Σ CLA (mg/g Fett)	² c9,t11-CLA (% der Σ CLA)
Wiederkäuerfleisch	0,43 – 1,20	2,7 – 5,6	79 - 92
Nichtwiederkäuerfleisch	0,11 – 0,20	0,6 – 1,6	70 - 84
Wurstwaren	0,27 – 0,44	0,4 – 6,6	56 - 85
Fisch, maritime Produkte	0,01 – 0,09	< 0,1 – 0,8	-
Milch und Milchprodukte	0,77 – 1,16	3,6 – 7,0	> 83
Butter	0,94	4,7	88
Käse	0,40 – 1,70	2,9 – 7,1	80 – 95
Speisefette, Öle	< 0,01	0,1 - 0,7	38 - 46
Backwaren	0,02 – 0,55	-	-
Süßwaren, Snacks	< 0,01 – 0,15	-	-

Milch- und Milchprodukte, sowie Butter und Käse, welche in dieser Untersuchung getrennt betrachtet wurden, unterlagen großen Schwankungen, zeigten jedoch neben dem Wiederkäuerfleisch jeweils die höchsten CLA-Gehalte im Vergleich zu anderen Lebensmitteln an. Fleisch von Nichtwiederkäuern enthielt deutlich geringere Mengen an CLA. Fisch und andere maritime Produkte spielten keine Rolle bei der CLA-Versorgung. Milch- und alle Milchprodukte der weißen und gelben Linie sind somit eine wesentliche CLA-Quelle in der menschlichen Ernährung. Der CLA-Gehalt bleibt bei der Verarbeitung und Haltbarmachung der Milch unverändert, d.h. der CLA-Gehalt in Milchprodukten ist abhängig von dem der Rohmilch (MULLER UND DELAHOY 2003).

Die durchschnittliche Aufnahme an CLA in Deutschland wird mit 350 mg CLA/Tag für Frauen und 430 mg/Tag für Männer angegeben (FRITSCHKE UND STEINHARDT 1998). SCHUBERT UND JAHREIS (1999) geben die CLA-Aufnahme eines Mannes in Deutschland mit etwa 350 mg pro Tag an. Laut JAHREIS (1999) wäre bei einer gezielten Lebensmittelauswahl eine Verdoppelung der täglichen CLA-Aufnahme möglich. Damit wäre zwar nicht die von JAHREIS (1999) genannte maximale präventive Dosis (etwa 2-3 g je Tag) erreicht, jedoch sind Wiederkäuerprodukte bei entsprechend hohem CLA-Gehalt durchaus geeignet einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der CLA-Versorgung zu leisten (u.a. SCHUBERT UND JAHREIS 1999, WAGNER 2006).

2.2.4 CLA und Gesundheit

Hinsichtlich der festgestellten Wirkungen von CLA muss zwischen Zellkultur-, Tier- und Humanstudien unterschieden werden. Während aus den ersten beiden genannten Systemen viel versprechende Ergebnisse abgeleitet werden konnten, sind die Untersuchungen im Humanbereich begrenzt und widersprüchlich. Eine Zusammenstellung allgemeiner gesundheitlicher Wirkungen von CLA gibt Abb. 5.

Jahr	Physiologische Wirkung
1987	Antikanzerogene Eigenschaften (HA et al. 1987)
1993	Immunmodulierende Eigenschaften (COOK et al. 1993)
1994	Antiatherogene Eigenschaften (LEE et al. 1994)
1995	Anabole Eigenschaften (PARK et al. 1995)
1997	Modulation der Knochenmasse (SEIFERT U. WATKINS 1997)
1998	Antidiabetogene Eigenschaften (HOUSEKNECHT et al. 1998)
1999	Antithrombotische Eigenschaften (TRUITT et al. 1999)

Abb. 5: Entdeckungsgeschichte der CLA-Eigenschaften (KRAFT 2003)

Eine große Anzahl der Forschungsarbeiten wurde bezüglich der antikanzerogenen Wirkung der CLA durchgeführt. Dabei wurden Auswirkungen auf induzierten Hautkrebs, Dickdarm- und Magenkrebs sowie auf die Tumorbildung bei Prostata- und Brustkrebs aufgezeichnet. Untersuchungen an Ratten und Mäusen zeigten eine reduzierte Tumorbildung bei einer dosisabhängigen Diät mit einem CLA-Gehalt von bis zu einem Prozent im Futter (WHIGHAM ET AL. 2000). IP ET AL. (1996) stellten eine Verminderung der Brustkrebsbildung durch CLA unabhängig von der Art oder des Gehaltes des verabreichten Fettes fest. BAUMANN ET AL. (2000) produzierten durch eine veränderte Fütterung der Kühe eine Butter mit erhöhtem CLA-Gehalt und fütterten diese und zwei weitere Buttern mit chemisch erhöhtem CLA-Gehalt an tumorinduzierte Ratten. Ratten, denen ein CLA-reiches Futter verabreicht wurde, erkrankten halb so oft an Krebs wie die Kontrollgruppe.

Eine weitere diskutierte Eigenschaft der CLA ist die Wirkung bezüglich Arteriosklerose. In einem Fütterungsversuch an Kaninchen mit 0,5 % CLA bezogen auf die Gesamtfettsäuren in der Diät, stellten LEE ET AL. (1994) eine signifikante Reduzierung des LDL-Spiegels (low density lipoprotein) sowie des LDL/HDL-Spiegels (high density lipoprotein) und somit einen Schutz gegen Fettablagerung in den Arterien fest. Jüngere Studien an der gleichen Tierart ergaben sogar eine 30%ige Reduzierung der arteriosklerotischen Erkrankungen (KRITCHEVSKY ET AL. 2000).

Ein deutlich anaboler Effekt der CLA wurde in verschiedenen Studien an Schweinen, Ratten und Mäusen festgestellt (PARK ET AL. 1997, WEST ET AL. 1998). Durch Aufnahme von 0,5-1,2 % CLA im Futter wurde der Körperfettanteil reduziert, wobei die fettfreie Körpermasse („lean body mass“) gleichzeitig zunahm. In Humanstudien mit CLA-Gaben wurden einerseits vergleichbare Ergebnisse, die sich in einer Reduzierung des Körperfettanteils und eine Steigerung der Muskel- und fettfreien Körpermasse widerspiegeln (WHIGHAM ET AL. 2000) erzielt, andere Untersuchungen konnten keinen Unterschied in der Körperfettzusammensetzung und dem Energieverbrauch zwischen den Untersuchungsgruppen mit und ohne CLA-Zulage feststellen. CLA-Präparate finden aufgrund ihrer anabolen Wirkung im Leistungssport einen verbreiteten Einsatz.

Es gibt eine Vielzahl weiterer Untersuchungen zu den genannten gesundheitlichen Effekten. Im Rahmen dieser Arbeit soll dieser Ausschnitt genügen.

Zu bemerken ist abschließend, dass nur wenige Studien die Auswirkungen von Lebensmitteln mit natürlich hohem CLA-Gehalt untersucht haben. Außerdem sind die bisherigen Erkenntnisse über gesundheitliche Auswirkungen der aktuellen Aufnahmemengen nicht überzeugend und widersprüchlich (EFSA-GUTACHTEN 2004).

2.3 Beeinflussung des Fettsäuremusters durch Fütterung

Um die verschiedenen gesundheitsfördernden Eigenschaften für den Menschen nutzbar zu machen, wird seit einiger Zeit die Anreicherung von CLA und Omega-3-Fettsäuren in tierischen Lebensmitteln diskutiert. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Studien durchgeführt, die sich mit genau dieser Frage beschäftigen.

Der wichtigste Faktor, welcher die Fettsäurezusammensetzung der Kuhmilch beeinflusst, ist die gefütterte Ration. Einfluss haben die einzelnen Komponenten des Grund- und Kraftfutters (Art und Menge) sowie diverse Futterzusätze. Die überwiegende Zahl an Untersuchungen beschäftigt sich mit Letzterem – nämlich den Auswirkungen von Futterzusätzen wie Fetten, Ölen und ölhaltigen Samen. Da dieses Thema jedoch in der vorliegenden Arbeit nur am Rande von Interesse ist, wird nicht weiter darauf eingegangen.

BAUMANN ET AL. (1999) unterteilte die in der Literatur beschriebenen Faktoren entsprechend ihres Wirkungsmechanismus in Bezug auf die Beeinflussung der CLA-Synthese bei Milchkühen in drei große Kategorien (Abb. 6).

Diätische Faktoren	Effekt auf CLA-Gehalt im Milchfett	Referenzen
Lipide		
Unges. vs. gesättigtes Fett	Ansteigend bei Zulage von ungesättigtem Fett	6
Pflanzenöle		
Art des Öles	Variable Zunahme	1, 3, 4, 5
Menge des Öles	Dosisabhängige Zunahme	3, 7
Ca-Salze von Ölen	Zunahme	1
Ölhaltige Samen		
Roh	Kein Effekt	1, 3
Behandelt	Variable Zunahme	1, 8
Tierische Fette	Minimaler Effekt	1
Modifikation der Biohydrogenierung		
Grundfutter-Kraftfutter-Verhältnis	Variabler Effekt	1, 9, 6
Restriktive Fütterung	Überwiegend ansteigend bei restriktiver Fütterung	9
Fischöl	Zunahme	1, 2, 10, 11
Ionophore	Variable Effekte	12, 13
Kombination		
Grünfutter vs. konserviertes Futter	Höher bei Grünfutter	12, 14, 15
Wachstumsstadium des Futters	Höher bei weniger reifem Futter	1

1= Chouinard et al. 2001, 2= Offer et al. 1999, 3= Dhiman et al. 2000, 4=Loor et al. 2002a, 5= Lock u. Garnsworthy 2002, 6= Griinari et al. 1998, 7= Mir et al. 1999, 8= Lawless et al. 1998, 9= Jiang et al. 1996, 10= Jones et al. 2000, 11= Chilliard et al. 1999, 12= Dhiman et al. 1999b, 13= Sauer et al. 1998, 14= Ward et al. 2003, 15= Kelly et al. 1998

Abb. 6: Zusammenfassung der diätetischen Faktoren, welche die CLA-Synthese beeinflussen und deren Wirkungen auf den CLA-Gehalt (BAUMANN ET AL. 1999)

Die erste Gruppe ergibt sich aus Komponenten der gefütterten Ration, die Lipide als Substrat für die Biohydrogenierung bereitstellen. Folge davon ist eine erhöhte CLA-Produktion im Pansen, der zu einem erhöhten CLA-Gehalt im Milchfett führt. Gruppe 2 setzt sich zusammen aus Rationskomponenten und Maßnahmen in der Fütterungstechnik, die die ruminale Bakterienpopulation direkt oder indirekt beeinflussen. Die dritte Gruppe beinhaltet fütterungstechnische Maßnahmen, die eine Kombination der Wirkungsmechanismen der ersten beiden Gruppen miteinander verbinden. Der größte Teil der Untersuchungen zur Beeinflussung des Fettsäuremusters durch die Fütterung beschäftigt sich mit den Auswirkungen auf den CLA-Gehalt der Milch. In verhältnismäßig wenigen Studien geht es um die Beeinflussung des Omega-3-Gehaltes durch Fütterung.

Das Fettsäuremuster variiert vor allem durch die Fütterung und nur leicht in Abhängigkeit von der Genetik, dem Laktationsstadium und der Parität (U.A. PALMQUIST & BEAULIEU 1992 + 1993, JAHREIS ET AL. 1999). Tierindividuelle Einflüsse zeigten sich aber teilweise deutlich aufgrund verschiedener Pansenflora und Widerkaufrequenz, aber auch durch unterschiedliche Δ^9 -Desaturase-Aktivität (U.A. KELSEY ET AL. 2003). Gemäß JAHREIS ET AL. (1999) variierte vor allem der CLA-Gehalt im Milchfett in Abhängigkeit von der Spezies und der Rasse. Angeordnet nach steigendem CLA-Gehalt im Milchfett, ergeben sich folgende Spezies-Reihenfolge: Pferd, Schwein, Mensch, Ziege, Kuh und Schaf.

In folgenden Kapiteln werden einige Untersuchungen exemplarisch beschrieben. In Tab. 6 und Tab. 8 sind als Zusammenfassung die wichtigsten Ergebniszahlen nach Autoren geordnet aufgelistet.

2.3.1 Auswirkungen verschiedener Fütterungsstrategien - Alp/ Höhenlage

Besonders in der Schweiz wird seit einigen Jahren intensiv zu den Auswirkungen der Alpengang auf die Milchfettzusammensetzung der Kühe geforscht. Nachfolgend werden wichtige Studien zum Thema vorgestellt.

Der erhöhte CLA- und Omega-3-Fettsäuregehalt alpiner Produkte ist bislang wissenschaftlich noch nicht erklärbar. Folgende Gründe wurden in der Literatur genannt bzw. untersucht:

- Vorkommen spezifischer Pflanzen in alpinen Regionen mit spezifischer Fettzusammensetzung (COLLOMB ET AL. 2002^B)
- Erhöhte ALA-Gehalte der alpinen Flora (U.A. KRAFT ET AL. 2003)
- Veränderter Sauerstoffgehalt der Luft (LEIBER ET AL. 2004)
- Mobilisation von Körperfett (ALA) aufgrund des Energiedefizits in Verbindung mit der Höhenlage bzw. Energiemangel im Futter (u.a. PALMQUIST & BEAULIEU 1993, LEIBER ET AL. 2004, DE WIT ET AL. 2006)
- Verringerte ruminale Biohydrogenationsaktivität aufgrund des Energiedefizits (mehr ALA umgeht die Biohydrogenation und bleibt für die Absorption verfügbar) oder aufgrund spezifischer sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe (z.B. Polyphenole, Terpenoide,

Tannine), welche die ruminale Bakterien hemmen (BARRY ET AL. 1999 UND MIN ET AL. 2003 IN LEIBER ET AL. 2005)

COLLOMB ET AL. (2002^B) untersuchten den Zusammenhang zwischen dem Fettsäuremuster von Milch (44 Proben) und der botanischen Zusammensetzung von Weideflächen in Tallagen (600-650 m), im Gebirge (900-1.210 m) und auf der Alp (1.275-2.120 m) in der Schweiz. Drei Pflanzenarten (*Leontodon hispidus* (Rauer Löwenzahn), *Lotus corniculatus* (Gemeiner Hornklee), *Trifolium pratense* (Rotklee)) korrelierten positiv mit der Konzentration mehrfach ungesättigter Fettsäuren, CLA und der einfach ungesättigten trans- 18:1 Fettsäure. Man vermutete, dass die Fettzusammensetzung der Kräuter verantwortlich für den hohen CLA-Gehalt der Alpmilch ist. Die Konzentration von CLA korrelierte zusätzlich positiv mit dem Vorkommen von *Plantago alpina* (Alpen-Wegerich) und *Prunella vulgaris* (Kleine Braunelle). Die Ergebnisse der Feldstudie von COLLOMB ET AL. (2002^B) wiesen im Gegensatz zu WEIß ET AL. (2006) und LEIBER ET AL. (2005) auf einen Zusammenhang zwischen dem Vorkommen einzelner Pflanzen und Pflanzenfamilien und dem Fettsäuremuster der Milch hin. COLLOMB ET AL. (2002^C) stellten außerdem einen deutlichen Anstieg des CLA-Gehaltes mit zunehmender Höhenlage fest: 8,7¹/ 16,1²/ 23,6³ mg/g Fett (Tal¹/ Berg²/ Alp³). Omega-3-Fettsäuren waren zu 13,9¹/14,9²/20,9³ mg/g Milchfett auf den drei Standorten nachweisbar. Es wurden signifikante Unterschiede in der Milchfettzusammensetzung zwischen den drei Standorten gemessen (Tab. 6: Übersicht über die Ergebnisse der beschriebenen Versuche (Angaben in mg/g Fett) (eigene DARSTELLUNG).

LEIBER ET AL. (2005^{A+B}) untersuchten den Einfluss der reinen Grasfütterung auf weidelgrasbetonten Talweiden (400 m) und botanisch diversen Alpweiden (2.000 m) auf das Fettsäureprofil der Milch. Drei Gruppen mit sechs Braunviehkühen bekamen entweder eine Kontrollration⁴ im Tal (Silage-Kraftfutter), Frischfutter im Stall⁵ oder freien Weidegang⁶, beide Gruppen zuerst im Tal und dann auf der Alp. Der durchschnittliche Omega-3-Fettsäuregehalt war generell in den Gruppen mit Grasfütterung höher. In der Talmilch war er gegenüber der Kontrollgruppe um 33 % (8,1⁴/13,2⁵/14,3⁶ mg/g Fett) und auf der Alp um 96 % erhöht (8,5⁴/16,4⁵/19,8⁶ mg/g Fett), obwohl die Kühe auf der Alp geringere Mengen ALA aufgrund der verringerten Futteraufnahme und dem geringeren ALA-Gehalt der alpinen Vegetation aufnahmen. Dies ist bemerkenswert, da in der Literatur bislang eine höhere ALA-Aufnahme als Ursache für die Alpweideeffekte auf die Omega-3-Fettsäuren im Milchfett angenommen wurde (KRAFT ET AL. 2003). Im Gegensatz zu den Ergebnissen von KRAFT ET AL. (2003) war der c9t11-CLA-Gehalt der Milch von den Weidetieren auf der Alp jedoch niedriger als im Tal (Alpweide: 13,40 versus Talweide: 17,05 mg/g Fett).

¹Talstandort

²Bergstandort

³Alpstandort

⁴Kontrollration im Tal

⁵Frischfutter im Stall

⁶Freier Weidegang

Im Gegensatz zum c9t11-CLA-Gehalt, erhöhte sich der Gehalt des t11c13-CLA-Isomers in Übereinstimmung mit KRAFT ET AL. (2003) mit steigender Höhenlage kontinuierlich (0,20¹/0,73²/0,73³ mg/g Fett im Tal, 0,20¹/1,02²/1,14³ mg/g Fett auf der Alp) (Tab. 6: Übersicht über die Ergebnisse der beschriebenen Versuche (Angaben in mg/g Fett) (eigene DARSTELLUNG)).

LEIBER ET AL. (2005^{A+B}) vermuteten aufgrund ihrer Untersuchung, dass der Omega-3-Fettsäurelevel der Milch unabhängig von der ALA-Aufnahme über das Futter ist. Möglicherweise wird aufgrund des Energiedefizits in Verbindung mit der Höhenlage Körperfett mobilisiert (bevorzugt ALA) oder die Biohydrogenationsaktivität verringert, aufgrund des Energiedefizits bzw. aufgrund spezifischer sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe.

Im Falle, dass spezifische Pflanzeninhaltsstoffe für den CLA und Omega-3-Fettsäuregehalt der Milch verantwortlich sind, wäre diese Erkenntnis auch für Talbetriebe von Nutzen. Wenn jedoch das Energiedefizit der ausschlaggebende Grund ist, gäbe es laut LEIBER (2005^{A+B}) nur wenig Potentiale mit Alpmilch zu werben, weil ein Konflikt zwischen der Frage der Produktqualität und dem Wohlergehen der Tiere entstehen würde. LEIBER ET AL. (2004, 2005^{A+B}) vermuteten abschließend aufgrund ihrer Ergebnisse, dass die Gehalte an CLA und 18:1transFs mit der Weidehaltung im Generellen in Verbindung stehen, jedoch nicht einen spezifischen Alpweideeffekt darstellen.

LEIBER ET AL. (2004) stellten die Frage, ob ein ähnliches Fettsäureprofil wie bei der alpinen Weidefütterung unter definierten Umweltbedingungen und Fütterungskonditionen im Tal erreichbar wäre. Um herauszufinden, in welchem Ausmaß spezifische alpine Gegebenheiten zusätzlich zum Grasens auf alpinen Flächen zu dem speziellen Fettsäuremuster beitragen, wurde ein Versuchsdesign aufgestellt, in dem unterschieden werden konnte zwischen dem Einfluss des Sauerstoffmangels im Blut (alpine hypoxia) und der alpinen Futterqualität.

Die geringere Aufnahme von ALA durch alpines Heu verringerte nicht den ALA-Gehalt der Milch, was auch in den Untersuchungen von LEIBER ET AL. (2005^B) mit Grasfütterung erkannt wurde. LEIBER ET AL. (2004) resümierten, dass weder der unterschiedliche Sauerstoffpartialdruck, noch spezielle Fettsäuremuster alpinen Futters vorrangig verantwortlich für das Fettsäuremuster von Milch alpinen Ursprungs sein können. Sie vermuteten vielmehr, dass bestimmte Futtermittel und der Mangel an Energie in bestimmten Futtermitteln (z.B. Alpheu) Stoffwechselforgänge beeinflussen und dadurch Veränderungen im Fettsäuremuster hervorrufen könnten.

KRAFT ET AL. (2003) untersuchten 16 Milchproben (4 x 4) von vier verschiedenen Standorten (Thüringen/ Schweiz) auf verschiedenen Höhenlagen (200 - 2.200m) und mit unterschiedlichen Bewirtschaftungsweisen (konventionell/ ökologisch/ Alp) in den Sommermonaten 2000 und 2001.

¹ Talstandort
² Bergstandort
³ Alpstandort

Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren waren in der Milch der Alpstandorte signifikant höher als in der Milch von konventionell-intensiven Betrieben in Thüringen. Der absolute CLA-Gehalt der Milch bei Alpkühen war neunmal höher als bei Kühen aus ganzjähriger Stallhaltung. In der Milch vom Alpstandort wurde ein zehnmal höherer c9t11CLA-Gehalt nachgewiesen als in der Milch aus ganzjähriger Stallhaltung in Thüringen (Tab. 6: Übersicht über die Ergebnisse der beschriebenen Versuche (Angaben in mg/g Fett) (eigene DARSTELLUNG)). KRAFT ET AL. (2003) stellten aufgrund der Ergebnisse die Hypothese auf, dass das trans11cis13 – CLA Isomer mengenmäßig am zweithäufigsten auftritt (1/4 des Gesamt-CLA) und in großen Mengen vor allem bei Kühen, die auf hochgelegenen Bergwiesen weiden (2,49 versus 0,07 mg/g Fett), welche laut der Autoren besonders reich an ALA sind.

WESTERMAIR ET AL. (2006) untersuchten die Milchqualität in Bayern (49 Rohmilchproben) in Abhängigkeit von der Höhenlage und von der Bewirtschaftungsweise. Es wurde festgestellt, dass in Grünland- und Bergregionen im Gegensatz zu Ackerbauregionen mehr CLA (15/17 versus 7 mg/g Fett), Omega-3-Fettsäuren (10/10 versus 4 mg/g Fett) und mehrfach ungesättigte Fettsäuren (31/31 versus 22 mg/g Fett) in der Milch enthalten sind (Tab. 6: Übersicht über die Ergebnisse der beschriebenen Versuche (Angaben in mg/g Fett) (eigene DARSTELLUNG)). Biologische und Bergmilch waren hinsichtlich der gesundheitlich wertvollen Fettsäuren beinahe gleichwertig und lagen etwas höher als Flachlandmilch aus Grünlandregionen, aber deutlich höher als Milch aus Ackerbauregionen (Tab. 6: Übersicht über die Ergebnisse der beschriebenen Versuche (Angaben in mg/g Fett) (eigene DARSTELLUNG)). WESTERMAIR ET AL. (2006) stellten fest, dass der Einfluss des Grünfutters sich offensichtlich stärker auswirkt als die biologische Wirtschaftsweise und die Höhenlage. Allerdings ist die Datengrundlage gerade bei den Biobetrieben sehr gering (Bergmilch 5, Flachland 2), so dass die Ergebnisse nur eine Tendenz zeigen konnten.

BISIG ET AL. (2006) untersuchten 17 Mischmilchproben aus 14 Molkereien in sechs verschiedenen Bergregionen der Schweiz (Oberes Emmental/ Berner Oberland/ Neckertal/ Luzerner Hinterland/ Rheinwald/ Andeer/ Engadin) und Vergleichsmilch aus dem Tal. Wichtige Untersuchungsfaktoren sind die Meereshöhe/Region, ökologisch/konventionell, Silagefütterung ja/nein. Erste Ergebnisse des Praxisversuchs bestätigten andere Untersuchungen, die besagen, dass mit steigender Höhe die Gehalte an Omega-3-Fettsäuren und CLA in der Milch tendenziell steigen. Das Maximum an CLA lag in tiefen und mittleren Lagen Anfang Oktober (alpgesömmerte Tiere wurden in die Herde reintegriert), in hohen Lagen Anfang September oder im Juli/ August. Bio-Milch wies meist höhere Werte auf als Vergleichsmilch aus Integrierter Produktion (IP). Die endgültigen Ergebnisse waren zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Arbeit noch nicht veröffentlicht.

2.3.2 Auswirkungen verschiedener Fütterungsstrategien – Weidehaltung

WEIß ET AL. (2006) untersuchten den Einfluss der einzelbetrieblichen Fütterungsstrategie und den Einfluss der botanischen Zusammensetzung der Weiden auf die Fettsäurezusammensetzung des Milchfettes in 25 Praxisbetrieben Süddeutschlands.

Zehn Betriebe wurden während der Umstellung von Winter- auf Sommerfütterung wöchentlich beprobt, fünfzehn während des Zeitraumes März bis Dezember 2005. Zusätzlich wurden monatlich Futterproben gezogen. Die Betriebe wiesen typisch süddeutsche Fütterungsstrategien auf: Stallhaltung mit Silagefütterung ($n = 3$), Halbtagsweide mit Silagefütterung oder Gras als Frischfutter ($n = 8$), Frischfutter kombiniert mit Silagefütterung ($n = 7$), Vollweide ohne Zufütterung ($n = 7$). Das Fettsäurespektrum wurde gaschromatographisch nach Umesterung mit TMSH bestimmt. War in der Ration mehr als 20 % Silomais und 20 % Kraftfutter in der TM enthalten, so wurden 5,6 mg Omega-3-Fettsäuren/g Fett und 5 g CLA/g Fett gemessen, bei Rationen mit einem Kraftfutteranteil weniger als 10 % und mehr als 70 % Frischgras 13,5 mg Omega-3-Fettsäuren/g Fett und 15,9 mg CLA/g Fett. Eine grünlandbasierte Winterfütterung ohne Silomais und einem Kraftfutteranteil von maximal 10 % führte zu Omega-3-Gehalten von 13,3 mg/g Milchfett und CLA-Gehalten von 14,4 mg/g Milchfett. Eine Übersicht über den Gehalt mehrfach gesättigter Fettsäuren, Omega-3 und Omega-6-Gehalte in Milch aus Maissilage-, Grassilage und frischfutterbasierter Fütterung ist nachfolgend (Abb. 7) graphisch dargestellt.

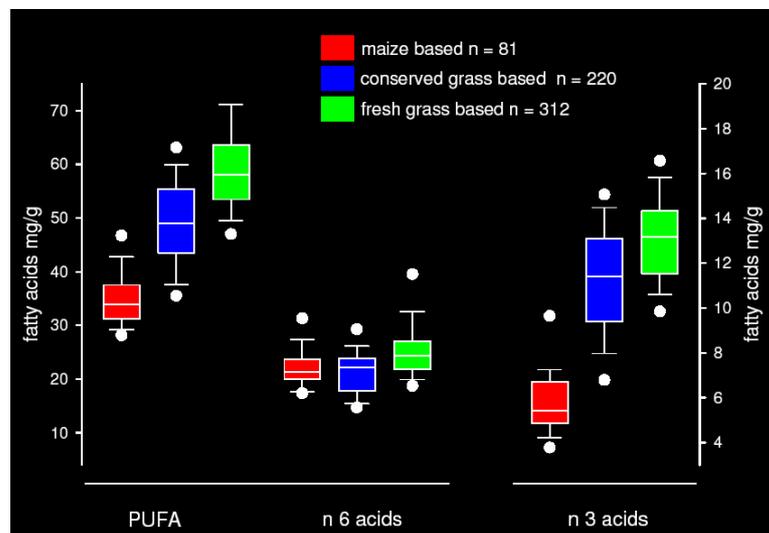


Abb. 7: Mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Omega-3 und Omega-6-Fettsäuren auf Praxisbetrieben in Süddeutschland im Zeitraum März bis Dezember 2005 (WEIß ET AL. 2006)

WEIß ET AL. (2006) führten die genannten Ergebnisse auf die Zufuhr an Fettsäuren durch die eingesetzten Futtermittel zurück. Die Gehalte von Omega-3 und Omega-6-Fettsäuren unterschieden sich erheblich zwischen den verschiedenen Rationskomponenten (Tab. 5). Beispielsweise enthält Frischgras eine erhebliche Menge an Omega-3-Fettsäuren.

Tab. 5: Omega-3 und Omega-6-Gehalte verschiedener Rationskomponenten in Praxisbetrieben Süddeutschlands (WEIB ET AL. 2006)

Rationskomponente	Omega-3-Gehalt in %	Omega-6-Gehalt in %
Frischgras	49,6 ± 0,5	16,1 ± 0,2
Grassilage	45,2 ± 1,6	18,6 ± 0,8
Heu	38,8 ± 1,7	18,4 ± 0,6
Kraftfutter	7,7 ± 2,6	41,0 ± 2,5
Silomais	6,3 ± 1,3	44,3 ± 0,8
TMR	15,9 ± 1,5	35,3 ± 1,2

Ein Zusammenhang zwischen der botanischen Zusammensetzung des Grünlands und den in der Milch enthaltenen Fettsäuren konnten WEIB ET AL. (2006) für den Standort Süddeutschland nicht feststellen.

DHIMAN ET AL. (1999) untersuchten die Auswirkungen verschiedener Fütterungsmethoden auf den CLA-Gehalt der Milch. Ein Teilversuch beinhaltete die Auswirkungen des Weidegangs. In der Futterration von 54 Holsteinkühen waren 33 %, 66 % oder 100 % Weide „enthalten“. Man stellte fest, dass die CLA-Gehalte der Milch linear mit Ausdehnung des Weidegangs anstiegen (Tab. 6: Übersicht über die Ergebnisse der beschriebenen Versuche (Angaben in mg/g Fett) (eigene DARSTELLUNG)).

WARD ET AL. (2003) experimentierten ebenfalls mit verschiedenen Weidegrasanteilen (50/ 65/ 80 % Weide) und dementsprechenden Kraftfutteranteilen (50/ 35/ 20 %) in der Ration. In Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen konnte eine Zunahme des CLA-, *tVA*- und ALA-Gehaltes bei einer Steigerung des Weidegrasanteils in der Ration bewiesen werden (Tab. 6: Übersicht über die Ergebnisse der beschriebenen Versuche (Angaben in mg/g Fett) (eigene DARSTELLUNG)). Bei dem Vergleich von Frischfutter mit Heu, das von der gleichen Fläche gewonnen wurde (Frischfutter und Heu als Teil einer TMR), zeigten sich signifikant höhere CLA- und *tVA*-Werte im Milchfett der Tiere, die das Weidegras als Frischfutter aufnahmen.

Tab. 6: Übersicht über die Ergebnisse der beschriebenen Versuche (Angaben in mg/g Fett) (EIGENE DARSTELLUNG)

Anzahl Kühe bzw. Milchproben	Land	Diät	e9t11-CLA	t11c13-CLA	Ges. CLA	Trans11-C18:1	Omega-3-Fs	Omega-6-FS	Referenz
Ca. 200 Kühe und 44 Milchproben	CH	Tal: Gras/Mais/KF	8,1	-	8,7	-	13,9	-	COLLOMBET AL. (2002 ^c)
		Gebirge: Weide	15	-	16,1	-	14,9	-	
		Hochgebirge: Weide	21,8	-	23,6	-	20,9	-	
18 Kühe	CH	Tal: Stall (Silage/KF)	5,29	0,20	-	-	8,1	21,8	LEIBER ET AL. (2005 ^B)
		Tal: Gras im Stall	13,70	0,73	-	-	13,2	16,2	
		Tal: Weide	17,05	0,73	-	-	14,3	14,3	
		Alp: Gras im Stall	11,63	1,02	-	-	16,4	16,4	
		Alp: Weide	13,40	1,14	-	-	19,8	19,8	
16 Milchmischproben	D	Thüringen: konv. (TMR)	2,76	0,07	-	-	4,82	18,73	KRAFT ET AL. (2003)
		Thüringen: öko (Weide/KF)	8,72	0,85	-	-	10,95	17,76	
		Alp: Weide (1200m)	22,94	1,49	-	-	14,53	14,12	
		Alp: Weide (< 1200m)	26,6	2,49	-	-	16,4	15,76	
49 Milchmischproben	D	Ackerbauregion	-	-	7	-	4	-	WESTERMAIR ET AL. (2006)
		Grünlandregion Tal	-	-	15	-	10	-	
		Grünlandregion Berg	-	-	17	-	10	-	
Ca. 620 Milchproben	D	> 20% Silomais + > 20% KF in Ration	-	-	5	-	5,6	-	WEIß ET AL. (2006)
		> 70% Frischgras + < 10% KF in Ration	-	-	15,9	-	13,5	-	
		grünlandbasierte Winterfütterung, kein Silomais, max. 10% KF	-	-	14,4	-	13,3	-	

2 Literatur

Anzahl Kühe bzw. Anzahl Milchproben	Land	Diät	c9t11-CLA	t11e13-CLA	Ges. CLA	Trans11-C18:1	Omega-3-Fs	Omega-6-FS	Referenz
24 Kühe und 72 Milchproben	CH	2000m, Stall, Heu a.l.	8,2	-	-	-	17,2	19	LEIBER ET AL. (2004)
		400m, Stall, Heu ad l.	8	-	-	-	20,2	19,4	
		400m, Stall, pair-fed zu 2000m-Gruppe	7,6	-	-	-	19,1	19,1	
		400m, Kontrollgruppe, Silage/Mais/KF	4,7	-	-	-	9,3	23	
18 Kühe und 24 Milchproben	CH	Stall, Alpheu	8,2	-	-	-	19,5	20,2	
		Stall, Talheu	7,6	-	-	-	18,3	18	
		1/3 Weide + Luz./KF	8,9	-	-	-	-	-	
54 Kühe und 35 Milchproben	USA	2/3 Weide + Luz./KF	14,3	-	-	-	-	-	DHIMAN ET AL. (1999)
		Vollweide	22,1	-	-	-	-	-	
		50% : 50%, Weide: Kraftfutter	13,7	-	-	-	21,5	-	
		65% : 35%, Weide: Kraftfutter	14,1	-	-	-	24,1	-	
15 Kühe	K	80% : 20%, Weide : KF	16,6	-	-	-	-	-	WARDE ET AL. (2003)
		57% : 43%, Heu : KF + 1 % Talg TA: 20.4 kg/d	8,1	-	-	-	14,4	-	
		59% : 41%, Weidegras : KF + 1 % Talg, TA: 14.2 kg/d	9,4	-	-	-	17,7	-	
12 Kühe	K	60% : 40, Weidegras : KF+ 10 % Solin TA: 14.1 kg/d	11,4	-	-	-	-	-	

2.3.3 Auswirkungen verschiedener Fütterungsstrategien – ökologisch versus konventionell

BAARS ET AL. (2006) untersuchten die Wintermilch von fünf ökologischen und fünf konventionellen Milchviehbetrieben in den Niederlanden u.a. auf ihre Fettsäurezusammensetzung. Die Ökobetriebe zeichneten sich dadurch aus, dass sie wenig Kraftfutter und kein oder wenig Silomais verfütterten. Die konventionellen Betriebe waren meist benachbarte Durchschnittsbetriebe. Die Omega-3-Gehalte der Biomilch waren im Durchschnitt doppelt so hoch wie die Gehalte der konventioneller Milch (10,63 mg/g Fett versus 4,94 mg/g Fett) (Tab. 8: Zusammenfassung der beschriebenen Ergebnisse (Angaben in mg/g Fett) (eigene DARSTELLUNG)). Des Weiteren wurde deutlich, dass der Gehalt an Omega-3-Fettsäuren sich bei steigendem Kraftfutтереinsatz verringerte. Trotz der Winterfütterung konnten in der Biomilch erhöhte Werte von gesundheitlich wertvollen Fettsäuren gemessen werden.

DE WIT ET AL. (2006) untersuchten die Milch von 17 ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit Weidehaltung im Sommer und Silagefütterung im Winter hinsichtlich des Zusammenhangs von Fütterungspraxis und Fettsäuremuster von Juni 2004 bis August 2005. Mit Hilfe eines multiplen Regressionsmodells konnte festgestellt werden, dass die Futterration einen starken Einfluss auf den CLA-Gehalt der Milch hat, jedoch die Omega-3-Gehalte nur zu 66 % über die Futterzusammensetzung erklärbar waren. Der Omega-3-Gehalt der Milch stand in einem engen Zusammenhang mit der Energiebalance der Kühe.

JAHREIS (1999) untersuchte über den Jahresverlauf die Milch von drei unterschiedlich bewirtschafteten Betrieben in Thüringen (Tab. 7).

Tab. 7: Kennzahlen der von JAHREIS (1999) untersuchten Betriebe

Haltungsform	Herdengröße	Kraftfuttereinsatz -	Fütterung
Ganzjährige Stallhaltung (konv.)	1.800	hoch	Getreide, Maissilage
tw. Weidehaltung im Sommer (konv.)	350	gering	Getreide, Mais- u. Grassilage, gruppenweise Weide
Weidehaltung im Sommer (öko)	260	gering	wenig KF, Luzerne, Klee, Grassilage, Weide

Die Milch des Betriebes mit ganzjähriger Stallhaltung wies im Jahresverlauf nur geringe Schwankungen hinsichtlich der CLA-Gehalte auf und blieb insgesamt auf einem niedrigen Niveau ($3,4 \pm 0,4$ mg/g Fett). Die Ökomilch wies im Jahresmittel mit $8 \pm 1,7$ mg/g Fett einen signifikant höheren CLA-Gehalt auf (Tab. 8: Zusammenfassung der beschriebenen Ergebnisse (Angaben in mg/g Fett) (eigene DARSTELLUNG)). Der CLA-Gehalt korrelierte negativ mit dem eingesetzten Kraftfutteranteil.

Die Kühe des ökologischen Betriebes nahmen durch das Grünfutter einen höheren Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren auf, die als Basis für Bildung von CLA vorhanden sein müssen. Ein höherer Faser- und geringerer Energiegehalt des Futters würde die Fermentationsbedingungen im Pansen ($>$ pH-Wert) begünstigen und damit Entstehung die von CLA. Aufgrund von hohen Fasergehalten ist möglicherweise auch die Aktivität der Pansenbakterien gesteigert, was ebenfalls erhöhte CLA-Gehalte in der Milch zur Folge haben könnte (KLEIN NACH JAHREIS 1999).

2.3.4 Auswirkungen verschiedener Fütterungsstrategien – GF : KF-Verhältnis und Futterstruktur

DHIMAN ET AL. (1999) untersuchten den Einfluss verschiedener Grundfutter (GF): Kraftfutter (KF)-Verhältnisse und den Einfluss von grob und feingehäckseltem Luzerne- bzw. Grasheu bei 20 Kühen über einen Zeitraum von 8 Wochen. Signifikante Unterschiede im Fettsäuremuster der Milch waren nur hinsichtlich C18:2, CLA und C18:3 feststellbar. Ein höherer Grundfutteranteil und ein geringerer Kraftfutteranteil hatten einen geringeren Gehalt an kurzkettigen und einen höheren Gehalt an langkettigen Fettsäuren zur Folge. Bemerkenswert war der Verlauf des c9t11-CLA-Gehaltes. Während in der Woche 6 signifikante Unterschiede zwischen den Varianten feststellbar waren, waren diese Unterschiede in der Woche 10 nicht mehr zu erkennen. DHIMAN ET AL. (1999) stellte fest, dass es keine signifikanten Auswirkungen auf die Zusammensetzung des Milchfetts hatte, ob das Luzerneheu/ Heu fein- oder grobgehäckselte war (Tab. 8: Zusammenfassung der beschriebenen Ergebnisse (Angaben in mg/g Fett) (eigene DARSTELLUNG)).

2.3.5 Auswirkungen verschiedener Fütterungsstrategien – Heu versus Silage

Zwei Versuche mit jeweils 17 Kühen, durchgeführt von MOREL ET AL. (2005^{A+B}) hatten zum Ziel, den Einfluss der botanischen Zusammensetzung von Grün- und belüftetem Dürrfutter auf die chemische Zusammensetzung der Milch, besonders der Fettsäuren, zu untersuchen. Während der Trocknung und Lagerung nahmen die Fettsäuren, in erster Linie die mehrfach ungesättigten Fettsäuren, in den Futtermitteln um rund 20 % ab. Die Abnahmen waren in leguminosenhaltigen, vor allem luzernehaltigen Mischungen am höchsten. Am meisten ausgeprägt war der Rückgang bei der Linolsäure (C18:2) und der Linolensäure (C18:3). Im Vergleich zu Dürrfutter sei die mit Grünfutter produzierte Milch insgesamt vorteilhafter, weil sie durch einen höheren Anteil langkettiger ungesättigter, einfach ungesättigter und Omega-6-Fettsäuren sowie einen geringeren Anteil an kurz- und mittelkettigen gesättigten Fettsäuren gekennzeichnet ist. Im Widerspruch zu anderen Untersuchungen ist der Omega-3-Fettsäure-Gehalt im Dürrfutter im Gegensatz zum Grünfutter leicht erhöht. Interessant bei der Verfütterung von Luzerne war, dass dieses Futtermittel trotz des geringen Energiegehaltes und der verringerten Futteraufnahme (vorangeschrittene Lignifizierung), verbunden mit einer sinkenden Milchleistung, signifikante Erhöhungen vor allem der ALA in der Milch zur Folge hatten.

DEWHURST ET AL. (2003^A) untersuchten in einem zweijährigen Fütterungsversuch die Auswirkungen verschiedener Gras- und Leguminosensilagen auf die Milchproduktion und –zusammensetzung. Die Auswirkungen auf die Fettsäurezusammensetzung waren gering. Der Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, vor allem der ALA, war bei der Verfütterung von Leguminosensilagen leicht erhöht. Die Verfütterung der reinen Rotkleesilage führte sogar zu einem dreifach höheren Gehalt an ALA in der Milch als die Verfütterung von Grassilage.

Tab. 8: Zusammenfassung der beschriebenen Ergebnisse (Angaben in mg/g Fett) (EIGENE DARSTELLUNG)

Anzahl Kühe	Land	Land und Diät	c9t11-CLA	Omega-3-Fs	Referenz
5 Betriebe mit ca. 48/ 5 Betriebe mit ca. 90	NL	konventionell - Grassilage, Silomais, KF	5,12	4,94	BAARS ET AL. 2006
		ökologisch - Kleegrassilage, Heu, Futterrüben, wenig KF -	6,27	10,63	
1.800/ 350/260	D	konventionell - Getreide, Maissilage	3,4		JAHREIS 1999
		konventionell - Getreide, Mais und Grassilage, gruppenweise Weide	6		
		ökologisch - wenig KF, Luzerne, Klee, Grassilo, Weide	8		
20	USA	GF: KF = 50:50 (Luzerneheu grob)	6,4/8,2 ¹	8,2/5,6 ¹⁺²	DHIMAN ET AL. (1999)
		GF: KF = 50:50 (Luzerneheu fein)	6,9/9,7 ¹	9,9/7,1 ¹⁺²	
		GF: KF = 66,6: 33,3 (grobes Grasheu)	9,8/8,3 ¹	11,1/9,2 ¹⁺²	
		GF: KF = 98,2: 1,8 (grobes Grasheu)	9,4/6,4 ¹	16/10 ¹⁺²	
18 (1. Jahr)/ 21 (2. Jahr)	GB	Grassilage + 4 kg KF	3,7	4,8 ²	DEWHURST ET AL. (2003 ^A)
		Grassilage + 8 kg KF	3,6	4 ²	
		Grassilage/ Rotklee + 4 kg KF	4,5	7,7 ²	
		Grassilage/ Rotklee + 8 kg KF	3,9	6,4 ²	
		Rotklee + 4 kg KF	4,2	15,1 ²	
		Rotklee + 8 kg KF	4,1	12,8 ²	
		Weißklee + 8 kg KF	3,4	9,6 ²	

¹Ergebnisse aus Woche 6 und Woche 10

² nur ALA

2.4 Isotopenanalytik

Die Qualität von Produkten und ihre Erzeugungsbedingungen sind oft unmittelbar miteinander verknüpft. In dieser Arbeit geht es um die stofflichen Qualitäten, also den Gehalt an bestimmten Inhaltsstoffen, wie Omega-3-Fettsäuren/ CLA und auch um Imagequalitäten, wie die Bezeichnung „Alpenmilch“.

In der heutigen Zeit bestimmt die Herkunft und Authentizität von Lebensmitteln immer mehr auch ihren Preis und ihre Qualität.

Die klassische Lebensmittelanalytik kann den Anforderungen der Authentizitätsprüfung von Lebensmitteln mit beispielsweise geschützter geographischer Herkunft oftmals nicht mehr gerecht werden (PILONELL ET AL. 2003, SCHMIDT ET AL. 2005), weshalb die Stabile Isotopenanalytik in jüngster Zeit an Bedeutung gewinnt. Jedes Lebensmittel besitzt in Abhängigkeit vom Ursprung und Herstellungsprozess eine charakteristische Isotopensignatur (HABERHAUER ET AL. 2002).

2.4.1 Grundlagen der Isotopenanalytik

Die Biomasse der Lebensmittel ist aus den Elementen Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel aufgebaut (U.A. ROSSMANN 2001, HABERHAUER ET AL. 2002, SCHMIDT ET AL. 2005, SCHÄUFELE ET AL. 2006). Als Isotope werden alle zu einem Element gehörende Atome (Nuklide) gleicher Ordnungszahl aber unterschiedlicher Neutronenzahl bezeichnet, die im PSE denselben Platz einnehmen. Von den meisten Elementen existieren mehrere stabile Isotope, die mit einem Isotopenverhältnis-Massenspektrometer bestimmt werden können. In der Natur kommen die Isotope eines Elements in einem bestimmten Verhältnis zueinander vor (Tab. 9).

Tab. 9: Unterschiedliche relative Häufigkeit verschiedener stabiler Isotope von vier Elementen. Angegeben sind globale Mittelwerte (GLASER 2004)

Element	Massenzahl	Häufigkeit (%)
Wasserstoff	1	99,985
	2	0,015
Kohlenstoff	12	98,89
	13	1,11
Sauerstoff	16	99,76
	17	0,036
	18	0,205

In der Natur kommt es zu Fraktionierungsprozessen, ausgehend von den großen Elementenpools wie z.B. den Meeren und der Atmosphäre. Ein Isotop wird zugunsten eines anderen ab- oder angereichert (ROSSMANN 2001, HABERHAUER ET AL. 2005). Die Isotopenverhältnisse der Elemente in Lebensmitteln ändern sich durch die geographischen, klimatischen, botanischen und biochemischen Gegebenheiten bei ihrer Entstehung (HABERHAUER ET AL. 2002, SCHMIDT ET AL. 2005) (Abb. 8).

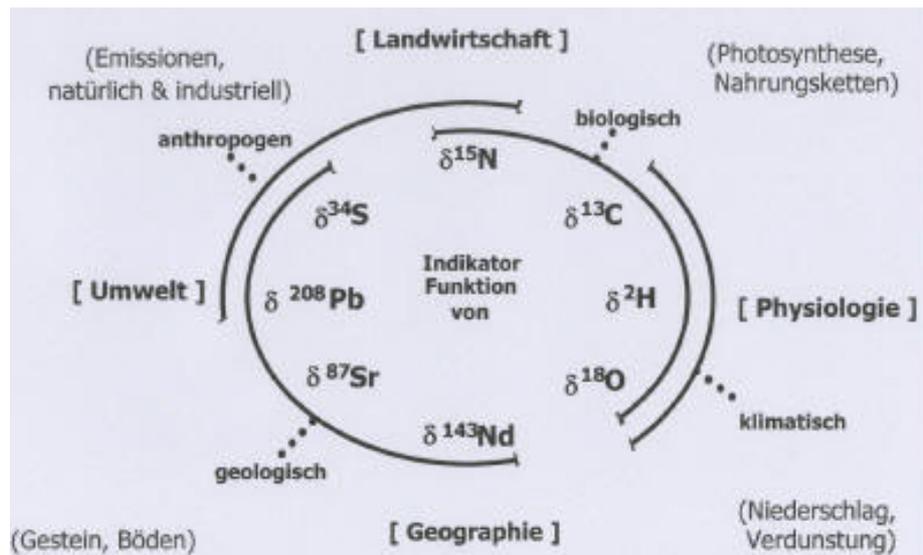


Abb. 8: Wichtige Isotopen und ihre Einflussparameter (SCHMIDT ET AL. 2005)

Diese Gegebenheiten und Prozesse (z.B. Photosynthese, Evapotranspiration) verursachen eine Veränderung des Verhältnisses von schweren zu leichten Isotopen. Diese führen zu charakteristischen, quantitativ erfassbaren und gut interpretierbaren Mustern, den so genannten Isotopensignaturen (PILONELL ET AL. 2003, SCHÄUFELE ET AL. 2006). Die Angaben der Konzentration der schweren Isotope in einer Probe als relative Abweichung zur Konzentration in einem international festgelegten Standard werden als δ -Wert angegeben (SCHÄUFELE 2006). Die Isotopenanalyse wird zur Prüfung der Herkunft und Authentizität (Echtheit der Angaben über den Inhalt) und zum Nachweis von Verfälschungen eingesetzt wie beispielsweise bei Verfälschungen von Wein (Streckung mit Wasser, Anreicherung oder Süßung mit Fremdzucker), bei der Streckung von Bienenhonig oder Ahornsirup und bei Nachweisen von Spirituosenverschnitten (ROSSMANN 2001, SCHMIDT ET AL. 2005). In den letzten Jahren wurde vermehrt geforscht, inwieweit man die Isotopenanalytik zur Überprüfung von geschützten Käsesorten (geographische Herkunft) (CAMIN ET AL. 2004), der Rückverfolgbarkeit der Herkunft von Fleisch, vor allem im Zusammenhang mit der BSE-Krise und der Unterscheidung biologischer und konventioneller Ware (VOERKELIUS 2005) einsetzen kann. Eine Kombination mehrerer Isotopendaten (Multielementisotopenanalyse) ist zumeist sinnvoll.

2.4.2 Kohlenstoffsignatur

Es ist bekannt, dass bei der Aufnahme von CO_2 durch die Pflanze und der anschließenden Photosynthese das schwere Isotop ^{13}C im Vergleich zum leichteren ^{12}C „diskriminiert“ wird. Diese Diskriminierung ist bei C3 und C4 Pflanzen unterschiedlich stark: Im Gewebe von C3-Pflanzen findet man verhältnismäßig weniger ^{13}C , als es von Natur aus in der Luft vorkommt. C4-Pflanzen diskriminieren weniger stark, d.h. in ihren Geweben findet man verhältnismäßig mehr ^{13}C als in C3 Pflanzen (VOGEL 1980 IN SCHÄUFELE 2006, HABERHAUER ET AL. 2002, PILONELL ET AL. 2003) (Abb. 9).

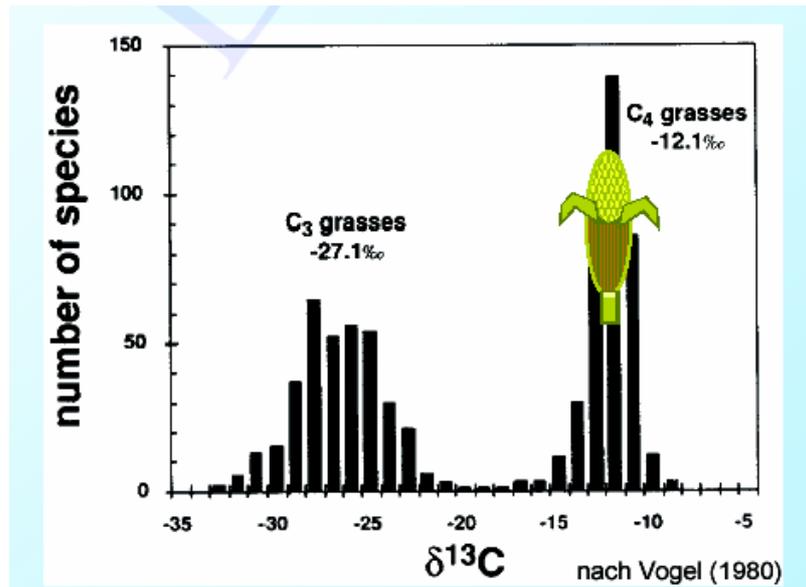


Abb. 9: $\delta^{13}\text{C}$ verschiedener Grasarten (C₃ versus C₄-Pflanzen) (VOGEL 1980 IN SCHÄUFELE 2006)

Diese unterschiedliche Isotopenzusammensetzung gelangt über das Futter auch in das Tier und spiegelt sich letztendlich in der Milch wieder. SCHWERTL ET AL. (2005) untersuchten auf 13 Höfen in Bayern Nährstoffflüsse und Fütterungspraktiken, analysierten Futterkomponenten, Dünger und Schwanzhaare der Kühe mit Hilfe der Isotopenanalytik (C und N). Alle Futtermittel konnten drei Gruppen mit charakteristischen $\delta^{13}\text{C}$ -Werten zugeordnet werden: C₃-Futterpflanzen (Gras, Heu, Silage von Gras- oder Klee grasbeständen) mit -28,4 ‰ ($\pm 0,5$ ‰); Mais mit -12,5 ‰ ($\pm 0,4$ ‰); auf C₃-Pflanzen basierendes Kraftfutter (Getreide, Leguminosensamen) mit -26,8 ‰ ($\pm 1,1$ ‰). Die ¹³C-Signatur der C₄-Pflanzen ist um ca. 15 ‰ positiver als die der C₃-Pflanzen. In Schwanzhaaren von Rindern, die nicht mit Mais gefüttert wurden, lag die ¹³C-Signatur bei -25,7 ‰. SCHWERTL ET AL. (2005) stellten weiterhin einen Unterschied von 1,6 ‰ $\delta^{13}\text{C}$ je 10 ‰ Mais in der Ration fest. Insgesamt gesehen müsste Milch aus Grünlandregionen negativere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte aufweisen als Milch aus ackerbaulich geprägten Regionen. Weiterhin stellten SCHWERTL ET AL. (2005) einen Höheneffekt fest (Unterschied von 0,07 ‰ $\delta^{13}\text{C}$ je 100 Höhenmeter).

Die Kohlenstoffsignatur der Milch ist ein Instrument zur Schätzung des Maisanteils im Futter sowie der produktionstechnischen Gegebenheiten in der Rinderhaltung (HABERHAUER ET AL. 2002, SCHWERTL ET AL. 2005).

2.5 Schlussfolgerungen aus der Literatur

Die wichtigsten Erkenntnisse aus der Literatur sollen nachfolgend kurz zusammengefasst werden.

1. In der Milch können etwa 400 verschiedene Fettsäuren nachgewiesen werden, von denen aber nur 15 mit einem Anteil von mehr als einem Prozent enthalten sind.
2. Der Großteil der in der Milch enthaltenen Fettsäuren entstehen zu je einem Drittel durch Biohydrierung im Pansen, Biosynthese in der Milchdrüse und im Fettgewebe oder stammen direkt aus dem Futter und dem Fettgewebe. Bei Omega-Fettsäuren handelt es sich um essentielle Fettsäuren, die vom Wiederkäuer nicht synthetisiert werden können.
3. Omega-3-Fettsäuren und konjugierte Linolensäuren (CLA) haben eine Vielzahl günstige Effekte für die Gesundheit.
4. Die wichtigsten Omega-3-Fettsäuren sind die α -Linolensäure (ALA), die Eicosapentaensäure (EPA) und die Docosahexaensäure (DHA).
5. EPA und DHA sind die längerkettigen und physiologisch wertvolleren Omega-3-Fettsäuren. Im Körper kann ALA nur zu ca. 10 % in EPA und DHA umgewandelt werden.
6. In Milch liegen Omega-3-Fettsäuren zu 90 % in Form von ALA vor. EPA und DHA sind vorrangig in Fisch enthalten.
7. Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren bilden im menschlichen Körper so genannte Eicosanoide (Stoffwechselmediatoren) mit antagonistischer Wirkung, weshalb im Rahmen der Ernährung das Verhältnis der Aufnahme von Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren bedeutungsvoll ist und nicht mehr als 5 : 1 betragen soll.
8. Auf dem Markt befinden sich künstlich mit Omega-3-Fettsäuren angereicherte Lebensmittel.
9. Der Omega-3-Gehalt der Milch ist abhängig von der Fütterung der Milchkühe. Durch beispielsweise Weidehaltung kann Milch mit natürlich erhöhtem Omega-3-Fettsäuregehalt produziert werden. Damit kann einen wichtiger Beitrag zur besseren Omega-3-Versorgung des Menschen geschaffen werden und gleichzeitig eine wiederkäuer- und tiergerechte Form der Landwirtschaft gefördert werden.
10. Der Referenzwert der DGE (2000) für die Omega-3-Fettsäureaufnahme lautet: 0,5 % der Energiezufuhr pro Tag.
11. Es gibt keine Referenzwerte für die CLA-Aufnahme.
12. Das c9t11CLA-Isomer ist mit einem Anteil von 80 – 90 % das wichtigste Isomer der konjugierten Linolensäuren.
13. Produkte von Wiederkäuern bzw. Produkte, die Zutaten von Wiederkäuern enthalten, sind in der menschlichen Ernährung die Hauptquelle für die Aufnahme von CLA.
14. Das Fettsäuremuster bleibt bei der Verarbeitung und Haltbarmachung der Milch unverändert.

15. Genetik, Laktationsstadium und Parität haben nur geringen Einfluss auf das Fettsäuremuster der Milch, jedoch gibt es deutliche tierindividuelle Einflüsse, weshalb bei Untersuchungen auf eine ausreichend große Stichprobe geachtet werden muss.
16. Der Gehalt an gesundheitlich wertvollen Fettsäuren in Milch ist in Höhenlagen der Schweiz (Alp) besonders hoch. Dafür gibt es folgende, bislang wissenschaftlich noch nicht abgesicherte, Erklärungsmodelle:
 - Vorkommen spezifischer Pflanzen in alpinen Regionen
 - Erhöhte ALA-Gehalte der alpinen Flora
 - Veränderter Sauerstoffgehalt der Luft
 - Mobilisation von Körperfett (ALA) aufgrund des Energiedefizits in Verbindung mit Energiemangel im Futter
 - Verringerte ruminale Biohydrogenationsaktivität aufgrund von Energiedefiziten oder spezifischer sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe
17. Allgemeine Erklärungsmodelle und Feststellungen für Schwankungen gesundheitlich wertvoller Fettsäuren in Milch:
 - Der Omega-3-Fettsäuregehalt der Milch ist abhängig von der Zufuhr an Fettsäuren durch die eingesetzten Futtermittel. Erhöhte Omega-3-Gehalte in der Milch können aber u.a. auch aufgrund von Energieimbancen der Kühe, hervorgerufen durch Energiemangel im Futter, entstehen.
 - Der CLA-Gehalt wird in höherem Maße von der Fütterung beeinflusst als der Gehalt an Omega-3-Fettsäuren.
 - Es existieren widersprüchliche Aussagen zum Zusammenhang zwischen botanischer Zusammensetzung des Grünlandes und den Fettsäuregehalten der Milch
 - Gehalte gesundheitlich wertvoller Fettsäuren korrelieren negativ mit dem eingesetztem Kraftfutter- und Maisanteil in der Ration.
 - Hohe Faser- und geringe Energiegehalte des Futters, wie häufig im ökologischen Landbau vorhanden, begünstigen die Fermentationsbedingungen im Pansen (> pH-Wert) und fördern damit die Bildung von CLA.
18. Extensive Winterfütterung (grundfutterbetont, wenig Kraftfutter) und Weidehaltung im Sommer verursachen in der Milch erhöhte Gehalte an CLA und Omega-3-Fettsäuren.
19. Die niedrigen Gehalte gesundheitlich wertvoller Fettsäuren liegen in intensiver Winterfütterung (hohe Kraftfuttermengen, Maissilage etc) und ganzjährige Stallhaltung begründet.
20. Jedes Lebensmittel besitzt in Abhängigkeit vom Ursprung und Herstellungsprozess eine charakteristische Isotopensignatur.
21. Die Bestimmung der Kohlenstoffsignatur der Milch ist ein Instrument zur Schätzung des Maisanteils in der Fütterung.

3 Material & Methoden

3.1 Material

3.1.1 Material Konsummilch

Die Untersuchung fand an Hand von regionalen Molkereipaaren (ökologisch/ konventionell) statt. Es wurde im Februar und März 2006 „Frische Vollmilch“ (pasteurisiert, teilweise homogenisiert) in Supermärkten und Läden von insgesamt 15 Molkereien aus ganz Deutschland gekauft, in 3ml-Proberöhrchen abgefüllt und eingefroren. Es handelte sich um 6 Proben ökologischer Trinkmilch und 9 Proben konventioneller Milch (Tab. 10)

Tab. 10: Übersicht über die untersuchte Molkereimilch (ö = ökologisch, k = konventionell) (EIGENE DARSTELLUNG)

CODE	Ö/K	Molkerei	Nr.	Verkaufsbezeichnung	MHD	besondere Werbung
M1	Ö	Milchwerke Berchtesgadener Land Chiemgau in Piding	D-BY 110	Frische Alpenvollmilch (Demeter)	13.3. + 16.3. + 20.3.	Alpenmilch
M2	K	Milchwerke Berchtesgadener Land Chiemgau in Piding	D-BY 110	Frische Bergbauernmilch	25.2. + 26.2. + 27.2. + 28.2	Herkunftsgarantie. Milch stammt ausschließlich aus den oberbayrischen Bergen (staatlich anerkannte Bergbauernhöfe aus der Alpenregion)
M4	K	Allgäuland-Käsereien GmbH in Sonthofen/Oberallgäu	D-BY 707	Bergbauern Vollmilch	21.2. + 22.2. + 24.2. + 25.2.	von Bergbauern nach EU-Richtlinie (über 800 m NN, Sommer Weidegang, 12-15 Kühe etc)
M10	K	Allgäuer Alpenmilch GmbH in Mühldorf	D-BY 150	Bärenmarke-Alpenfrische Vollmilch	28.3. + 29.3. + 30.3. + 31.3.	Alpenmilch
M9	Ö	Allgäuland-Käsereien GmbH in Wangen	D-BW 020	Haltbare Milch "Von hier"-Feneberg	2.6. + 8.6. + 12.6. + 17.6.	
M5 + M6+ M7 + M8	K	Staatliche Molkerei Weihenstephan GmbH & Co KG Weihenstephan	D-BY 103	Frische Alpenmilch	19.3. + 25.3. + 27.3. + 29.3.	Klare Luft, wunderbare Natur und herrliche Frische kennzeichnen die Region der Alpen und des Alpenvorlandes, aus der wir frisch unsere gute Milch bekommen.
M11	Ö	Breisgaumilch GmbH in Freiburg	D-BW 376	Die Fallers-Frische Biomilch	22.2. + 23.2. + 25.2. + 27.2.	

3 Material & Methoden

M12	K	Breisgaumilch GmbH in Freiburg	D-BW 376	Schwarzwälder Landmilch - frisch von ausgesuchten Bauernhöfen	13.2.+ 15.2. + 16.2. + 17.2.	Aus kontrollierter umweltschonender Grünlandbewirtschaftung des Hochschwarzwaldes
M13	Ö	Upländer Bauernmolkerei GmbH in Willingen-Usseln	D-HE 005	FrISChe Vollmilch	14./15./ 16./19.3.	
M14	K	Landliebe Molkereiprodukte GmbH, Campina Heilbronn	D-NW 401	Landliebe FrISChe Landmilch	16./18./ 19./20.3.	Auf den Landliebe Bauernhöfen stellen die Gesundheit und das Wohlergehen des Milchtieres im Vordergrund. Dies wird durch artgerechte Tierhaltung gesichert. (Landliebe Qualitätsgarantie)
M15	Ö	Hamfelder Hof, Abfüller: Meierei Trittau eG		Vollmilch	7.3. + 8.3. + 9.3. + 11.3.	
M16	K	Hansa Milch AG in Uphal	D-MV 006	Hansano - Die maxifrische Vollmilch	25.2. + 26.2. + 28.2. + 29.2.	
M17	Ö	Gläserne Meierei GmbH in Uphal	D-MV 006	FrISChe Bio-Vollmilch	3.3. + 5.3. + 6.3. + 8.3.	
M18	K	MBP Milchprodukte GmbH Werk Elsterwerda (Campina)	D-BB 007	Milsani FrISChe Vollmilch	15.3. + 16.3. + 20.3.+ 21.3.	
M19	K	Molkerei Wernigerode GmbH in Silstedt	D-ST 217	FrISChe Vollmilch	12.3. + 16.3. + 17.3.+ 18.3.	

Insgesamt wurden 18 Proben untersucht. Bei der Milch einer Molkerei wurden vier aufeinander folgende Haltbarkeitsdaten einer konventionellen Milch (M 5, 6, 7 und 8) einzeln gemessen, um der Frage nachzugehen, wie groß die Schwankungen innerhalb der gleichen Milchmarke sein können.

Bei allen anderen Proben wurden ebenfalls vier aufeinander folgende Haltbarkeitsdaten gekauft, diese jedoch vermischt und als eine Sammelprobe abgefüllt und getestet. Es sollte Milch mit verschiedenen Haltbarkeitsdaten gemischt werden, um nicht nur eine Zufallsprobe zu erhalten, sondern eine Mischmilch aus verschiedenen Sammeltouren der Molkereien.

Besonderes Augenmerk bei der Auswahl der Molkereien wurde auf Molkereimilch gesetzt, die als Weide- bzw. Alpenmilch vermarktet oder mit anderen Imagequalitäten (z.B. Bergbauern, Landmilch) beworben wird.

3.1.2 Material Tankmilch

Die Untersuchung der 13 Tankmilchproben fand anhand von regionalen Höfepaaren in drei definierten Regionen in Deutschland statt (Tab. 11). Die Regionen „Nord“ (Kreise Steinburg und Segeberg), „Mitte“ (Eichsfeld/ Werra-Meißner-Kreis) und „Süd“ (Allgäu) wurden gewählt, um beispielhaft typische Regionen Deutschlands zu repräsentieren (Norddeutsche Tiefebene, Mittelgebirgslage, Süddeutsche Gebirgslage). Pro Region wurden jeweils zwei extensiv wirtschaftende/ fütternde Betriebe (ökologisch extensiv - **öe**/ konventionell extensiv - **ke**) und zwei intensiv wirtschaftende/ fütternde Betriebe ausgesucht (ökologisch intensiv - **öi**/ konventionell intensiv - **ki**) (Tab. 11). Eine Ausnahme stellt Betrieb 6 dar, das Versuchsgut der Universität Kassel/ Witzenhausen, welches zu den vier Kategorien nicht zuordenbar ist und mit **öm** bezeichnet wird (ökologisch bewirtschaftet, mittlere Intensität).

Tab. 11: Einteilung der ausgewählten Betriebe in Lage, Kreis, Höhenlage und Landschaftsform (EIGENE DARSTELLUNG)

Betrieb	Bewirtschaftungsform	Lage in Dtl.	Kreis	Bundesland	Höhenlage in m ü. NN	Landschaftsform
1	Ökologisch extensiv (öe)	Nord	Steinburg	Schleswig-Holstein	6-10	Tiefebene
2	Ökologisch intensiv (öi)	"	Segeberg	"	24	Tiefebene
3	Konventionell extensiv (ke)	"	Steinburg	"	-1	Tiefebene
4	Konventionell intensiv (ki)	"	Steinburg	"	20	Tiefebene
5	Ökologisch extensiv (öe)	Mitte	Kyffhäuserkreis	Thüringen	180	Mittelgebirgslage
6	Ökologisch mittel (öm)	"	Kassel	"	218-250	Mittelgebirgslage
7	Ökologisch intensiv (öi)	"	Eichsfeld	"	250	Mittelgebirgslage
8	Konventionell extensiv (ke)	"	Werra-Meißner	Hessen	195	Mittelgebirgslage
9	Konventionell intensiv (ki)	"	Eichsfeld	Thüringen	275	Mittelgebirgslage
10	Ökologisch extensiv (öe)	Süd	Oberallgäu	Bayern	970	Gebirgslage
11	Ökologisch intensiv (öi)	"	Oberallgäu	"	960	Gebirgslage
12	Konventionell extensiv (ke)	"	Marktoberdorf	"	850	Gebirgslage
13	Konventionell intensiv (ki)	"	Marktoberdorf	"	900	Gebirgslage

Die Hauptunterschiede der extensiven und intensiven Bewirtschaftungsweise zeigten sich neben der generell grundfutterbetonten Ration der extensiven Betriebe, in der Verfütterung von Maissilage und der Menge an Kraftfutter (Tab. 12). Eine Ausnahme hinsichtlich der Verfütterung von Maissilage bildeten die vier süddeutschen Betriebe. In der Grünlandregion Allgäu wird kein Silomais angebaut, so dass auch bei den intensiv fütternden Betrieben keine Maissilage eingesetzt wurde. In Tab. 12 sind die Auswahlkriterien kurz zusammengefasst.

Tab. 12: Auswahlkriterien der Betriebe (EIGENE DARSTELLUNG)

Bewirtschaftungsweise	Kraftfutteranteil	Maissilageanteil an der Ration	Milchleistung an der Ration
Ökologisch extensiv	< 5 %	0 %	< 6.000 l
Ökologisch intensiv	> 20 %	> 15 % ²	> 6.000 l ¹
Konventionell extensiv	< 20 %	0 %	< 7.000 l
Konventionell intensiv	> 30 %	> 15 % ³	> 8.000 l

¹ Ausnahme Betrieb 7 mit 5.400 l

² Ausnahme Betrieb 11 (keine Maissilage)

³ Ausnahme Betrieb 13 (keine Maissilage)

Diese vier Betriebe pro Region sollten sich innerhalb der Paare (ökologisch/ konventionell) hinsichtlich der Bewirtschaftungsweise und der Fütterungsintensität möglichst stark voneinander unterscheiden (z.B. reine Heufütterung versus hoher Einsatz von Kraftfutter/ Maissilage). Dieses Kriterium wurde ausgehend von der These gewählt, dass vor allem die Intensität der Fütterung und die Wahl der einzelnen Futtermittel die Fettsäuregehalte der Milch maßgeblich beeinflussen, und nicht eine ökologische oder konventionelle Wirtschaftsweise.

Es wurde Wert darauf gelegt, dass sich die Regionen in ihrer Höhenlage unterscheiden. So lagen die Betriebe der Region „Nord“ zwischen -1 und 20 m ü. NN als beispielhafte Milchproben aus dem norddeutschen Tiefland. Die Region „Mitte“ repräsentiert eine Mittelgebirgslage (180-250 m ü. NN) und die Region „Süd“ eine grünlanddominierte Gebirgslage (850-970 m ü. NN). Dieses Kriterium spiegelt die in der Literatur diskutierte und untersuchte These wieder, dass die Gehalte der gesundheitlich wertvollen Fettsäuren der Milch, insbesondere CLA, mit zunehmender Höhe über dem Meer ansteigen.

Die Betriebsauswahl ist nicht repräsentativ, aber durchaus typisch für eine Vielzahl von Milchviehbetrieben in Deutschland. Betriebe 1 und 5 sind typische Beispiele für ökologisch extensive Betriebe mit reiner Heufütterung aus Gründen der Veredelung zu Milchprodukten in der hofeigenen Käserei. Betrieb 9 steht repräsentativ für konventionell intensive Milchviehbetriebe in Ostdeutschland mit großen Tierzahlen (1.400 Milchkühen) und hoher Milchleistung (8.800 l/ Kuh/ Jahr) auf der Basis von hohem Kraftfuttereinsatz und hohen Anteilen Maissilage in der Ration. Ein typischer Grünlandbetrieb der holsteinischen Elbmarschen (Wilstermarsch) ist der konventionelle Betrieb 3, der hofeigene Grassilage von Marschwiesen verfüttert und mais- und sojahaltige Kraftfuttermischungen zukaufft.

Die Probennahme und Datenerhebung erfolgte im Rahmen von Betriebsbesuchen in der letzten Februarwoche 2006. Es wurde darauf geachtet, dass die Milch vor der Probennahme intensiv gerührt wurde um ein Aufrahmen der Milch zu verhindern und eine repräsentative Probe ziehen zu können. Die Milch war in allen Fällen bis zur Probennahme gekühlt gelagert worden (4 – 6 °C) und stammte von mindestens zwei Melkzeiten (Ausnahme Betrieb 4: nur eine Melkzeit). Die Milch wurde in je vier 3ml-Proberöhrchen abgefüllt, beschriftet und eingefroren. Zudem wurde jeder Betriebsleiter mit Hilfe eines Fragebogens zu Grunddaten seines Betriebes und der gefütterten Ration mit Mengenangaben und TS-Untersuchungen befragt (Fragebogen siehe Anhang).

Mittels der in Frischmasse angegebenen Ration und der TS-Gehalte wurde die Gesamttrockenmasse errechnet und der Anteil der einzelnen Futtermittel an der Gesamttrockenmasse bestimmt.

3.2 Methode

Die Bestimmung der Kohlenstoffsignatur wurde am Lehrstuhl für Grünlandlehre des Wissenschaftszentrums Weihenstephan durchgeführt. Das Fettsäuremuster wurde im Labor der Versuchsstation Thalhausen der TUM bestimmt.

3.2.1 Bestimmung der Kohlenstoffsignatur

Für die Bestimmung von Isotopensignaturen gibt es bislang noch keine Standardmethode. Die Analyse wurde in Anlehnung an das Verfahren von KORNEXL ET AL. (1996) durchgeführt.

Die Proben wurden zuerst sorgfältig aufgeschüttelt, um einen Einfluss der Phasentrennung zu vermeiden, was eine Verzerrung der Untersuchungsergebnisse zur Folge hätte. Danach wurden 10 µl der Milchprobe in Zinnkapseln (4 x 6 mm, IVA Analysetechnik Zinnkapseln, Meerbusch, Deutschland) einpipettiert und 2-3 h bei einer Temperatur von 30°C im Trockenschrank getrocknet. Die Zinnkapseln wurden anschließend quaderförmig „geknüllt“ und danach mit einem Elementaranalysator (Carlo Erba NA 1108, Mailand, Italien), der über ein Interflow (Conflo III, Finnigan MAT, Bremen) mit Massenspektrometer („continuous flow“- Gasisotopenverhältnis – Massenspektrometer, Delta Plus, Finnigan MAT, Bremen) verfügt, auf die Kohlenstoffsignatur untersucht. Als sekundärer Laborstandard diente ein zuvor gegen einen internationalen Standard (IAEA – CH 6 für ^{13}C) geeichtes, fein vermahlene, homogenes und stabiles Proteinpulver ($\delta^{13}\text{C}$: $-22,0 \pm 0,3$) mit ähnlichem C/N – Massenverhältnis (3,3 : 1) wie Milch (2,9 – 3,1 : 1). Die Isotopenzusammensetzung wird, wie international üblich, in Promille von $\delta^{13}\text{C}$ angegeben. Dabei gilt: $\delta^{13}\text{C} = [(R_{\text{Probe}} / R_{\text{Standard}}) - 1] * 1000$ wobei $R = ^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$ in der Probe bzw. in einem international definiertem Standard (PDB und AIR). Analysiert werden jeweils die leichteren Elemente. Je niedriger der δ -Wert einer Substanz, desto geringer ist der Anteil des jeweils schweren Isotops.

Die Berechnung des Maisanteils erfolgte auf Basis von zwei Regressionsgeraden, die in der Literatur angegeben werden. KÖHLER ET AL. (2005) errechneten den Maisanteil der gefütterten Ration aufgrund ihrer Untersuchungsergebnisse ($n = 16$) mit der Beziehung $y = 0,199 x - 29,0$ ($r^2 = 0,9$). Die Untersuchung von Winkelmann (2006) mit einem Stichprobenumfang von $n = 600$ ergab eine Regressionsgerade mit der Formel $y = 0,1745x - 30,162$ ($r^2 = 0,9370$). Die Ergebnisse wurden mit Hilfe von SPSS und Exel ausgewertet.

3.2.2 Bestimmung des Fettgehaltes

Lipide lassen sich mit unpolaren bis schwach polaren Lösungsmitteln aus ihrer organischen Matrix herauslösen. Eine relativ einfache Möglichkeit zur vollständigen Fettextraktion stellt die Methode von HALLERMAYER (1976) dar, welche für die spezifischen Bedingungen von Fleisch und Fleischwaren beschrieben ist und für die Bestimmung der Milchfettextraktion modifiziert wurde.

Folgende Geräte und Chemikalien wurden verwendet:

Geräte

- Becherglas
- Analysewaage (Genauigkeit 1/100 mg)
- Homogenisator Ultra-Turrax IKA T 25 (Modell 18/10, Fa. Janke & Kunkel, Staufen, Deutschland) Zentrifugengläser Ø 20 mm, Inhalt 25 ml (Schott/Duran)
- Zentrifugen-Rundbecher mit Schraubdeckel
- Kühlzentrifuge Z 323 K mit Ausschwingrotor (Hermle, Deutschland)
- Mikropipette 50 - 100 µl Scheidetrichter mit Teflonhahn und Glasstopfen (Schott)
- Scheidetrichterhalterung (Eigenbau)
- 15 ml Glasgefäße für den Vakuumkonzentrator mit Glasstopfen
- Membran-Vaccumpumpe MZ 2 (Vacubrand)
- Vaccum-Konzentrator CentriVap, Centifugal Concentrator 78100-01 (Labconco, USA)

Chemikalien

- Chloroform p. A. (Merck, Deutschland)
- Methanol p. A. (Merck, Deutschland)
- Natriumchlorid p. A. (Merck, Deutschland)
- Stickstoff 5.0

Zuerst wurden jeweils zwei aufgetaute Milchprobenröhrchen einer Probe mit je ca. 3 - 4 ml Flüssigkeit in ein Becherglas gefüllt und eine Minute mit Ultraschall homogenisiert. Da eine Doppelbestimmung durchgeführt werden sollte, wurde direkt im Anschluss je 2 ml Milch auf 1/100mg genau in, mit Stickstoff vorgespülte, 25 ml Zentrifugeröhrchen eingewogen. Danach erfolgten zwei Extraktionsschritte. Im ersten wurde 10 ml Chloroform/Methanol-Mischung pro Röhrchen zugegeben und anschließend zwei Minuten mit Ultraschall homogenisiert. Beim anschließenden fünfminütigen Zentrifugieren bei 4000 U/min und 4 °C trennte sich die Flüssigkeit in zwei Phasen. Im nächsten Arbeitsschritt wurde die obere Phase abgezogen und verworfen und die untere Phase vorsichtig in einen 50 ml Scheidetrichter überführt. Der sedimentierte Rückstand wurde nochmals mit 10 ml Chloroform/Methanol versetzt, homogenisiert und zentrifugiert. Der Überstand wurde mit dem Vorherigen im Scheidetrichter vereinigt. Zur Entfernung störender Bestandteile wurde nun 10 ml physiologischer Kochsalzlösung in den Scheidetrichter zugegeben, verschlossen und 1 min per Hand geschüttelt.

Die Lösung muss anschließend eine Stunde bei Zimmertemperatur stehengelassen werden. In der Zwischenzeit wurde das Leergewicht der 15 ml Glaskolben samt Schliffkolben notiert. Nach einer Stunde waren im Scheidetrichter zwei Phasen zu erkennen: eine obere, polare Wasser-Methanolphase und eine untere, unpolare Chloroformphase, in welcher sich die gelösten Lipide befanden. Im nächsten Arbeitsschritt wurde die untere, unpolare Chloroformphase aus dem Scheidetrichter in die 15 ml Glaskolben abgelassen und anschließend das Lösungsmittel unter Stickstoff bei 300 mbar und 37 °C eingedampft und dann 15 min lang mit Stickstoff nachgeblasen um das verbliebene Lösungsmittel zu entfernen. Anschließend wurden die Glaskolben zurück gewogen. Der Fettgehalt der Milch wird in Prozent der Frischmasse folgendermaßen berechnet:

$$\text{Gesamtlipidgehalt (in \% der FM)} = \text{Rückwaage}_{(\text{mg})} / \text{Einwaage}_{(\text{mg})} * 100$$

Rückwaage = Gewicht des Gesamtlipidextraktes (mg)

Einwaage = Gewicht der eingewogenen Milchprobe (mg)

FM = Frischmasse

3.2.3 Bestimmung des Fettsäuremusters

Das Fettsäuremuster eines Fettes bestimmt dessen ernährungsphysiologischen Wert und beeinflusst maßgeblich die technologischen und sensorischen Qualitäten eines Lebensmittels. Ausgangsmaterial für die gaschromatographische Analyse der Fettsäuren und ihre quantitative Bestimmung ist das bereits getrocknete und gewogene Lipidextrakt. Reine Fettsäuren sind sehr empfindlich und für die direkte gaschromatographische Bestimmung schwer zugänglich. Es werden deshalb generell nur Fettsäuremethylester eingesetzt, d.h. die verschiedenen in Esterbindungen vorliegenden Fettsäuren müssen aus den Tri-, Di-, und Monoglyceriden sowie den Phospholipiden herausgelöst und zu einzelnen Fettsäuremethylestern verestert werden. Ebenso müssen die vorliegenden freien Fettsäuren verestert werden.

Zur Bestimmung des Fettsäuremusters mit TMSH (DGF-EINHEITSMETHODE 2000/ KIENBERGER 2005) wurden folgende Geräte und Chemikalien verwendet:

Geräte

- Vortex-Schüttler für Spitzkolben (Heidolph, Deutschland)
- 100 µl Mikropipette, Microman (Abimed, Deutschland)
- 1 ml Vials mit Mikroinsert und Bördelkappen (Agilent, Deutschland)
- Mikroliterspritze 50 µl (Hamilton, Bonaduz, Schweiz)
- Bördelzangen zum gasdichten Verschließen der Vials
- Gaschromatograph (GC) HP 6890 (Hewlett Packard, USA)

Chemikalien

- Tert-Butylmethylether (Uvasol Merck, Deutschland)
- Trimethylsulfoniumhydroxid (TMSH), reinst, 0,25 M in Methanol (Macherey & Nagel, Deutschland)
- Fettsäuremethylester-Standard (Sigma, Deutschland)

Zum eingedampften Fettrückstand aus der Gesamtlipidbestimmung wurden 2 ml tert-Butylmethylether zugegeben und eine Minute geschüttelt bis alles Fett gelöst war. Anschließend wurden 100 µl mit einer Mikropipette in ein Mikro-Vial überführt und direkt im Anschluss 50 µl TMSH mit einer Hamilton-Spritze zugegeben und mit Bördelkappen gasdicht verschlossen. Das Vial wurde nun kurz geschüttelt und dann in den Autosampler des GC gestellt bzw. in die Kühlkammer.

Zur Bestimmung des Fettsäuremusters wurden also die Fettsäuren zu Fettsäuremethylestern umgeestert, gaschromatographisch getrennt (Tab. 13) und mit einem Flammenionisationsdetektor (FiD) quantitativ bestimmt.

Tab. 13: Parameter des Gaschromatographen 6890

Autosampler	7683 (Hewlett Packard, USA)
Säule	DB-23 (Agilent), 60m, I.D. 0,25 mm, Film 0,25 µm
Trägergas	Wasserstoff 5.0
Makeup-Gas	Stickstoff 5.0
Einspritzmenge	1µl
Injector	Split 1:100, 250 °C
Detector	FID, 250 °C
Temperaturprogramm	100-250 °C, 40 min

3.2.4 Quantitative Analyse

Die einzelnen Fettsäuren wurden durch den Vergleich ihrer Retentionszeiten mit den Retentionszeiten der Standardsubstanzen identifiziert (Software Chromeleon). Die Quantifizierung erfolgte über die Peakflächen.

$$W_i = (100 * F_i) / F_n$$

W_i = Massenanteil des Fettsäuremethylesters i in g/100g

F_i = Peakfläche des Fettsäuremethylesters i in Flächeneinheiten

F_n = Summe aller eluierten und identifizierten Peakflächen der Fettsäuremethylester

Die Massenanteile der einzelnen Fettsäuren im Fett kann über die Multiplikation des Massenanteils des jeweiligen Fettsäuremethylesters im Fett mit dem entsprechenden Umrechnungsfaktor errechnet werden. Die Ergebnisse wurden mit SPSS und Excel ausgewertet.

4 Ergebnisse

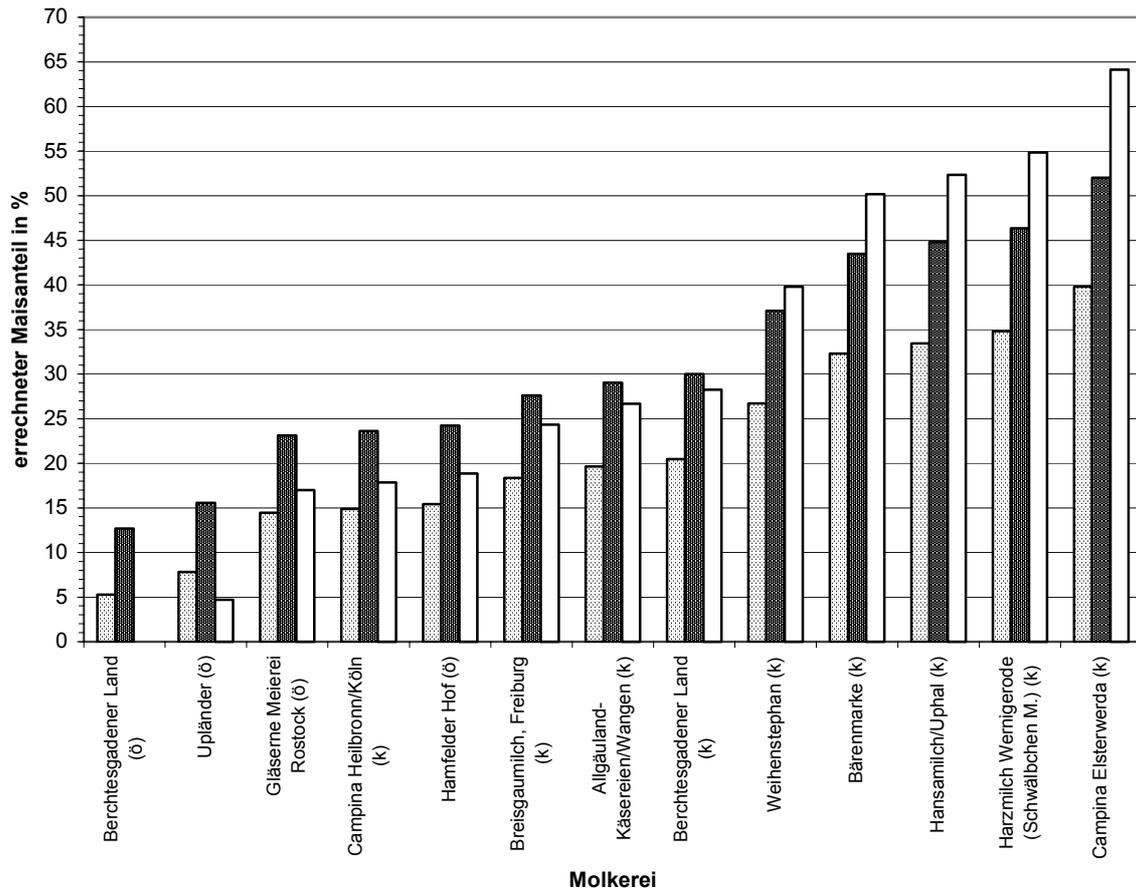
Im folgenden Kapitel werden zuerst die Ergebnisse der Konsummilch und dann die der Tankmilch der Einzelbetriebe kurz beschrieben und graphisch dargestellt.

4.1 Ergebnisse Molkereien

4.1.1 Ergebnisse Kohlenstoffisotope

Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der untersuchten Trinkmilch lagen zwischen $-27,95$ und $-21,08$ ‰. Für die Proben M9 (Feneberg – ökologisch) und M11 (Breisgaumilch – ökologisch) lagen keine Ergebnisse aufgrund fehlerhafter Probenvorbereitung vor.

Die Berechnung des Maisanteils auf Basis der Regressionsgeraden $y = 0,199x - 29,0$ / $r^2 = 0,9$ (KÖHLER ET AL. 2005; $n = 16$) ergab geschätzte durchschnittliche Maisanteile von 5 bis 40 %. Verwendet man die Beziehung $y = 0,1745x - 30,162$ / $r^2 = 0,9370$ (WINKELMANN 2006; $n = 600$), liegen die Maisanteile zwischen 12,7 und 52 %. Verwendet man die Regressionsgerade von SCHWERTL ET AL. (2005) ($y = 0,152x - 25,7$), so haben die berechneten Maisanteile eine noch größere Spanne und schwanken zwischen 7 bis 52 %. SCHWERTL ET AL. (2005) untersuchte jedoch die Kohlenstoffsignatur an Rinderhaaren (besteht hauptsächlich aus Protein) und nicht an Milchprodukten, weshalb die mit dieser Beziehung errechneten Werte vernachlässigt werden.



■ $y=0,199x-29,0$ (Köhler et al. 2005) ■ $y=0,1745x-30,162$ (Winkelmann 2006) □ $y=0,1071x-27,95$ (Schwertl et al. 2005)

Abb. 10: Errechnete Maisanteile in der Molkereimilch, berechnet über drei verschiedene in der Literatur angegebene Regressionsgeraden, geordnet nach den Anteilen (k = konventionell, ö = ökologisch) (EIGENE DARSTELLUNG)

Den niedrigsten Maisanteil wies die „Frische Alpengvollmilch“ (Demeter) von der Molkerei Berchtesgadener Land mit $0^1/ 5^2$ bzw. $12,7^3$ % auf. Der höchste Maisanteil wurde für die „Frische Vollmilch“ Marke Milsani der Molkerei Campina in Elsterwerda berechnet ($40^1/ 52^2 / 64^3$ %) (Abb. 10). Ökologische Milch weist in dieser Untersuchung durchschnittlich einen wesentlich geringeren Maisanteil auf als Milch aus konventioneller Erzeugung ($10^1/ 11^2/ 19^3$ % versus $27^1/ 37^2 / 40^3$ %).

In nachfolgenden Graphiken wird der Maisanteil auf Basis der Beziehung $y = 0,1745 x - 30,162$ ($n = 600$) (WINKELMANN 2006) berechnet.

¹ Berechnungen nach KÖHLER ET AL. (2005)

² Berechnungen nach WINKELMANN (2006)

³ Berechnungen nach SCHWERTL ET AL. (2005)

4.1.2 Ergebnisse Omega-3-Fettsäuren

Wie im Literaturteil beschrieben, werden unter dem Begriff Omega-3-Fettsäuren eine Gruppe von mehrfach ungesättigten, für den Menschen essentiellen, Fettsäuren mit der ersten Doppelbindung am 3. C-Atom zusammengefasst. EPA und DHA, die längerkettigen und physiologisch wertvolleren Omega-3-Fettsäuren, sind in Milch nur in geringen Anteilen vorhanden (Abb. 11).

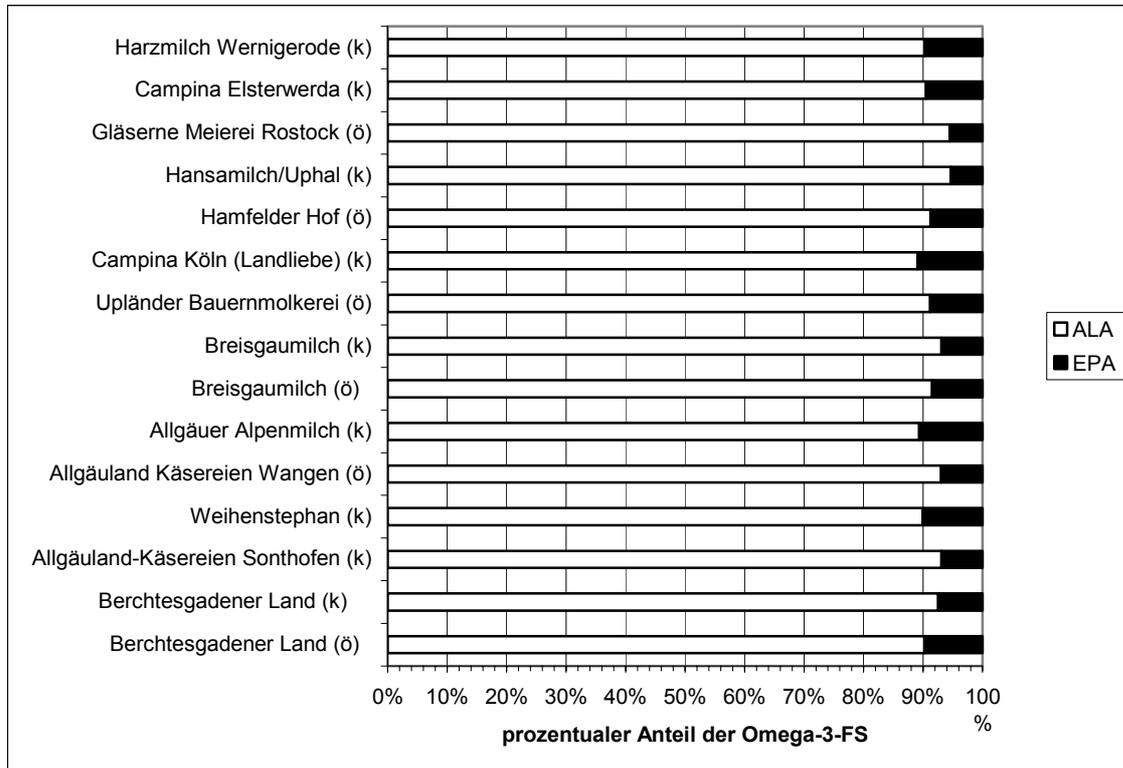


Abb. 11: Prozentualer Anteil der einzelnen Omega-3-Fettsäuren in der Molkereimilch (EIGENE DARSTELLUNG)

Hauptbestandteil der Omega-3-Fettsäuren in Milch ist mit einem Anteil von ca. 90 % die α -Linolensäure (ALA).

Der Gruppe der Omega-3-Fettsäuren in vorliegender Untersuchung weist Werte zwischen 12,06 mg/g Fett („Frische Alpenvollmilch“ (Demeter), Molkerei Berchtesgadener Land) und 5,86 mg/g Fett (Bärenmarke – Alpenfrische Vollmilch, Molkerei Allgäuer Alpenmilch) auf (Abb. 12).

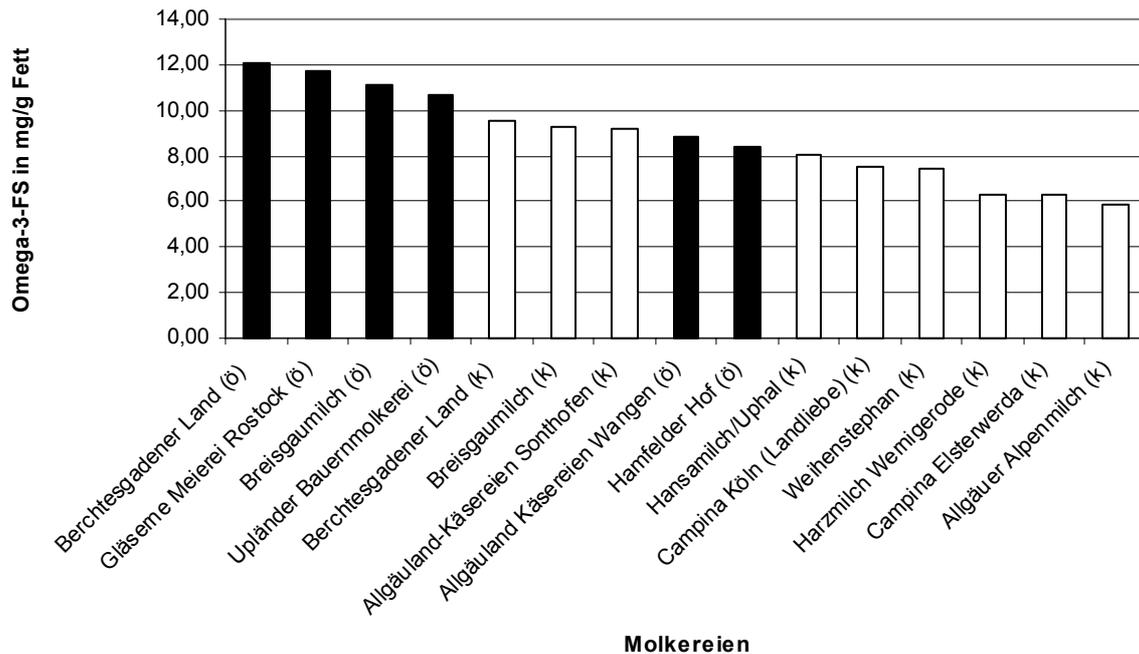


Abb. 12: Omega-3-Fettsäuregehalte der verschiedenen Molkereimilchproben geordnet nach abnehmendem Gehalt (k = konventionell – weiße Balken, ö = ökologisch – schwarze Balken) (EIGENE DARSTELLUNG)

Die höchsten Werte mit > 10 mg Omega-3-FS/g Fett wurden in Milch ökologischer Herkunft gemessen (Berchtesgadener Land, Gläserne Meierei Rostock, Breisgaumilch, Upländer Bauernmolkerei). Einen Wert zwischen 8 und 10 mg Omega-3-FS/g Fett erreichte auch konventionelle Milch aus Süddeutschland (Berchtesgadener Land, Allgäuland-Käsereien Sonthofen, Breisgaumilch) sowie die Ökomilch der Allgäuland Käsereien Wangen und des Hamfelder Hofes (Schleswig-Holstein). Die niedrigsten Gehalte wies konventionelle Milch der Molkereien Hansamilch Uphal, Campina, Harzmilch, Allgäuer Alpenmilch und Weihenstephan auf.

In der Abb. 13 sind neben den Gehalten an Omega-3-Fettsäuren der einzelnen Milchproben auch die berechneten Maisanteile dargestellt.

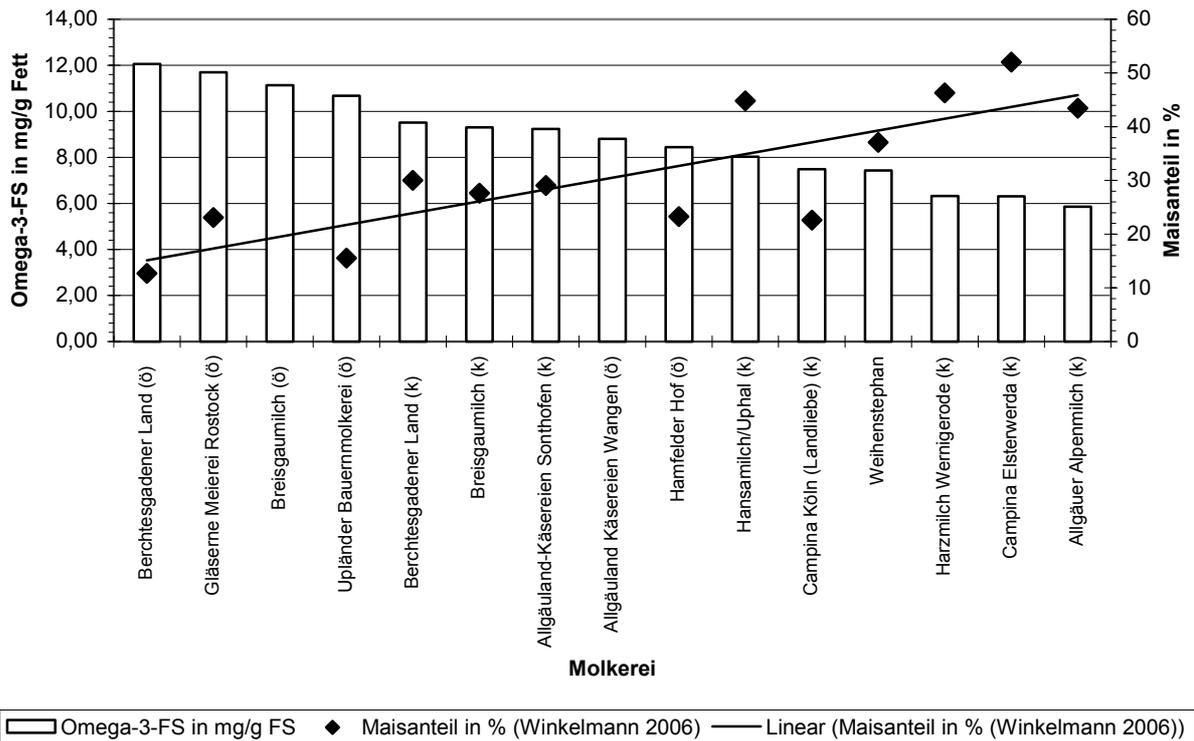


Abb. 13: Gehalt an Omega-3-Fettsäuren in mg/g Fett geordnet nach abnehmendem Gehalt und der berechnete Maisanteil in % nach WINKELMANN (2006) in den Molkereimilchproben (k = konventionell, ö = ökologisch) (EIGENE DARSTELLUNG)

Man kann erkennen, dass mit steigendem Maisanteil in der Milch der Omega-3-Fettsäuregehalt sinkt. Da die Berechnung des Maisanteils mit Unsicherheiten behaftet ist, ist es ebenso möglich den Zusammenhang zwischen den ^{13}C -Werten und den Omega-3-Gehalten aufzuzeigen. In Abb. 14 wird der lineare Zusammenhang zwischen steigenden Omega-3-Fettsäurewerten und sinkenden ^{13}C -Werten deutlich.

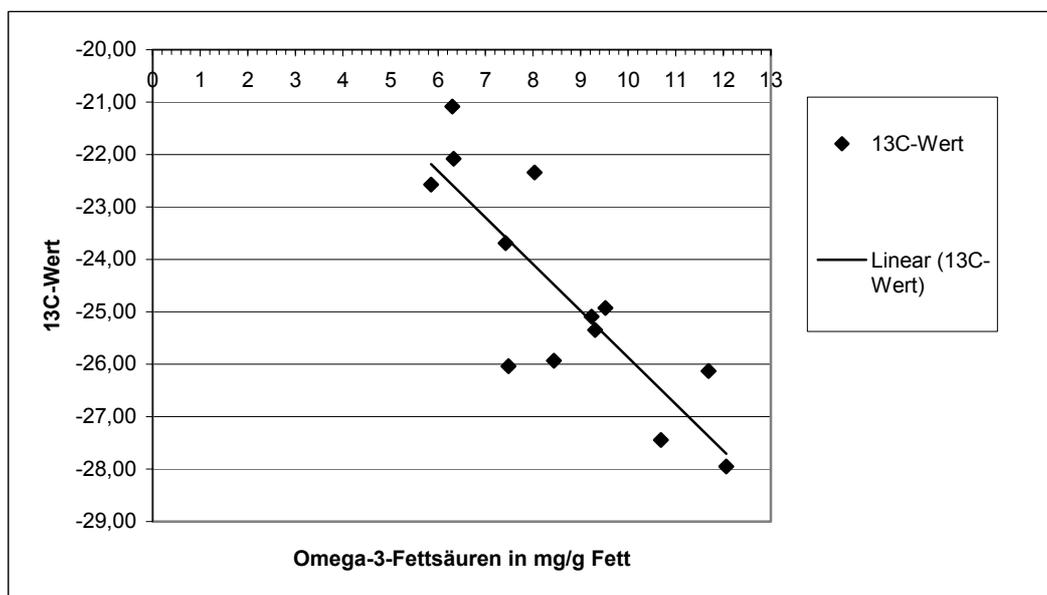


Abb. 14: Zusammenhang zwischen dem $\delta^{13}\text{C}$ -Wert und den Omega-3-Fettsäuregehalten der Molkereimilchproben (EIGENE DARSTELLUNG)

Abb. 15 zeigt ein Boxplot-Diagramm für die Verteilung der Omega-3-Gehalte in ökologischer und konventioneller Molkereimilch. Bildet man den Mittelwert der Molkereimilchproben, so wies ökologische Milch in dieser Untersuchung höhere Omega-3-Fettsäuregehalte auf (Mittelwert 10,47 mg/g Fett; Median 10,9 mg/g Fett) als konventionelle Milch (Mittelwert 7,72 mg/g Fett, Median 7,48 mg/g Fett) (Abb. 15).

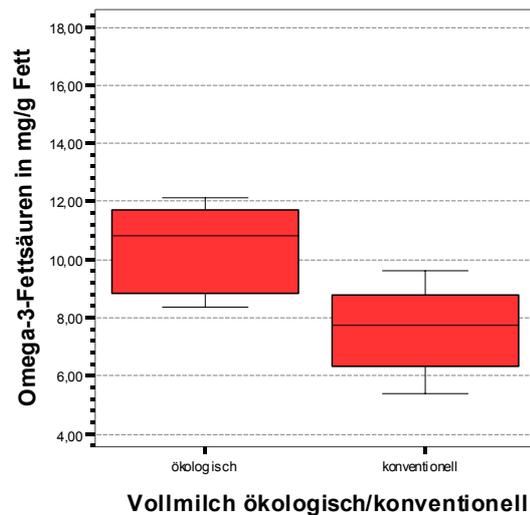


Abb. 15: Boxplot-Diagramm für die Verteilung der Omega-3-Gehalte in ökologischer und konventioneller Molkereimilch (EIGENE DARSTELLUNG)

4.1.3 Ergebnisse CLA

Die CLA-Gehalte in der vorliegenden Untersuchung schwanken zwischen 10,58 mg/g Fett (Frische Alpenvollmilch“ (Demeter), Molkerei Berchtesgadener Land) und 4,32 mg/g Fett (Vollmilch (Bioland), Hamfelder Hof) (Abb. 16).

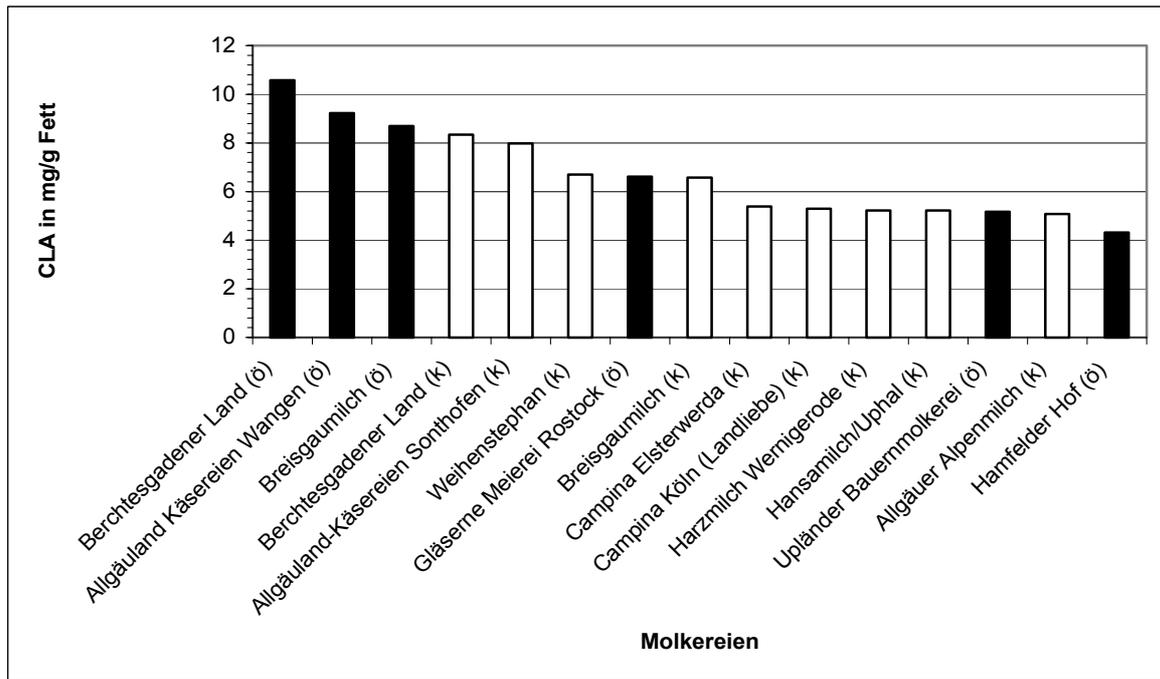


Abb. 16: Gehalt an CLA in mg/g Fett der Molkereimilch, geordnet nach abnehmendem Gehalt (ö = ökologisch – schwarze Balken, k = konventionell – weiße Balken) (EIGENE DARSTELLUNG)

Auffällig ist, dass alle Proben aus dem süddeutschen Raum (Allgäu, Südbayern, Schwarzwald), mit Ausnahme der Allgäuer Alpenmilch (Bärenmarke), Werte > 6 mg CLA/g Fett weisen.

Abb. 17 zeigt ein Boxplot-Diagramm für die Verteilung der CLA-Gehalte in ökologischer und konventioneller Molkereimilch. Es wird deutlich, dass der Median der ökologischen Milch keinen deutlich höheren CLA-Wert aufweist als der Median der konventionellen Milch. Die Schwankungsbereiche überlappen sich vollständig und die Werte beider Herkünfte streuen sehr stark

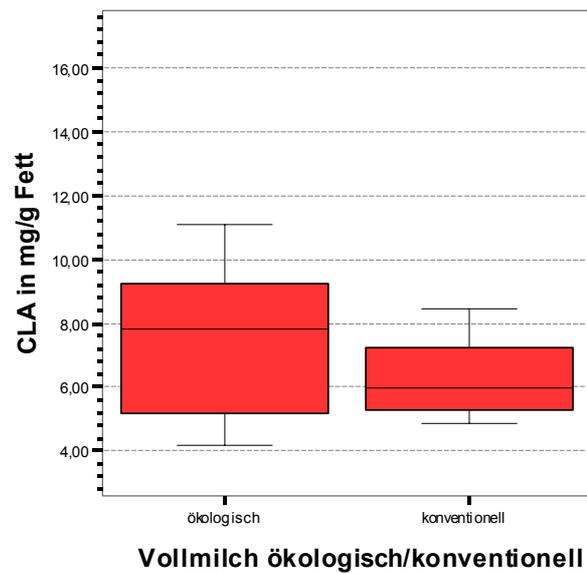


Abb. 17: Boxplot-Diagramm für die Verteilung der CLA-Gehalte in ökologischer und konventioneller Molkereimilch (EIGENE DARSTELLUNG)

4.1.4 Ergebnisse Omega-6 zu Omega-3-Verhältnis

In vorliegender Untersuchung betragen die Omega-6 zu Omega-3-Verhältnisse zwischen 1,4: 1 („Frische Alpenvollmilch“ (Demeter), Molkerei Berchtesgadener Land) und 3,2: 1 (Frische Vollmilch, Campina Elsterwerda).

In der folgenden Abb. 18 sind die Gehalte an Omega-6 und Omega-3-Fettsäuren und das Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3-Fettsäuren graphisch dargestellt. Die Milchproben sind nach den Omega-3-Fettsäuregehalten geordnet.

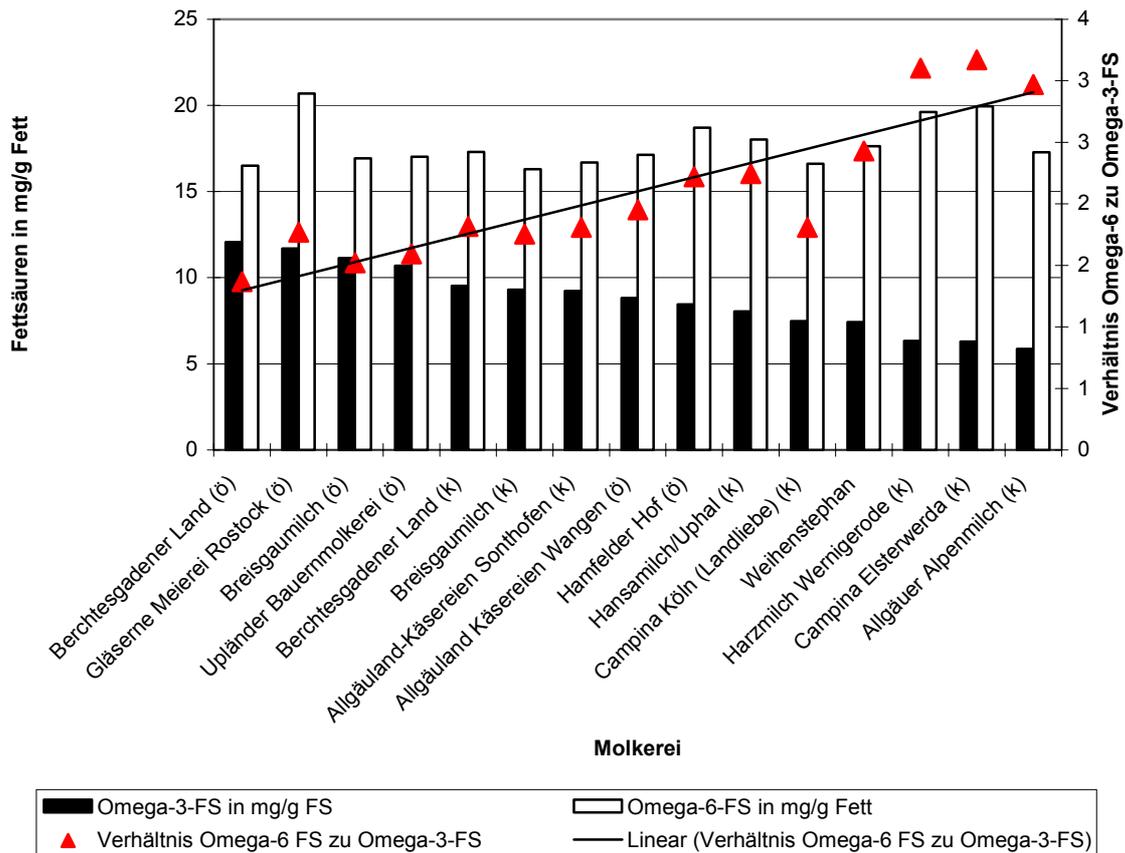


Abb. 18: Gehalte an Omega-6 und Omega-3-Fettsäuren und das Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3-Fettsäuren der Molkereimilchproben, geordnet nach abnehmendem Omega-3-Fettsäuregehalte (k = konventionell, ö = ökologisch) (EIGENE DARSTELLUNG)

Mit sinkendem Omega-3-Fettsäuregehalt erweiterte sich das Verhältnis bzw. anders ausgedrückt, je höher die Omega-3-Fettsäuregehalte, desto enger ist das Verhältnis. Die Omega-6-Fettsäuregehalte bleiben dabei relativ konstant.

4.1.5 Ergebnisse Schwankungen der Einzelproben einer Molkereimilch

Um zu überprüfen, ob es erhebliche Varianzen innerhalb der Milch einer Molkerei gibt, wurde bei einer der Molkereien die vier verschiedenen Abfülldaten nicht vermischt, sondern einzeln untersucht. In Tab. 14 sind die Schwankungen im Gehalt an Omega-3-Fettsäuren, CLA, dem Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3 und dem Maisanteil zwischen vier verschiedenen Abfülldaten der Molkerei Weihenstephan (Frische Alpenmilch) im Vergleich zu den Schwankungen aller Sammelproben dargestellt.

Tab. 14: Schwankungen der Einzelmilchproben einer Molkerei im Vergleich zu den Schwankungen aller Proben hinsichtlich Omega-3-Fettsäuren, CLA, Omega-6 zu Omega-3-Verhältnis, Maisanteil (EIGENE DARSTELLUNG)

	Omega-3-FS (mg/g Fett)	CLA (mg/g Fett)	Omega-6:Omega-3	Maisanteil (%)
4 Einzelmilchproben	5,77 – 8,47	5,51 – 7,69	2,1 - 3 : 1	32,1 – 42,7
alle Sammelproben	5,86 - 12,06	4,32 – 10,58	1,4 - 3,2 : 1	12,7 – 52

Schaut man sich jedoch die Spanne zwischen dem minimalsten und dem maximalsten Wert aller Proben an, so sind die Unterschiede erheblich. Im Vergleich dazu liegen die Schwankungen innerhalb derselben Molkerei in einem vergleichsweise engen Fenster (Tab. 14).

4.2 Ergebnisse Einzelbetriebe

4.2.1 Ergebnisse Futterrationen der Betriebe

Eine Zusammenfassung der Rationszusammensetzung nach Anteilen in % der Gesamttrockenmasse der Ration gibt folgende Übersicht (Tab. 15). Einige Betriebe mit extensiver Fütterung konnten keine Mengenangaben machen, weil sie das Grundfutter ad libitum füttern. Bei diesen Betrieben wurden die FM-Aufnahme geschätzt und mit Standard-TS-Gehalten (DLG 1997) verrechnet zu prozentualen Anteilen der Futterkomponenten an der Gesamttrockenmasse der gefütterten Ration.

Tab. 15: Futterkomponenten und –anteile in % der Gesamttrockenmasse der gefütterten Rationen (Angaben in %) (EIGENE DARSTELLUNG)

Betriebscode		1 ³	5 ^{2,3}	10 ^{2,3}	6	2	7	11 ^{2,3}	3 ²	8 ^{2,3}	12 ^{2,3}	4	9	13
Bewirtschaftungsweise		ökologisch extensiv			öm	ökologisch intensiv			konventionell extensiv			Konventionell intensiv		
Grundfutter	Heu	81	87	35	4		7			44	38 ⁴		6	13
	Grummet			36				53			57			
	Grassilage 1. Schnitt							21	80	27		13	9	
	Grassilage 2. Schnitt				62							13	11	34
	Grassilage 3. Schnitt			29										
	Kleegrassilage					45	19							
	Maissilage				24	20	14						36	33
	Wickroggensilage						37							
	Grascobs							4						7
	Summe Grundfutter	81	87	100	91	65	77	78	80	71	57	62	59	54
Saffutter	Treber												3	11
	Nassschnitzel												5	
	Möhren	3												
	Futterrüben		8							11				
	Summe Saffutter	3	8	-	-	-	-	-	-	11	-	-	8	11
KF	Summe Krafffutter	(16)	5	-	9	35	23	22¹	20¹	18	5	34¹	33¹	35¹
Sonst.	Stroh											4		
	Brot	16												
	Summe Sonstiges	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-

¹ KF enthält Maisanteile (Maiskleber, Körnermais)

² Berechnung mit geschätzter FM-Aufnahme

³ Berechnung mit TS-Gehalt nach DLG (1997)

⁴ Heulage

4.2.2 Ergebnisse Kohlenstoffisotope

Der $\delta^{13}\text{C}$ -Wert der Referenzmilch variierte zwischen -29 und $-23,3$ ‰. Aus Abb. 19 wird ersichtlich, dass die Werte tendenziell positiver werden je mehr Mais in der gefütterten Ration enthalten ist. Betriebe 4 und 9, die sowohl Maissilage fütterten als auch einen Maisanteil im Kraftfutter angaben, hatten die positivsten $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ($-23,3$ ‰).

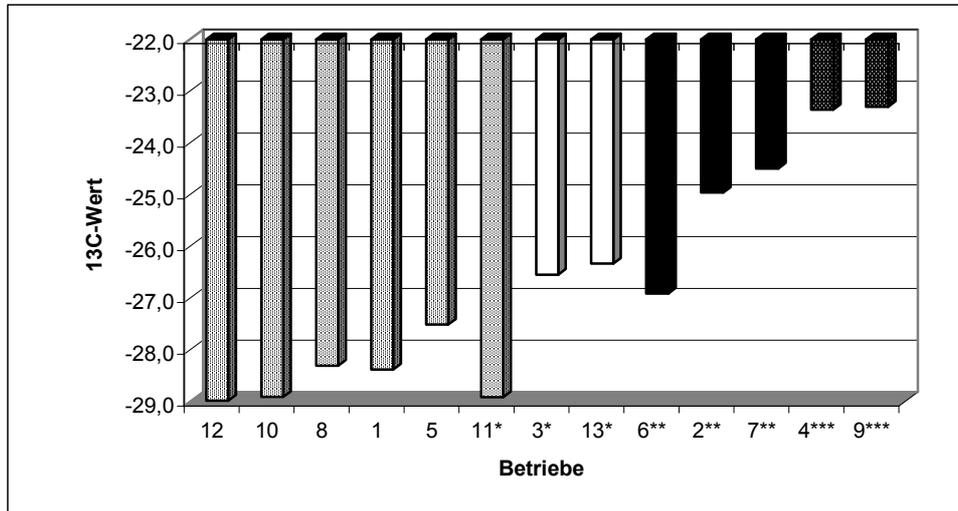


Abb. 19: $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Molkereimilchproben, geordnet nach Betrieben „ohne Mais“, „mit Mais im KF, ohne Maissilage“ (*), „ohne Mais im KF, mit Maissilage“ (**), „mit Mais im KF, mit Maissilage“ (***) (EIGENE DARSTELLUNG)

Es fällt auf, dass die Betriebe ohne jegliche Maisfütterung schwankende $\delta^{13}\text{C}$ -Werte aufweisen. Betrieb 11 fällt aufgrund der gleichen $\delta^{13}\text{C}$ -Werte wie Betrieb 12 auf, der keinerlei Mais verfütterte. Ein Stück weit erklärbar ist dieser Wert, weil der Maisanteil im Kraftfutter von Betrieb 11 vergleichsweise gering war (18/3 Kraftfutter: 3 % Maisanteil/Getreidemischung: 25 %), was im Verhältnis 2 : 1 gefüttert wird. In den Betrieben 3 und 13 müsste, aufgrund der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte, der Maisanteil im Kraftfutter höher sein (Betrieb 3: Keine prozentualen Angaben der Bestandteile, Betrieb 13: Energiemischung 50 % Körnermais, 19/4 KF: keine prozentualen Angaben der Bestandteile).

Der Anteil Maissilage an der Gesamttrockenmasse der Ration wurde auf Grund der Angaben der Landwirte in den Fragebögen errechnet und reichte von 0 bis 36 %. Der genaue Maisanteil im Kraftfutter konnte aufgrund fehlender prozentualer Angaben der Bestandteile nicht eingerechnet werden. In der Abb. 20 wurden die Maisanteile nach zwei verschiedenen Regressionsgeraden aus der Literatur errechnet und mit den Angaben der Landwirte verglichen.

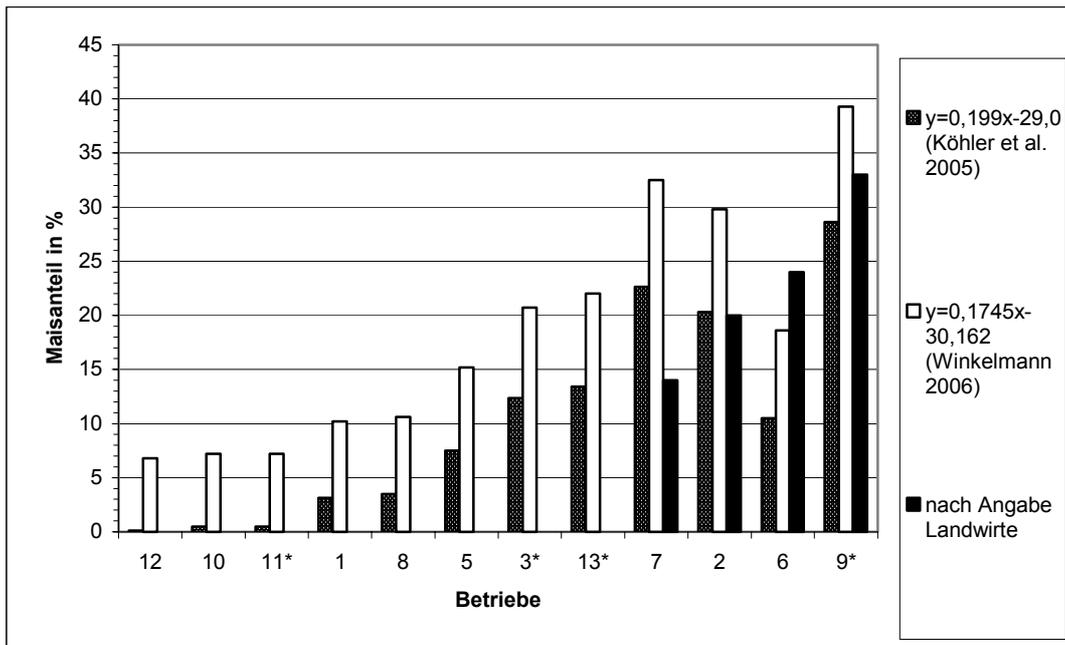


Abb. 20: Maisanteil in % der verschiedenen Futterrationen der Einzelbetriebe auf Grundlage der Beziehung $y = 0,199x - 29,0$ (KÖHLER ET AL. 2005) ($n = 16$) und $y = 0,1745x - 30,162$ (WINKELMANN 2006) ($n = 600$) und nach Angabe der Landwirte (in % der Gesamttrockenmasse der Ration). Das Kraftfutter der mit * gekennzeichneten Betriebe enthält Mais. (EIGENE DARSTELLUNG)

Nach der Beziehung von WINKELMANN (2006) ($n = 600$) lagen die Maissilageanteile der Betriebe zwischen 6,8 und 39,3 %; nach der Beziehung von KÖHLER ET AL. (2005) ($n = 16$) zwischen 0,1 und 28,6 %. Betriebe 1, 8 und 5 zeigten nach dieser Art der Berechnung Maisanteile in der Futterration an, obwohl kein Mais oder andere C4-Pflanzen nach Angaben der BetriebsleiterInnen verfüttert wurden.

4.2.3 Ergebnisse Omega-3-Fettsäuren

Die Omega-3-Fettsäuregehalte der Milch der 13 Betriebe lagen zwischen 4,2 und 17,2 mg/g Fett (Abb. 21).

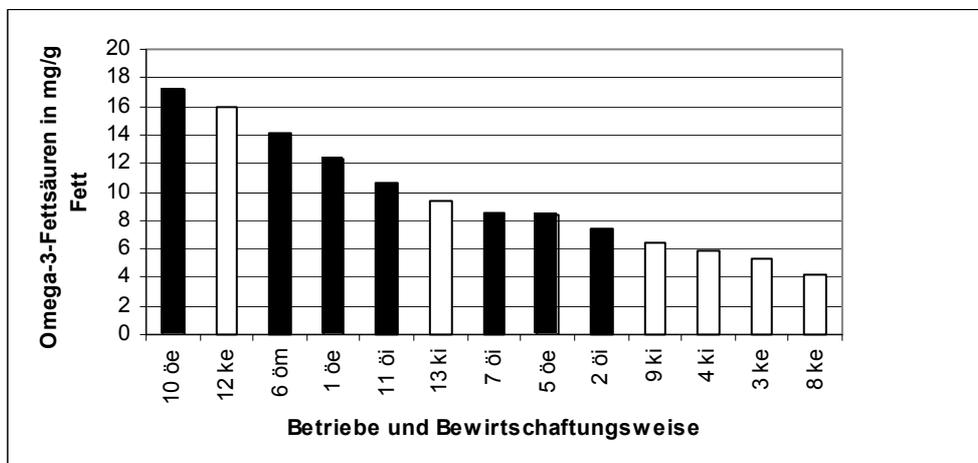


Abb. 21: Omega-3-Fettsäuregehalte der 13 einzelbetrieblichen Milchproben geordnet nach abnehmendem Gehalt (schwarze Säulen = Ökobetriebe, weiße Säulen = konventionelle Betriebe) (EIGENE DARSTELLUNG)

4 Ergebnisse

Den höchsten Omega-3-Fettsäurewert von 17,2 mg/g Fett wies der Betrieb 10 auf. Dieser Betrieb liegt im Oberallgäu auf 970 m ü. NN und wird ökologisch extensiv bewirtschaftet. Es kam keinerlei Kraftfutter zum Einsatz. Die sehr einfache Futtermischung bestand aus 35 % Heu, 36 % Grummet und 29 % Grassilage. Mit 22 Braunviehkühen wurde im Jahresdurchschnitt 5.970 l Milch/ Kuh ermolken.

Den zweithöchsten Omega-3-Fettsäuregehalt wies mit 16 mg/g Fett der ebenfalls in Süddeutschland befindliche konventionell extensiv bewirtschaftete Betrieb 12 auf. Hier bestand die Futtermischung aus sehr geringen Mengen Kraftfutter (0,5 – 1,5 kg pro Tier und Tag bestehend aus 60 % Getreide, Leinexpeller, Hülsenfrüchte), sowie Grassilage und Grummet ad libitum. Beide Betriebe sind reine Grünlandbetriebe.

Betrieb 8 verzeichnete den niedrigsten Omega-3-Gehalt mit 4,2 mg/g Fett. Dieser Betrieb wurde ebenfalls konventionell extensiv bewirtschaftet und die 7 Milchkühe bekommen Heu (44 % an der Gesamtration) und Grassilage 1. Schnitt (27 % der an Gesamtration), sowie geringe Mengen Kraftfutter (2 kg pro Mahlzeit bestehend aus Hafer und Gerste, entspricht 18 % an der Gesamtration) und 15 kg Futterrüben pro Tier und Tag (11 %).

Insgesamt gesehen hatte die Milch der konventionellen intensiven Betriebe die niedrigsten Omega-3-Fettsäurewerte, die zwischen 5,8 und 9,3 mg/g Fett schwankten. Ordnet man die Betriebe nach der Lage in Deutschland, so fällt auf, dass die Omega-3-Gehalte im Allgäu (Region Süd) generell etwas höher lagen (9,3 – 17,2 mg/g Fett) im Vergleich zur Region Mitte (4,2 – 14,4 mg/g Fett) und Nord (5,4 – 12,3 mg/g Fett) (Abb. 22).

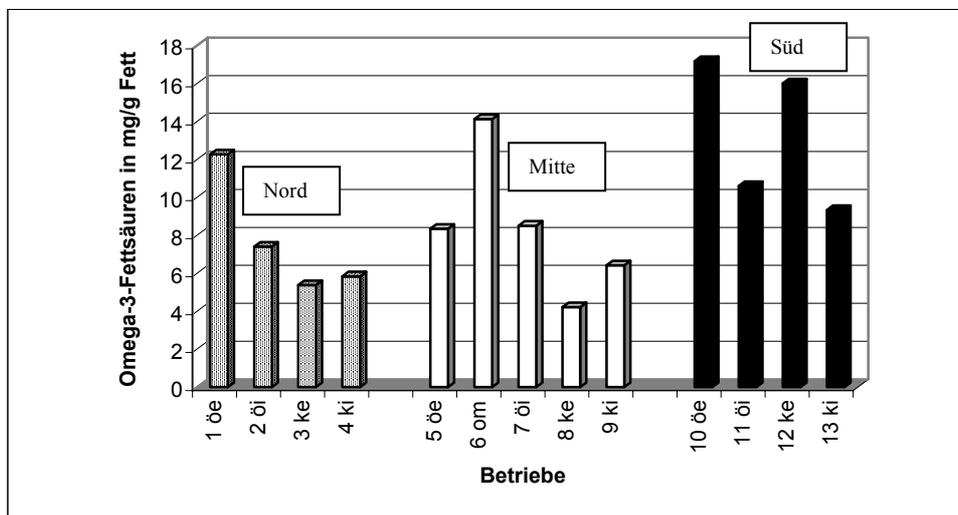


Abb. 22: Omega-3-Fettsäuregehalte der Milchproben der Einzelbetriebe, geordnet nach Regionen (EIGENE DARSTELLUNG)

Die Milch der Betriebe 1 und 6 wiesen in ihrer jeweiligen Region die höchsten Werte auf. Betrieb 1 fütterte ausschließlich Heu, sowie Möhren und trockenes Brot. Die Futtermischung von Betrieb 6 bestand aus Grassilage, Maissilage und Heu sowie leistungsbezogener Kraftfutterfütterung.

Bildet man jeweils den Mittelwert der Untersuchungsergebnisse der biologischen Milch und der konventionellen Milch, so sind die Omega-3-Gehalte der Biomilch um ca. 1/3 erhöht (11,2 versus 7,9 mg/g Fett)(Abb. 23). Auch der Mittelwert der Omega-3-Fettsäurenwerte aus extensiver Fütterung war im Gegensatz zur intensiven Fütterung deutlich erhöht (10,6 mg/g Fett versus 8,0 mg/g Fett), wobei sich in diesem Fall die Konfidenzintervalle stark überschneiden (Abb. 23).

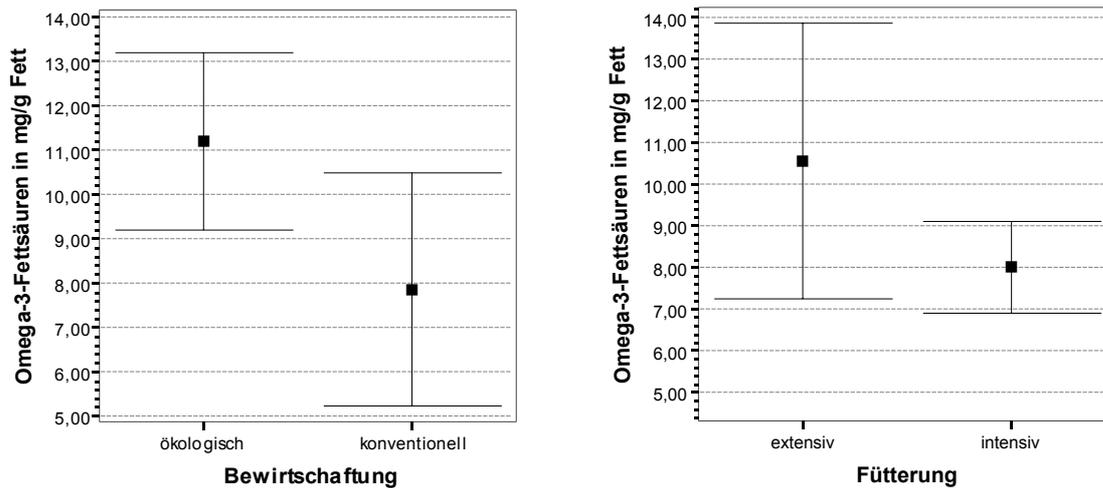


Abb. 23: Fehlerbalkendiagramm mit dem 95 % Konfidenzintervall des Mittelwertes für die Omega-3-Gehalte in ökologischer und konventioneller Tankmilch bzw. bei intensiver und extensiver Fütterung (EIGENE DARSTELLUNG)

4.2.4 Ergebnisse CLA

Die CLA-Gehalte der Milch der 13 Betriebe lagen zwischen 3,5 und 16,3 mg/g Fett (Abb. 24).

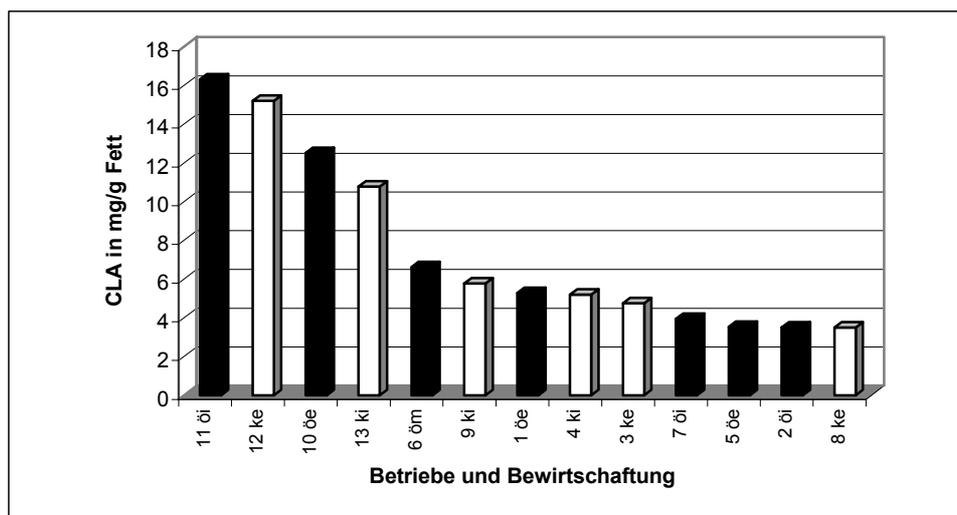


Abb. 24: CLA-Gehalte der 13 einzelbetrieblichen Milchproben geordnet nach abnehmendem Gehalt (schwarze Säulen = Ökobetriebe, weiße Säulen = konventionelle Betriebe) (EIGENE DARSTELLUNG)

Den höchsten CLA-Gehalt von 16,3 mg/g Fett wies der Betrieb 11 auf. Dieser ökologisch intensiv wirtschaftende Grünlandbetrieb liegt im Oberallgäu auf 960 m NN.

Die Futtration bestand aus 53 % Grummet, 21 % Grassilage, 22 % Kraftfutter mit Maisanteil und 4 % Grascobs. Betrieb E11 melkt 7.430 l/ Kuh im Jahresdurchschnitt mit 41 Kühen.

Die Milch des Betriebes 12 hatte CLA-Gehalte von 15,2 mg/g Fett. Dieser konventionell extensiv wirtschaftende Betrieb lag ebenfalls im Allgäu (Kreis Marktoberdorf) auf 850 m NN und fütterte 38 % Heulage, 57 % Grummet und 5 % Kraftfutter. Es wurden 19 Kühe gemolken mit einer Jahresdurchschnittsleistung von 5.200 l.

Die Milch der Betriebe 2 und 8 wiesen die niedrigsten CLA-Gehalte auf (3,5 mg/g Fett). Der konventionell extensiv wirtschaftende Betrieb 8 hatte gleichzeitig den niedrigsten Omega-3-Fettsäuregehalt in der Milch. Betrieb 2 war ein ökologisch intensiv wirtschaftender Betrieb in Norddeutschland mit hohem Maissilage- (20 %) und Kraftfutteranteil (35 %) in der Ration. Insgesamt gesehen konnten in der Tankmilch der im Allgäu gelegenen Betriebe (> 900 m ü. NN) wesentlich höhere CLA-Gehalte nachgewiesen werden als in der Milch der Betriebe anderer Regionen (12,5/ 16,3/ 15,2/ 10,8 mg/g Fett versus Ø 4,8 mg/g Fett) (Abb. 25).

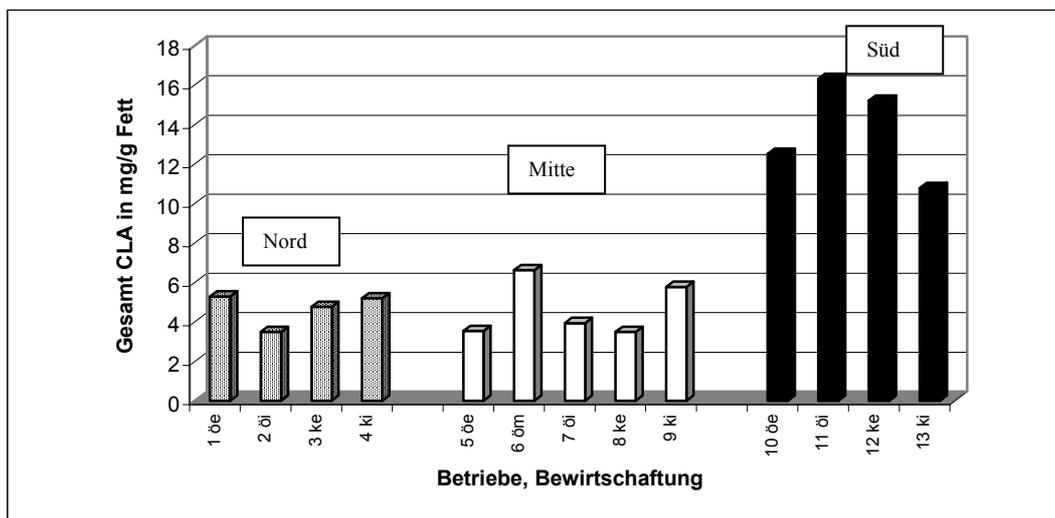


Abb. 25: CLA-Gehalte der Milch der einzelnen Betriebe, sortiert nach Regionen (EIGENE DARSTELLUNG)

Kein deutlicher Zusammenhang schien es zwischen der Bewirtschaftung bzw. Fütterungsintensität und dem Gehalt an CLA zu geben. Errechnet man den Mittelwert der ökologisch und der konventionell erzeugten Milch bzw. der mit extensiver oder intensiver Fütterung erzeugten Milch, so gibt es kaum Unterschiede im CLA-Gehalt (7,4/ 7,5/ 7,5/ 7,6 mg/g Fett) (Abb. 26). Die Werte streuen sehr stark und die Konfidenzintervalle überschneiden sich.

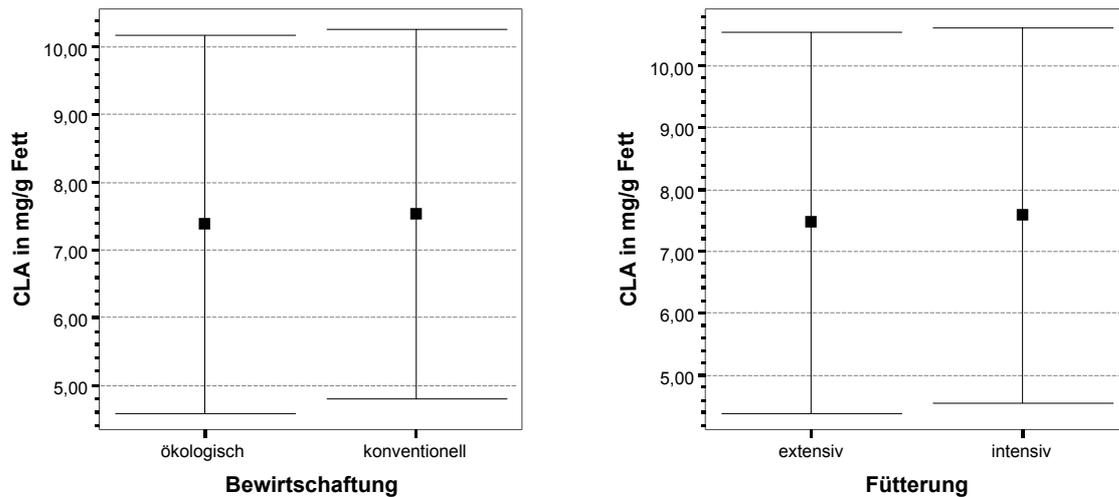


Abb. 26: Fehlerbalkendiagramm mit dem 95 % Konfidenzintervall des Mittelwertes für die CLA-Gehalte in ökologischer und konventioneller Tankmilch bzw. bei extensiver und intensiver Fütterung (EIGENE DARSTELLUNG)

Ein weiteres interessantes Ergebnis ergibt sich aus der Zusammensetzung der CLA in den verschiedenen Regionen. Während in den Regionen Nord und Mitte die CLA zu meist 100 % aus dem c9t11-Isomer besteht (Ausnahme Betriebe 6, 9), kommen in der Milch der Region Süd auch weitere CLA-Isomere in quantifizierbaren Mengen vor (Abb. 27). Mit der verwendeten Methode konnten jedoch nur vier Isomere der Konjugierten Linolensäuren bestimmt werden (c9t11, c9c11, t9t11, x).

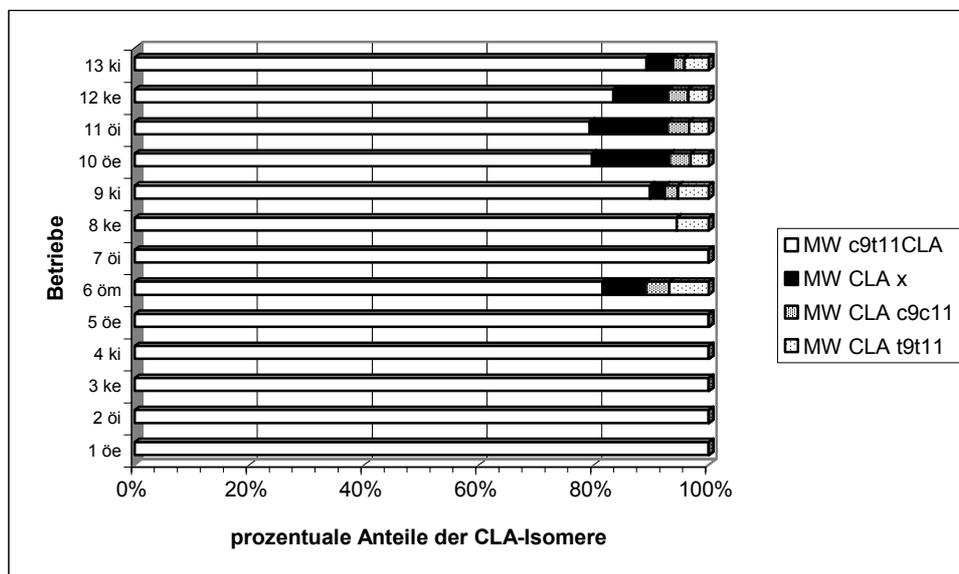


Abb. 27: Prozentualer Anteil verschiedener CLA-Isomere an den CLA in der Milch der vier süddeutschen Betriebe (EIGENE DARSTELLUNG)

4.2.5 Ergebnisse Fettsäuregehalte versus Mais- und Kraftfutteranteile in der Ration

In den Betrieben 4 und 9 wurden nach Angabe der BetriebsleiterInnen die höchsten Maisanteile verfüttert (> 30 % Maissilage in der Ration plus Maisanteile im Kraftfutter), sowie die höchsten Kraftfutteranteile.

Wie aus Abb. 28 ersichtlich, hatte die Milch dieser Betriebe verhältnismäßig niedrige Omega-3-Werte. Allerdings wies die Milch der Betriebe 3 und 8 noch geringere Werte auf, obwohl keine Maissilage verfüttert wurde. Betrieb 3 gab einen Maisanteil im Kraftfutter an.

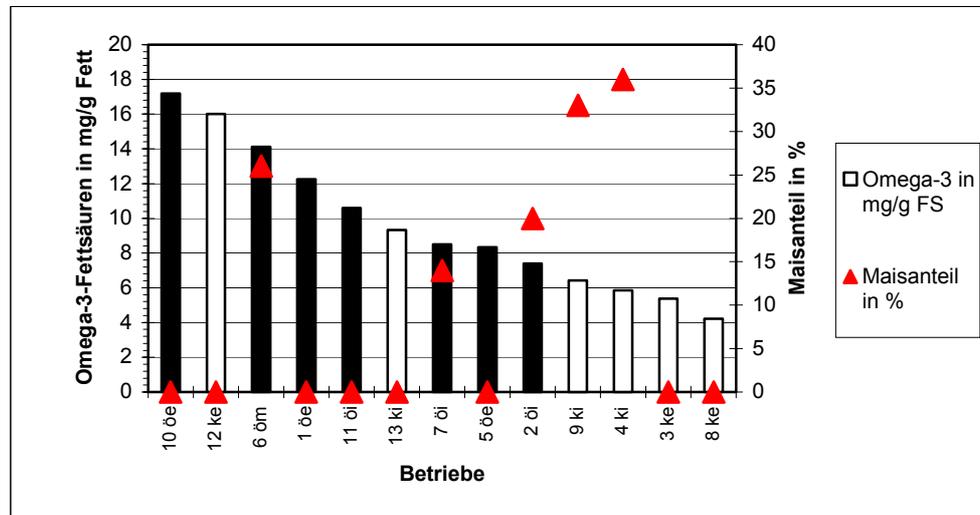


Abb. 28: Omega-3-Fettsäuregehalte und Maissilageanteil in der Ration der Einzelbetriebe (schwarze Säulen = Ökobetriebe, weiße Säulen = konventionelle Betriebe) (EIGENE DARSTELLUNG)

Betrieb 6 hatte trotz Maissilagefütterung sehr hohe Omega-3-Fettsäurewerte in der Milch.. Aufgrund der Unsicherheiten bei der Berechnung des Maisanteils, werden in Abb. 29 die ^{13}C -Werte in Zusammenhang mit den Omega-3-Fettsäuregehalten gesetzt.

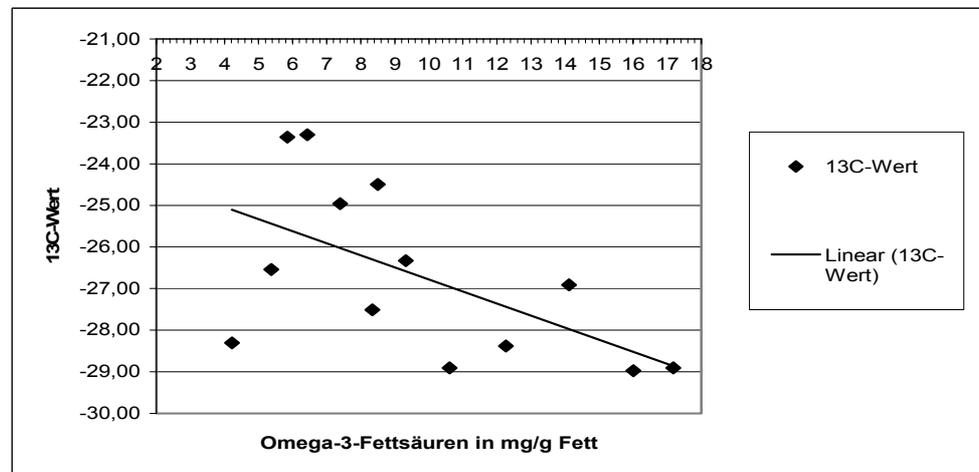


Abb. 29: ^{13}C -Werte im Zusammenhang mit den Omega-3-Fettsäuregehalten der Einzelmilchproben (EIGENE DARSTELLUNG)

Auch unabhängig von den berechneten Maisanteilen ist deutlich zu sehen, dass trotz der Ausreißer ein Zusammenhang zwischen sinkenden ^{13}C -Werten und steigenden Omega-3-Fettsäuregehalten der Milch besteht.

Ähnliche Tendenz zeigt sich bei Betrachtung des Kraftfutteranteils in der gefütterten Ration (Abb. 30). Zu beachten ist, dass aufgrund der in mehreren Betrieben vorhandenen leistungsbezogenen Kraftfutterfütterung der durchschnittliche Kraftfutteranteil an der Gesamttrockenmasse der Ration geschätzt werden musste.

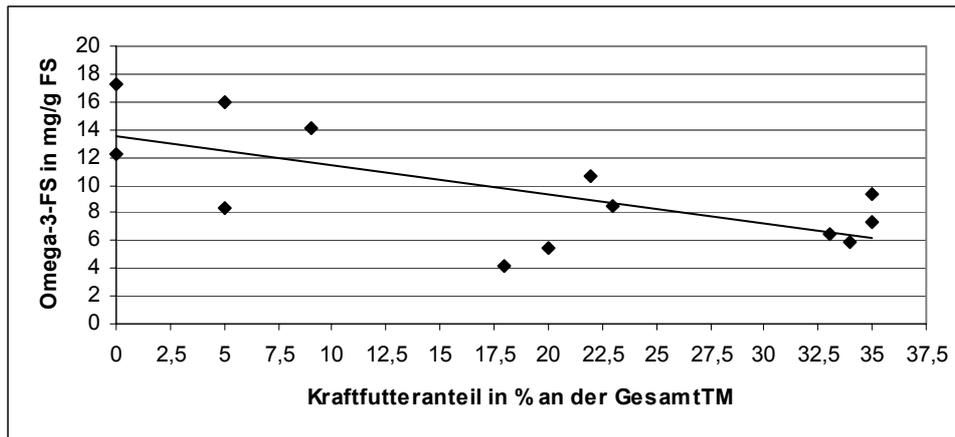


Abb. 30: Omega-3-FS-Gehalte im Zusammenhang mit dem Kraftfutteranteil an der Ration (EIGENE DARSTELLUNG)

Der Gehalt an Omega-3-Fettsäuren war bei steigendem Kraftfuttereinsatz geringer. Die höchsten Werte wurden in der Milch von den Betrieben analysiert, die kein oder geringe Mengen Kraftfutter einsetzten.

4.2.6 Ergebnisse Omega-6 zu Omega-3-Verhältnis

Das Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3-Fettsäuren lag in allen Fällen im Rahmen der Empfehlung von $< 5/1$. Das n-6 zu n-3-Verhältnis lag in der Milch der ökologischen Betriebe zwischen 1,1:1 und 2,7:1, in der Milch konventioneller Betriebe zwischen 2,5:1 und 3,4:1 (Ausnahme Betrieb 12: 1,0:1). Tendenziell verfügte also die ökologisch erzeugte Milch über ein etwas besseres n-6 zu n-3-Verhältnis als konventionelle Milch (Abb. 31).

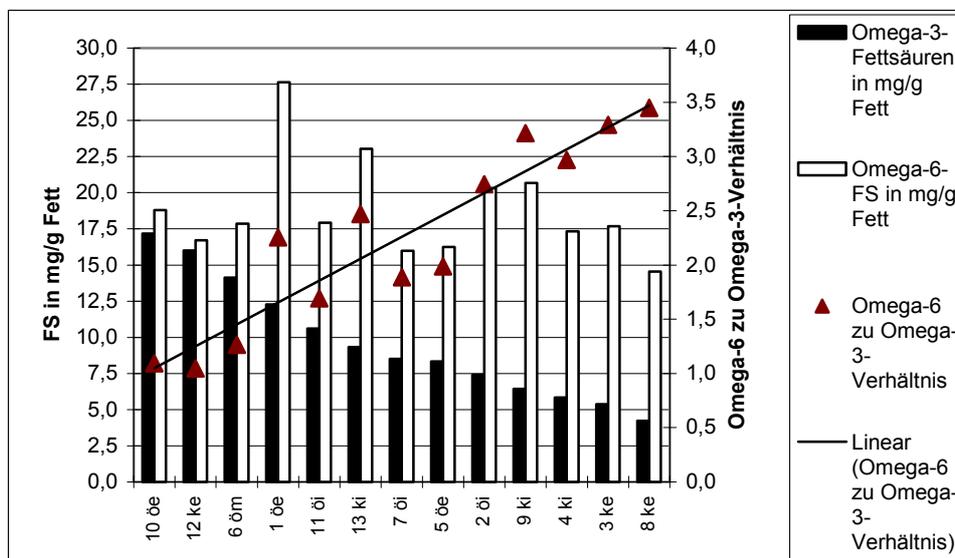


Abb. 31: Omega-6 zu Omega-3-Fettsäurenverhältnis (schwarze Säulen = Ökobetriebe, weiße Säulen = konventionelle Betriebe) (EIGENE DARSTELLUNG)

Die Milch des Betriebes 12 hat das Beste Omega-6 zu Omega-3-Verhältnis. Neben den sehr hohen Omega-3-Gehalten (16 mg/g Fett) hatte die Milch fast gleich hohe Omega-6-Gehalte (16,7 mg/g Fett).

Die Omega-6-Fettsäuregehalte lagen bei allen Proben, mit Ausnahme von Betrieb 1, auf ähnlichem Niveau.

5 Diskussion

Grundsätzlich kann aufgrund des relativ geringen Probenumfangs (Molkereien $n = 18$, Einzelbetriebe $n = 13$) und der einmaligen Beprobung im Winterhalbjahr bei Stallfütterung mit den vorliegenden Ergebnissen nur eine Tendenz aufgezeigt werden. Trotz dieser Mängel spiegeln die Ergebnisse, die für die jeweilige Betriebs“form“ und Region typische Winterfütterung wieder, weil davon auszugehen ist, dass die Futterrationsration über den Winter in den meisten Fällen gleich oder zumindest ähnlich bleibt. Es handelt sich also um Momentaufnahmen, die aber trotzdem charakteristisch für Winterfütterung bei einer Vielzahl von Milch und Milchprodukten sein könnten.

Um statistisch repräsentative Aussagen über Fettsäuregehalte der Milch aus deutscher Erzeugung tätigen zu können, müsste ein größerer Probenumfang, sowie der Verlauf über das ganze Jahr untersucht werden.

5.1 Kohlenstoffsignatur

In vorliegender Untersuchung fütterten lediglich fünf Betriebe Maissilage. Weitere drei Betriebe gaben einen Maisanteil im Kraftfutter an. Deutlich ist, mit Ausnahme des Betriebes 11, eine Abstufung der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte zwischen den drei Kategorien erkennbar (keine Maissilage/ Mais im KF/ Maissilage) (Abb. 19/ Kap. 4.2.2). Grundsätzlich sind die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte positiver, je mehr Mais in der Futterrationsration enthalten ist. Die Maisanteile sind nach der von KÖHLER ET AL. (2005) und WINKELMANN (2006) ermittelten Regressionsgeraden berechnet worden. Nach der Regressionsgeraden von WINKELMANN (2006) liegen die berechneten Maisanteile über denen der von den Landwirten angegebenen Werte (Abb. 20/ Kap. 4.2.2). Alle Betriebe würden demnach Mais verfüttern. Bei den Betrieben 3, 11 und 13 wäre dies noch erklärbar, weil das Kraftfutter Mais enthielt. Aber auch die Betriebe 1 und 5, die keinerlei Mais verfütterten, wiesen in der Milch gemäß der Kohlenstoffsignatur einen Anteil an C4-Pflanzen in der Ration auf.

Das kann einerseits daran liegen, dass der Maisanteil in den Rationen von den Landwirten unterschätzt wurde oder die mittels der Regressionsgeraden aus den Untersuchungen von WINKELMANN (2006) und KÖHLER ET AL. (2005) geschätzten Maisanteile ungenau sind bzw. größeren Schwankungen unterliegen. SCHWERTL ET AL. (2005) wiesen darauf hin, dass Isotopensignaturen einer Vielzahl von Einflüssen unterliegen, weshalb die Streuung der ermittelten Werte, vor allem bei Betrieben, die keine C4-Pflanzen verfüttern, extrem hoch sein kann. MOLKENTIN (2006) stellte fest, dass die Bestimmung von $\delta^{13}\text{C}$ -Werten prinzipiell nur auf Milcherzeugungsgebiete Anwendung finden sollte, in denen eine Verfütterung von C4-Pflanzen erfolgt. Auch WINKELMANN (2006) resümierte, dass sich der Anteil an Mais in der Futterrationsration erst ab 10 % aufwärts über die ^{13}C -Signatur klar feststellen ließe.

Während man sich bei der Interpretation der Ergebnisse der Einzelbetriebe an den Futterrationsangaben der LandwirtInnen orientieren konnte, ist die Milch aus dem Handel immer eine Mischung von Milch verschiedenster Betriebe. Eine Feststellung des tatsächlich gefütterten Maisanteils (z.B. in Form von Silomais, Maiskleber, Körnermais) ist damit nicht möglich. Mittels der Berechnung des Maisanteils in der Futterration und dem Vergleich mit den Ergebnissen von KÖHLER ET AL. (2005), kann jedoch eine Tendenz beschrieben werden. Den niedrigsten Maisanteil in der Winterfütterung wies, in Übereinstimmung mit der Untersuchung von Molkereimilch durch KÖHLER ET AL. (2005), die „Frische Alpenvollmilch“ (Demeter) der Molkerei Berchtesgadener Land mit nur rund 7¹ bzw. 11² % Maisanteil im Futter der Tiere auf. Die Maisfütterung schien nur von geringer Bedeutung zu sein, wie es von einer „Alpen“milch aus dem Berggebiet (grünlanddominiert) zu erwarten ist. Auch bei der Erzeugung der ökologischen Milch der Upländer Bauernmolkerei, Gläsernen Meierei in Rostock, Hamfelder Hof sowie der konventionellen Milch von Campina am Standort Köln lag der Maisanteil in der Fütterung unter 15¹ bzw. 25² %. In den jeweiligen Erfassungsbetrieben dieser Molkereien scheint der Maisanbau nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. Der höchste Maisanteil wurde bei Milch von großen Molkereien der neuen Bundesländern (Hansamilch Uphal, Harzmolkerei Wernigerode, Campina Elsterwerda) gemessen. Dort lagen die Maisanteile der Gesamtfutterration deutlich über 30¹ bzw. 40² %. Das spiegelt ein Stück weit die in Ostdeutschland vorherrschenden Betriebsstrukturen in der konventionellen Landwirtschaft wieder: flächenstarke Agrargenossenschaften, hohe Tierzahlen, rationalisierte und milchleistungsorientierte Fütterung auf Basis von hohen Mais- und Kraftfutteranteilen in der Ration. Ebenfalls sehr hoch waren die berechneten Maisanteile bei den deutschlandweit erhältlichen Milchmarken Bärenmarke (32¹ bzw. 43² %) und Alpenmilch (Weihenstephan) (26¹ bzw. 37² %), bei denen Mais im Schnitt mehr als ein Drittel des Winterfutters ausmachte. KÖHLER ET AL. (2005) gaben für die Molkerei Weihenstephan ähnliche Werte an (25 % Maisanteil in „Weihenstephan Winter“). In der Milcherzeugung nach ökologischen Gesichtspunkten scheint durchschnittlich deutlich wesentlich weniger Mais in der Fütterung eingesetzt zu werden als in der konventionellen Erzeugung. Der Anbau von Mais ist im ökologischen Landbau aufgrund des hohen Anspruchs an Standort und Nährstoffversorgung, sowie der Schwierigkeit der Unkrautregulierung tatsächlich weniger verbreitet. RAHMANN ET AL. (2004) gaben bei einer bundesweiten Erhebung und Analyse verbreiteter Produktionsverfahren an, das nur 20 % der ökologischen Betriebe Maissilage in der Milchviehfütterung einsetzten. Für eine verlässliche Berechnung des Maisanteils an der Futterration, müssten weitere Untersuchungen mit hohem Stichprobenumfang durchgeführt werden, um statistisch abgesicherte Beziehungen zwischen den $\delta^{13}\text{C}$ Werten und dem genauen Maisanteil in der Ration zu finden. Mit denen zur Verfügung stehenden Berechnungsmöglichkeiten aus der Literatur sind die Maisanteile nur grob abschätzbar.

¹nach Regressionsgerade von KÖHLER ET AL. 2005

²nach Regressionsgerade von WINKELMANN 2006

5.2 Gehalte an Omega-3-Fettsäuren

Die durchschnittlichen Omega-3-Fettsäuregehalte der Milch in dieser Untersuchung lagen bei „Milch aus ökologischer Erzeugung“ und „Milch aus extensiver Fütterung“ um 1/3 höher als bei „Milch aus konventioneller Erzeugung“ und „Milch aus intensiver Fütterung“ (Abb. 23/ Kap. 4.2.3). Diese Ergebnisse decken sich mit ähnlichen Untersuchungen anderer Autoren (BAARS ET AL. 2006, WEIß ET AL. 2006, BISIG 2006, MOLKENTIN 2006). Betrachtet man die Gesamtzusammenhänge, so gibt es eine negative Korrelation zwischen steigendem Kraftfutteranteil, steigendem Maissilageanteil und sinkenden Omega-3-Gehalten (Abb. 28, Abb. 28, Abb. 29/ Kap. 4.2.5) (u.a. BAARS ET AL. 2006, WEIß ET AL. 2006, WARD ET AL. 2003, LEIBER ET AL. 2005^{A+B}). Beispielsweise hatten in vorliegender Untersuchung die konventionell intensiv fütternden Betriebe 4 und 9 (> 30 % Maissilage, > 30 % Kraftfutteranteil) mit die niedrigsten Omega-3-Gehalte in der Milch (5,8 und 6,4 mg/g Fett).

Die erhöhten Omega-3-Gehalte in Milch aus ökologischer Erzeugung sind ein Stück weit anhand der Richtlinien für die ökologische Milcherzeugung nachvollziehbar. Nach der EU-VERORDNUNG 2092/91 müssen im Ökolandbau Pflanzenfresser mindestens 60 % der Trockenmasse der Tagesration als frisches, getrocknetes oder siliertes Raufutter aufnehmen. Dadurch ist letztendlich auch der Einsatz von Kraftfutter beschränkt. Durch die bevorzugte Verwendung hofeigener Futtermittel (EU-VERORDNUNG 2092/91) ist auch der Maisanteil an der Gesamtfuttermittelration in der ökologischen Landwirtschaft aufgrund der Schwierigkeiten im Anbau zwangsläufig geringer als im konventionellen Landbau (Kap. 5.1). Insgesamt liegt im Vergleich zur konventionellen Milcherzeugung in der ökologischen Produktion ein ganzjährig höherer Anteil „Weidefutter“ (in Form von Frischgras im Sommer oder Heu/ Silage im Winter) vor. Da „Weidefutter“ einen deutlich höheren Omega-3-Fettsäuregehalt hat als beispielsweise Mais und Kraftfutter (U.A. WEIß 2006), so sind die erhöhten Omega-3-Fettsäuregehalte der Milch in diesen Betrieben eine logische Folge.

Andererseits wiesen in vorliegender Untersuchung die Milch der konventionell extensiv bewirtschafteten Betriebe 3 und 8 (5,4 und 4,2 mg/g Fett) die niedrigsten Omega-3-Gehalte auf (Abb. 21/ Kap. 4.2.3), obwohl beide Betriebe keine Maissilage einsetzten. Der Kraftfutteranteil an der Gesamttrockenmasse der Ration der Betriebe 3 und 8 war mit 20 bzw. 18 % verhältnismäßig hoch, das von Betrieb 3 enthielt außerdem Maiskleber. Die Grundfuttermittelration von Betrieb 3 basierte auf Grassilage (Dauergrünland). Warum die Omega-3-Fettsäuregehalte in diesem Fall so niedrig sind, ist nicht erklärbar. Grundsätzlich muss auch darauf hingewiesen werden, dass durch die individuelle Fütterung auf den einzelnen Betrieben größere Schwankungsbreiten bzw. extremere Fettsäuregehalte in der Milch auftreten als bei Handelsmilch, bei der durch die Vermischung von Milch einer Vielzahl von Erzeugern in der Molkerei die Werte ausgeglichener sind. Die Futtermittelration des Betriebes 8 bestand aus 44 % Heu und 27 % Klee-Grassilage an der Gesamttrockenmasse der Ration und enthielt zusätzlich Futterrüben (11 %).

Futterrüben zählen zu den rohfasernarmen Saftfuttermitteln, die durch einen hohen Gehalt an Kohlehydraten gekennzeichnet sind, der zu 60 – 70 % aus Zucker besteht (KIRCHGESSNER 1997). Dieser wird im Pansen rasch fermentiert und verursacht einen relativ tiefen Pansen-pH-Wert von 5,1, welcher noch niedriger ist als bei der Verfütterung von stärkehaltigen Futtermitteln wie beispielsweise Getreide (pH 5,7). Bei dem schnellen Abbau im Pansen entstehen verhältnismäßig große Mengen an Gesamtsäure, bestehend aus relativ wenig Essigsäure und sehr viel Buttersäure. Die Fütterung von Futterrüben hat eine Zunahme der kurz- und mittellangkettigen Fettsäuren (C12-16), und eine Abnahme der langkettigen Fettsäuren in der Milch zur Folge (KIRCHGESSNER 1997, BURGSTALLER 1999, CHILLIARD ET AL. 2000). Auch Betrieb 5 setzte Futterrüben ein, was ein Grund für die relativ niedrigen Omega-3-Gehalte in der Milch sein könnte (8,3 mg/g Fett). Die heubasierte Fütterung mit nur geringem Kraftfuttereinsatz (5 % der Gesamttrockenmasse der Ration) ließe einen höheren Gehalt vermuten.

Allgäuer Betriebe hatten insgesamt etwas höhere Omega-3-Gehalte in der Milch als die der Regionen Nord und Mitte. Die Betriebe haben die Gemeinsamkeit, dass sie auf einer Höhenlage von mehr als 900 m ü. NN lagen und keine Maissilage verfütterten. Alle vier waren reine Grünlandbetriebe. Die Kraftfuttermischungen der intensiv fütternden Betriebe enthielten jeweils Mais (Maiskleber, Maiskörner) und die für die Gegend typischen Grascobs. Aufgrund der Ergebnisse liegt die Vermutung nahe, dass der Omega-3-Fettsäuregehalt im Zusammenhang mit der Höhenlage bzw. der damit veränderten Futterzusammensetzung und Nährstoffgehalte der Futtermittel stehen könnte, wie u.a. COLLOMB ET AL. (2002^C) und LEIBER ET AL. (2005^{A+B}) feststellten.

Die Betriebe 1 (6-10 m ü. NN) und 6 (218-250 m ü. NN) hatten ebenfalls erhöhte Omega-3-Gehalte im Gegensatz zu den anderen beprobten Betrieben in der jeweiligen Region (Abb. 22/ Kap. 4.2.3). An dieser Stelle müssen andere Faktoren als die Höhe über dem Meer eine Rolle spielen. Vor allem Betrieb 6 widerspricht allen bisherigen Untersuchungen. Trotz der Verfütterung eines relativ hohen Maissilageanteils (24 % an der Gesamttrockenmasse der Ration) konnte in der Milch ein sehr hoher Omega-3-Fettsäuregehalt (14,1 mg/g Fett) gemessen werden. Auch die Ergebnisse von Betrieb 1 stehen im Widerspruch zu bisherigen Erkenntnissen. Bei der Auswahl der Betriebe wurde dieser aufgrund seiner reinen Heufütterung ausgewählt. Während der Probennahme und dem Ausfüllen des Fragebogens wurde deutlich, dass trockenes Brot in relativ großen Mengen verfüttert wurde (16 % der Gesamttrockenmasse der Ration). Brot in der Ration ist einer Kraftfutterfütterung gleichzusetzen. Trotz dem damit recht hohen Kraftfuttereinsatz, liegen die Omega-3-Fettsäuregehalte der Milch im oberen Drittel aller untersuchten Milchproben.

Wie im Literaturteil bereits beschrieben, kann ein Grund für erhöhte Omega-3-Fettsäurenwerte in der Milch auch durch eine Energiemangelsituation der Kuh hervorgerufen werden. Laut KIRCHGEBNER (1997) können bei starker Heufütterung (z.B. Betriebe 10, 12) oftmals zu wenige Nährstoffe für hohe Leistungen angeboten werden. Qualitativ schlechtes Wiesenheu deckt bei alleiniger Fütterung etwas mehr als den Erhaltungsbedarf, sehr gutes bei einer maximalen Aufnahme von 14-16 kg nur die Nährstoffmenge, die für Erhaltung plus etwa 8-12 kg Milch ausreicht. Bei reiner Heufütterung kann also relativ leicht ein Energiedefizit entstehen. LEIBER (2005^D) und DE WIT ET AL. (2006) stellten fest, dass aufgrund von Energiedefiziten, in Verbindung mit Energiemangel im Futter, Körperfett mobilisiert wird und die freien Fettsäuren dann unmittelbar zur Milchfettsynthese zur Verfügung stehen. Die Ausscheidung vor allem langkettiger mehrfach ungesättigter Fettsäuren (z.B. Omega-3-Gehalt) über die Milch wird somit erhöht (KIRCHGEBNER 1997). Der Punkt des Energiedefizits muss jedoch differenziert betrachtet werden. Die Speicherung von Energie im Depotfett und die spätere Mobilisierung von Energie aus dem Depotfett sind im Zusammenhang mit dem Verlauf der Laktationskurve als normal anzusehen.

Vor allem bei Hochleistungskühen wird zur Deckung des hohen Leistungsbedarfes im ersten Laktationsdrittel Energie aus dem Körperfett herangezogen (KIRCHGESSNER 1997). In dieser Zeit sind auch die Gehalte an langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren in der Milch erhöht (PALMQUIST & BEAULIEU 1993).

Auch mit einer reinen Heufütterung muss eine Kuh nicht zwangsläufig unter Energiemangel leiden. An dieser Stelle wäre es von Interesse, ob die Zucht/ Rasse nicht doch Auswirkungen auf den Omega-3-Fettsäuregehalt haben könnte. In der Literatur wurden zumeist nur „moderne“ Rassen (Jersey, HF) miteinander verglichen. Betrieb 6 hält das Milchleistungsbetonte Zweinutzungs- und Fleischrind: „Altdeutsches Schwarzbuntes Niederungs- und Fleischrind“, die z.B. eine bessere Futtermittelverwertbarkeit im Vergleich zu Hochleistungskühen aufweisen und damit weniger gefährdet für Energiedefizite sein müssten.

Generell sollte jedoch die These der erhöhten Omega-3-Fettsäuren-Gehalte durch eine Energiemangelsituation der Kühe bei zukünftigen Untersuchungen vermehrt Beachtung finden.

Obwohl anzunehmen ist, dass die Omega-3-Gehalte der Milch durch mehrere Faktoren beeinflusst werden, sollen nochmals die beiden wichtigsten, aber gegensätzlichen, Betrachtungsmöglichkeiten von erhöhten Omega-3-Gehalten in der Milch aufgezeigt und diskutiert werden.

Hohe Omega-3-Gehalte in der Milch entstehen durch:

1. die Zufuhr an Fettsäuren durch die eingesetzten Futtermittel (höhere Omega-3-Gehalte in Grünfütter, Grassilage und Heu als in Maissilage und Kraftfutter) (WEIB ET AL. 2005)
2. Energiedefizite der Milchkühe durch Energiemangel im Futter (LEIBER 2005^D, DE WIT ET AL. 2006)

Beide Thesen können in dieser Arbeit aufgrund fehlender Futtermitteluntersuchungen und Rationsberechnungen nicht nachgeprüft werden. Wären Energiedefizite der Grund für hohe Omega-3-Gehalte, so wird der Gehalt dieser Fettsäure zukünftig nicht als Qualitätskriterium eingesetzt werden können, weil die Steigerung des gesundheitlichen Produktwertes für den Menschen hervorgerufen durch eine (Energie-)Mangelernährung der Milchkühe sich konträr gegenüberstünden. Liegen hohe Gehalte in der Milch tatsächlich an der Zufuhr an Fettsäuren durch die eingesetzten Futtermittel, so könnte der Gehalt an Omega-3-Fettsäuren zum Qualitätskriterium, beispielsweise für Weidemilch, werden.

Hinsichtlich der Ergebnisse der Molkereimilch ist ein Abgleich mit anderen Untersuchungen nicht möglich, da bislang keine Detailergebnisse von Molkereimilch öffentlich publiziert wurden. Die Mittelwerte der Omega-3-Fettsäuregehalte ökologischer Konsummilch lagen, ähnlich wie bei den Einzelbetrieben, durchschnittlich 1/3 höher als die der konventionellen Konsummilchproben (Abb. 15/ Kap. 4.1.2). Die Omega-3-Gehalte der süddeutschen Molkereien waren durchschnittlich höher als die der Milch nord- und mitteldeutscher Molkereien. Es gibt jedoch Ausnahmen.

Beispielsweise konnte in der Milch der Molkerei Gläserne Meierei Rostock (Region Nord) der zweithöchste Omega-3-Gehalt (11,69 mg/g Fett) dieser Untersuchung gemessen werden. Auch die Upländer Bauernmolkerei (Region Mitte) verfügte in ihrer Wintermilch über vergleichsweise hohe Werte (10,69 mg/g Fett), wohingegen die Weihenstephaner (Region Süd) und die Allgäuer Alpenmilch (Region Süd) relativ niedrige Gehalte aufwiesen (7,43 und 5,86 mg/g Fett). Auch die Ergebnisse der Molkereimilch zeigten, dass der Einsatz von Silomais und hohen Kraftfuttermengen im Winterfutter ökologischer Betriebe eine häufig geringere Bedeutung zu haben scheint als in der konventionellen Milcherzeugung. Sowohl die Gläserne Meierei Rostock als auch die Upländer Bauernmolkerei sind vergleichsweise kleine ökologische Molkereien. Die mittels Isotopenanalyse bestimmten Maissilageanteile in der Ration sind im Vergleich zu anderen Molkereien geringer (< 20 %). Auch unabhängig von der Berechnung der Maisanteile in der Ration ist anhand der Ergebnisse deutlich geworden, dass eine Korrelation zwischen den ¹³C-Werten der Milchproben und den vorliegenden Omega-3-Gehalten besteht (Abb. 14/ Kap. 4.1.2). Die Molkereien Weihenstephan und Allgäuer Alpenmilch sind sehr große konventionelle Molkereien mit großem Einzugsgebiet in Ackerbau- und Grünlandgebieten, die einen im Vergleich zu den anderen Molkereien hohen Maisanteil aufweisen (> 35 %).

Die meisten anderen Untersuchungen verzeichneten insgesamt wesentlich höhere Omega-3-Fettsäuregehalte in der Milch (z.B. COLLOMB ET AL. 2002^c – CH-Alp: 20,9 mg/g Fett; LEIBER ET AL 2005^a – CH-Alp: 19,8 mg/g Fett), da diese Versuche bei Sommer- bzw. Weidefütterung durchgeführt wurden. Solche Zahlen sind mit den vorliegenden Ergebnissen aus Winterfütterung nicht vergleichbar.

Das Omega-6- zu Omega-3-Verhältnis lag in allen Proben unter dem empfohlenen Höchstwert von 5 : 1 (DGE 2000) (Abb. 18/ Kap. 4.1.4 & Abb. 31/ Kap. 4.2.6).

Je enger das Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3 in einem Lebensmittel ist, desto besser ist es für die menschliche Ernährung. Die ökologische Milch wies durchschnittlich ein engeres Verhältnis auf als konventionelle Milch. Das Verhältnis scheint in erster Linie von der Höhe der Omega-3-Fettsäuren abhängig zu sein, da die Omega-6-Werte relativ konstant blieben. Eine Ausnahme stellt Betrieb 1 dar (Abb. 31/ Kap. 4.2.6). Hier sind die Omega-6-Fettsäuregehalte in der Milchprobe deutlich höher als in den anderen Milchproben. Der Mittelwert der Omega-6-Fettsäuregehalte der als extensiv bezeichneten Betriebe (ohne Betrieb 1) lag bei 14,5 mg/g Fett, der als intensiv bezeichneten Betriebe bei 19,2 mg/g Fett. Der Omega-6-Gehalt der Milch des Betriebes 1 lag bei 27,6 mg/g Fett. Wie bereits erwähnt, war dieser Betrieb als reiner Heufütterungsbetrieb ausgewählt worden, doch wurde trockenes Brot (= Kraftfutter) mit einem Anteil von 16 % der Gesamttrockenmasse der Ration verfüttert. Aus der Untersuchung von WEIß ET AL. (2006) ist bekannt, dass Kraftfutter und Silomais im Gegensatz zu Silage, Heu und Gras erhöhte Omega-6-Fettsäurewerte und niedrige Omega-3-Fettsäurenwerte aufweisen. Demnach müssten jedoch auch die Omega-3-Werte von Betrieb 1 ein niedrigeres Niveau aufweisen. Dieser Wert ist jedoch verhältnismäßig hoch (12,3 mg/g Fett).

Eine stichhaltige Erklärung dieser Ergebnisse ist nicht möglich. Da Betrieb 1 als einziger trockenes Brot verfüttert, liegt die Vermutung nahe, dass diese eher ungewöhnliche Rationskomponente einen Einfluss hatte.

Generell bleibt jedoch festzuhalten, dass aufgrund der durchgängig engen Omega-6- zu Omega-3-Verhältnisse ($< 5 : 1$) aller Milchproben, Milch in dieser Hinsicht als sehr positiv zu bewerten ist.

5.3 CLA-Gehalte

In der vorliegenden Untersuchung gab es hinsichtlich des CLA-Gehaltes in der Milch der einzelnen Betriebe und der Molkereimilch keine Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Herkunft, und zwischen extensiver und intensiver Fütterung (Abb. 26/ Kap. 4.2.4). Extensiv fütternde Betriebe hatten beispielsweise trotz reiner Heufütterung (1 + 5) ähnlich niedrige CLA-Gehalte in der Milch wie intensiv fütternde Betriebe, die einen hohen Anteil Maissilage und Kraftfutter fütterten.

Dies steht im Widerspruch zu zahlreichen anderen Untersuchungen. JAHREIS (1999) stellte einen signifikanten Unterschied von durchschnittlich 4,6 mg CLA pro g Fett im Jahresverlauf zwischen einem konventionell intensiv fütternden Betrieb mit ganzjähriger Stallhaltung und einem ökologischen Grünlandbetrieb mit Weidehaltung im Sommer und Silagefütterung im Winter fest. WEIß ET AL. (2005) fanden einen durchschnittlichen Unterschied von 9,4 bzw. 10,9 mg CLA /g Fett zwischen intensiver Fütterung (> 20 % Maissilage, > 20 % Kraftfutter) und extensiver Fütterung (grünlandbasierte Winterfütterung, kein Mais, max. 10 % Kraftfutter bzw. > 70 % Frischgras, < 10 % Kraftfutter).

KRAFT (2003) gab Werte von 2,76 mg c9t11CLA /g Fett für einen konventionell intensiv fütternden Betrieb mit ganzjähriger Stallhaltung an und einen Wert von 8,72 mg c9t11CLA für einen ökologischen Betrieb mit Weidehaltung (Probennahme in den Sommermonaten). In der Untersuchung von BISIG ET AL. (2006) wies Biomilch meist höhere Werte an CLA auf als Vergleichsmilch. Die Ergebnisse vorliegender Untersuchung widersprechen auch DE WIT ET AL. (2006), die feststellten, dass der CLA-Gehalt der Milch in noch höherem Masse von der Fütterung der Tiere abhängig ist als der Omega-3-Gehalt.

Die Untersuchung der Milch zehn niederländischen Betriebe von BAARS ET AL. (2005) zeigten jedoch ebenfalls geringe Unterschiede im CLA-Gehalt zwischen ökologischer (Kleegrassilagen, wenig Kraftfutter, Heu) und konventioneller (Silomais, viel Kraftfutter) Winterfütterung (6,27 versus 5,12 mg CLA/g Fett). Auch MOLKENTIN (2006) stellte fest, dass die c9t11CLA-Gehalte bei konventioneller und ökologischer Milch im Winter etwa gleich hoch waren, während sie sich im Frühjahr und Sommer deutlich voneinander unterschieden.

Obwohl in vorliegender Untersuchung keine unterschiedlichen CLA-Gehalte, trotz verschiedener Fütterungsintensität und Bewirtschaftungsweise, nachgewiesen werden konnten, gibt es doch einen deutlichen Unterschied zwischen den Regionen bzw. Höhenlagen (Abb. 25/ Kap. 4.2.4). Im Allgäu lagen alle vier untersuchten Betriebe auf einer Höhe von über 900 m ü. NN. In deren Milch waren die CLA-Gehalte im Vergleich zu den anderen untersuchten Regionen am höchsten (10,8 bis 16,3 mg CLA/g Fett). Selbst die Betriebe mit intensiver Fütterung und hoher Milchleistung wiesen im Vergleich hohe CLA-Gehalte in der Milch auf. Es gibt in der Literatur verschiedene Ansichten, ob es ein Zusammenhang zwischen der Höhenlage des jeweiligen Betriebes und dem CLA-Gehalt der Milch besteht, wie es in vorliegender Untersuchung zu sein scheint. Beispielsweise wiesen COLLOMB ET AL. (2002^{B+C}) einen deutlichen Anstieg der CLA- (8,7 auf 23,6 mg/g Fett) und c9t11CLA-Gehalte (8,1 auf 21,8 mg/g Fett) mit zunehmender Höhenlage (Tal/ Berg/ Alp) nach. In der Untersuchung von KRAFT (2003) war der absolute CLA-Gehalt der Milch von gealpten Milchkühen (1.275-2.200 NN) neunmal höher als in der Milch von Kühen aus ganzjähriger Stallhaltung in Thüringen (Höhenlage: 200 m ü. NN). Auch BISIG (2006) bestätigte die Tendenz, dass in höheren Lagen eine bessere, gesundheitlich wertvollere Milchfettzusammensetzung besteht. WESTERMAIR ET AL. (2006) hingegen stellten in ihrer Untersuchung fest, dass sich offenbar der Einfluss des Grünfutters stärker auf den CLA-Gehalt auswirkte, als eine biologische Wirtschaftsweise und die Höhenlage (Grünland- und Bergregion: 15/17 mg versus Ackerbauregion: 7 mg CLA/g Fett). Alle erwähnten Versuche wurden, mit Ausnahme von BAARS ET AL. (2005), mit Milch aus Sommerfütterung durchgeführt.

Warum letztendlich die Höhenlage die Milchfettzusammensetzung beeinflusst, kann u.a. an der Zusammensetzung des Futters liegen. Der Hauptunterschied in der Fütterung der Kühe süddeutscher höhergelegener Betriebe und Betrieben anderer Regionen lag in dieser Untersuchung wohl vorrangig an der botanischen Zusammensetzung des Grünlandes bzw. an dem davon gewonnenem sogenannten Grummet (2. oder 3. Grünlandschnitt mit hohem Kräuteranteil). COLLOMB ET AL. (2002^B) stellten positive Korrelationen zwischen dem Vorkommen bestimmter Pflanzenarten und -familien, vor allem Kräutern, und einem erhöhten CLA-Gehalt in Milch in höheren Lagen der Schweiz fest. WEIß ET AL (2006) und LEIBER ET AL. (2005) konnten jedoch keinen Zusammenhang zwischen dem Vorkommen einzelner Pflanzenfamilien und dem Fettsäuremuster der Milch feststellen, wobei die Untersuchung von COLLOMB ET AL. (2002^B) wesentlich umfangreicher gestaltet war als die anderen beiden Studien. KIRCHGESSNER (1997) betont in seinem Standardwerk zur Tierernährung, dass Almheu und unterdachgetrocknetes Heu höhere Nährstoffkonzentrationen hat, durch seine feine blattreiche Struktur eine höhere Futteraufnahme und damit auch höhere Leistungen ermöglicht als „Flachlandheu“ und herkömmlich getrocknetes Heu. Die Frage, ob in anderen hochgelegenen Gebieten Deutschlands auch höhere CLA-Gehalte in der Milch nachweisbar wären, muss unbeantwortet bleiben, ist jedoch nicht auszuschließen.

Ein weiteres zu diskutierendes Ergebnis ist die Zusammensetzung des Gesamt-CLA-Gehaltes der Milch unter dem Vorbehalt der gewählten Methode, mit der nur vier Isomere bestimmt werden konnten (c9t11, c9c11, t9t11 und ein nicht bestimmbares Isomer „x“). Das c9t11-Isomer hat am Gesamt-CLA den höchsten Anteil (80- 90 %). Auffällig ist, dass die Milch der Allgäuer Betriebe zwar das c9t11-Isomer prozentual am Höchsten beinhaltete, jedoch auch die anderen nachweisbaren Isomere einen Anteil am CLA-Gehalt hatten. CLA „x“ hatte unter den vier nachweisbaren Isomeren den höchsten Anteil (Abb. 27/ Kap. 4.2.4). Dieses Isomer konnte mit verwendeter Methode im Analyselabor zwar quantifiziert, jedoch nicht identifiziert werden, so dass nur gemutmaßt werden kann um welches Isomer es sich handelt. Möglicherweise handelt es sich um das t11c13 Isomer, was von COLLOMB UND SIEBER (2005) als Gras- und Höhenindikator beschrieben wird. LEIBER ET AL. (2005^{A+B}) und KRAFT (2003) stellten ebenfalls eine Erhöhung des t11c13 Isomers mit steigender Höhenlage fest. Höhergelegene Bergwiesen seien reich an ALA, was möglicherweise die indirekte Vorläufersubstanz für t11c13 sein könnte (KRAFT 2003). Andererseits stellte LEIBER (2005^D) in seinen Untersuchungen auch fest, dass der ALA-Gehalt im Alpweidefutter nicht höher sondern niedriger als im Tal war, und somit nicht als Erklärung für erhöhte Konzentrationen in der Milch dienen kann.

Eine Diskussion der Molkereiergebnisse gestaltet sich als schwierig, da es in der Literatur keine Vergleichswerte gibt und weil die gefütterte Ration unbekannt ist. Eindeutig zeigten sich die deutlich höheren CLA-Werte der Milch süddeutscher Molkereien.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Tankmilch schien bei der Konsummilch die Region/ Höhenlage einen größeren Einfluss auf die CLA-Gehalte zu haben als eine ökologische oder konventionelle Produktionsweise. Eine Ausnahme stellte die Allgäuer Alpenmilch (Bärenmarke) dar, die einen vergleichsweise niedrigen CLA-Gehalt von unter 5 mg/g Fett aufwies (Abb. 16/ Kap. 4.1.3). Geht man davon aus, dass die Höhenlage und die damit verbundene veränderte Futterzusammensetzung tatsächlich einen Einfluss auf den CLA-Gehalt der Milch hat, so muss bei der Allgäuer Alpenmilch gemutmaßt werden, dass diese Milch wahrscheinlich außerhalb von Bergregionen eingesammelt wurde.

Generell sind die CLA-Gehalte der Konsummilch und der Tankmilch der Einzelbetriebe im Vergleich zu anderen Untersuchungen von Tankmilch wahrscheinlich aufgrund der Winterfütterung extrem niedrig (z.B. COLLOMB ET AL. 2002^c – CH-Alp: 21,8 mg/g Fett; LEIBER ET AL 2005^a – CH-Alp: 13,4 mg/g Fett).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in vorliegender Untersuchung die Bewirtschaftungsweise der Betriebes im Gegensatz zur (Höhen-)lage und der damit verbundenen veränderten Futterzusammensetzung eine anscheinend nur untergeordnete Rolle spielte.

5.4 Diskussion Einzelproben der Molkereimilch

Wie erwartet waren Schwankungen der Fettsäuregehalte und der Kohlenstoffsignatur innerhalb der Milch einer Molkerei vorhanden (Tab. 14/ Kap. 4.1.5), was auf verschiedene Erfassungstouren schließen lässt. Jede größere Molkerei hat weitläufige Milcheinzugsgebiete in unterschiedlichen Regionen. Geht eine Sammeltour durch ein reines Ackerbaugesbiet, so sind die Gehalte an gesundheitlich wertvollen Fettsäuren zwangsläufig geringer und die Maisanteile in der Ration höher. Wird die Milch in einem reinen Grünlandgebiet eingesammelt, wo kein Mais angebaut werden kann und die Fütterung hauptsächlich auf Grünland basiert, sind die Omega-3- und CLA-Gehalte vermutlich höher. Für zukünftige Untersuchungen sollten diesen Schwankungen innerhalb der Milch einer Molkerei Beachtung geschenkt werden.

5.5 Betrachtung der Werbeaussagen im Hinblick auf die Gehalte an gesundheitlich wertvollen Fettsäuren bzw. den Maisanteil in der Ration

Es sollen nun die Ergebnisse (Fettsäuremuster und Maisanteil) mit den beworbenen Imagequalitäten („Alpenmilch“, „Bergbauernmilch“, „Landmilch“, „ohne besondere Kennzeichen“) gegenübergestellt werden (Tab. 16).

Tab. 16: Gehalte an Omega-3-Fettsäuren, CLA und Maisanteile in %; nachgewiesen in der Molkereimilch mit und ohne besondere Kennzeichnung (EIGENE DARSTELLUNG)

Image	Molkerei	Omega-3-FS in mg/g FS	CLA in mg/g Fett	Maisanteil in % ¹
<u>Alpenmilch</u>				
Ökologisch	Berchtesgadener Land	12,06	10,58	12,7
<u>Alpenmilch</u>				
konventionell	Allgäuer Alpenmilch	7,43	5,08	43,5
	Weihenstephan	5,86	6,7	37,1
<u>Bergbauern</u>				
konventionell	Berchtesg. Land	9,52	7,61	30
	Allgäuland Käsereien	9,23	7,98	29
<u>Landmilch</u>				
konventionell	Breisgaumilch	9,30	6,58	27,6
	Landliebe	7,48	5,3	23,6
<u>ohne Bezeichnung</u>				
konventionell	Hansamilch	8,03	5,22	44,8
	Campina Elst.	6,30	5,38	52
	Harzmilch	6,33	5,22	46,3
ökologisch	Gläserne Meierei	11,69	6,62	23,1
	Breisgaumilch	11,14	8,7	k.A.
	Upländer	10,69	5,17	15,6
	Allgäuer Käsereien	8,81	9,22	k.A.
	Hamfelder	8,44	4,32	24,2

¹ errechnet nach WINKELMANN 2006

Aus Tab. 16 wird ersichtlich, dass beispielsweise die konventionelle „Alpenmilch“ der Molkereien Allgäuer Alpenmilch und Weihenstephan mit die höchsten Maisanteile (43,5 % und 37,1 %) in der Futtermittelration, und die niedrigsten Omega-3 (Ø 6,65 mg/g Fett) und CLA - Gehalte (Ø 5,9 mg/g Fett) in der Milch, aufwiesen. Die ökologische „Alpenmilch“ (M1) der Molkerei Berchtesgadener Land hingegen enthielt die doppelte Menge an Omega-3-Fettsäuren bei 1/6 des Maisanteils in der Ration gegenüber der konventionellen Alpenmilch. Betrachtet man das Einzugsgebiet der Molkerei Weihenstephan, so fällt auf, dass diese das Gebiet der Alpen (Berggebiet) nur am Rande berührt (Abb. 32).

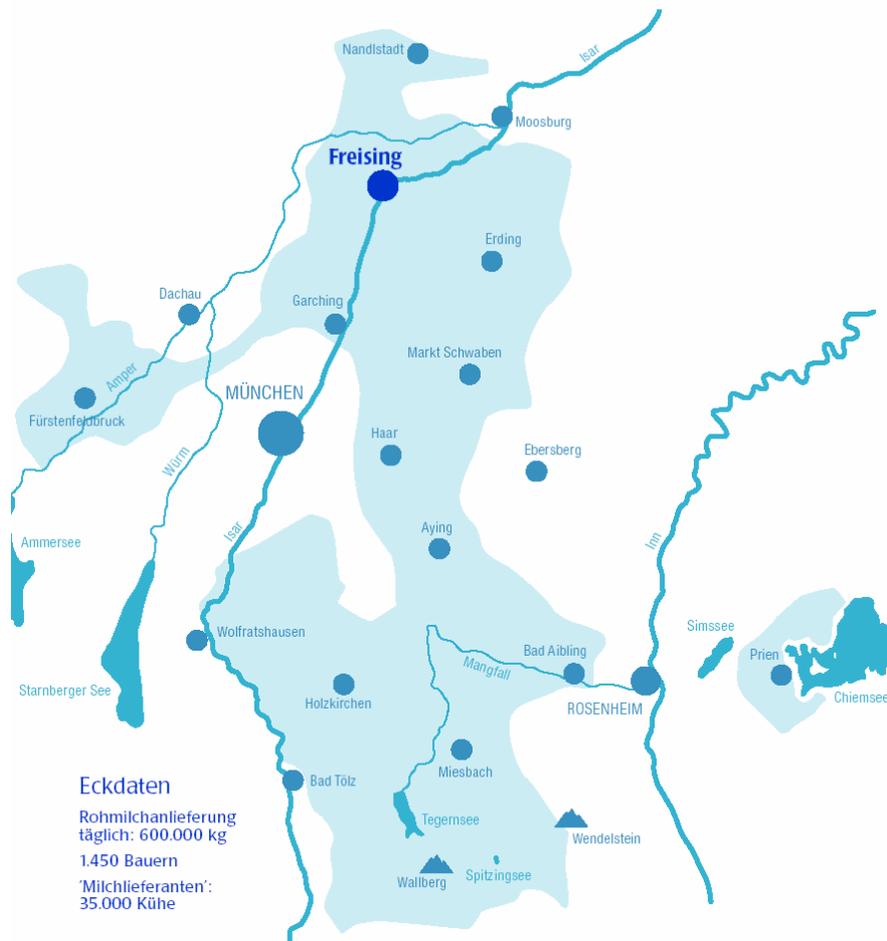


Abb. 32: Einzugsgebiet der Molkerei Weihenstephan (Quelle: www.molkerei-weihenstephan.de/fileadmin/template/main/files/Milcheinzugsgebiet.pdf 15.10.06)

Es gab in der Vergangenheit eine Vielzahl von Diskussionen, ob es sich nicht im Fall der mit dem irreführenden Begriff „Alpenmilch“ der Molkerei Weihenstephan, die Premiummarke des Milchkonzerns Müller, um aktive Verbrauchertäuschung handelt. Zudem konnte 2006 nachgewiesen werden, dass Zulieferer auch nachweislich genverändertes Soja und genveränderten Mais verfüttert hatten. Ähnlich verhält es sich mit Campina, einer der führenden Molkereikonzerne in Europa, mit der Eigenmarke „Landliebe“ (BRENDDEL 2006).

Die konventionelle Trinkmilch der Breisgaumolkerei wirbt mit der Zusatzinformation „Aus kontrollierter umweltschonender Grünlandbewirtschaftung des Hochschwarzwaldes“. Bei einer Grünlandbewirtschaftung kann davon ausgegangen werden, dass kein Silomais angebaut werden kann, höchstens zugekauft. Die über die Milch nachgewiesenen Maisanteile der Gesamtfutterration müssten dementsprechend gering sein. Trotzdem wurde in dieser Milch ein Maisanteil von 27,6 % berechnet. Auch die konventionelle Bergbauernmilch wies noch einen durchschnittlichen Maisanteil von 30 % auf, was aufgrund der Werbung verwundert („Herkunftsgarantie. Milch stammt ausschließlich aus den oberbayrischen Bergen - staatlich anerkannte Bergbauernhöfe aus der Alpenregion“, „von Bergbauern nach EU-Richtlinie - über 800 m NN, Sommer Weidegang, 12-15 Kühe etc“).

Die Omega-3- und CLA-Gehalte lagen aber trotzdem im oberen Durchschnitt (Omega-3: 9,4 mg/g Fett und CLA: 7,6 mg/g Fett). Hier liegt die Vermutung nahe, dass die Höhe über dem Meer und die damit veränderte Futtergrundlage einen positiven Einfluss auf die Menge der Fettsäuren in der Milch hatte, wie aus anderen Untersuchungen bekannt ist (U.A. COLLOMB ET AL. 2002^c, KRAFT ET AL. 2003, BISIG ET AL. 2005).

Es bleibt zu hoffen, dass in Zukunft eine stärkere Übereinstimmung zwischen Marketing/Außendarstellung der Molkereien und den realen Erfassungsgebieten und Produktionsmethoden bei Milch und Milchprodukten erfolgen wird.

5.6 Bedeutung der Aufnahme von Omega-3-Fettsäuren aus Milch und Milchprodukten

Die Referenzwerte für Omega-3-Fettsäuren liegen bei 0,5 % der täglichen Energiezufuhr (DGE 2000). Umgerechnet auf eine Person mit mittlerem BMI und normaler körperlicher Aktivität bedeutet das ca. 1,2 (Frauen) bis 1,5 (Männer) Gramm Omega-3-Fettsäuren pro Tag. Bereits im Literaturteil wurde darauf hingewiesen, dass es bei dieser Empfehlung keine Unterscheidung zwischen den verschiedenen Omega-3-Fettsäuren gibt. Wenn man davon ausgeht, dass der Tagesbedarf von EPA und DHA gemeint ist, dann würde das bedeuten, dass mindestens 12 – 15 g ALA pro Tag aufgenommen werden sollten, da nur 10 % der ALA in die langkettige und physiologisch wertvollere EPA und DHA umgewandelt werden können. Eine solche Menge ALA pro Tag kann jedoch mit einer normalen Ernährung gar nicht aufgenommen werden. Die DGE-Referenzwerte (DGE 2000) sind uneindeutig und veraltet. Neue Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr der DGE sollen Ende 2006 veröffentlicht werden.

Der ARBEITSKREIS OMEGA-3 (2006) gibt eine empfohlene Aufnahme von mindestens 0,3 g EPA und DHA pro Tag an. GEBAUER ET AL. (2006) empfehlen nach Auswertung einer Vielzahl epidemiologischer und klinischer Studien eine Aufnahme von 0,5 g EPA/DHA pro Tag. Laut ERNÄHRUNGSBERICHT DER DGE (2004) nehmen deutsche Männer Ø 0,25 g und Frauen Ø 0,15 g EPA/DHA pro Tag auf.

Milch ist ein ungeeigneter Lieferant für langkettige Omega-3-Fettsäuren, da hauptsächlich ALA enthalten ist. Die in Milch enthaltenen Mengen an EPA sind physiologisch nicht relevant. EPA und DHA sind in höheren Konzentrationen vor allem in Meeresfischen enthalten.

Um die Referenzwerte für die Aufnahme von Omega-3-Fettsäuren laut DGE (2000) (unter Vernachlässigung der Untergliederung in die einzelnen Omega-3-Fettsäuren) in Verbindung mit der in Milch vorhandenen Omega-3-Fettsäuren zu stellen, wird folgende Rechnung anhand der Ergebnisse dieser Untersuchung beispielhaft vorgestellt.

1 Glas Vollmilch (200ml/ 3,5 % Fett)

- ⇒ enthält 7 g Fett
- ⇒ enthält **78,4 mg Omega-3-Fettsäuren** bei **ökologischer Tankmilch** von Einzelbetrieben
- ⇒ enthält **55,3 mg Omega-3-Fettsäuren** bei **konventioneller Tankmilch**
- ⇒ enthält **73,5 mg Omega-3-Fettsäuren** bei **ökologischer Molkereimilch**
- ⇒ enthält **54 mg Omega-3-Fettsäuren** bei **konventioneller Molkereimilch**

Mit einem Glas Milch aus ökologischer Erzeugung könnte man pro Tag in etwa 5,4 % (Molkereimilch) bzw. 5,8 % (Tankmilch) des empfohlenen Tagesbedarfs an Omega-3-Fettsäuren (Ø 1,35 g pro Tag) decken. Ein Glas konventionelle Milch (Molkerei- und Tankmilch) deckt ca. 4 % der empfohlenen Aufnahmemengen.. Das klingt vergleichsweise wenig. Niemand wird jedoch vorhaben nur über den Konsum von Milch seinen Tagesbedarf an Omega-3-Fettsäuren zu decken. Es darf ebenfalls nicht vergessen werden, dass die in dieser Arbeit ermittelten Omega-3-Gehalte der Milch aus Winterfütterung stammen. Führt man die gleiche Rechnung mit den von COLLOMB ET AL. (2002) ermittelten Omega-3-Fettsäurewerten der Milch von Alpkühen (20,9 mg/g Fett) durch, so wird mit 200 ml Milch schon 146,3 mg Omega-3-Fettsäuren aufgenommen, was 11 % der empfohlenen Tagesdosis entspricht. Mit einem halben Liter Milch aus süddeutscher Weidehaltung (> 70 % Frischgras, < 10 % Kraftfutter = 13,5 mg Omega-3-Fettsäuren/g Fett (WEIß ET AL. 2006)) könnte man schon 18 % des empfohlenen Tagesbedarfs aufnehmen. Der durchschnittliche Milchfettverzehr in Deutschland liegt bei 40 g/ Tag (BLÜTHGEN ET AL. 2003). Nimmt man diese 40 g Milchfett beispielsweise in Form von Milch und Milchprodukten aus Vollweidefütterung mit Omega-3-Gehalten von 13,5 mg/g Fett (WEIß ET AL. 2006) auf, so ist mit den darin enthaltenen 540 mg Omega-3-Fettsäuren schon mehr als 1/3 des Tagesbedarfes gedeckt. Es wird deutlich, dass Milch aus artgerechter/ wiederkäuergerechter Weidehaltung einen natürlichen Beitrag zu einer ausreichenden Omega-3-Versorgung leisten kann.

Verfolgt man die in den letzten Jahren zunehmende Omega-3-„Euphorie“ im Internet und der Presse, so drängen sich auch kritische Gedanken auf. Die Marketingabteilungen einiger Lebensmittelbetriebe verstehen es ausgezeichnet dem Kunden immer wieder zu suggerieren, dass sie an einer Unterversorgung von dieser oder jener Fettsäure leiden könnten. Das verhilft ihnen zu Kunden für ihr lukratives „functional food“- Produkt, wie beispielsweise Omega-3-Eier oder Omega-3-Brot.

Die Autorin ist der Meinung, dass die Anreicherung von Lebensmitteln mit Omega-3-Fettsäuren fragwürdig ist. Beispielsweise mag die Omega-3-Fettsäureaufnahme durch Omega-3-Eier positiv beeinflusst werden, doch ist gleichzeitig der hohe Cholesteringehalt derselben nicht zu vernachlässigen und deshalb von einem übermäßigen Verzehr generell abzuraten. Der Verbraucher gerät zwangsläufig in einen Konflikt.

Anstelle den Konsumenten mit immer neuen Werbeslogans und Fachausdrücken (von „alpha“ über „isotonisch“ bis „omega“) zu verunsichern, wäre es wichtiger z.B. das Ei als Bestandteil einer ausgeglichenen Ernährung hervorzuheben.

Die DGE (2000) stellt mit Veröffentlichung der Referenzwerte auch gleichzeitig fest:

- Ein Mangel an Fettsäuren ist sehr selten, da normalerweise Reserven vorhanden sind.
- Ein Mangel an Arachidonsäure (AA, n-6), Eicosapentaensäure (EPA, n-3) und Docosahexaensäure (DHA, n-3) ist beim gesunden Erwachsenen noch nie beobachtet worden!
- Die Zufuhr an Omega-3-Fettsäuren sollte 3 % des Energiebedarfs nicht übersteigen.

Wissenschaftlich vernachlässigt werden auch die Folgen eines unnötig hohen Konsums an Omega-3-Fettsäuren. Negative Einflüsse bei einer Überversorgung sind nicht auszuschließen. Ungünstige Effekte auf die Blutgerinnung seien sogar belegt (AMT FÜR LEBENSMITTELKONTROLLE SCHAFFHAUSEN 2000).

Eine Vielzahl von Literaturstellen bestätigt, was ein gesunder Menschenverstand schon erahnt: Eine ausgewogene und abwechslungsreiche Kost stellt die Versorgung mit allen notwendigen Nährstoffen (und auch Fettsäuren) für den Großteil der Bevölkerung problemlos sicher.

Die in vorliegender Untersuchung betrachtete Milch ist nicht künstlich mit Omega-3-Fettsäuren angereichert worden, sondern ist ein natürliches Produkt. Hintergrund der Omega-3-Begeisterung bei Milch und Milchprodukten sind z.B. das Ansehen der in den letzten Jahren teilweise zu unrecht in Verruf geratenen Milch wieder zu stärken, neue Absatzmöglichkeiten zu erschließen, Konsumenten für die Herkunft der Lebensmittel zu sensibilisieren und neue Qualitätskriterien zu erschaffen.

Beispielsweise ist die Idee der in der Modellregion Chiemgau Inn Salzach organisierten Erzeuger, durch Weidehaltung im Sommer, Milch und Fleisch mit erhöhten Omega-3-Fettsäuregehalten zu erzeugen und dies in Verbindung mit einer gesundheitsorientierten Botschaft auf den Endprodukten entsprechend auszuloben. DUSTMAN (2006) stellte fest, dass die Hervorhebung der Weidehaltung in Verbindung mit Saisonalität Schlüsselimpulse für den Verbraucher im Hinblick auf Vertrauen und Hochwertigkeit der Produkte seien. Auch die für eine erfolgreiche Produktinnovation nötige Abgrenzung von anderen am Markt befindlichen Produkten seien durch die Kombination Biocharakter, Weidehaltung und Omega-3-Fettsäuren gegeben. Omega-3-Herzmilch-Projekt heißt der Zusammenschluss von Bauern, Wissenschaftlern und Vermarktern, die inzwischen einen Schnittkäse aus Weidemilch anbieten. Die Gehalte an Omega-3-Fettsäuren werden ohne Hilfe künstlicher Zusatzstoffe, sondern durch die Rückbesinnung auf die ursprüngliche Ernährung des Rindes erreicht.

Die Herausforderung für potentielle Vermarkter ist es, den gesundheitlichen Nutzen und die Natürlichkeit deutlich und verständlich herauszustellen, ohne damit das gewachsene Vertrauen in das Produkt zu zerstören (DUSTMANN 2005).

5.7 Bedeutung der Aufnahme von CLA aus Milch und Milchprodukten

Bisher gibt es keine Referenzwerte für die Aufnahme von CLA. EDER (2006) schätzt die Aufnahme von CLA durch herkömmliche Mischkost auf 250 – 400 mg täglich, FRITSCHKE UND STEINHARDT (1998) schätzen die CLA-Aufnahme nach Untersuchungen an Lebensmittelkörben auf 0,43 g/ Tag bei Männer und 0,35 g/ Tag bei Frauen. Genaue Aufnahmeempfehlungen pro Tag sind bisher nicht veröffentlicht. JAHREIS UND SCHUBERT (1999) geben eine „maximalen präventiven Dosis“ von 2-3 g pro Tag an, andere Internetquellen von 1-3 g pro Tag. Die Angaben von 1-3 g CLA (Rechnung mit 2 g täglich) sollen nun wiederum mit den Durchschnittswerten aus der vorliegenden Arbeit auf ein Glas Milch umgerechnet werden um zu überprüfen, ob die festgestellten Werte aus vorliegender Untersuchung eine gesundheitliche Relevanz haben.

1 Glas Vollmilch (200ml/ 3,5 % Fett)

- ➡ enthält 7 g Fett
- ➡ enthält **52,5 mg CLA** in der **Tankmilch der Einzelbetriebe** (Winterfütterung)
- ➡ enthält **42,7 mg CLA** in **Molkereimilch** (Winterfütterung)

Nimmt man einen Durchschnittswert für die täglichen Aufnahme von 1,5 g CLA, so könnte bei den vorliegenden Ergebnissen bei Einnahme von einem Glas Tankmilch 2,6 % des täglichen Bedarfs gedeckt werden, mit Molkereimilch noch 2,1 %.

Die CLA-Gehalte dieser Untersuchung sind im Vergleich zu anderen Studien im untersten Bereich. COLLOMB ET AL. (2002C) gaben in ihrer Studie Werte von 23,6 mg CLA/g Fett in der Milch von Alpkühen an, was bei einem Glas Milch einer Aufnahme von 165,2 mg CLA und damit 8,3 % der täglichen CLA-Versorgung entsprechen würde. In der Studie von WEIB ET AL. (2006) wurden durchschnittliche CLA-Gehalte in der Milch aus grünlandbasierter Winterfütterung (kein Silomais, max. 10 % KF) von 14,4 mg CLA/ g Fett gemessen, womit 1 Glas Milch 5 % des täglichen Bedarfs decken könnte.

Auch für CLA gilt, dass allein mit Milch und Milchprodukten die empfohlenen Tagesaufnahmen nicht erreicht werden können. Diese Produkte sind jedoch bei entsprechend hohem CLA-Gehalt durchaus geeignet, einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der CLA-Versorgung zu leisten.

Bislang gibt es noch keine Lebensmittel mit erhöhtem CLA-Gehalt. Auf dem Markt der Nahrungsergänzungsmittel versprechen CLA-Kapseln den Aufbau fettfreier Muskelmasse und den Abbau/ Reduktion von Körperfett/ Körperfettanteil. Diese Produkte scheinen gerade bei Bodybuildern und in der Sportbranche zunehmende Beliebtheit zu erfahren.

6 Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen und der Diskussion

Aus den vorliegenden Erkenntnissen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

Konsummilch aus Winterfütterung

1. Ökologische Milch war mit einem wesentlich geringeren Maisanteil in der Ration erzeugt worden als konventionelle Milch.
2. Ökologisch erzeugte Milch wies im Schnitt höhere Omega-3-Gehalte auf als konventionell erzeugte Milch
3. Milch süddeutscher Molkereien (ökologisch und konventionell) wiesen vergleichsweise hohe Omega-3-Gehalte auf (mit Ausnahme der Molkerei Allgäuer Alpenmilch und der Molkerei Weihenstephan).
4. Es existierte eine Korrelation zwischen den ^{13}C -Werten und den Omega-3-Gehalten in der Milch.
5. Ökomilch hatte ein günstigeres Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3-Fettsäuren. Die Milch beider Herkünfte (konventionell/ ökologisch) lagen im Bereich des von der DGE (2000) empfohlenen Verhältnisses von weniger als 5 zu 1.
6. Die Konsummilch süddeutscher Molkereien (Ausnahme: Allgäuer Alpenmilch – Bärenmarke) hatte höhere CLA-Gehalte als die Milch der anderen beprobten Molkereien. Die Region und Höhenlage schien einen stärkeren Einfluss auf die CLA-Gehalte zu haben als eine ökologische oder konventionelle Erzeugung.
7. Die Milch der Molkerei Allgäuer Alpenmilch-Bärenmarke (Alpenfrische Vollmilch) und der Molkerei Weihenstephan (Alpenmilch) war zu einem erheblichen Anteil mit Hilfe von Mais und Maissilage erzeugt worden. Diese wiesen im Vergleich zu den anderen Milchproben mit den niedrigsten Gehalt an gesundheitlich wertvollen Fettsäuren auf, was daran zweifeln lässt, ob diese Milch wirklich aus Bergregionen kommt.
8. Ökologische Milch hatte in dieser Untersuchung insgesamt keine höheren CLA-Gehalte als konventionelle Milch.
9. Innerhalb der gleichen Milchmarke gab es zwischen den verschiedenen Abfülldaten Varianzen in der Fettsäurezusammensetzung und dem gefütterten Maisanteil.

Tankmilch aus Winterfütterung

1. Durch die individuelle Fütterung auf den einzelnen Betrieben unterlagen die Tankmilchproben größeren Schwankungsbreiten bzw. wiesen extremere, teilweise nicht erklärbare, Werte in der Milch auf als Molkereimilch, bei der durch die Vermischung von Milch einer Vielzahl von Erzeugern die Werte ausgeglichener waren.

2. Eine Abstufung der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte zwischen den drei Fütterungskategorien (keine Maissilage/ Mais im KF/ Maissilage) war deutlich erkennbar. Grundsätzlich waren die Werte positiver, je mehr Mais in der Futtermischung enthalten war.
3. Ökologisch erzeugte Milch bzw. Milch aus extensiver Fütterung hatte im Durchschnitt höhere Omega-3-Gehalte als konventionell erzeugte Milch bzw. Milch von intensiv gefütterten Kühen.
4. Die Verfütterung von Futterrüben führte zu einer Zunahme von kurz- und mittellangkettiger Fettsäuren, sowie zur gleichzeitigen Abnahme der langkettigen Fettsäuren in der Milch. Betriebe, die Rüben verfütterten, hatten trotz extensiver Fütterung (viel Rauh-, wenig Kraftfutter) vergleichsweise niedrige Omega-3-Fettsäuregehalte.
5. Es gab eine Korrelation zwischen steigendem Maisanteil, steigendem Kraftfutteranteil in der Ration und sinkenden Omega-3-Gehalten in der Milch
6. Ökomilch hatte ein günstigeres Verhältnis von Omega-6 zu Omega-3-Fettsäuren als konventionelle Milch. Die Milch beider Herkünfte lag im Bereich des von der DGE (2000) empfohlenen Verhältnisses von weniger als 5 zu 1.
7. Die Tankmilch der Betriebe der Region „Süd“ wies deutlich höhere CLA-Gehalte auf als Milch anderer Betriebe, wahrscheinlich aufgrund der Höhenlage (alle Betriebe > 900 m ü. NN/ Grünlandgebiet) und der veränderten Futterzusammensetzung (keine Maissilage, Fütterung von Grummet (kräuterreiches Heu)).
8. Hinsichtlich des CLA-Gehaltes zeigten sich keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Bewirtschaftungsweisen und den verschiedenen Intensitäten der Fütterung.
9. Die Höhenlage und die damit veränderte Futtergrundlage schienen einen stärkeren Einfluss auf die CLA-Gehalte der Milch zu haben, als eine ökologische oder konventionelle Bewirtschaftung bzw. eine intensive oder extensive Fütterung.

Allgemein

1. Über 90 % der Omega-3-Fettsäuren im Milchfett liegen in Form von alpha-Linolensäure vor. Die langkettigen und physiologisch wertvolleren EPA und DHA sind nur in physiologisch nicht relevanten Mengen in Milch enthalten.
2. Milch und Milchprodukte können den Tagesbedarf an Omega-3-Fettsäuren und CLA nicht decken, jedoch einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Omega-3 und CLA-Aufnahme leisten.
3. Eine ausgewogene und abwechslungsreiche Ernährung stellt die Versorgung mit allen notwendigen Nährstoffen und Fettsäuren sicher.

6 Schlussfolgerung

An dieser Stelle soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass diese Arbeit aufgrund des geringen Probenumfangs und der nicht repräsentativen Auswahl der Betriebe und Molkereien, keine allgemeingültigen Schlussfolgerungen für die Fettsäuregehalte von Wintermilch zulässt, sondern lediglich Tendenzen aufzeigen kann. Die Diplomarbeit soll dem Einstieg in das Thema der Gehalte gesundheitlich wertvoller Fettsäuren in (Konsum)Milch dienen und soll zeigen, dass es tatsächlich deutliche Unterschiede hinsichtlich des Gehaltes an Omega-3-FS und CLA zwischen verschiedenen Regionen/ Höhenlagen/ Futtergrundlagen und Produktionsbedingungen gibt. Eine Untersuchung mit wesentlich größerem Probenumfang und mehrmaliger Probenziehung im Jahresverlauf ist notwendig, um zu deutlicheren, statistisch abgesicherten, Ergebnissen und Erkenntnissen zu gelangen.

7 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden 18 Konsummilchproben vom Februar 2006 von 15 Molkereien (6 ökologische und 9 konventionelle Milchproben) sowie 13 Tankmilchproben von 13 Milchviehbetrieben in drei definierten Regionen Deutschlands auf ihre Fettsäurezusammensetzung (u.a. CLA, Omega-3-Fettsäuren) und Kohlenstoffsignatur untersucht. Bei der Konsummilch wurde bevorzugt solche Milch ausgewählt, die mit besonderen Imagequalitäten beworben wird (z.B. „Alpenmilch“, „Bergbauernmilch“, „Landmilch“). Bei der Betriebsauswahl für die Tankmilchproben wurden pro Region jeweils zwei konventionelle und zwei ökologische Betriebe mit jeweils möglichst unterschiedlicher Bewirtschaftung ausgewählt (extensive versus intensive Bewirtschaftung). Die sofort nach Probenziehung tiefgefrorenen Proben wurden für die Fettsäurezusammensetzung extrahiert, mit TMSH verestert und gaschromatographisch (GC 6890, USA) bestimmt. Die Kohlenstoffisotope wurden mit einem Elementaranalysator (Carlo Erba NA 1108, Mailand, Italien) gemessen.

Ökologisch erzeugte Milch hatte in dieser Untersuchung im Schnitt höhere Omega-3-Gehalte als konventionell erzeugte Milch (Konsummilch: 10,47 versus 7,72 mg/g Fett; Tankmilch: 11,2 versus 7,9 mg/g Fett). Hinsichtlich der CLA-Gehalte streuten die Werte sowohl bei Milch aus konventioneller als auch aus ökologischer Erzeugung sehr stark. Tendenziell wies die Milch aus Süddeutschland, sowohl Konsummilch als auch Tankmilch aus Einzelbetrieben, höhere CLA-Gehalte auf (Konsummilch: > 6 mg/g Fett, mit Ausnahme der Molkerei Allgäuer Alpenmilch; Tankmilch: > 9,5 mg/g Fett) als die Milch der anderen beprobten Molkereien (< 6 mg/g Fett) und Einzelbetriebe (< 5,5 mg/g Fett). Die Korrelation zwischen steigendem Maisanteil in der Ration und sinkenden Omega-3-Gehalten in der Milch war deutlich ersichtlich. Es wurde weiterhin festgestellt, dass beispielsweise die konventionelle „Alpenmilch“ der Molkerei Weihenstephan und die „Alpenfrische Vollmilch“ der Molkerei Allgäuer Alpenmilch zu einem erheblichen Anteil mit Hilfe von Mais und Maissilage erzeugt wurde (37 bzw. 43,5 %) und im Vergleich zu den anderen Milchproben mit die niedrigsten Gehalte an gesundheitlich wertvollen Fettsäuren aufwies (Omega-3-FS: 5,86 und 7,43 mg/g Fett; CLA: 6,7 und 5,08 mg/g Fett).

Milch und Milchprodukte können den Tagesbedarf an Omega-3-Fettsäuren und CLA nicht decken, jedoch einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Omega-3 und CLA-Versorgung des Menschen leisten.

8 Literaturverzeichnis

AID 2006. Rechtliche Einordnung. Was sind Nahrungsergänzungsmittel? http://www.was-wir-essen.de/gesund/nahrungsergaenzungsmittel_recht.cfm 08.02.06

AID-INFODIENST VERBRAUCHERSCHUTZ – ERNÄHRUNG – LANDWIRTSCHAFT. 2006. Die Hauptnährstoffe Proteine, Fette, Kohlenhydrate. www.aid.de/ernaehrung/naehrstoffempfehlungen_hauptnaehrstoffe.cfm#fette. 08.02.2006

AMT FÜR LEBENSMITTELKONTROLLE DER KANTONE APPENZEL AUSSERRHODEN, APPENZEL INNERRHODEN, GLARUS UND SCHAFFHAUSEN / AMT FÜR LEBENSMITTELKONTROLLE UND UMWELTSCHUTZ (ALU) DES KANTONS SCHAFFHAUSEN (HRSG.) 2000. Jahresbericht 2000. Kapitel 3: Lebensmittelkontrolle in den Kantonen AR, AI, GL und SH/ Omegaprodukte. S. 9-16. Schaffhausen. http://www.lebensmittelkontrolle.ch/NEU_06NOV02/ueber_uns/Publikationen/Jahresbericht%2000/Jahresbericht.pdf 20.10.06

ARBEITSGRUPPE STABILISOTOPENANALYTIK. 2005^A. Aktueller Stand der Möglichkeiten zur Unterscheidung von Nahrungsmitteln aus konventioneller bzw. ökologischer Produktion durch Isotopenverhältnisanalyse. Positionspapier der Arbeitsgruppe Stabilisotopenanalytik, veröffentlicht in Lebensmittelchemie, 59, 50-52 (2005). http://www.gdch.de/strukturen/fg/lm/ag/stabilisotopen/posi_oekolandbau.htm 10.04.06

ARBEITSGRUPPE STABILISOTOPENANALYTIK. 2005^B. Möglichkeiten und Grenzen der Sauerstoff Isotopenanalyse von Wasser in der Herkunftsbestimmung von Lebensmitteln. Stellungnahme der Lebensmittelchemischen Gesellschaft erarbeitet von der Arbeitsgruppe Stabilisotopenanalytik. http://www.gdch.de/strukturen/fg/lm/ag/stabilisotopen/stellung_sauerstoff.htm 10.04.06

ASTORG P. ARNAULT N. CZERNICHOW S. NOISETTE N. GALAN P. HERBERG S. 2004 Dietary intakes an food sources of n-6 and n-3 PUFA in French adult men and women. *Lipids*. 2004 Jun;39(6):527-35.

AUERSWALD, K., STROTMANN, K., SCHWERTL, M., REIDY, B., RICHNER, W., SCHNYDER, H. 2005. Ammoniakverluste tierhaltender Betriebe – Vergleich von Modellierung und isotopischem Fingerabdruck. 49. Jahrestagung. 25.-27. August 2005 in Bad Elster

BAARS, T., ADRIAANSE, R., HUBER, M., WOHLERS, J. 2006. Milchqualität und menschliche Gesundheit. *Lebendige Erde*. 6/2005

BAUMAN DE, BARNANO DM, DWYER DA, GRINARI JM. 2000. Technical note: production of butter with enhanced conjugated linoleic acid for use in biomedical studies with animal models. *J Dairy Sci*;83:2422–5 (abstract)

BAUMANN, D.E., BAUMGARD, L.H., CORL, B. A. AND J. M. GRINARI. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science*

- BEAULIEU, A.D., L. PALMQUIST D. 1995. Differential Effects of High Fat Diets on Fatty Acid Composition in Milk of Jersey and Holstein Cows. *J Dairy Sci* 78:1336-1344
- BECKER-HEIDMANN, P. 2001. Stabile Isotope in der Umwelt. Universität Hamburg, Institut für Bodenkunde. http://www.geowiss.uni-hamburg.de/i-boden/lvradiop/fra_stab.htm am 18.04.06
- BISIG, W., CLERC, F., ETTER, L., BREGY, M. 2006. Milchprodukte aus Bergmilch. Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL)/ Berner Fachhochschule BFH. Poster
- BLÜTHGEN A., HECHT H., SCHWIND K.H., RABE E., RUOFF U., WOLFF J. 2003. Untersuchungen an Nebenprodukten der Müllerei auf unerwünschte Stoffe Teil 2: Anthropogene Rückstände. Fachgruppe Futtermittel und Fachgruppe Pflanzenanalyse. S. 111-119 ALVA - Jahrestagung 2003 zum Thema „Ernährungssicherheit - Kontrolle der Nahrungsmittelkette“ 26. bis 28. Mai 2003 im Bäuerlichen Bildungshaus Schloss Krastowitz. http://www.alva.at/alva2003/alva03_tagungsband_homepage.pdf
- BML-ARBEITSGRUPPE. 1997. Fette in der Ernährung – Positionspapier der BML-Arbeitsgruppe „Fette in der Ernährung“ abgestimmt mit dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie der Bundesministerium für Gesundheit. Fette in der Ernährung. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Köller Druck+Verlag GmbH. Bonn 1997. Heft 464. S. 1-7
- BRENDEL, U. 2006. Gentechnik ist, wenn es Landliebe ist. 4/2006. Merkblatt. <http://de.einkaufsnetz.org/download/21856.pdf> 20.10.06
- BURGSTALLER, G. 1999. Praktische Rinderfütterung. 5., vollkommen überarb. und neugestaltete Aufl.- Hannover: Landbuch-Verlag 1999.
- CAMIN, F., WIETZERBIN, K., CORTES, A.B., HABERHAUER, G., LE LEES, M., VERSINI, G. 2004. Application of Multielement Stable Isotope Ratio Analysis to the Characterization of French, Italian, and Spanish Cheeses. *J. Agric. Food Chem.* 2004, 52, 6592-6601
- CHILLIARD, Y., FERLAY, A., MANSBRIDGE, R.M., DOREAU, M. 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.* 49. 181-205
- COLLOMB, M., H. EYER, R. SIEBER. 2002^A. Chemische Struktur und Fettsäureverteilung des Milchfettes. *Agrarforschung* 9 (6): 240-245
- COLLOMB, M., BÜTIKOFER, U., SIEBER, R., JEANGROS, B., BOSSET, J.-O. 2002^B. Correlation between fatty acids in cows`milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of switzerland and botanical composition of the fodder. *International Dairy Journal* 12, 661-666
- COLLOMB, M., BÜTIKOFER, U., SIEBER, R., JEANGROS, B., BOSSET, J.-O. 2002^C. Composition of fatty acids in cow`s milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of switzerland using high-resolution gas chromatography. *International Dairy Journal* 12, 649-659
- DE WIT J, WAGENAAR J.P., DE VRIES A. BAARS T. 2006. Milk fatty acids in relation to feeding practices on Dutch organic farms. www.agrar.uni-kassel.de/bdl/dokumente/2006.Odense_omega3.pdf 15.10.06

- DEWHURST, R. J., FISHER, W. J., TWEED, J. K. S., WILKINS, R.J. 2003^A. Comparison of grass and legume silages for milk production. 1. Production responses with different levels of concentrate. *J. Dairy Sci.* 86: 2598-2611
- DEWHURST, R. J., EVANS, R. T., SCOLLAN, N. D., MOORBY, J. M., MERRY, R. J., WILKINS, R. J. 2003^B. Comparison of Grass and Legume Silages for Milk Production. 2. In Vivo and In Sacco Evaluations of Rumen Function. *J. Dairy Sci.* 86:2612–2621
- DGE. 2000. Deutsche, österreichische und schweizerische Ernährungsgesellschaften veröffentlichen neue Referenzwerte. [http://www.dge.de/modules.php 20.10.06](http://www.dge.de/modules.php?20.10.06)
- DGF-EINHEITSMETHODEN C-VI 10A 2000. Fettsäuremethylester (TMSH-Methode) – Analyse der Fettsäuren und Fettsäureverteilung
- DHIMAN, T. R., G. R. ANAND, L.D. SATTER AND M.W. PARIZA. 1999. Conjugated Linoleic Acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 82:2146-2156
- DHIMAN, T. R., L. D. SATTER, M. W. PARIZA, M. P. GALLI, K. ALBRIGHT AND M. X. TOLOSA. 2000. Conjugated Linoleic Acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *J. Dairy Science* 83: 1016-1027
- DLG 1997. DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer. DLG-Verlag. Frankfurt
- DOHME, F. 2005. Fetteinsatz in der Milchviehfütterung und Einfluss auf die Produktequalität. 32. Viehwirtschaftliche Fachtagung. 13.-14. April 2005. 15-21. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg – Gumpenstein. Irdning. Österreich
- DUSTMANN, DR. H. 2005. Ableitung von Empfehlungen für Marketingmaßnahmen und deren Planung und Entwicklung. Weihenstephan 2005. http://www.chiemgau-inn-salzach.de/upload/pdf/projekte/omega3/Marketingmasnahmen_Dustmann.pdf
- EDER, PROF. DR. K. 2006. Konjugierte Linolsäuren in der Ernährung. Wissenschaftliches Symposium Fette in der Bewertung der DGE. 21. und 22. September 2006. Wissenschaftszentrum Bonn
- EFSA-GUTACHTEN. 2004. Gutachten des Wissenschaftlichen Gremiums für diätetische Produkte, Ernährung und Allergien auf Ersuchen der Kommission über *Trans*-Fettsäuren in Lebensmitteln und die Wirkung des Verzehrs von *Trans*-Fettsäuren auf die menschliche Gesundheit. http://www.efsa.eu.int/science/nda/nda_opinions/catindex_en.html 20.10.06
- FRITSCHKE, J. 2006. Neue Erkenntnisse über Fettsäuren. *Lebensmittelchemie* 2000.
- FRITSCHKE, J., STEINHART, H. 1998. Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake, *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A* 206 77-82
- FUHRMANN W. 2003. Reduktion des plötzlichen Herztodes durch Omega-3-Fettsäuren in der Sekundärprävention des Myokardinfarktes. *Journal für Kardiologie* 2003; 10 (11), 504-508 <http://www.kup.at/kup/pdf/3683.pdf> 20.10.06
- GEBAUER, SARAH K, TRICIA L PSOTA, WILLIAM S HARRIS AND PENNY M KRIS-ETHERTON. 2006. n–3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 83, No. 6, S1526-1535S, June 2006

- GISSI-PRÄVENTIONSSTUDIE. 2000. Omega-3-Fettsäuren, nicht jedoch Vitamin E schützen vor Herzinfarkt. **A-1006**. Deutsches Ärzteblatt **97**, Heft 15, 14. April 2000.
<http://www.aerzteblatt.de/v4/archiv/treffer.asp?archivSchlagwort1=GISSI-Studie 18.04.06>
- GISSI-Prevenzione Investigators: Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial. *Lancet* 1999; 354: 447–455
- GLASER, B. 2004. Unbestechliche Zeugen – Stabile Isotopen in der bodenkundlichen Forschung. *Spektrum* 3/04
- HAUSWIRTH CB, SCHEEDER MRL, BEER JH. 2004 High ω -3 fatty acid content in alpine cheese The basis for an alpine paradox. *Circulation* 6/13: 103-107
- HABERHAUER, G., PAPESCH, W., RAJNER, V., TESCH, R., GERZABECK, M. H. 2002. Isotopische Herkunftsbestimmung von Lebensmitteln und Wasser. *It's T.I.M.E.* 02/02. 26-31
- HALLERMEYER, R. 1976. Eine Schnellmethode zur Bestimmung des Fettgehaltes in Lebensmitteln. *Deutsche Lebensmittelrundschau* 10. 356-359
- HOOPER, L., THOMPSON, R., HARRISON, R.A., SUMMERBELL, C.D., NESS, A.R., MOORE, H.J., WORTHINGTON, H.V., DURRINGTON, H.N., HIGGINS, J., CAPPS, N.E., RIEMERSMA, R.A., EBRAHIM, S.B.J., SMITH, J.D. 2006. Risks and benefits of omega 3 fats for mortality, cardiovascular disease, and cancer: systematic review. *BMJ*,
<http://bmj.bmjournals.com/cgi/rapidpdf/bmj.38755.366331.2Fv1 15.10.06>
- IP, C., BRIGGS, S.P., HAEGELE, A.D., THOMPSON, H.J., STORKSON, J., SCIMECA, J.A. 1996. The efficacy of conjugated linoleic acid in mammary cancer prevention is independent of the level and type of fat in the diet. *Carcinogenesis* **17**: 1045-1050 (abstract)
- JAHREIS, G. 1997. Krebshemmende Fettsäuren in Milch und Rindfleisch. *Ernährungsumschau* 44/ Heft 5
- JAHREIS G. 1999 Funktionelle Inhaltsstoffe aus tierischen Lebensmitteln. In Kluthe R. und Kasper M.: *Lebensmittel tierischer Herkunft in der Diskussion*. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1-8
- JAHREIS, G. 2005. Aktuelles zur Milcherzeugung. FAL-Tagung. 15.11.2005. Braunschweig
- JIANG, J., BJOERCK, L., FONDEN, R., EMANUELSON, M. 1996. Occurrence of Conjugated
- KAY, J. K., MACKLE, T. R., AULDIST, N.A., THOMSON, N.A., BAUMANN, D.E. 2002. Endogenous synthesis and enhancement of conjugated linoleic acid in pasture-fed dairy cows. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 62:12-15
- KAY, J.K., MACKLE, T.R., AULDIST, M.J., THOMSON, N.A., BAUMANN, D.E. 2004. Endogenous synthesis of cis9trans11 conjugated linoleic acid in dairy cows fed fresh pasture. *J. Dairy Sci.* 87:369-378
- KELSEY, J. A. , CORL, B. A., COLLIER, R. J. , BAUMAN, D. E. 2003. The Effect of Breed, Parity, and Stage of Lactation on Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Milk Fat from Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86:2588–2597

- KIENBERGER, H. 2005. QM-Handbuch. Standard-Arbeitsanweisung: Analyse der Fettsäuren und Fettsäureverteilung mit Gaschromatographie
- KIRCHGEßNER, M. 2004. Tierernährung. 11. Auflage. DLG-Verlag. Frankfurt/Main
- KLEIN, A. M. NACH EINEM VORTRAG VON PROF. G. JAHREIS. 1999. Gesundeste Milch kommt von der Weide. Neue Erkenntnisse über das Milchlipp. Arbeitsergebnisse der Universität Kassel/ Witzenhausen Heft 44
- KOCH, A., SCHÖNE, F. 2006. Konjugierte Linolsäuren (CLA) Im Milchlipp und Ihre Anreicherung über die Fütterung - eine Bestandsaufnahme. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. <http://www.tll.de/ainfo/pdf/lino0103.pdf> 20.10.06
- KOGLER, K. 2005. Essenzielle Omega-3-Fettsäuren – eine Übersicht. Phytotherapie Nr. 3
- KÖHLER I., HÄMMERLE V., VON LE SUIRE J. 2005. Alpenmilch = Alpenmilch? Projektarbeit. Technische Universität München. Wissenschaftszentrum Weihenstephan
- KOLENDA, K. D. 2005. Sekundärprävention der koronaren Herzkrankheit: Effizienz nachweisbar. Deutsches Ärzteblatt 102, Ausgabe 26 vom 01.07.2005, Seite A-1889 / B-1596 / C-1503 MEDIZIN. <http://www.aerzteblatt.de/v4/archiv/artikeldruck.asp> 20.10.06
- KORNEXL B. E., WERNER, T. 1997. Measurement of stable isotope abundance in milk and milk ingredients – a possible tool for origin assignment and quality control. Original Paper. Revised version 20.11.1997. Springer Verlag
- KRAFT, J. 2003. Incorporation von konjugierten Linolsäuren in Körperlipide unter besonderer Berücksichtigung der Isomerenverteilung. Jena, Friedrich-Schiller-Universität, Biologisch-Pharmazeutische Fak., Diss.
- KRAFT, J., COLLOMB, M., MÖCKEL, P., SIEBER, R., JAHREIS, G. 2003. Differences in CLA Isomer distribution of cow`s milk lipids. *Lipids*. Vol. 38, no. 6
- KRITCHEVSKY, D., TEPPER, S.A., WRIGHT, S., TSO, P., CZARNECKI, S.K. 2000. Influence of conjugated linoleic acid (CLA) on establishment and progression of atherosclerosis
- LEE, K.N., KRITCHEVSKY, D., PARIZA, M.W. 1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis* **108**: 19-25 (abstract)
- LEIBER, F., M. KREUZER, M. R. L. SCHEEDER, H.-R. WETTERSTEIN. 2005^A. Artenreiches Rauhfutter als Alleinfutter und Fettsäuremuster der Milch. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau - Ende der Nische, Kassel, 01.03.2005 - 04.03.2005. <http://orgprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2005.html> 18.04.06
- LEIBER, F., KREUZER, M., NIGG, D., WETTSTEIN, H.R., SCHEEDER, M.R.L. 2005^B. A study on the causes for the elevated n-3 fatty acids in cows`milk of alpine origin. *Lipids*, Vol. 40, no. 2/191-202
- LEIBER, F. 2005^C. Alles im Futter? Direkte und indirekte Einflüsse der Höhenlage auf das Fettsäuremuster von Kuhmilch. Fachtagung Lebensmitteltechnologie: Milch und Milchprodukte in der modernen Ernährung. SHL 10.11.2005

- LEIBER, F., M.R.L. SCHEEDER, H.-R. WETTSTEIN UND M. KREUZER. 2004. Milk fatty acid profile of cows under the influence of alpine hypoxia and high mountainous forage quality. *Journal of animal and feed sciences*, 13, Suppl. 1, 693-696
- MEYER, H. H. D. 2006. Fettsäuren – Biochemie und Stoffwechselwege im Rind. Vortrag beim Interdisziplinären Symposium „Omega 3 Weidemilch – Chancen und Möglichkeiten für Milch- und Rindfleischerzeugnisse vom Grünland“. 14.3.2006. Kempten
- MOLKENTIN J. 2006. Untersuchungen zur analytischen Unterscheidung ökologisch und konventionell erzeugter Milch. Rahmann, G. (Hrsg.): Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2006. Sonderheft der Landbauforschung Völkenrode, SH 298, 160 S.
- MOREL, I., U. WYSS, COLLOMB, M, U. BÜTIKOFER. 2005^A. Grün- und Dürrfutterzusammensetzung und Milchinhaltsstoffe. *Agrarforschung* 12 (11-12): 496-501
- MOREL, I. 2005^B. Botanische Zusammensetzung beeinflusst Gehalt. *Profi-lait*. PUB 2005/2854b. UVA-Revue 11/05. www.profi-lait.ch 20.10.06
- MULLER, L.D., DELAHOY, J.E. 2003. Conjugated Linoleic Acid (CLA) Implications for Animal Production and Human Health. Pennsylvania State University. www.das.psu.edu/dairynutrition/documents/das0488cla.pdf am 16.10.06
- PABST, J. 2005. Beeinflussung der Milchinhaltsstoffe durch die Fütterung. FORS-Beratungsdienst. http://www.meyho.ch/dok/aktuell/milchinhaltsstoffe_thurgauer_bauer.pdf 20.12.2005
- PALMQUIST, D.L., BEAULIEU, A.D. 1992. Differences between Jersey and Holstein cows in milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 75/Suppl. 1:292 (abstract)
- PALMQUIST, D.L., BEAULIEU, A.D. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. ADSA Foundation Symposium: Milk fat synthesis and modification. *J. Dairy Sci.* 76:1753-1771
- PARK, Y., ALBRIGHT, K.J., LIU, W., STORKSON, J.M., COOK, M.E., PARIZA, M.W. 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids* 32: 543-549
- PFEUFFER, M. 1997. Bedeutung mehrfach ungesättigter Fettsäuren in der Ernährung. *Fette in der Ernährung*. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Köller Druck+Verlag GmbH. Bonn 1997. Heft 464. S. 35-67
- PILLONEL, L., BADERTSCHER, P., FROIDEVAU, P., HABERHAUER, G., OLZL, S.H., HORN, P., JAKOB, A., PFAMMATTER, E., PIANTINI, U., ROSSMANN, A., TABACCHI, R., BOSSET, J.O. 2003. Stable isotope ratios, major, trace and radioactive elements in emmental cheeses of different origins. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 36 / 615–623
- PRECHT, D., MOLKENTIN, J. 1995. Physiologie, Analytik und Gehalt von trans-Fettsäuren in Speisefetten in: *Fette in der Ernährung*. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Köller Druck+Verlag GmbH. Bonn 1997. Heft 464. S. 91-148
- RAHMANN G., NIEBERG H., DRENGEMANN S., FENNEKER A., MARCH S., ZUREK C. 2004. Bundesweite Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktionsverfahren, der realisierten

Vermarktungswege und der wissenschaftlichen sowie sozialen Lage ökologisch wirtschaftender Betriebe und Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungs-Netztes. Landbauforschung Völkenrode. Sonderheft 276

RÖMER-LÜTHI, DR. PHIL. NAT., C. 2002. Die Rolle von α -Linolensäure in der Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. nach S.C. Renaud, D. Lanzmann-Petithory in "Fatty Acids and Lipids-New Findings". World Rev Nutr Diet. Basel, Karger 2001, vol 88
http://www.colza.ch/rapsinfo/khk95_de.pdf 10.04.06

ROSSMANN, A. 2001. DETERMINATION OF STABLE ISOTOPE RATIOS IN FOOD ANALYSIS. Food Reviews International Volume 17, Number 3 / 2001. S. 347 – 381

SCHÄUFELE, R., AUERSWALD, K., WEIB, D. 2006. Isotopenanalytik – Potentiale zum Nachweis des Produktionssystems bei tierischen Erzeugnissen. Vortrag beim Interdisziplinären Symposium „Omega 3 Weidemilch – Chancen und Möglichkeiten für Milch- und Rindfleischerzeugnisse vom Grünland“. 14.3.2006. Kempten

SCHLIMME, E., BUCHHEIM, W. 1999. Milch und ihre Inhaltsstoffe – Chemische und physikalische Eigenschaften. 2. überarbeitete Auflage. Verlag Th. Mann. Gelsenkirchen

SCHMIDT, H.L., ROSSMANN, A., STÖCKIGT, D., CHRISTOPH, N. 2005. Herkunft und Authentizität von Lebensmitteln. Chem. Unserer Zeit. 39. 90-99

SCHMITT, B., STRÖHLE, A., WATKINSON, B.M., HAHN, A. 2002. Wirkstoffe funktioneller Lebensmittel in der Prävention der Arteriosklerose. Teil 2: Omega-3-Fettsäuren – Versorgungssituation und Zufuhrempfehlung. Ernährungs-Umschau 49/ Heft 6/ 223-229

SCHORI, F., FRAGNIERE, C., SCHAEREN, W., STOLL, W. 2005. Leinsamen und Sonnenblumenkerne in der Milchviehfütterung. Agrarforschung 12 (11-12): 502-507

SCHORNOZ, L. 2005. Alpenmilch enthält mehr Omega-3. Alimenta Nr. 24/6.12.2005

SCHUBERT, R. UND JAHREIS G. 2005¹. Ernährungsphysiologisch Wertbestimmende Bestandteile der Milch und deren zukünftige Nutzung.

SCHWERTL, M., AUERSWALD, K., SCHÄUFELE, R., SCHNYDER, H. 2005. Carbon and nitrogen stable isotope composition of cattle hair: ecological fingerprints of production systems? Agriculture, Ecosystems & Environment (article in press)

STÖCKIGT, D., SCHMIDT, H.L., ROßMANN, A., CHRISTOPH, N. 2005. Herkunft und Authentizität von Lebensmitteln: Stabilisotopenanalytik

UFOP 2006. Fette und Diabetes mellitus Typ 2. Rapsölinformation aus Wissenschaft und Forschung. <http://www.ufop.de/464.php> 20.10.06

VOERKELIUS, S. 2005. Ursprungsnachweis – Möglichkeiten und Grenzen der Isotopenanalyse. Internationale Arbeitstagung Qualitätskontrolle Obst & Gemüse. 28.2.-2.3.2005. S. 18-21.
<http://www.ble.de/data/0008A8EB9B0D13AA95496521C0A8D816.0.pdf> 18.04.06

- VOET, D. und VOET, J.G. 1994. Biochemie. Übersetzung Maelicke, A. (Hrsg.), Müller-Esterl W. (Hrsg.), 1. korr. Nachdruck der 1. Aufl. VCH-Verlag, Weinheim, New York, Basel
- WAGNER, K. H. 2006. Eine besondere Art von Fettsäuren. Biologische Wirksamkeit von Konjugierten Linolsäuren. www.suessefacts.de/download/wpd0402.pdf. 22.03.2006
- WARD, A.T., WITTENBERG, K.M., FROEBE, H.M., PRZYBYLSKI, R., MALCOLMSON, L. 2003. Fresh Forage and Solin Supplementation on Conjugated Linoleic Acid Levels in Plasma and Milk. *J. Dairy Sci.* 86:1742–1750
- WEIDINGER, F., DREXEL, H., NESSER, H.J., PODCZECK-SCHWEIGHOFER, A., SILBERBAUER, K., WEBER, H., GLOGAR, H.D. 2005. Omega-3-Fettsäuren in der Prävention nach Myokardinfarkt. Konsensuspapier. Supplementum. ÖÄZ Nr. 11/ 10. Juni 2005. http://www.akh-consilium.at/produkteseiten/infos/solvay_omacor_supplementum.pdf 18.04.06
- WEIß, D. 2005^A. Bedeutung der Fettsäurezusammensetzung von Milch und Rindfleisch für die menschliche Ernährung – Einflussmöglichkeiten durch die Fütterung. Literaturübersicht im Rahmen des Projektes Omega 3 Herzmilch. <http://www.chiemgau-inn-salzach.de/upload/pdf/projekte/omega3/Fettsaurezusammensetzung.pdf> 02.02.06
- WEIß, D., MEISEL, I., KIENBERGER, H., EICHINGER, H. M. 2005^B. Fettsäuremuster im Milchfett in Abhängigkeit der gewählten Fütterungsstrategie. Deutsche Gesellschaft für Milchwirtschaft, Milchkonferenz 2005, Kiel, 29.-30. September 2005
- WEIß, D., KIENBERGER, H., EICHINGER, H.M. 2006. Fettsäuremuster der Milch in Abhängigkeit praxisüblicher Fütterungsstrategien. Vortrag beim Interdisziplinären Symposium „Omega 3 Weidemilch – Chancen und Möglichkeiten für Milch- und Rindfleischerzeugnisse vom Grünland“. 14.3.2006. Kempten
- WEST, D.B., DELANY, J.P., CAMET, P.M., BLOHM, F., TRUETT, A.A., SCIMECA, J. 1998. Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. *Am. J. Physiol.* **275**: R667-R672 (abstract)
- WESTERMAIR, T. 2006. Fettsäurezusammensetzung in der Molkereimilch und in der Alpmilch. Vortrag beim Interdisziplinären Symposium „Omega 3 Weidemilch – Chancen und Möglichkeiten für Milch- und Rindfleischerzeugnisse vom Grünland“. 14.3.2006. Kempten
- WHIGHAM L.E., COOK M.E., ATKINSON R.L. 2000. Conjugated linoleic acid: implications for human health. *Pharmacol Res* ;42:503–10. (abstract)
- WINKELMANN, S. 2006. Isotopensignaturen in der Milch. Diplomarbeit. Fachhochschule Weihenstephan. Fachbereich Land- und Ernährungswirtschaft. Studiengang Landwirtschaft

9 Anhang

Code	1 öe	2 öi	3 ke	4 ki	5 öe	6 öm	7 öi	8 ke	9 ki	10 öe	11 öi	12 ke	13 ki
Landkreis	Stein- burg- Itzehohe	Segeberg	Stein- burg	Stein- burg	Kyffhäu- serkreis	Kassel	Eichsfeld	Werra- Meißner	Eichsfeld	Oberallgäu	Oberallgäu	Markt- oberdorf	Markt- oberdorf
Lage über NN	6-10	24	-1	11	180	218-250	250	195	275	970	960	850	900
Betriebsgröße (ha)	120	250	96	115	70	280	530	15	1200	40	50	21	70
Grünland (ha)	40	170	96	55	2	40	150	7,5	300	40	50	21	66
Acker (ha)	65	80	0	60	68	240	380	7,5	900				
Bewirt- schaftung	Demeter	Bioland	Konven- tionell	Konven- tionell	Demeter	Bioland, Natur- land	Demeter	konven- tionell	konven- tionell	Bioland	Bioland	konven- tionell	konven- tionell
GV/ha	0,8	1,1	1,87	1,8	0,9	0,6	0,8	1,5	1,7	0,9	1,6	2	1,8
belieferter Molkerei	nein	Trittau/ Ham- felder Hof	Breiten- burger Milch- zentrale (BMZ)	Breiten- burger Milch- zentrale (BMZ)	nein	Upländer	Harz- molk. Wernige- rode	Humana/ Evers- winkel	Nord- milch	Allgäu- land	Allgäu- land	Steg- mann/Altus- ried	Milch- werke Hawangen
Anzahl Milchkühe	40	120	90	110	19	85	122	7	1.400	19 von 22 z.Z. gemolken	35 von 41 werden z.Z. gemolken	19	75
Rasse	Rotbunt- DN	HF, Rotbunte	Rotbunt- DN	HF, Rotbunte	Braun-, Fleck- vieh	DSN	SMRxxH F und Fleckvie h	Rotbunt	HF	Braunvieh	Braunvieh	Fleckvieh/ Braun- vieh	Braunvieh
Milchleistung	5.600	8.000	6.800	8.800	5.200	5.800	5.400	7.000	8.800	5.970	7.432	5.200	8.700
Fett	3,38	4,53	4,23	4,41	4,75	4,12	4,1	4,5	4,2	4,3	4,16	4,1	4,1
Eiweiß	3,3-3,4	3,33	3,42	3,39	3,86	3,35	3,3	3,8	3,4	3,5	3,65	3,3	3,5

Fragebogen

Frage 1: Betriebsdaten:

Name, Anschrift:

Telefon:

E-mail:

Landkreis: _____ Lage über Normalnull: _____ m

Betriebsgröße: _____ ha, davon Grünland: _____ ha, Acker: _____ ha

Bewirtschaftung: Konventionell Ökologisch GV pro ha: _____

Belieferte Molkerei: _____ oder Direktvermarktung

Frage 2: Tierbestand und Haltungsform:

Anzahl Milchkühe: _____ Rasse: _____

Stall: Laufstall Anbindestall sonstige:

Weidegang im Sommer? ja nein falls ja, wie lange:

Milchleistung (Stalldurchschnitt): _____ kg Fett: _____ Eiweiß: _____

Frage 3: Futtermischung für Milchkühe:

Bitte listen sie in der Tabelle auf Seite 2 sämtliche Komponenten der derzeit gefütterten Ration mit Mengenangaben auf.

Falls Ihre Tiere im Sommer Weidegang hatten:

Seit wann füttern Sie wieder die genannte Ration? _____

Benutzen Sie einen Futtermischwagen mit Wägeinrichtung oder sind die Anteile in der Ration geschätzt?

Futtermischwagen geschätzt

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit genommen haben diesen Fragebogen zu beantworten.

Fragebogen Rückseite

Zu Frage 3: Futtermation:

Grundfutterkomponenten	Anteil an Ration in kg (FM)	TS in %
Maissilage (bitte Feuchtegehalt angeben: _____)		
Grassilage (bitte Feuchtegehalt angeben: _____)		
Leguminosensilage (bitte Feuchtegehalt angeben: _____) Welche Pflanzen?:		
Heu von intensiv genutzten Grünland		
Heu von extensiv genutztem Grünland		
Kraftfutter: Zusammensetzung:		
Rapskuchen oder ähnliche ölhaltige Erzeugnisse		

Danksagung

Das Werk vieler Monate und unzählbarer Stunden ist nun tatsächlich vollbracht!

Ich möchte mich bei allen Menschen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben! Ohne Euch hätte diese Arbeit nicht entstehen können!

Ich danke Greenpeace für die Finanzierung des Unterfangens. Danke an Martin Hofstetter für die Überlassung des Themas und die gute Betreuung. Ein ganz besonderes Dankeschön an die Betriebsleiter/innen – für ihr Interesse an dem Thema und die unkomplizierte Probennahme und Datenerhebung.

Herzlichen Dank an Daniel Weiß und Hermine Kienberger für die Hilfe bei den Untersuchungen der Proben.

Tausend Dank an Alex, Manuela und Suse für das unermüdliche Korrekturlesen. Danke an Thomas für seine Geduld einem mathematisch wenig begabten Menschen den Umgang mit SPSS zu erklären...

Der größte Dank gebührt Zora, dem treuesten, verständnisvollsten, freudigsten und liebevollsten Wesen aller Zeiten (grins)!

Herzlichen Dank an alle, die mich und mein Jammern, vor allem in den letzten Tagen vor Fertigstellung der Arbeit, ertragen und mir Mut zugesprochen haben!



Hiermit erkläre ich, dass ich vorliegende Diplomarbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und unter Benutzung der angegebenen Literatur angefertigt habe.

Witzenhausen, den 14.12.2006