

Diplomarbeit

Gehalt an konjugierten Linolsäuren (CLA) in österreichischer Trinkmilch unterschiedlicher Provenienz

**zur Erlangung des akademischen Grades
Magistra rer. nat.
an der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Wien**

eingereicht von

Marianne SCHREIBER

**ausgeführt an der
Bundesanstalt für alpenländische Milchwirtschaft
Rotholz/Tirol**

**unter der Betreuung von
Herrn Univ.-Prof. DI DDr.hc Helmut Foissy**

Im August 2002

An dieser Stelle möchte ich folgenden Personen meinen besonderen Dank aussprechen:

- ◆ Herrn Univ.-Prof. DDr. Helmut Foissy für die hervorragende Betreuung, sowie die rasche Korrektur der Diplomarbeit,
- ◆ Herrn Univ.-Prof. Dr. Ibrahim Elmadfa für die breite Ausbildung während des Studiums,
- ◆ Herrn Dr. Klaus Dillinger, sowie Herrn DI Dr. Wolfgang Ginzinger, Herrn Dr. Eduard Tschager, Herrn Hans Walser, und allen weiteren Mitarbeitern der Abteilung Chemie an der Bundesanstalt für alpenländische Milchwirtschaft in Rotholz, für die Unterstützung bei der praktischen Durchführung der Arbeit,
- ◆ Meinen Eltern für die finanzielle Unterstützung,
- ◆ Meinem Freund Otmar

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
2	LITERATURÜBERSICHT	3
2.1	STRUKTUR UND CHEMISCH-PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN VON CLA	3
2.2	ENTSTEHUNGSWEGE VON CLA	5
2.2.1	<i>Mikrobielle Synthese im Pansen</i>	5
2.2.2	<i>Biosynthese im Säugetierorganismus</i>	7
2.2.3	<i>Autoxidation/Oxidation von Linolsäure zu CLA</i>	9
2.3	CLA IN MILCH	10
2.3.1	<i>Synthese der Milchfettsäuren</i>	10
2.3.2	<i>Herkunft der CLA in der Milch</i>	11
2.4	EINFLUSSFAKTOREN AUF DEN CLA-GEHALT IN MILCH UND MILCHPRODUKTEN	13
2.4.1	<i>Fütterungs- und Haltungsbedingungen der Milchtiere</i>	13
2.4.2	<i>Weitere Milchtierrelevante Einflüsse</i>	19
2.4.3	<i>Technologische Einflüsse im Zuge der Milchverarbeitung</i>	20
2.5	CLA IN DER MENSCHLICHEN ERNÄHRUNG	23
2.5.1	<i>Natürliche Nahrungsquellen</i>	23
2.5.2	<i>CLA-Aufnahme</i>	25
2.6	PHYSIOLOGISCHE WIRKSAMKEIT	26
2.6.1	<i>Mögliche biochemische Grundlagen für die Wirksamkeit der CLA</i>	26
2.6.2	<i>Antikanzerogenität</i>	28
2.6.3	<i>Antiatherogenität</i>	29
2.6.4	<i>Beeinflussung des Körperfettanteils</i>	31
2.6.5	<i>Immunmodulierende Wirkung</i>	31
2.6.6	<i>Antidiabetogene Wirkung</i>	32

3	MATERIAL UND METHODEN	33
3.1	MATERIAL	33
3.1.1	<i>Daten zum jahreszeitlichen Verlauf des CLA-Gehaltes in Trinkmilch</i>	33
3.1.2	<i>Daten zum Querschnittsvergleich des CLA-Gehaltes in österreichischer Trinkmilch</i>	34
3.2	METHODEN	35
3.2.1	<i>Übersicht</i>	35
3.2.2	<i>Bestimmung des Fettgehaltes in Milch</i>	36
3.2.3	<i>Extraktion des Milchfettes</i>	37
3.2.4	<i>Methylierung der Fettsäureglycerinester</i>	39
3.2.5	<i>Gaschromatographische Bestimmung der Fettsäuren</i>	40
3.2.6	<i>Statistik</i>	47
4	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	48
4.1	CLA-GEHALT IN ÖSTERREICHISCHER TRINKMILCH	48
4.2	CLA-VARIANTEN IN ÖSTERREICHISCHER TRINKMILCH	52
4.2.1	<i>CLA-Isomerenverteilung</i>	52
4.2.2	<i>Korrelationen mit anderen Fettsäuren</i>	52
4.3	CLA-GEHALT IM JAHRESZEITLICHEN VERLAUF	55
4.4	GEOGRAPHISCHE ABHÄNGIGKEIT DES CLA-GEHALTES IN TRINKMILCH	65
4.5	CLA-AUFNAHME AUS DER TRINKMILCH	68
5	SCHLUSSBETRACHTUNG	70
6	ZUSAMMENFASSUNG	73
7	SUMMARY	74
8	LITERATURVERZEICHNIS	75
9	ANHANG	80

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Methylen-isolierte (a) versus konjugierte Doppelbindung (b).	3
Abbildung 2: Struktur der quantitativ und/oder physiologisch bedeutendsten CLA-Isomere im Milchfett.	4
Abbildung 3: Bildung von CLA als Zwischenprodukt im Zuge der Biohydrierung von Linolsäure zu Stearinsäure im Pansen von Wiederkäuern.	6
Abbildung 4: Desaturierung der Stearin- und trans-Vaccensäure durch die Δ^9 - Desaturase.	7
Abbildung 5: Radikalische Bildung von konjugierten Dienen (nach Fritsche und Steinhart, 1998).	9
Abbildung 6: Herkunft der Fettsäuren in Wiederkäuermilch.	11
Abbildung 7: Die Herkunft der CLA in der Milch.	12
Abbildung 8: Kompetitive Hemmung der Δ^6 -Desaturase und Cyclooxygenase durch c9t11-CLA.	27
Abbildung 9: Verhältnis LDL/HDL-Cholesterol bei Kaninchen, mit bzw. ohne CLA-Supplementation im Verlauf von 22 Wochen (nach LEE et al., 1994).	30
Abbildung 10: Übersicht über die Arbeitsschritte zur CLA-Analyse in Trinkmilch.	35
Abbildung 11: Ausschnitt eines GC-Chromatogramms von Fettsäuremethylester im Bereich der CLA-Isomere.	43
Abbildung 12: Abhängigkeit des Gehaltes an Rumensäure in Milchfett von der durchschnittlichen Höhenlage des jeweiligen Probenahmegebietes.	50
Abbildung 13: Anteil der einzelnen CLA-Isomere am Gesamt-CLA-Gehalt der österreichischen Trinkmilch.	52
Abbildung 14: Korrelation zwischen Rumensäure und trans-Vaccensäure (inkl. t10-C18:1) in der Milch.	53
Abbildung 15: Gehalt an Rumensäure in Milch von Betrieb 1 während der verschiedenen Haltungs- und Fütterungsperioden.	55
Abbildung 16: Jahreszeitlicher Verlauf der CLA-Isomere in Milch, von Mai bis Dezember, im Betrieb 1.	56

Abbildung 17: Gehalt an Rumensäure in Milch von Betrieb 2 während der verschiedenen Haltungs- und Fütterungsperioden.	58
Abbildung 18: Jahreszeitlicher Verlauf der CLA-Isomere in Milch, von Mai bis Dezember 2001, im Betrieb 2.	59
Abbildung 19: Gehalt an Rumensäure in Milch von Betrieb 3 während der verschiedenen Haltungs- und Fütterungsperioden.	60
Abbildung 20: Jahreszeitlicher Verlauf der CLA-Isomere in Milch, von Mai bis Dezember 2001, im Betrieb 3.	61
Abbildung 21: Vergleich des Gehalts an Rumensäure im Sommer und Winter in 17 verschiedenen Milchproben aus allen österreichischen Bundesländern.	66

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Einfluss einzelner Futtermittel auf den CLA-Gehalt in Milch.	16
Tabelle 2: CLA-Gehalte in verschiedenen Lebensmitteln unterschiedlicher Herkunft.	24
Tabelle 3: CLA-Aufnahme über die Nahrung in verschiedenen Ländern.	25
Tabelle 4: Beschreibung der Milchproben für die Erhebung des jahreszeitlichen Verlaufes des CLA-Gehaltes.	33
Tabelle 5: Daten zu den Probenahmegebieten für den Querschnittsvergleich des CLA-Gehaltes in österreichischer Trinkmilch.	34
Tabelle 6: Liste der Fettsäuren, die mittels Standards (Fettsäuremethylester) oder Literaturvergleich identifiziert wurden.	42
Tabelle 7: Berechnung der Korrekturfaktoren nach IDF STANDARD 184:1999.	44
Tabelle 8: Wiederholbarkeit und Methodengenauigkeit im zeitlichen Verlauf (19 Wochen, n = 10).	46
Tabelle 9: Korrelationsfaktoren zwischen Palmitin-, Stearin-, trans-Vaccen- (inkl. t10-C18:1), Ölsäure, den CLA-Isomeren und der konjugierten Eicosadiensäure.	53
Tabelle 10: Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der Rumensäure (c9t11-CLA) in g/100 g Fett während einzelner Fütterungsperioden (Betrieb 1).	55
Tabelle 11: Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der Rumensäure (c9t11-CLA) in g/100 g Fett während einzelner Fütterungsperioden (Betrieb 2).	57
Tabelle 12: Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der Rumensäure (c9t11-CLA) in g/100 g Fett während einzelner Fütterungsperioden (Betrieb 3).	60
Tabelle 13: Korrelationsfaktoren zwischen Ölsäure, trans-Vaccensäure (inkl. t10-C18:1) und Rumensäure(c9t11-CLA) in Milch von Betrieb 3, von Mai bis Mitte Juni 2001.	62
Tabelle 14: Korrelationsfaktoren zwischen Ölsäure, trans-Vaccensäure (inkl. t10-C18:1) und Rumensäure (c9t11-CLA) in Milch von Betrieb 3, von Ende Juni bis Mitte August 2001.	62
Tabelle 15: Gehalte an Rumensäure in Milchproben des Österreich- Querschnittsvergleiches (Sommer und Winter).	65

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Ag ⁺ -HPLC	Silberionen-Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
C	Kohlenstoff
CE	Cholesterylester
CLA	Conjugated linoleic acid (konjugierte Linolsäure)
DMBA	7,12-Dimethylbenz[a]anthracen
GC	Gaschromatograph
FS	Fettsäure(n)
FID	Flammenionisationsdetektor
FSME	Fettsäuremethylester
HDL	High-Density-Lipoprotein
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
LDL	Low-Density-Lipoprotein
MG	Molekulargewicht
PG	Prostaglandine
PGE ₂	Prostaglandin E ₂
PL	Phospholipide
TG	Triglyceride
UF	Ultrafiltration

1 Einleitung und Fragestellung

Seit mehr als 10 Jahren haben konjugierte Linolsäuren aufgrund ihrer möglichen positiven physiologischen Wirksamkeit großes Interesse in der Ernährungsforschung geweckt. In zahlreichen tierexperimentellen Studien und Untersuchungen an Zellkulturen konnten antikanzerogene, antiatherosklerotische, immunmodulierende, anabole und antidiabetogene Wirkungen belegt werden.

Der Begriff „konjugierte Linolsäuren“ (im Englischen: „Conjugated Linoleic Acid“, kurz: CLA) bezieht sich streng genommen auf eine Klasse von Konfigurations- und Positionsisomeren der Linolsäure mit einem konjugierten Doppelbindungssystem. Die höchsten natürlichen Gehalte an CLA finden sich im Fett von Wiederkäuern, wobei Milch und Milchprodukte die bedeutendste CLA-Quelle in der menschlichen Ernährung darstellen.

Aus dem Österreichischen Ernährungsbericht [INSTITUT FÜR ERNÄHRUNGSWISSENSCHAFTEN, 1998] geht hervor, dass Milch und Milchprodukte nicht in der von Ernährungswissenschaftlern gewünschten Menge konsumiert werden. Die Empfehlungen lauten daher einerseits zu mehr Milch und Milchprodukten zu greifen, um den Bedarf an Vitaminen und Mineralstoffen zu decken, andererseits aber fettarmen Produkten den Vorzug zu geben, da Milchfett als tierisches Fett einen relativ hohen Gehalt an Cholesterin, gesättigten Fettsäuren und auch trans-Fettsäuren aufweist.

Um dennoch eine möglichst hohe CLA-Aufnahme aus natürlichen Lebensmitteln zu erreichen ohne gleichzeitig den Fettanteil zu erhöhen, richtet sich das Augenmerk auf Faktoren, die das mengenmäßige Vorkommen von CLA in Lebensmitteln beeinflussen. Aus der Literatur ist bekannt, dass der CLA-Gehalt der Kuhmilch in geographischen Zonen mit zweisaisonalen Haltung und Fütterung, wie sie in Österreich üblich ist, großen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen kann.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Gehalt an konjugierten Linolsäure-Isomere in österreichischer Trinkmilch mittels gaschromatographischer Analyse zu bestimmen. Dabei sollte

- der jahreszeitliche Verlauf des CLA-Gehaltes in Trinkmilch aus Berggebieten, zum Teil mit traditioneller Almhaltung, untersucht werden, wo aufgrund der saisonal variierenden Haltungs- und Fütterungsbedingungen besonders starke Schwankungen zu erwarten waren, sowie
- ein Querschnittsvergleich der CLA-Gehalte in Trinkmilch aus allen österreichischen Bundesländern im Sommer und Winter angestellt werden, wodurch der Einfluss der geographischen Heterogenität Österreichs Berücksichtigung fand.

Aus den erhobenen Daten kann letztlich der Beitrag der Milch zur CLA-Aufnahme in der Ernährung der Österreicher ermittelt werden.

2 Literaturübersicht

2.1 Struktur und chemisch-physikalische Eigenschaften von CLA

Der Sammelbegriff „konjugierte Linolsäuren“ (CLA) bezieht sich auf eine Gruppe von Isomere der Linolsäure (c9c12-C18:2), deren Doppelbindungen nicht methylgetrennt, sondern zueinander konjugiert¹ vorliegen (Abb. 1).



Abbildung 1: Methylen-isolierte (a) versus konjugierte Doppelbindung (b).

Theoretisch kann eine Vielzahl verschiedener CLA-Isomere vorkommen, die sich durch Position und/oder Konfiguration der Doppelbindungen unterscheiden. So können die Doppelbindungen an den C-Atomen 7/9, 8/10, 9/11, 10/12, 11/13, 12/14 usw. auftreten und jeweils in cis/cis-, cis/trans-, trans/cis- oder trans/trans-Konfiguration² vorliegen (Abb. 2).

Im Wiederkäuerfett konnten außerdem konjugierte Fettsäuren mit einer Kettenlänge von mehr als 18 C-Atomen und/oder mehr als 2 Doppelbindungen festgestellt werden [CHRISTIE, 1973].

¹ 2 Doppelbindungen liegen als konjugiertes System vor, wenn sie nur durch eine Einfachbindung voneinander getrennt sind.

² Da die cis-trans-Isomerie nicht allein auf C=C-Doppelbindungen beschränkt ist, wurde von der IUPAC die Z-E-Isomerie eingeführt, eine andere generelle Kennzeichnung, die nicht immer mit dem cis-trans-Namen identisch sein muss [BEYER und WALTER, 1991]. Im englischen Sprachraum hat sich für Fettsäuren die Z-E-Isomerie durchgesetzt, im deutschen Sprachraum hingegen ist die Kennzeichnung als cis-trans-Isomere üblich.

Von Peter W. Parodi wurde die mittlerweile allgemein anerkannte Bezeichnung „Rumensäure“ für das quantitativ bedeutendste CLA-Isomere der Milch, c9t11-C18:2, vorgeschlagen [KRAMER et al., 1998].

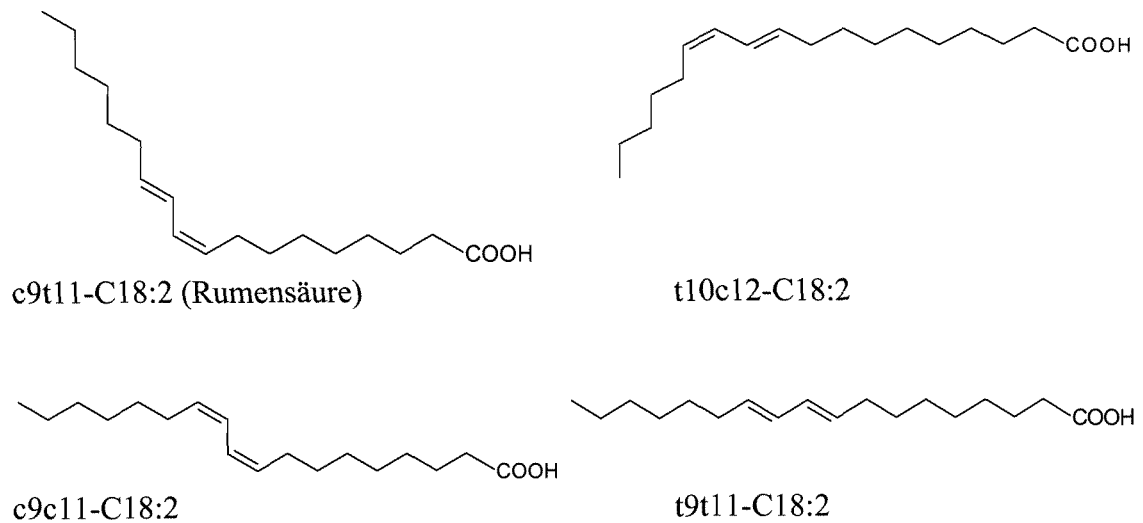


Abbildung 2: Struktur der quantitativ und/oder physiologisch bedeutendsten CLA-Isomere im Milchfett.

CLA wurden erstmals 1933 von BOOTH et al. im Milchfett festgestellt, damals aber noch nicht als solche erkannt. Die Autoren berichteten von einem „neuen variablen Faktor in Butterfett“, der ein charakteristisches Absorptionsmaximum bei 230 nm zeigte und in verstärktem Maße im Sommer, während der Weidehaltung, im Butterfett feststellbar war.

Die Eigenschaft von CLA, UV-Strahlen bei 230-235 nm zu absorbieren, wird inzwischen im Zuge der Identifikation mittels Silberionen-Hochdruckflüssigkeitschromatographie (Ag^+ -HPLC) mit UV-Detektion genutzt.

CLA mit mindestens einer cis-Doppelbindung sind bei Raumtemperatur instabil und unterliegen, zum Beispiel durch Lichteinwirkung, sehr rasch einer Isomerisierung zur all-trans-Form [PARODI, 1994].

2.2 Entstehungswege von CLA

2.2.1 Mikrobielle Synthese im Pansen

CLA in Milch und Milchprodukten können über mehrere Wege entstehen. Einer davon ist die bakterielle Biohydrierung von ungesättigten zu gesättigten Fettsäuren im Pansen von Wiederkäuern. CLA entstehen dabei als Zwischenprodukt der unvollständigen Biohydrierung.

Lange Zeit richtete sich das Augenmerk fast ausschließlich auf das anaerobe Pansenbakterium *Butyrivibrio fibrisolvens*, das Linolsäure aus dem Futter, über die Rumensäure als Zwischenprodukt, bis zur trans-Vaccensäure (t11-C18:1)³ hydrieren kann [KEPLER et al., 1966]. Inzwischen ist bekannt, dass neben *Butyrivibrio fibrisolvens* noch eine Reihe weiterer Pansenbakterien dazu befähigt sind [zitiert nach BAUMAN et al., 1999]. KEMP und LANDER (1984) unterteilten die Pansenbakterien in 2 Gruppen: Gruppe-A-Bakterien hydrieren die Linolsäure bis zur trans-Vaccensäure, Gruppe-B-Bakterien verwenden die trans-Vaccensäure als Substrat für den weiteren Hydrierungsschritt zur Stearinsäure (C18:O) (Abb. 3).

Bevor die ungesättigten Fettsäuren hydriert werden können, müssen sie durch mikrobielle Lipasen vom Glycerinrest abgespaltet werden [DAWSON et al., 1977]. Die cis12-Doppelbindung von Fettsäuren mit einem c9c12-Doppelbindungssystem unterliegt anschließend einer Isomerisierung zur trans11-Doppelbindung. Aus Linolsäure entsteht dabei bereits die konjugierte Linolsäure. Die Reaktion wird durch das bakterielle Membranenzym, die Linoleat-Isomerase (EC 5.2.1.5), auch c12t11-Isomerase genannt, katalysiert.

³ Die trans-Vaccensäure (t11-C18:1) ist die quantitative bedeutendste trans-Fettsäure des Milchfettes. In hydrierten Fetten, wie der Margarine, dominiert hingegen das trans9-Isomere. Auch zeigt sich bei den trans-Isomeren der Linolsäure ein unterschiedliches Verteilungsmuster zwischen dem Milchfett und der Margarine [PRECHT und MOLKENTIN, 1999].

Im Zuge der weiteren Biohydrierung wird die c9-Doppelbindung der gebildeten Rumensäure reduziert, und es entsteht daraus die trans-Vaccensäure. Diese Reaktion verläuft sehr rasch. Die Hydrierung der trans-Vaccensäure zur gesättigten Stearinsäure hingegen verläuft langsam, wodurch sich der verhältnismäßig hohe Gehalt der trans-Vaccensäure in Milch und Fleisch von Wiederkäuern erklären lässt [KEPLER et al, 1966; BAUMAN et al., 1999].

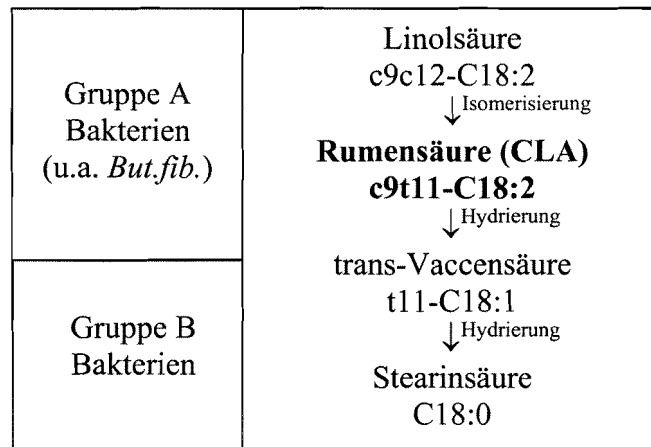


Abbildung 3: Bildung von CLA als Zwischenprodukt im Zuge der Biohydrierung von Linolsäure zu Stearinsäure im Pansen von Wiederkäuern.

Wird die Biohydrierung der Linolsäure durch die c9t10-Isomerase katalysiert, entsteht das t10c12-Isomer als Zwischenprodukt. Durch die anschließende Hydrierung der c12-Doppelbindung wird t10-C18:1 anstatt der trans-Vaccensäure gebildet.

Sowohl α - als auch γ -Linolensäure (C18:3) sind Substrate der Linoleat-Isomerase. α -Linolensäure (c9c12c15-C18:3) wird dabei zur konjugierten c9t11c15-C18:3 isomerisiert. Nach Reduktion der Doppelbindungen entsteht auch daraus die trans-Vaccensäure [GRIINARI und BAUMAN, 1999].

Die Isomerisierung und Biohydrierung von α -Linolensäure kann aber auch zur Bildung weiterer CLA-Isomere (z.B. c12t14-CLA) führen [SEHAT et al].

2.2.2 Biosynthese im Säugetierorganismus

Der CLA-Syntheseweg über das Pansenbakterium *Butyrivibrio fibrisolvens* ist der bekannteste aber nicht der einzige Weg. Mittlerweile weiß man, dass CLA zum größeren Teil über den Weg der sogenannten „endogenen Synthese“ in den verschiedensten Körpergeweben gebildet werden kann.

Hinweise darauf lieferten bereits die Arbeiten von POLLARD et al. (1980), die vorschlugen, dass die trans-Vaccensäure des Milchfettes durch die mikrosomale Δ^9 -Desaturase (EC 1.14.99.5) zur Rumensäure desaturiert werden könne.

Die Δ^9 -Desaturase ist ein Multi-Enzymkomplex, der die Einführung einer cis-Doppelbindung zwischen den Kohlenstoffatomen 9 und 10 in der Fettsäurekette katalysiert. Hauptsubstrate dieser Reaktion sind eigentlich Stearin- (C18:0) und Palmitinsäure (C16:0), die zu Öl- (c9-C18:1) und Palmitoleinsäure (c9-C16:1) desaturiert werden (Abb. 4). Unter den C18:1-Verbindungen unterliegt vorzugsweise das trans-11-Isomer dieser Reaktion [POLLARD et al., 1980].

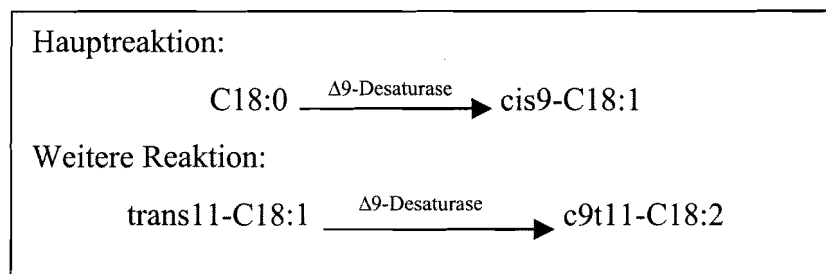


Abbildung 4: Desaturierung der Stearin- und trans-Vaccensäure durch die Δ^9 -Desaturase.

Die Δ^9 -Desaturase zeigt ein speziesabhängiges Verteilungsmuster im Körpergewebe. Während bei Nagern die höchste Enzymaktivität in der Leber festgestellt wurde, scheint sie bei wachsenden Wiederkäuern im Fettgewebe, und bei laktierenden Kühen im Milchdrüsengewebe am höchsten zu sein [zitiert nach BAUMAN et al., 1999].

➤ Endogene CLA-Synthese im Milchdrüsengewebe von Wiederkäuern

CORL et al. (1998, 1999) führten Studien durch, um die endogene CLA-Synthese im Milchdrüsengewebe von laktierenden Kühen zu untersuchen. Eine Infusion von trans-Vaccensäure in den Labmagen führte zu einem deutlich erhöhten CLA-Gehalt der Milch nach 3 Tagen. Wurde jedoch Sterkulsäure⁴, ein spezifischer Inhibitor der Δ^9 -Desaturase infundiert, nahm der Milch-CLA-Gehalt um 40 % ab.

Ein erhöhtes Angebot an trans-Vaccensäure führt sogar zu einer erhöhten Milchdrüsen-Desaturase-Aktivität [JAYAN und HERBEIN, 2000].

➤ Die endogene CLA-Synthese im Fettgewebe von Nicht-Wiederkäuern

PALMQUIST und SANTORA (1999) führten eine Studie am Mausmodell durch. Sie stellten fest, dass sowohl trans-Vaccensäure aus dem Futter, als auch endogen gespeicherte trans-Vaccensäure zu CLA umgewandelt werden können. Die Autoren halten weiters fest, dass die trans-Vaccensäure, im Gegensatz zur Elaidinsäure, in Phospholipide eingebaut wurde.

Der relativ hohe Gehalt der trans-Vaccensäure in der Milch, besonders während der Sommermonate, war und ist ein Grund für eine eher kritische Beurteilung des Milchfettes. Es wird betont, dass der Gehalt an CLA in Relation zum Gehalt an trans-Fettsäuren gesehen werden sollte [PRECHT und MOLKENTIN, 1999].

Aus den gewonnenen Erkenntnissen darf vermutet werden, dass die trans-Vaccensäure eventuell auch im humanen Körpergewebe zu CLA metabolisiert werden kann. Damit würden dem menschlichen Körper wesentlich höhere Mengen an CLA für eine physiologische Wirkung zur Verfügung stehen, als bisher angenommen wurde.

⁴ Fettsäure aus 19 Kohlenstoffatomen mit einem Cyclopropenring zwischen den Kohlenstoffatomen 9 und 10, die aus dem Samen von *Sterculia foetida* isolierbar ist.

2.2.3 Autoxidation/Oxidation von Linolsäure zu CLA

Ausserhalb des Säugetierorganismus können CLA durch die Autoxidation von Linolsäure, verursacht durch freie Radikale, gebildet werden (Abb. 5) [FRITSCHKE und STEINHART, 1998].

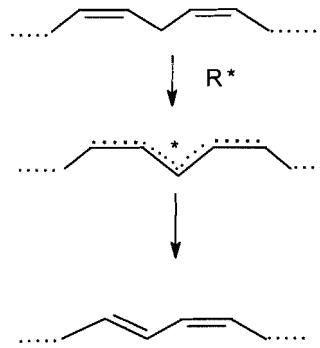


Abbildung 5: Radikalische Bildung von konjugierten Dienen (nach Fritsche und Steinhart, 1998).

Oxidationsvorgänge im Zuge der technologischen Verarbeitung von Milch zu Milchprodukten, die über die Bildung radikalischer Linolsäure laufen, scheinen bei der CLA-Synthese ebenso eine Rolle zu spielen. Positiv beeinflussende Faktoren dabei sind eine Temperaturerhöhung bei gleichzeitiger Anwesenheit von Sauerstoff und Wasserstoff-Donatoren. Wasserstoff-Donatoren beeinflussen die CLA-Synthese vermutlich insofern, als ihre Anwesenheit zur Bildung von konjugierten Dienen führen, während ohne sie Lipid-Peroxide entstehen würden. Als Wasserstoff-Donatoren können beispielsweise Molkenproteine fungieren, in erster Linie die niedermolekularen Fraktionen. Aufgrund ihrer Fähigkeit Wasserstoff-Ionen abzugeben, wirken sie antioxidativ gegenüber freien Radikalen [SHANTHA et al., 1992].

2.3 CLA in Milch

2.3.1 Synthese der Milchfettsäuren

Um die Herkunft der CLA in der Milch klären zu können, muss der allgemeine Syntheseweg der Milchfettsäuren bekannt sein.

Bei Nicht-Wiederkäuern ist die Blutglukose Ausgangssubstanz für die Milchfettsäuresynthese. Wiederkäuer hingegen haben einen vergleichsweise niedrigen Blutglukosegehalt. Er ist auch Basis für die Laktose-Synthese. Die wichtigsten Vorstufen der Fettsäuresynthese sind Acetat und β -Hydroxybutyrat, die im Pansen durch die Pansenbakterien gebildet werden und über den Blutweg ins Milchdrüsengewebe gelangen (Abb. 6).

Aus Acetat wird Acetyl-CoA gebildet, das die Vorstufe für die Fettsäuresynthese darstellt und weiter zum Malonyl-CoA carboxyliert wird. Das Malonyl-CoA wiederum unterliegt einer sukzessiven Anlagerung von C_2 -Einheiten. Der molekulare Synthesemechanismus erfolgt an einem Multi-Enzymkomplex, der aus mindestens 4 Enzymen besteht. Das zentrale Molekül dieses Komplexes bildet das Acyl-Carrier-Protein. Die Thiocyclase im Milchdrüsengewebe kann das Fettsäuremolekül bei jeder beliebigen Kettenlänge zwischen 4 und 16, spätestens jedoch bei 16 Kohlenstoffatomen, vom Acyl-Carrier-Protein abtrennen.

β -Hydroxybutyrat wird zum Teil bereits zu Butyrat reduziert und direkt in das Milchfett eingebaut. Der übrige Teil wird über einen anderen Weg, als über das Malonyl-CoA in den Fettsäuresynthese-Zyklus eingeschleust. Die kurz- und mittelkettigen Milchfettsäuren stammen vermutlich zur Gänze aus diesem Syntheseweg. Die C18-Fettsäuren dagegen kommen zu 100% aus dem Pansen, über den Blutweg, zur Milchdrüse. Die Palmitinsäure (C16:0) des Milchfettes stammt zum Teil aus der de novo Synthese im Milchdrüsengewebe, zum anderen Teil aus dem Futter. Ausgehend von den C16- und C18-Fettsäuren aus dem Futter, werden im Milchdrüsengewebe

durch Desaturierung und/oder Elongation eine Vielzahl längerkettige und/oder höher ungesättigte Fettsäuren synthetisiert (Abb. 6).

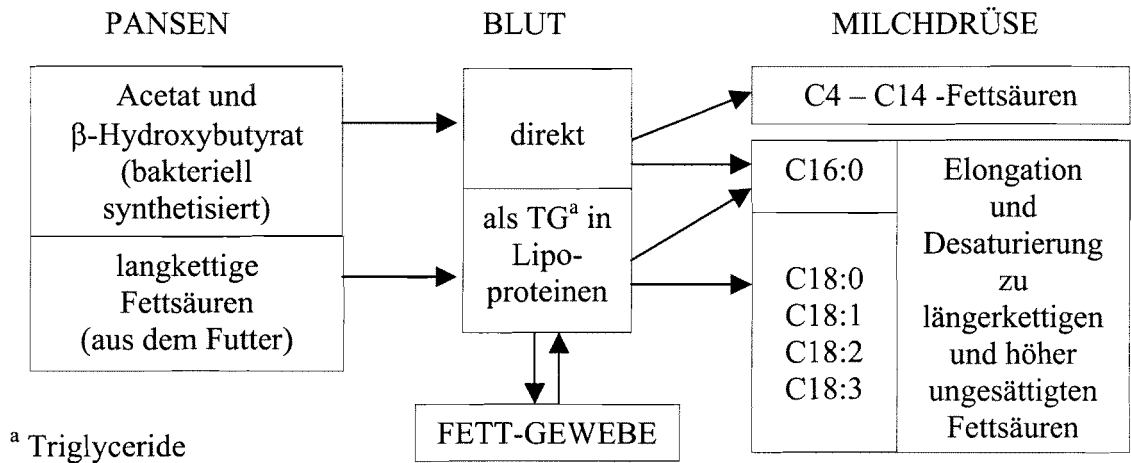


Abbildung 6: Herkunft der Fettsäuren in Wiederkäuermilch.

Etwa die Hälfte der Milchfettsäuren stammt aus dem Futter oder anderen Organen und wird über den Blutweg zur Milchdrüse transportiert. Linolsäure und Linolensäure können nicht in den Milchdrüsen synthetisiert werden und müssen daher zur Gänze aus dem Futter stammen [FOX und McSWEENEY, 1998].

2.3.2 Herkunft der CLA in der Milch

Fettsäuren mit konjugierten Doppelbindungssystemen sind keine Bestandteile des Futters.

Wie bereits aus dem Kapitel 2.2 hervorgeht, stammen CLA in der Milch, wie auch im Fleisch, aus 2 Quellen:

1. Aus der Biohydrierung von Linolsäure aus dem Futter durch Pansenbakterien.
2. Aus der endogenen Biosynthese im Gewebe, ausgehend von der trans-Vaccensäure, die selbst ein Zwischenprodukt der Biohydrierung von Linolsäure darstellt.

CLA, die bereits im Pansen entstehen und der weiteren Biohydrierung entkommen, gelangen vermutlich zusammen mit den übrigen langkettigen Fettsäuren über den

Lymph- und Blutweg in verschiedenste Körpergewebe, unter anderem ins Milchdrüsengewebe (Abb. 7).

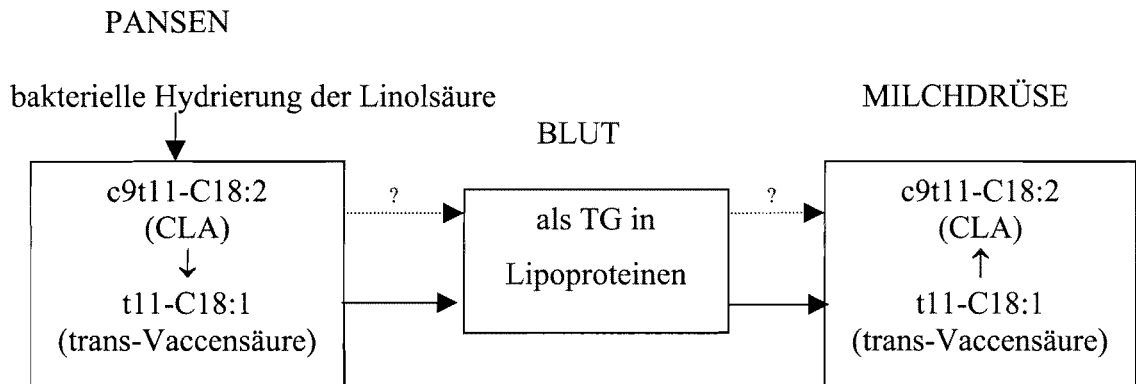


Abbildung 7: Die Herkunft der CLA in der Milch.

Aus der Arbeit von CORL et al. (1999) geht bereits hervor, dass ein großer Teil der CLA in der Milch aus der Desaturierung der trans-Vaccensäure durch die Δ^9 -Desaturase stammen muss.

GRINARI et al. (2000) geben an, dass bis über 60% der Milch-CLA im Milchdrüsengewebe aus trans-Vaccensäure synthetisiert werden können.

Der CLA-Gehalt der Milch hängt demnach sowohl von der bakteriellen CLA- und trans-Vaccensäure-Synthese im Rumen, als auch von der Aktivität der Δ^9 -Desaturase im Milchdrüsengewebe ab. Vermutlich sind die bakterielle und die endogene CLA-Biosynthese in zirka gleichem Maße für den CLA-Gehalt der Milch verantwortlich.

Bezüglich der Verteilung der CLA in den Triglycerid-Molekülen scheinen keine Präferenzen gegeben zu sein. CLA finden sich in den verschiedensten Variationen mit anderen Fettsäuren an Glycerin gebunden [ROBINSON und MacGIBBON, 2000].

2.4 Einflussfaktoren auf den CLA-Gehalt in Milch und Milchprodukten

2.4.1 Fütterungs- und Haltungsbedingungen der Milchtiere

Der CLA-Gehalt der Milch kann in sehr großem Umfang variieren. Maßgeblichen Einfluß auf die Biosynthese der CLA und trans-Vaccensäure und damit auf den CLA-Gehalt der Milch haben die Art und Menge der Fütterung, indirekt auch die Haltungsbedingungen der Milchtiere.

Die Modifikation des Milch-CLA-Gehaltes kann über verschiedene Mechanismen stattfinden:

➤ Über die Futter-Fettsäuren:

Ein hoher Gehalt an polyungesättigten Fettsäuren, wie der Linol- und Linolensäure im Futter, sind Substrat und damit Voraussetzung für die bakterielle Synthese von CLA und auch der trans-Vaccensäure. Letztere wiederum kann endogen zu CLA metabolisiert werden (siehe Kapitel 2.2).

In frischem Grünfutter, aber auch in Leinsamenöl, überwiegen eben diese Fettsäuren. Im Fett von Ölsaaten dominieren die Linolsäure und die einfach ungesättigte Ölsäure [DHIMAN et al., 1999, CHOUINARD et al., 2001].

Liegen die Fettsäuren in freier Form, beispielsweise als Kalzium-Salze vor, sind sie für die Biohydrierung besser verfügbar, was in einem deutlich erhöhten CLA-Gehalt der Milch sichtbar wird [CHOUINARD et al., 2001].

➤ Über die Veränderung des Pansenmilieus:

Das Futter beeinflusst die Zusammensetzung der Pansenflora einerseits über die pH-Verhältnisse, andererseits dient es als Substrat für Pansenbakterien. Eine über das Futter veränderte Pansenflora (verstärktes Wachstum der Gruppe-A-Bakterien, gehemmtes Wachstum der Gruppe-B-Bakterien; siehe Kap.2.2.1) kann dazu beitragen, dass die Biohydrierung der ungesättigten C18-Fettsäuren bis zur trans-Vaccensäure in erhöhtem Maße abläuft, die weitere Hydrierung zur

Stearinsäure jedoch gehemmt wird, resultierend in einem höheren Gehalt an CLA und trans-Vaccensäure in der Milch.

Bezüglich Einfluss des Rohfasergehaltes des Futters auf das Pansenmilieu wird unterschiedliches berichtet. GRIINARI et al. (1998) beschreiben, dass ein höherer Fasergehalt in Verbindung mit einer erhöhten Zufuhr von mehrfach ungesättigten Fettsäuren Fermentationsbedingungen begünstigen, die für die bakterielle Synthese von Rumensäure und trans-Vaccensäure förderlich sei. Faserarmes Futter, angereichert mit mehrfach ungesättigten Fettsäuren hingegen, senke den pH und begünstige eine veränderte Pansenflora, was durch eine gesteigerte Aktivität der c9t10-Isomerase und damit vermehrten Bildung der t10c12-CLA festzustellen sei.

JIANG et al. (1996) hingegen berichteten, dass ein niedrigerer Fasergehalt den letzten Hydrierungsschritt zur Stearinsäure hemme und damit zu einem höheren Gehalt an CLA und trans-Vaccensäure der Milch führe.

Auch antibiotisch wirksame Ionophore⁵ als Futterzusätze entfalten ihre Wirksamkeit über die Veränderung der Pansenflora.

➤ Über die energetische Versorgung der laktierenden Kuh:

Neben der Art des Futters spielt auch die Menge eine Rolle. Durch eine mangelhafte energetische Versorgung werden in erster Linie Fettsäuren aus dem Körperfettgewebe für die Milchfettsynthese herangezogen. Ersichtlich wird dieser Zustand an einem hohen Gehalt an Palmitin-, Stearin- und Ölsäure und relativ niedrigen trans-Vaccensäure-Gehalt im MilCHFett. Der Grund dafür liegt darin, dass die Stearinsäure aus dem Körperfett durch die Δ^9 -Desaturase zur Ölsäure, nicht jedoch zur trans-Vaccensäure, desaturiert werden kann [PRECHT und MOLKENTIN, 1999].

JIANG et al. (1996) beschreiben, dass eine unzureichende Energiezufuhr höhere CLA-Gehalte in der Milch bewirkt, als eine ad-libitum-Versorgung⁶.

⁵ Ionophore sind Futterzusätze, die zur Leistungssteigerung bei Wiederkäuern Einsatz finden. Sie wirken vermindern auf die Biohydrierung der ungesättigten Fettsäuren, direkt durch Hemmung der gram-positiven Bakterien und indirekt durch verminderte Freisetzung an Wasserstoff-Ionen.

⁶ ad libitum (= frei nach Wahl) bedeutet, dass die Milchtiere unbegrenzten Zugang zum Futter haben.

Ein leichtes Energiedefizit, das vor allem durch Verfütterung von jungem Grünfütter an laktierende Kühe verursacht wird, führte zu einer Verdoppelung des c9t11-CLA-Gehaltes der Milch im Vergleich zur Winterfütterung. Dagegen führte ein starkes Energiedefizit der laktierenden Kühe zu einem Abfall des c9t11-CLA-Gehaltes auf das Niveau der Winterfütterung [PRECHT und MOLKENTIN, 1999].

Der Einfluss der einzelnen Futterarten:

Tab. 1 zeigt eine Zusammenfassung der Fütterungseinflüsse auf den CLA-Gehalt der Milch mit den jeweiligen zugrundeliegenden Mechanismen.

➤ Frisches Weidegras:

DHIMAN et al. (1999) konnten in Fütterungsstudien zeigen, dass der CLA-Gehalt der Milch linear mit dem Anteil an geweidetem Gras steigt. Ausschließliche Weidehaltung ohne weitere Zufütterung zeigte den höchsten CLA-Gehalt von allen Fütterungsgruppen. Im Vergleich zur Fütterung mit konserviertem Getreidefütter konnte sogar eine 500 %ige Steigerung festgestellt werden. In einer Studie von KELLY et al. (1998a) führte ausschließliche Weidehaltung ohne weitere Zufütterung zu einer Verdoppelung des CLA-Gehaltes im Vergleich zu einer gemischten Fütterung.

Älteres Weidegras (späterer Schnitt) führte zu einer 3fachen Steigerung des Milch-CLA-Gehaltes, junges Weidegras (erster Schnitt) hingegen zu einer Verdoppelung im Vergleich zum CLA-Gehalt der Milch während der Winterfütterung [PRECHT und MOLKENTIN, 1999].

Des weiteren spielt die Höhenlage, aufgrund einer veränderten Zusammensetzung der Flora eine gewisse Rolle für den CLA-Gehalt der Milch. Während auf einer Meereshöhe von ca. 600 m neben Gräsern vorwiegend Schmetterlingsblütler zu finden sind, wachsen ab einer Höhe von ca. 1700 m Gräser und Korbblütler, aber auch Rosen- und Wegerichgewächse. Der Rumensäure-Gehalt in Milch von Kühen, die auf einer Meereshöhe von 1270 – 2120 m weideten betragen bis 2.56 g/100 g Fett (durchschnittlich 2.18 g/100 g

Fett) und lag damit wesentlich höher als in Milch von Kühen, die auf niedrigerer Höhe gehalten wurden [COLLOMB et al. 2001].

Fütterungs-Faktor	Einfluss auf CLA-Gehalt	beeinflussender Mechanismus	Autoren
frisches Grünfutter	stark erhöhend	Futterfettsäuren und Pansenflora, Energiedefizit	DHIMAN et al. (1999) KELLY et al. (1998a)
erster Schnitt	erhöhend	leichtes Energiedefizit	PRECHT und MOLKENTIN (1999)
späterer Schnitt	stärker erhöhend		
in höherer Lage (Dicotyletonae)	stark erhöhend	Futterfettsäuren und Pansenflora	COLLOMB et al. (2001)
getrocknetes Grünfutter	kein Einfluss		DHIMAN et al. (1999)
siliertes Getreide	niedrigster CLA-Gehalt		DHIMAN et al. (1999)
Ölsaaten:			
Rapsöl und –pellets Rapsvollschrot	stark erhöhend leicht erhöhend	Futterfettsäuren	PRECHT und MOLKENTIN (1999)
Sojaschrot (roh) Sojaschrot (geröstet) Sojaöl Leinsamenöl	kein Einfluss leicht erhöhend stark erhöhend stark erhöhend	Futterfettsäuren	DHIMAN et al. (2000)
Sonnenblumenöl	stark erhöhend	Futterfettsäuren	KELLY et al. (1998b)
Fischöl	leichter Anstieg	fraglich	DHIMAN et al. (1999) CHOQUINARD et al. (2001)
Ionophorantibiotika:			
Monensin ⁷	erhöhend auf c9t11-CLA	Pansenflora	FELLNER et al. (1999)

Tabelle 1: Einfluss einzelner Futtermittel auf den CLA-Gehalt in Milch.

⁷ Monensin wird häufig als Futterzusatz zur Mastleistungs- und Wachstumsförderung an Rinder verabreicht.

Der Grund für die beträchtliche Steigerung des CLA-Gehaltes in der Milch durch die Fütterung von frischem Grünfutter ist nicht geklärt. Linolsäure wird als die bedeutendste Ausgangssubstanz für die bakterielle Synthese von Rumensäure erachtet. In frischem Weidegras überwiegt jedoch die α -Linolensäure, die im Pansen zur konjugierten $c9t11c15$ -C18:3 isomerisiert und weiter zu $t11c15$ -C18:2 und $t11$ -C18:1 hydriert wird. Es wird daher angenommen, dass noch andere Faktoren, beispielsweise die Art und Menge der Kohlenhydrate im Futter, eine Rolle spielen die wiederum auf die Zusammensetzung der Pansenflora Einfluss haben könnten [KELLY et al., 1998a].

- DHIMAN et al. (1999) untersuchten im Zuge einer Fütterungsstudie den Einfluss von getrocknetem Grünfutter (Heu) auf den CLA-Gehalt der Milch und konnten dabei keine Veränderung feststellen.
- Wie bereits oben genannt, zeigten Milchproben von Kühen, denen konserviertes Getreide (Getreidesilage) verfüttert wurde, die niedrigsten CLA-Gehalte [DHIMAN et al., 1999].
- Ölsaaten:
Die Verfütterung von Rapsöl oder Rapsöl-Pellets bewirkte, abhängig von der jeweils verfütterten Menge, besonders deutliche Anstiege des CLA-Gehaltes in der Milch. Raps-Vollschrot hingegen bewirkte nur einen geringen CLA-Anstieg der Milch [PRECHT und MOLKENTIN, 1999].
Ähnliches konnte bei der Verfütterung von rohen geschroteten Sojabohnen, geröstetem Sojaschrot, Sojaöl (reich an Linolsäure) und Leinsamenöl (reich an Linolensäure) beobachtet werden. Rohes Sojaschrot hat keinen Einfluss auf den CLA-Gehalt der Milch. Am deutlichsten konnte der CLA-Gehalt durch die Verfütterung von Sojaöl erhöht werden. Der CLA-Gehalt zeigte dabei jedoch keine linearen Verlauf. Das Fett von unzerkleinerten Ölsaaten wird im Pansen relativ langsam freigesetzt und steht der Biohydrierung daher in geringerem Ausmaß zur Verfügung als freies Öl [DHIMAN et al., 2000].

In einem Vergleich des Einflusses von Erdnuss-, Sonnenblumen- und Leinsamenöl auf den Milch-CLA-Gehalt führte die zusätzliche Gabe des Linolsäure-reichen Sonnenblumenöls zur deutlichsten Steigerung des CLA-Gehaltes (bis 5 % der gesamten MilCHFettsäuren) [KELLY et al., 1998b].

➤ Auch die Verfütterung von Fischmehl ließ den CLA-Gehalt der Milch leicht ansteigen. Allerdings ist unklar, ob die enthaltenen Fettsäuren oder eine Veränderung des Pansenmilieus dafür verantwortlich gemacht werden können [DHIMAN et al., 1999, CHOUINARD et al., 2001].

➤ Eine allgemein höhere Fettzufuhr über fettangereichertes Futter führte zu keiner Veränderung des CLA-Gehaltes der Milch [DHIMAN et al., 1999].

➤ Ionophorantibiotika:

Monensin, eines der bedeutendsten Ionophorantibiotika, bewirkt eine erhöhte Propionsäurebildung im Pansen und verändert damit die ruminale Bakterienflora.

Der Einfluss der Ionophoren-Zugabe wurde sowohl in-vitro, als auch in-vivo (Monensin-Supplementation von 24 ppm der Trockenmasse) untersucht. Die verminderte Biohydrierung durch Veränderung der Pansenflora zeigte sich in einem niedrigeren Gehalt an Stearinsäure und deutlich höherem Gehalt an Linolsäure im Milchfett. Der Gehalt an CLA betrug nach Monensingabe 1,3% im Vergleich zu 0,8% in der Kontrollgruppe, wobei vor allem ein Anstieg des c9t11-Isomers zu verzeichnen war [FELLNER et al., 1999].

Saisonale Schwankungen des CLA-Gehaltes

Besonders in geographischen Zonen, wo zweisaisonale Haltung und Fütterung dominieren, kann der CLA-Gehalt der Milch beträchtliche saisonalen Schwankungen aufweisen.

ULBERTH und ROGENHOFER (1989) untersuchten die saisonalen Variationen der Fettsäure-Zusammensetzung in österreichischem Butterfett und konnten besonders hohe

CLA-Gehalte (bis 2,24 %!⁸) in den Monaten September und Oktober feststellen. PRECHT und MOLKENTIN (1999) geben den Gehalt der Rumensäure⁹ in Milch aus Deutschland mit 0.45% im Winter (Stallhaltung), 0.76% in der Umstellungsperiode von Stall- auf Weidehaltung und 1.20% im Sommer (Weidehaltung) an. Die relative Zunahme des CLA-Gehaltes von der Winter- auf die Sommerfütterung betrug 167%.

Korrelation mit anderen Fettsäuren

In engem Zusammenhang mit dem CLA-Gehalt steht der Gehalt der trans-Vaccensäure [JIANG et al., 1996; PRECHT und MOLKENTIN, 1999; LAWLESS et al., 1999]. Aufgrund des gemeinsamen Syntheseweges im Pansen steigt im Sommer nicht nur der CLA-Gehalt, sondern auch der Gehalt an trans-Vaccensäure. Im Gegensatz dazu sinkt der Gehalt an gesättigten mittel- bis langkettigen Fettsäuren (C12:0 bis C16:0) [PRECHT und MOLKENTIN, 1999].

2.4.2 Weitere Milchtierrelevante Einflüsse

Den größten Einfluss auf den CLA-Gehalt der Milch hat in jedem Falle die Fütterung und Haltung der Milchtiere. In einem geringeren Maße spielen aber auch Rasse und genetische Faktoren der Einzeltiere eine Rolle.

Rasse

LAWLESS et al. (1999) untersuchten den Einfluss der Rasse (jeweils irische und dänische Holstein/Fresian, Montbeliard und Normande) auf den CLA-Gehalt der Milch. Dabei zeigte die französische Rasse Montbeliard die höchsten Werte, die dänischen Holstein/Fresian-Kühe enthielten die niedrigsten CLA-Werte. Die Unterschiede blieben über eine ganze Lakationsperiode bestehen.

⁸ Die Mengenangabe bezieht sich allgemein auf CLA als FSME. Die verwendete Analysenmethode ließ zwar noch keine Trennung der einzelnen Isomere zu, ermöglichte aber bereits eine klare Abtrennung von der Linolensäure, die von anderen Autoren fälschlicherweise als C20:1 oder C18:3 (konjugiert) interpretiert wurde [ULBERTH und ROGENHOFER, 1989].

⁹ jeweils Durchschnittswerte

Einzel-tier-Individualität

Beträchtliche Unterschiede im CLA-Gehalt konnten auch innerhalb einer Herde, bei gleichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen und vergleichbarem Laktationsstadium der einzelnen Tiere festgestellt werden. CLA können bis zum 3fachen Wert schwanken, wobei die Unterschiede bei Weidehaltung mit ausschließlicher Grünfütterung stärker ausgeprägt waren [KELLY et al., 1998a,b]. Noch größere Schwankungen, ca. bis zum 7fachen, stellten LAWLESS et al. (1999) innerhalb einer Herde fest. Der Grund hierfür könnten individuelle Pansenflorazusammensetzungen sein.

2.4.3 Technologische Einflüsse im Zuge der Milchverarbeitung

Der Einfluss von Verarbeitung und Lagerung von Nahrungsmitteln ist, im Gegensatz zu Haltung und Fütterung, vergleichsweise gering, was darauf hinweist, dass CLA in Lebensmittel relativ stabil sind, bzw. die CLA-Synthese im Lebensmittel nur eine untergeordnete Rolle spielt. Der Einfluss der Verarbeitung scheint außerdem nicht bei allen Milchprodukten gleich ausgeprägt zu sein. Eine Ausnahme bilden bestimmte Käsesorten.

Käse

Vor allem bei Käsen kann der CLA-Gehalt stark vom CLA-Gehalt in der Ausgangsmilch abweichen.

Folgende Faktoren scheinen dafür verantwortlich zu sein:

- Reifungsdauer von Käse:
Hartkäse weisen aufgrund ihrer längeren Reifungsdauer wesentlich höhere CLA-Gehalte auf, als Weich- und Halbhartkäse [PRANDINI et al., 2001].
- Verarbeitung von Rohmilch:
Aufgrund der milcheigenen Mikroflora können aus Rohmilch hergestellte Hartkäse CLA-Gehalte bis zum 3fachen Werte von Hartkäsen aus pasteurisierter Milch aufweisen [PRANDINI et al., 2001].

- Erhöhte Verarbeitungstemperaturen führten bei der Herstellung von Schmelzkäse, unter normalen Druckbedingungen, zu einem signifikant erhöhten CLA-Gehalt [SHANTHA et al, 1992].
- Der Zusatz von Molkenproteinen (speziell der niedermolekularen Komponenten) zu Schmelzkäse, bedingte eine Erhöhung des CLA-Gehaltes um 35 bzw. 19 %, im Vergleich zu Schmelzkäse ohne Molkenzusatz. Die niedermolekulare Fraktion, die durch Ultrafiltration gewonnen wird, scheint dabei als Katalysator für die Lipidoxidation, aber auch als Wasserstoffdonator zu fungieren (siehe Kapitel 2.2.3) Die hochmolekulare Molkenprotein-Fraktion dagegen zeigte keinen Einfluss. Demnach könnte der Zusatz von UF¹⁰-Molken-Permeat genützt werden, um den CLA-Gehalt von Schmelzkäse zu erhöhen [SHANTHA et al., 1992].
- Neben einem erhöhten CLA-Gehalt in Käse ist außerdem das veränderte Verteilungsmuster der CLA-Isomere auffällig. Der Anteil an Rumensäure kann im Käse wesentlich geringer sein, als in der Milch. SHANTA et al. (1992) geben den Anteil der Rumensäure am Gesamt-CLA-Gehalt mit 56 % in Cheddar und zwischen 48 und 68 % in Schmelzkäsen an. Die Gründe dafür liegen vermutlich in mikrobiologischen Aktivitäten der Starterkulturen, der Reifungszeit und gewissen technologischen Einflüssen, die zu einer Isomerisierung der konjugierten Doppelbindungen führen könnten.

Weich- und Halbhartkäse wie Mozzarella, Gouda und Cheddar zeigten keine erhöhten Gesamt-CLA-Werte [SHANTHA et al., 1995].

Butter

Der CLA-Gehalt der Butter zeigt einen um den Faktor 1,32 bzw. 1,27 erhöhten Wert in gesalzener bzw. ungesalzener Butter im Vergleich zum dafür verwendeten Milchfett.

¹⁰ Ultrafiltration

Das Verhältnis der Rumensäure zu den Gesamt-CLA-Isomeren verändert sich dabei nicht. Der Mechanismus, der zum Anstieg des CLA-Gehaltes in der Butter führt, ist bisher ungeklärt. Eine mögliche Ursache könnte die Zerstörung der Fettkügelchenmembran im Zuge der Butterherstellung sein [SHANTHA et al., 1995].

Sauermilchprodukte

Nur in magerem Joghurt (0,05% Fett) konnte ein geringer, aber signifikanter Anstieg des CLA-Gehaltes im Restfestgehalt durch die Verarbeitung festgestellt werden. Der Grund dafür ist unbekannt, aufgrund des niedrigen Fettgehaltes spielt dieses Produkt für die CLA-Aufnahme jedoch keine Rolle. Sauerrahm und konventioneller Joghurt zeigten keine Veränderungen [SHANTHA et al., 1995].

Außerdem wurde der Einfluss der Lagerung auf den CLA-Gehalt von Milchprodukten untersucht. Auch dabei konnte weder bei Joghurt und Butter (6 Wochen bei 4°C), tiefgekühlter Butter und Speiseeis (6 Monate), noch bei den Käsen Mozzarella, Cheddar (32 Wochen) und Gouda (30 Wochen) eine Veränderung des CLA-Gehaltes aufgezeigt werden [SHANTHA et al., 1995].

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass technologische Verarbeitungsschritte bei manchen Produkten einen gewissen Einfluss haben können. Für den CLA-Gehalt im Endprodukt scheint aber der CLA-Gehalt des Rohstoffes Milch und der absolute Fettgehalt des Produktes ausschlaggebend zu sein.

2.5 CLA in der menschlichen Ernährung

2.5.1 Natürliche Nahrungsquellen

Hauptsächliche CLA-Quellen in der Nahrung sind das Milchfett, sowie Fleisch und Fleischprodukte von Wiederkäuern. Nahrungsmittel von Nicht-Wiederkäuern enthalten keine oder höchstens Spuren an konjugierten Linolsäuren.

Hinsichtlich Gehalte in den einzelnen Lebensmitteln zeigen sich große Schwankungen, nicht nur in Abhängigkeit von den Haltungs- und Fütterungsbedingungen, sowie den technologischen Verarbeitungsschritten (siehe Kapitel 2.4), sondern auch in Abhängigkeit von der Tierart. Die höchsten CLA-Gehalte konnten in Milch von Schafen festgestellt werden, gefolgt von Kuhmilch. Ziegenmilch zeigte etwas niedrigere CLA-Gehalte [JAHREIS, 1999].

Außerdem ist der Unterschied zwischen CLA-Gehalt von Milch und Fleisch tierartspezifisch. CLA der Milch stammt aus der bakteriellen Biohydrierung der Linolsäure im Pansen, sowie der endogenen Synthese aus trans-Vaccensäure durch die Aktivität der Δ^9 -Desaturase in den Milchdrüsen (siehe Kapitel 2.3). CLA im Fleisch hingegen stammt vermutlich fast ausschließlich aus der bakteriellen Biosynthese im Pansen. Somit erklärt sich der höhere CLA-Gehalt der Milch und die Bedeutung von Milch und Milchprodukten als natürliche CLA-Lieferanten in der menschlichen Ernährung.

Der Gehalt an Rumensäure beträgt durchschnittlich 0.75 % in Milch aus Deutschland, allerdings mit einer großen Spannweite (R) von 0.10 bis 1.89 % [PRECHT und MOLKENTIN, 1999]. Die höchsten durchschnittlichen CLA-Gehalte der Milch, die in der Literatur beschrieben wurden, fand man in Neuseeland mit 1.2 % der Fettsäuremethylester [ROBINSON und MacGIBBON, 2000].

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über den CLA-Gehalt von Milch und Milchprodukten aus verschiedenen Ländern.

Produkt	Land	CLA-Gehalt ¹¹	Autor	
Milch	Italien	0.96 g CLA/100 g Fett (0.73 g Rumensäure/100 g Fett)	PRANDINI et al., 2001	
	BRD	0.75 % CLA	PRECHT und MOLKENTIN, 1999	
	Neuseeland	1.2 % CLA-FSME	ROBINSON und MacGIBBON, 2000	
Käse	allgemein	USA/Kanada	0,40-0,77 % CLA-FSME	SEHAT et al., 1998
	Weichkäse	Italien	0,74 g CLA/100 g Fett	PRANDINI et al., 2001
	Halbhartkäse		0.81 g CLA/100 g Fett	
	Hartkäse		1.37 g CLA/100 g Fett	
	Schmelzkäse	USA	bis 0.89 g CLA/100 g Fett	SHANTHA et al., 1992
Kuhmilchkäse Schafmilchkäse	Italien	0.81 g CLA/100 g Fett 1.44 g CLA/100 g Fett	PRANDINI et al., 2001	
Joghurt	Italien	0.89 g CLA/100 g Fett	PRANDINI et al., 2001	
Butter	Italien	0.84 g CLA/100 g Fett	PRANDINI et al., 2001	
	Schweiz	Winter: 0.70 g CLA/100 g Fett (0.64 g Rumensäure/100 g Fett) Sommer: 1.55 g CLA/100 g Fett (1.44 g Rumensäure/100 g Fett)	COLLOMB und BÜHLER, 2000	
	USA	0.55-0.65 g CLA/100 g Butter	SHANTHA et al., 1995	

Tabelle 2: CLA-Gehalte in verschiedenen Lebensmitteln unterschiedlicher Herkunft.

PRANDINI et al. (2001) analysierten einige italienische, aber auch importierte Käse, auf den CLA-Gehalt. Wie bereits im vorhergehenden Kapitel erwähnt, weisen Hartkäse, aufgrund der längeren Reifungsdauer höhere Mengen an CLA auf, als dies bei Weich-

¹¹ Aufgrund der unterschiedlichen Analysenmethoden wurde der CLA-Gehalt in verschiedenen Einheiten angegeben. Der CLA-Gehalt, angegeben als g/100 g Fett liegt etwas niedriger als bei Angabe in g/100 g Fettsäuren (%).

und Halbhartkäsen der Fall ist. Die CLA-Gehalte von Rohmilch-Hartkäse, wie Schweizer Emmentaler oder Fontina aus dem Val d'Aosta lagen mit 1.36 bzw. 1.72 g Rumensäure/100 g Fett wesentlich höher, als die CLA-Gehalte von Hartkäse, die aus pasteurisierter Milch hergestellt wurden (0.51 – 0.59 g Rumensäure/100 g Fett).

2.5.2 CLA-Aufnahme

Über die CLA-Aufnahme liegen bisher nur sehr wenig Daten vor. FRITSCHKE und STEINHART (1998) ermittelten die durchschnittliche CLA-Aufnahme der deutschen Bevölkerung, die bei Frauen 0.35 g/d und bei Männern 0.43 g/d ausmacht. Über 50 % der täglichen CLA-Zufuhr über die Nahrung stammen dabei aus Milch und Milchprodukten, vorwiegend aus Butter.

Land	Durchschnittliche CLA-Aufnahme/Tag	Autor
Australien	0.5-1.5 g	PARODI, 1994
BRD	Frauen: 0.35 g Männer: 0.43 g	FRITSCHKE und STEINHART, 1998

Tabelle 3: CLA-Aufnahme über die Nahrung in verschiedenen Ländern.

Für eine physiologische Wirksamkeit reichte am Rattenmodell eine CLA-Aufnahme¹² von 0.1 % (siehe Kapitel 2.6.2). Wird diese Menge auf den menschlichen Organismus extrapoliert, so müssten täglich ca. 3 g CLA aufgenommen werden [IP et al., 1994].

Berücksichtigt man jedoch, dass die Rumensäure als physiologisch wirksamstes CLA-Isomer in den Supplementen nur zu ca. 43 % der gesamten CLA enthalten war, während diese in natürlichen Lebensmitteln einen Anteil von ca. 90 % ausmacht, könnte eventuell auch eine geringere tägliche Aufnahme bereits antikanzerogene Wirkungen zeigen.

¹² Im Tierversuch wurde ein CLA-Supplement gefüttert, das in der Isomerenzusammensetzung stark von der Isomerenverteilung in natürlichen Lebensmitteln abweicht (ca. 43 % c9t11- und t9c11-CLA, ca. 45 % t10c12-CLA, und weitere Isomere).

2.6 Physiologische Wirksamkeit

Es ist allgemein bekannt, dass die Ernährung wesentlich zur Initiation und Promotion von karzinogenen und atherosklerotischen Erkrankungen beitragen kann, aber auch eine gewisse Rolle in der Prävention dieser Erkrankungen spielt. Protektive Eigenschaften werden in erster Linie Inhaltsstoffen pflanzlicher Lebensmittel zugeschrieben.

Anfang der 80er Jahre entdeckte Michael Pariza jedoch die antikanzerogene Wirkung von CLA in Rindfleisch, die er damals noch den „Modulator der Mutagenese“ nannte [PARIZA und HARGRAVES, 1985].

Als wirksamstes Isomer hat sich die Rumensäure (c9t11-C18:2) herausgestellt, das einzige CLA-Isomer, das in Phospholipide der Gewebszellmembranen eingebaut wird. In Triglyceridmolekülen des Fettgewebes finden sich weitere CLA-Isomere, die über die Nahrung oder Supplemente zugeführt werden [HA et al., 1990; IP et al., 1991; BENITO et al., 2001; SEBEDIO et al., 2001].

2.6.1 Mögliche biochemische Grundlagen für die Wirksamkeit der CLA

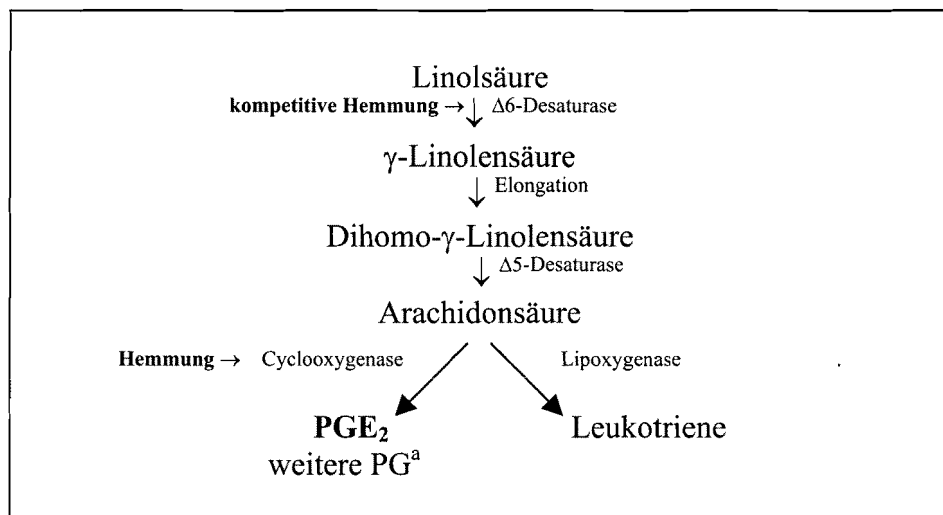
Über die biochemischen Grundlagen der physiologischen Wirksamkeit der CLA gibt es mittlerweile verschiedenste Theorien:

- Wirkung als Antioxidans: CLA zeigten sich effektiver antioxidativ, als α -Tocopherol und fast so wirksam wie das butylierte Hydroxytoluen und könnten daher protektiv gegen den Angriff von freien Radikalen auf Membranstrukturen wirken [HA et al., 1990]. Antioxidative Eigenschaften wurden auch im Zuge einer Studie am Rattenmodell sichtbar, bei der die Gabe von CLA zu einer dosis-unabhängigen Verminderung der Lipid-Peroxydation in den Brustdrüsen führte. In der Leber war diese Wirkung kaum nachweisbar. Die antioxidativen Eigenschaften der CLA scheinen nicht allein für die antikanzerogene Wirkung verantwortlich zu sein [IP et al., 1991].

- CLA hemmen die Synthese der PGE_2 ¹³. Prostanoiden, Thromboxane und Leukotriene, die aus der Arachidonsäure als Vorläufer stammen, sind in Karzinogenese und Atherogenese, durch Inflammation und Plättchenaggregation involviert.

Die hemmende Wirkung der CLA auf die PGE_2 -Synthese kann auf mehreren Wegen stattfinden:

1. Durch kompetitive Hemmung der Δ^6 -Desaturase, welche die Desaturierung der Linolsäure zur γ -Linolensäure katalysiert (Abb. 8), wobei das c9t11-Isomer die stärkste Hemmwirkung zeigt. Vermutlich besetzt das CLA-Molekül die Bindungsstelle für die Linolsäure am Enzym, CLA selbst wird dabei nicht metabolisiert [CHUANG et al., 2001].
2. Durch Verdrängung der Arachidon- und Linolsäure aus den Phospholipiden.
3. Durch Hemmung der Cyclooxygenase. Damit kommt es zu einer verminderten Umwandlung der Arachidonsäure zu Eicosanoiden.



^a Prostaglandine

Abbildung 8: Kompetitive Hemmung der Δ^6 -Desaturase und Cyclooxygenase durch c9t11-CLA.

¹³ Prostaglandin E_2

- Weiters können CLA zu Furanderivaten (9,12-epoxy-9,11-Octadecadiensäure) autoxidieren, welche protektive Eigenschaften gegenüber H₂O₂-induzierter Zytotoxizität in kultivierten Fibroblasten zeigten [WAMER et al., 1996].
- CLA beeinflussen die Protein- und Nukleotid-Biosynthese in Tumorzellen. Dies bedeutet ein vermindertes Tumorzellwachstum und damit verbunden eine verminderte Tumorgenese [SHULTZ et al., 1992].

Unterschiedlichste Theorien zur Wirksamkeit der CLA werden diskutiert. Die Zusammenhänge der biochemischen Vorgänge und der physiologischen Wirksamkeit sind allerdings nicht geklärt, und verschiedene Untersuchungen kommen zum Teil sogar zu widersprüchlichen Ergebnissen.

In den folgenden Abschnitten sollen einige Studien die verschiedenen physiologischen Wirksamkeiten der CLA näher beleuchten.

2.6.2 Antikanzerogenität

CLA verhindern die Mutagenese in Leberzellen von Ratten und die Initiation von epidermaler Karzinogenese an der Maus, jeweils verursacht durch DMBA (7,12-Dimethylbenz[a]anthracen) [PARIZA und HARGRAVES, 1985].

IP et al., (1991) konnten am Rattenmodell eine deutliche Abnahme der Brustdrüsen-Tumorinzidenz durch CLA-Gabe nachweisen. Dabei verringerte sich sowohl die Anzahl an bösartigen als auch gutartigen Tumoren.

In einer späteren Studie zeigten IP et al. (1994), dass bereits 0,1% CLA¹⁴ der gesamten Futteraufnahme ausreichen, um einen signifikanten Rückgang der Brustdrüsen-Tumorraten zu verzeichnen. Wird diese Menge auf die Humanernährung extrapoliert, so könnte eine Aufnahme von 3.5 g/d ausreichen, um eine gewisse protektive Wirkung zu erreichen. Um einen langfristigen protektiven Effekt der CLA vor Tumoren zu verzeichnen

¹⁴ Gewichtsprozent

zu können, muss die CLA-Zufuhr in der Zeit während der Ausbildung der Brustdrüsen erfolgen.

Humane Kolon- und Prostata-Tumorzellen unterliegen in in-vitro-Versuchen einer dosis- und isomerenabhängigen Hemmung durch CLA. Als effektivstes zeigte sich das t10c12-Isomer, aber auch durch die Rumensäure kam es zu einer signifikanten Hemmung der Zellproliferation. Dabei wurden Kolontumorzellen durch CLA stärker gehemmt, als Prostata-Tumorzellen. Erstmals wurde auch die antikanzerogene Wirkung der konjugierten Eicosadiene (c11t13-C20:2) untersucht und es konnte eine effektive Hemmwirkung auf die Tumorzellproliferation festgestellt werden [PALOMBO et al., 2002].

SHULTZ et al. (1992) untersuchten die Wirksamkeit von CLA und β -Carotin an diversen Tumorzellkulturen und stellten fest, dass CLA hinsichtlich Tumorzellproliferation eine wesentlich stärkere Hemmwirkung zeigten als β -Carotin.

Den Zusammenhang zwischen antikanzgener Wirkung und Beeinflussung des Immunsystems durch CLA zeigten COOK et al. (1999) auf (siehe auch Kap. 2.6.5). So fand man bei CLA-gefütterten Mäusen höhere Konzentrationen an natürlichen Killerzellen, sowie stark verminderte oder keine Ausbildung von Metastasen von transplantierten Tumoren.

2.6.3 Antiatherogenität

Sklerotische Veränderungen in den Gefäßen werden in engen Zusammenhang mit einem erhöhten LDL- und niedrigen HDL-Blutspiegel gebracht. Oxidative Veränderungen der LDL-Fraktion erhöhen das Atherosklerose-Risiko zusätzlich.

Aufgrund der antioxidativen Eigenschaften der CLA wurde angenommen, dass diese nicht nur antikanzerogen, sondern auch antiatheriogen wirksam sein könnten.

In einer Studie mit Kaninchen (n = 8) sollte die Wirkung der CLA auf die Lipoprotein-Fractionen gezeigt werden. Bis zur 8. Woche der CLA-Supplementation waren keine

Veränderungen feststellbar. Ab der 12. Woche war der Anteil der LDL-Fraktion in der Gruppe der CLA-supplementierten Kaninchen signifikant niedriger als in der Kontrollgruppe. Deutlich ausgeprägter zeigte sich die Veränderung des Verhältnisses LDL/HDL durch CLA-Supplementation, zugunsten der HDL-Fraktion (Abb. 9). Weiters konnte in der CLA-Gruppe eine um 30 % geringere Cholesterinablagerung in der Aorta festgestellt werden [LEE et al., 1994].

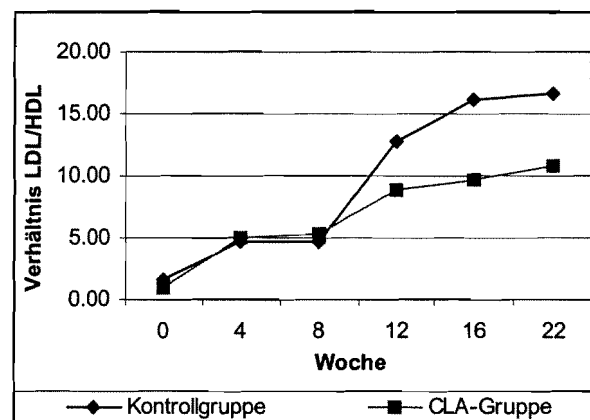


Abbildung 9: Verhältnis LDL/HDL-Cholesterol bei Kaninchen, mit bzw. ohne CLA-Supplementation im Verlauf von 22 Wochen (nach LEE et al., 1994).

Nachdem in Tierversuchen die antiatherosklerotische Wirkung der CLA gezeigt werden konnte, wurde von BENITO et al. (2001) eine Studie durchgeführt, die den Einfluss der CLA-Supplementation auf die Blutlipide beim Menschen untersuchen sollte. Es konnten dabei aber keine Änderungen bezüglich LDL- und HDL-Blutspiegel durch CLA-Supplemente festgestellt werden. Allerdings muss angemerkt werden, dass nur eine sehr kleine Anzahl an Probanden (Interventionsgruppe: $n = 7$) an der Studie teilnahm, und der Anteil der Rumensäure nur 11,43 % des supplementierten CLA-Gemisches ausmachte. Mit dieser Studie kann somit keine allgemein gültige Aussage über die CLA-Wirksamkeit beim Menschen gemacht werden.

2.6.4 Beeinflussung des Körperfettanteils

CLA-Supplementierung an Mäusen führte bereits bei einer Dosis von 0.5 bis 1 % zu einer Verringerung der Körperfettmasse. Die Nahrungsaufnahme scheint von der CLA-Gabe nicht beeinflusst zu werden und für den verminderten Körperfettanteil nicht verantwortlich zu sein [DeLANY, 1999].

In einer Humanstudie wurde der Einfluss von CLA-Supplementation auf Blutparameter, die in Zusammenhang mit dem Körperfettanteil stehen (Leptin-, Insulin- und Glucosespiegel), gemessen, sowie der Appetit bewertet. Bis zur 7. Woche der CLA-Gabe konnte ein ständig abnehmender Leptinspiegel (bis 20 %) festgestellt werden. Danach stieg er wieder fast auf das Ausgangsniveau vor der Supplementation an. Eine Veränderung der Körperzusammensetzung konnte dabei nicht festgestellt werden. Auch bezüglich des Appetites schien die CLA-Gabe keine Veränderung bewirkt zu haben. Der Plasma-Insulin-Spiegel stieg in den letzten 2 Wochen der Supplementation parallel mit dem Leptinspiegel an. Demnach ist es möglich, dass der Anstieg des Leptinspiegels durch die steigende Insulinkonzentration im Blut verursacht war [MEDINA et al., 2000]. Die Ergebnisse aus den Tierversuchen konnten mit dieser Studie nicht bestätigt werden, eventuell liegt hierin aber ein Zusammenhang zur antidiabetogenen Wirkung der CLA vor.

2.6.5 Immunmodulierende Wirkung

Die immunmodulierende Wirkung der CLA ist durch die Beeinflussung der Eicosanoid-Synthese, speziell die Hemmung der PGE₂-Synthese, gegeben. In direktem Zusammenhang damit stehen natürlich zahlreiche physiologische Wirksamkeiten der CLA.

Das Ziel der Untersuchungen von COOK et al. (1999) war, den katabolen Effekt der Immunabwehr einzudämmen. Die höchste Wirksamkeit bezüglich Beeinflussung der immunologischen Vorgänge zeigten die Produkte aus der Elongation und Desaturierung des t10c12-Isomers. In Versuchen mit Mäusen und Ratten reduzierten CLA den

immunologischen Stress, was wiederum Ursache für katabole Vorgänge im Zuge der Immunabwehr ist.

Auf jeden Fall bewirkten CLA im Tierversuch mit Ratten eine Verschiebung der verschiedenen Immunglobulin-Klassen, verbunden mit einer verminderten IgE-Produktion.

Konkrete Zusammenhänge bezüglich der physiologischen Wirkung der CLA auf das Immunsystem konnten aber noch nicht geklärt werden.

2.6.6 Antidiabetogene Wirkung

Am Rattenmodell agieren CLA Insulin-sensibilisierend, sie erhöhen die Glucosetoleranz, verbessern die Hyperinsulinämie und senken die Konzentration an freien Fettsäuren im Blut. Sie mindern oder verhindern sogar Symptome des nicht-Insulin-abhängigen Diabetes [HOUSEKNECHT et al., 1998].

In zahlreichen Tierversuchen und Studien mit Zellkulturen konnten vielversprechende positive Wirkungen der CLA aufgezeigt werden. Um die Wirkungen am Menschen bestätigen zu können, bedarf es allerdings noch positiver Ergebnisse aus Humanstudien. Die wenigen Untersuchungen am Menschen, die vor allem auf die antiatherosklerotische und körperfettreduzierende Wirkung der CLA abzielten, konnten die Ergebnisse aus den Tierversuchen und Zellkulturstudien bisher nicht bestätigen. Die Gründe dafür könnten einerseits in der meist niedrigen Anzahl an Probanden, andererseits am verwendeten CLA-Isomerenmisch (zu niedriger Anteil an Rumensäure) liegen.

3 Material und Methoden

3.1 Material

Zur Bestimmung des CLA-Gehaltes in österreichischer Trinkmilch wurde für beide Fragestellungen, jahreszeitlicher Verlauf und österreichischer Querschnittsvergleich, pasteurisierte Trinkmilch (je 1-Liter-Packungen), wie sie im österreichischen Lebensmittelhandel erhältlich ist, untersucht. Die Milchproben, insgesamt 132, wurden direkt von den jeweiligen Molkereien bezogen. Es wurden die Einzugsgebiete der Molkereien, die jeweils gelieferte Milchmenge, sowie Fütterung und Haltung der Milchtiere erhoben. Bei Probeneingang wurde die Temperatur gemessen und der einwandfreie Zustand der Milch überprüft.

3.1.1 Daten zum jahreszeitlichen Verlauf des CLA-Gehaltes in Trinkmilch

Für die Erfassung des jahreszeitlichen Verlaufes des CLA-Gehaltes der Milch wurden, in der Zeit von Ende April bis Mitte Dezember 2001, wöchentlich Milchproben von 3 Tiroler Molkereien (jeweils 34 Proben) bezogen. Die Daten der Betriebe sind in der Tab. 4 zusammengefasst. Die Betriebe 1 und 2 lieferten während der Sommermonate Milch von Almhaltung.

Betriebs-Code	Höhenmeter des Probenahmegebietes	Haltung	Vorwiegende Rinderrasse
Betrieb 1	Winter und Übergangszeit: bis 1500 m Sommer: bis 2000 m	Winter: Stall Übergangszeit: Weide Sommer: Alpung	Fleckvieh
Betrieb 2	Winter und Übergangszeit: bis 1500 m Sommer: bis über 2000 m	Winter: Stall Übergangszeit: Weide Sommer: Alpung	Braunvieh
Betrieb 3	500-1500 m	Winter: Stall Sommer: Stall und Weide	Fleckvieh

Tabelle 4: Beschreibung der Milchproben für die Erhebung des jahreszeitlichen Verlaufes des CLA-Gehaltes.

3.1.2 Daten zum Querschnittsvergleich des CLA-Gehaltes in österreichischer Trinkmilch

Für den Querschnittsvergleich des CLA-Gehaltes wurden 17 Milchproben, von 13 verschiedenen Molkereien aus ganz Österreich, jeweils Mitte August 2001, sowie Mitte Dezember 2001, bezogen. Die Daten zu den Probenahmegebieten sind in Tab. 5 zusammengefasst. Weiters wurde die jeweils produzierte Trinkmilchmenge erfragt, um einen nach Produktionsmengen gewichteten Mittelwert des CLA-Gehaltes berechnen zu können.

Bundesland	Probenbezeichnung	Höhenmeter des Probenahmegebietes	Haltung Sommer - Winter	Vorwiegende Rinderrassen ¹⁵
Vorarlberg/ Tirol	V/T1	500-1500	Stall/Weide - Stall	Braunvieh
	V/T2	500-2000	Stall/Weide - Stall	Fleckvieh
	V/T3	500-1600	Alpung - Stall	Fleckvieh
	V/T4	1600-2300	Alpung - Stall	Braunvieh
Salzburg	S1	800-1800	Alpung - Stall	Pinzgauer
	S2	700-1800	Weide/Alpung - Stall	Pinzgauer
	S3	400-1200	Stall/Weide - Stall	Fleckvieh
Kärnten	K1	400-1300	Stall/Weide - Stall	Fleckvieh
	K2	700-1300	Stall/Weide - Stall	Fleckvieh
Steiermark	ST1	600-1000	Weide - Stall	Braunvieh
	ST2	300-1000	Stall/Weide - Stall	Fleckvieh
Oberösterreich	OÖ1	400-600	Stall - Stall	Fleckvieh
	OÖ2	200-600	Stall/Weide - Stall	Fleckvieh
Niederösterreich/ Burgenland	NÖ/B1	400-700	Stall/Weide - Stall	Fleckvieh
	NÖ/B2	200-500	Stall/Weide - Stall	Fleckvieh
	NÖ/B3	200-700	Stall/Weide - Stall	Fleckvieh
	NÖ/B4	300-400	Stall - Stall	Fleckvieh

Tabelle 5: Daten zu den Probenahmegebieten für den Querschnittsvergleich des CLA-Gehaltes in österreichischer Trinkmilch.

¹⁵ Die Daten über die Rinderrassen wurden von der ZUCHTDATA (Herr Ing. M. Mayerhofer) erhoben (Stand: 09/00).

3.2 Methoden

3.2.1 Übersicht

Abbildung 10 zeigt eine Übersicht über die Durchführung der Bestimmung des CLA-Gehaltes in österreichischer Trinkmilch.

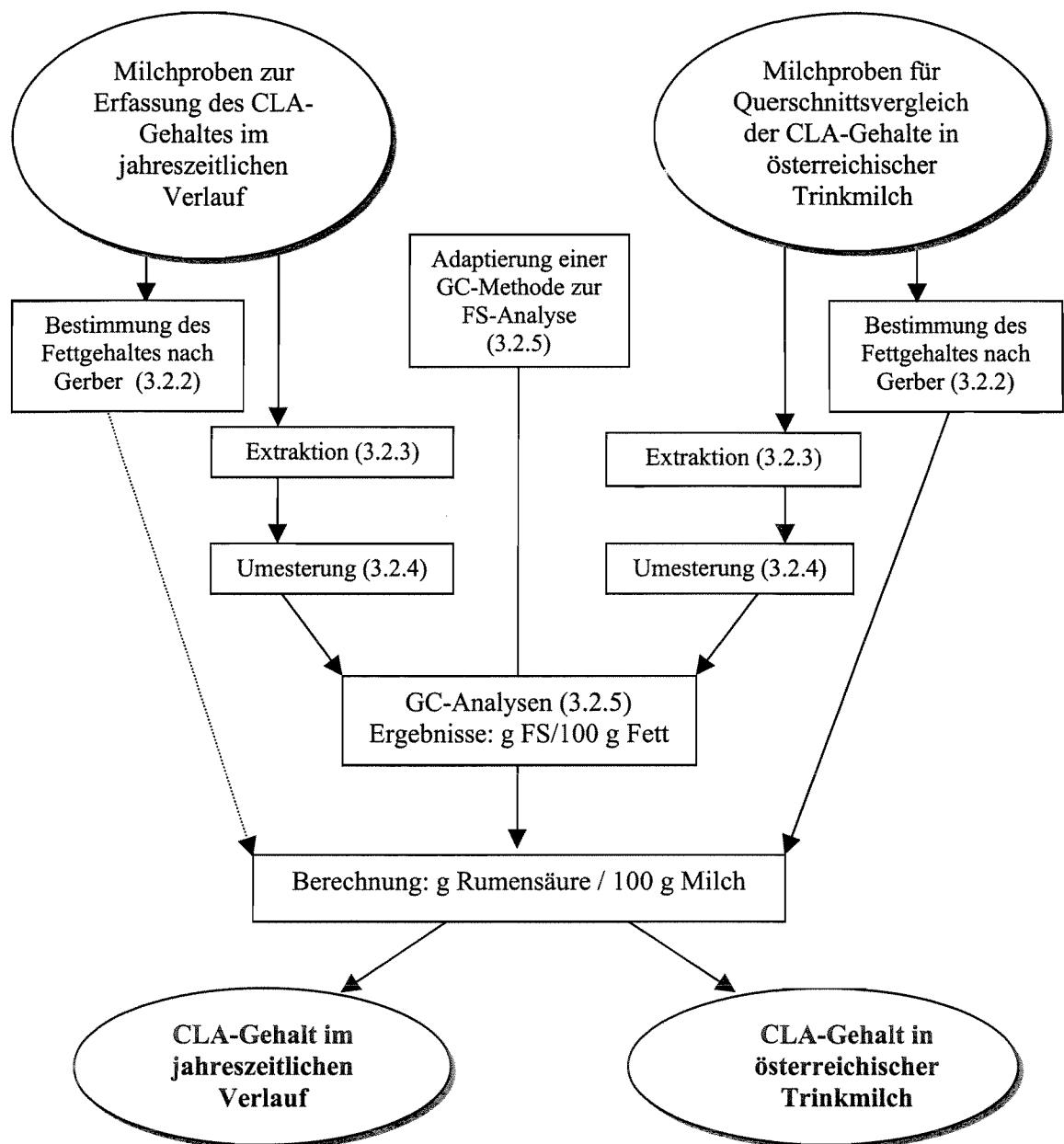


Abbildung 10: Übersicht über die Arbeitsschritte zur CLA-Analyse in Trinkmilch.

3.2.2 Bestimmung des Fettgehaltes in Milch

Die Bestimmung des Fettgehaltes in der Milch erfolgte acidobutyrometrisch nach der Methode von Gerber [VDLUFA, 1985].

Prinzip:

Das Milcheiweiß wird mit konzentrierter Schwefelsäure in einem sogenannten Butyrometer aufgeschlossen und Amylalkohol zur besseren Phasentrennung zugesetzt. Nach Zentrifugation wird der Fettgehalt in Masseprozent an der geeichten Skala des Butyrometers abgelesen.

Reagenzien:

Schwefelsäure: Dichte $1,818 \text{ g/ml} \pm 0,003 \text{ g/ml}$

Amylalkohol: Dichte $0,811 \text{ g/ml} \pm 0,002 \text{ g/ml}$ (muss DIN 10330 erfüllen)

Geräte und Hilfsmittel:

Butyrometer: österreichische Eichung 0-6 %, Skalenteilung 0,1 %

passende Stopfen

Pipette: österreichische Eichung 10,75 ml

Dispenser für 10 ml Schwefelsäure

Dispenser für 1 ml Amylalkohol

Zentrifuge zur Milchfettbestimmung: g-Zahl: 350 ± 50 , temperierbar auf 65°C

Wasserbad: $65^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$

Butyrometergestell

Durchführung:

Die Milchproben mit einer Temperatur von 20°C werden gründlich durchmischt.

Im Butyrometer werden der Reihenfolge nach 10 ml Schwefelsäure, 10,75 ml Probe und 1 ml Amylalkohol vorsichtig, ohne Vermischung der Phasen, überschichtet. Danach wird das Butyrometer verschlossen, bis zum vollständigen Aufschluss des Eiweißes kräftig geschüttelt, mehrmals gestürzt und zweimal für 5 min. zentrifugiert. Zwischen den 2 Zentrifugationsschritten wird die Fettsäule mit Hilfe des Stopfens so reguliert,

dass sie sich innerhalb der Skala befindet. Danach wird das gesamte Butyrometer, mit dem Stopfen nach unten, mindestens 5 min. im Wasserbad auf $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ temperiert. Mit Hilfe des Stopfens wird die Fettsäule auf der Skala erneut eingestellt. Die Ablesung des Fettgehaltes erfolgt auf 0,01%, indem die Skala auf Augenhöhe gehalten wird.

Auswertung:

Der Durchschnitt aus 4 Bestimmungen (je 1 Doppelbestimmung aus 2 Milchpackungen) wird auf 0,05% gerundet. Die Abweichung der Doppelbestimmungen darf 0,1% nicht übersteigen.

Der ermittelte Wert dient als Basis für die Berechnung des CLA-Gehaltes pro 100 g der jeweiligen Milchprobe.

3.2.3 Extraktion des Milchfettes

Das Milchfett wurde nach der Methode von Röse-Gottlieb, adaptiert von Lang extrahiert [LANG, 1993].

Prinzip:

Das Milcheiweiß wird durch Zusatz von Ammoniak aufgeschlossen und das freigesetzte Fett mit organischen Lösungsmitteln extrahiert. Nach dem Abdestillieren der Lösungsmittel wird der isolierte Fettanteil kurz nachgetrocknet und ein Äquivalent entnommen.

Reagenzien:

25%ige Ammoniaklösung zur Analyse

Ethanol 96% reinst

Diethylether zur Analyse

Petroleumether zur Analyse, Siedebereich $40-60^{\circ}\text{C}$

n-Hexan zur Analyse

Geräte und Hilfsmittel:

Zentrifuge Beckman 2J-MC, Rotor 13,1, 1000 upm, 3 min., 20°C

Rotationsverdampfer (Wasserbad 55-60°C)

Trockenschrank, 102 ± 2°C

Laborwaage

Glasröhrchen (30 ml) und Schraubverschluss mit Teflondichtung

Extraktionsröhrchen mit Schliff (50 ml) und Glasstopfen

Glasröhrchen (10ml) und Schraubverschluss mit Teflondichtung

Durchführung:

3 ml Probe werden in ein Glasröhrchen (30 ml) überführt,

0.6 ml 25%ige Ammoniaklösung zugegeben und geschüttelt,

3 ml Ethanol zugegeben und wieder geschüttelt.

Nach Zugabe von 7.5 ml Diethylether wird das verschlossene Röhrchen 60 sec. geschüttelt. Anschließend gibt man 7.5 ml Petroleumether dazu, verschließt das Röhrchen wieder und schüttelt für 30 sec.

Zur vollständigen Phasentrennung wird die Probe mit den Lösungsmitteln zentrifugiert.

Die organische (obere) Phase wird in ein Extraktionsröhrchen überführt.

2 weitere Extraktionen der wasserlöslichen (unteren) Phase werden jeweils mit 1.5 ml Ethanol, 4.5 ml Diethylether und 4.5 ml Petroleumether durchgeführt, zentrifugiert und die organischen Phasen vereinigt und gesammelt.

Die 4. Extraktion der unteren Phase erfolgt mit 4.5 ml Diethylether und 4.5 ml Petroleumether, ohne Ethanol. Anschließend wird wieder zentrifugiert und die organische Phase gesammelt.

Das Lösungsmittelgemisch aus den vereinigten Extrakten wird mittels Rotationsverdampfer abgezogen und das zurückbleibende Milchfett im Trockenschrank für 15-30 min. nachgetrocknet.

Der verbleibende wasserfreie Extrakt wird auf Eis gekühlt und ein Äquivalent von 50 mg in ein Glasröhrchen (10 ml) eingewogen.

Nach Zugabe von 2.5 ml n-Hexan wird das Milchfett durch Schütteln gelöst und bis zur Umesterung und anschließenden gaschromatographischen Analyse bei -15°C gelagert.

3.2.4 Methylierung der Fettsäureglycerinester

Die Methylierung der Fettsäureglycerinester erfolgte nach IDF STANDARD 182:1999 mittels 2 M Natriummethoxid.

Prinzip:

Die Umesterung der Fettsäureglyceride zu Fettsäure-Methylester (FSME) wird Basenkatalysiert durchgeführt. Nach einer Reaktionszeit von 5 min. wird die Lösung durch Zugabe von Natriumhydrogensulfat neutralisiert, um eine Verseifung der gebildeten Ester zu vermeiden. Freie Fettsäuren werden dabei nicht verestert.

Reagenzien:

Methanol (max. 0,5% Wassergehalt) zur Analyse

30 %ige Lösung Natriummethoxid/Methanol ($\text{NaOCH}_3/\text{CH}_3\text{OH}$) zur Analyse

Natriumhydrogensulfat-Monohydrat ($\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) zur Analyse

Dichlormethan zur Analyse

Geräte und Hilfsmittel:

Vortex Mixer

Zentrifuge, g-Zahl: 350

Rundkolben, 10 ml

Schraubvial und Schraubverschluss mit Teflondichtung

Vial für GC-Analysen mit Schraubverschluss und Teflondichtung

Pipetten

Durchführung:

Herstellung der 2 M methanolischen Natriummethoxid-Lösung:

3,7 ml methanolische NaOCH_3 werden in einen 10-ml-Rundkolben einpipettiert und mit Methanol auf 10 ml aufgefüllt. Die Lösung ist ca. 1 Woche verwendbar, muss jedoch im Exsikkator gelagert werden.

Umesterung:

Nach Durchmischen der temperierten Probenlösung, werden 100 µl Umesterungsreagenz (=2 M NaOCH₃/CH₃OH) zugegeben und 1 Minute gründlich mit dem Vortex-Mixer durchmischt. Nach 5minütiger Reaktionszeit werden 0,25 g NaHSO₄ zugegeben und durchmischt. Anschließend wird die Lösung zentrifugiert. Ein Aliquot von 50 µl der klaren überstehenden Lösung wird in 1 ml Dichlormethan im GC-Vial gelöst, durchmischt und anschließend gaschromatographisch analysiert. Die Lösung kann, dicht verschlossen, für 2-3 Tage bei -16°C gelagert werden.

3.2.5 Gaschromatographische Bestimmung der FettsäurenPrinzip:

Fettsäuremethylester sind, im Gegensatz zu freien Fettsäuren, unzersetzt flüchtig und können daher gaschromatographisch getrennt und mittels Flammenionisationsdetektor (FID) detektiert werden. Durch die GC-Analyse wird das gesamte Fettsäurespektrum der Milch erfasst.

Geräte:

Gaschromatograph: GC 8000 Top Series (Fisons Instruments S.p.A.)

Autosampler: AS800 Autosampler (Fisons Instruments S.p.A.)

Flammenionisationsdetektor (FID)

Peakintegration: HP Interface 35900E, HP ChemStation

Kapillartrennsäule: CP-Sil 88, 100 m, ID¹⁶ 0.25 mm, Filmdicke 0.2 µm (Varian)

Vorsäule: deaktiviert, 20 cm, ID 0,53 mm

Analysenbedingungen

In umfangreichen Vorversuchen wurde eine Methode für die gaschromatographische Fettsäureanalyse adaptiert. Dabei wurde vor allem auf eine besonders gute Abtrennung der Rumensäure, dem bedeutendsten CLA-Isomer, von anderen Fettsäurepeaks geachtet.

¹⁶ Innendurchmesser

Injektion: cool-on-column, 0.5 µl

Trägergas: Wasserstoff, 1.25 ml/min flussgesteuert

Temperaturprogramm nach COLLOMB und BÜHLER (2000): für 5 min. 60°C, mit 14°C/min. auf 165°C, für 1 min., mit 2°C/min. auf 225°C, für 17 min.; zum Ausheizen der Säule mit 15°C/min auf 240°C, für 12 min.

Detektor: 250°C

Qualitative Auswertung

Zur Identifizierung der Fettsäuremethylester-Peaks wurden Standards (Fettsäuremethylester) unter gleichen Bedingungen wie die Milchproben analysiert. Über den Vergleich der Retentionszeiten konnten unbekannte Peaks zugeordnet werden (Tab. 6). Sofern die Standards nur als freie Fettsäuren erhältlich waren, wurden diese Säure-katalysiert, mittels H₂SO₄/Methanol, nach IDF STANDARD 182:1999, methyliert. Wenn keine Standards erhältlich waren, wurden die Peaks durch Vergleich mit Chromatogrammen aus der Literatur [COLLOMB und BÜHLER, 2000; PRECHT und MOLKENTIN, 1999] identifiziert. Es konnten über 106 Fettsäuremethylester-Peaks detektiert, davon 52 identifiziert werden.

Fettsäure (Summenformel)	Trivialname der Fettsäuren	Bezeichnung der Fettsäuren nach IUPAC	Identifizierung mittels Standard (Angabe der Firma)
C 4:0	Buttersäure	Butansäure	Sigma-Aldrich
C 5:0	Valeriansäure	Pentansäure	
C 6:0	Capronsäure	Hexansäure	Sigma-Aldrich
C 7:0		Heptansäure	Sigma-Aldrich
C 8:0	Caprylsäure	Octansäure	Sigma-Aldrich
C 9:0	Pelargonsäure	Nonansäure	Sigma-Aldrich
C 10:0	Caprinsäure	Decansäure	
C 10:1 + C11:0	Caproleinsäure	Decensäure	
		Undecansäure	
C 12:0	Laurinsäure	Dodecansäure	
C 12iso		Iso-Dodecansäure	
C 12aiso		Aiso-Dodecansäure	
C 12:1 + C13:0		Dodecensäure + Tridecansäure	
C 13iso		Iso-Tridecansäure	
C 14:0	Myristinsäure	Butadecansäure	
C 14iso		Iso-Butadecansäure	
C 14aiso		Aiso-Butadecansäure	
C 14:1 c9	Myristoleinsäure	cis9-Butadecensäure	Sigma-Aldrich
C 15:0		Pentadecansäure	Sigma-Aldrich
C 15iso		Iso-Pentadecansäure	

C 16:0	Palmitinsäure	Hexadecansäure	Sigma-Aldrich
C 16:iso + C16:1 t9		Iso-Hexadecansäure	
C 16:iso		trans9-Hexadecensäure	Sigma-Aldrich
C 16:1 c9	Palmitoleinsäure	Aiso-Hexadecansäure	
C 17:0	Margarinsäure	cis9-Hexadecensäure	Sigma-Aldrich
C 17:iso		Heptadecansäure	Sigma-Aldrich
C 18:0	Stearinsäure	Aiso-Heptadecansäure	
C 18:1 c9	Ölsäure	Octadecansäure	Sigma-Aldrich
C 18:1 t6-t8 + t9		cis9-Octadecensäure	Sigma-Aldrich
		trans6- bis trans8-Octadecensäure	
C 18:1 c11	Elaidinsäure	trans9-Octadecensäure	Sigma-Aldrich
C 18:1 t10-t11	Vaccensäure	cis11-Octadecensäure	Sigma-Aldrich
		trans10-Octadecensäure	
C 18:1 c12	trans-Vaccensäure	trans11-Octadecensäure	Sigma-Aldrich
C 18:1 c13		cis12-Octadecensäure	Sigma-Aldrich
C 18:1 t12* - t14		cis13-Octadecensäure	
+ C18:1 c6*-8	*Petroselinsäure	trans12- bis trans14-Octadecensäure	*Sigma-Aldrich
C 18:2 c9c12	Linolsäure	cis6- bis cis8-Octadecensäure	*Sigma-Aldrich
C 18:2 c9c15		cis9,cis12-Octadiensäure	Sigma-Aldrich
C 18:2 c9t11 (CLA) ^a	Rumensäure	cis9,cis15-Octadiensäure	
C 18:2 c9c11 (CLA) ^a		cis9,trans11-Octadiensäure	Matreya ^b
C 18:2 t9t11 (CLA)		cis9,cis11-Octadiensäure	Matreya
C 18:2 t10c12 (CLA)		trans9,trans11-Octadiensäure	Matreya
C 18:2 c11t13 (CLA) ^c		trans10,trans12-Octadiensäure	Matreya
C 18:3 c6c9c12	γ-Linolensäure	cis11,trans13-Octadiensäure	Matreya
C 18:3 c9c12c15	α-Linolensäure	cis6,cis9,cis12-Octatriensäure	Sigma-Aldrich
C 19:0		cis9,cis12,cis15-Octatriensäure	Sigma-Aldrich
C 20:0	Arachinsäure	Nonansäure	Sigma-Aldrich
C 21:0		Eicosansäure	Sigma-Aldrich
C 20:1 c9		Heneicosansäure	Sigma-Aldrich
C 20:1 c11		cis9-Eicosensäure	
C 20:1 t11		cis11-Eicosensäure	Sigma-Aldrich
C 20:2 c11c13 (CLA) ^c		trans11-Eicosensäure	Sigma-Aldrich
C 20:2 c11c14		cis11,cis13-Eicosadiensäure	Matreya
C 20:3 c11c14c17		cis11,cis14-Eicosadiensäure	Sigma-Aldrich
C 20:5 c5c8c11c14c17 ^c		cis11,cis14,cis17-Eicosatriensäure	Sigma-Aldrich
C 22:0	Behensäure	cis5,8,11,14,17-Eicosapentaensäure	Sigma-Aldrich
		Docosansäure	Sigma-Aldrich

^a als Isomerengemisch: 75 % c9t11-CLA, 17 % c9c11-CLA

^b Matreya, USA

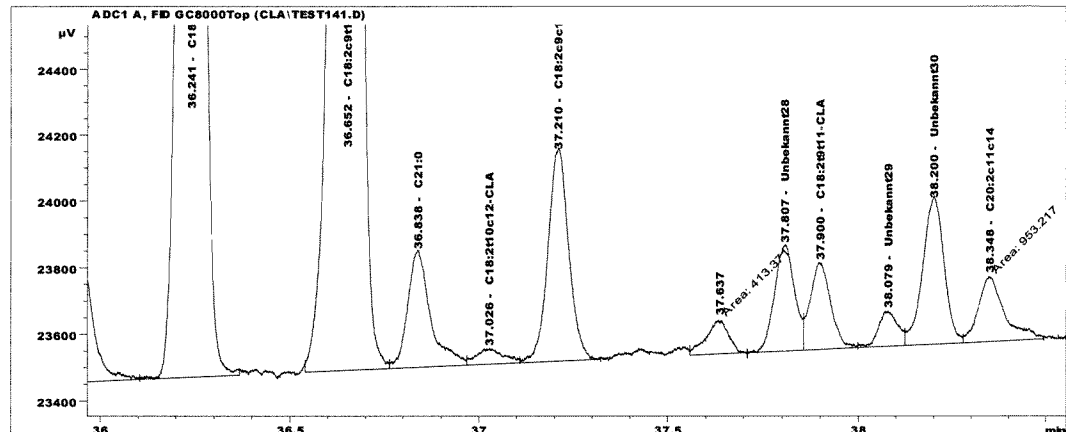
^c als Säure

Tabelle 6: Liste der Fettsäuren, die mittels Standards (Fettsäuremethylester) oder Literaturvergleich identifiziert wurden.

Die CLA-Isomere eluierten nach der α-Linolensäure (c9c12c15-C18:3), in der Reihenfolge c9t11, c11t13 (überlagert mit C21:0), t10c12, c9c11, t9t11 (Abb. 11). Wie bereits an anderer Stelle beschrieben [PRECHT und MOLKENTIN, 1999], ist die Elutionsreihenfolge der CLA-Isomere relativ stabil. Im Gegensatz dazu kann die Heneicosansäure (C21:0), die im Bereich der CLA eluiert und mit dem c11t13-CLA-Isomer überlagert, sehr stark im Chromatogramm wandern. Mittels der hier

angewendeten Methode konnte die Heneicosäure sowohl von der Rumensäure als auch vom c9c11-CLA-Isomer gut abgetrennt werden. (Abb. 11)

Das t10c12-Isomer war an der Nachweisgrenze im Milchfett enthalten und daher nur unter optimalen Bedingungen und ab einem Gehalt von 0.01 g/100 g Fettsäuren detektierbar.



Reihenfolge der Peaks: α -C18:3, c9t11-C18:2 (CLA), C21:0 (überlagert mit c11t13-C18:2), t10c12-C18:2 (CLA), 2 unbekannte Peaks, t9t11-C18:2 (CLA), 2 weitere unbekannte Peaks, C20:2.

Abbildung 11: Ausschnitt eines GC-Chromatogramms von Fettsäuremethylester im Bereich der CLA-Isomere.

Quantitative Auswertung

➤ Berechnung der Korrekturfaktoren:

Zur Berechnung der Korrekturfaktoren wurden FSME-Standards in bekannter Menge in Lösungsmittel gelöst und 5 mal unter den gleichen Bedingungen, wie die Milchproben analysiert. Um die Ergebnisse der GC-Analysen als g Fettsäure/100 g Gesamt-Fettsäuren zu erhalten, wurden die Massen der eingewogenen FSME-Standards auf die Masse der jeweiligen Fettsäuren umgerechnet:

$$\text{Masse}_{\text{FS}(i)} \text{ in g} = \text{Einwaage}_{\text{FSME}(i)} \text{ in g} \times \left(\frac{\text{MG}_{\text{FS}(i)}}{\text{MG}_{\text{FSME}(i)}} \right)$$

Aus dem Mittelwert der jeweils detektierten Peakflächen wurde der Korrekturfaktor nach IDF STANDARD 184:1999, nach folgender Formel, berechnet:

$$Kf_{FS(i)} = \frac{(\text{Masse}_{FS(i)} \times \text{Summe der Peakflächen}_{FS})}{(\text{Summe der Massen}_{FS} \times \text{Peakfläche}_{FS(i)})}$$

Um den relativen Korrekturfaktor der FS_i zu ermitteln, werden die erhaltenen Korrekturfaktoren in Bezug auf den Korrekturfaktor der Palmitinsäure standardisiert:

$$Kf'_{FS(i)} = Kf_{FS(i)} / Kf_{\text{Palmitinsäure}}$$

Die so errechneten Korrekturfaktoren sind in Tab. 7 zusammengefasst.

FS	Einwaage _{FS} (g)	Mittelwert Peakflächen _{FS} aus 5 GC- Läufen	Kf _{FS}	Kf' _{FS}
C4:0	0,0086	39820,5	1,4251	1,5379
C6:0	0,0095	50283,4	1,2373	1,3353
C7:0	0,0098	55234,7	1,1719	1,2647
C8:0	0,0098	58160,1	1,1133	1,2014
C9:0	0,0096	59807,0	1,0609	1,1449
C10:0	0,0094	59456,6	1,0436	1,1262
C12:0	0,0093	61894,1	0,9933	1,0719
C14:0	0,0095	64689,8	0,9676	1,0442
C16:0	0,0129	91540,7	0,9266	1,0000
C18:0	0,0144	103121,4	0,9180	0,9907
C18:1c9	0,0100	67965,4	0,9682	1,0449
C20:0	0,0123	89612,3	0,9063	0,9781
C20:1c	0,0101	69664,6	0,9577	1,0335
C21:0	0,0096	70599,7	0,8934	0,9641
C20:2c	0,0080	57220,9	0,9237	0,9968
C22:0	0,0095	70646,6	0,8854	0,9555

Tabelle 7: Berechnung der Korrekturfaktoren nach IDF STANDARD 184:1999.

Für die Korrekturfaktoren der Fettsäuren, die dazwischen eluierten, wurde ein Mittelwert errechnet. Für Peaks, die nicht eindeutig identifiziert werden konnten, wurde ein Korrekturfaktor von 1 angenommen.

➤ Milchproben:

Aus 2 GC-Analysen von ein und derselben Probe (Doppelbestimmung) wurde der Mittelwert der Peakflächen der einzelnen Fettsäuren errechnet und mit dem jeweiligen Korrekturfaktoren multipliziert. Die jeweilige Menge Fettsäure in Gramm pro 100 g Gesamtfettsäuren wurde nach folgender Formel berechnet (IDF STANDARD 184:1999):

$$\text{Massen\% FS}_i = \frac{\text{Kf}_{\text{FS}(i)} \times \text{Peakfläche}_{\text{FS}(i)} \times 100}{\text{Summe} (\text{Kf}_{\text{FS}(i)} \times \text{Peakfläche}_{\text{FS}(i)})}$$

Der Anteil des Glycerinrestes macht durchschnittlich 12,5 % des gesamten Fettmoleküls aus [TÖPEL, 1983]. Um die Menge FS in g/100 g Fett zu berechnen, muss der erhaltene Wert aus obiger Formel auf 87,5 % umgerechnet werden:

$$\text{g Fettsäure/100 g Fett} = (\text{g Fettsäure/100 g Gesamtfettsäuren}) \times 87,5 \%$$

Präzisionsdaten

➤ Präzision und Wiederholbarkeit der Methode:

Von ein und derselben Milchprobe wurden 10 Extraktionen gemacht und im Abstand von 1-2 Wochen, über einen Zeitraum von 19 Wochen, zusammen mit den laufenden Milchproben analysiert. Der Variationskoeffizient der Rumensäure betrug dabei 0,76 %. Damit war die Wiederholbarkeit der Methode speziell in Bezug auf CLA äußerst zufriedenstellend. Die Ergebnisse sind in Tab. 8 dargestellt.

➤ Reproduzierbarkeit: In Abgleichung mit 2 weiteren Instituten, wurden die Ergebnisse der GC-Analyse bestätigt und als richtig befunden.

Mengenangaben: g FS/100g FS	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standard- abweichung	Variations- koeffizient (%)
C4:0	3,66	3,56	3,74	0,0723	1,97
C6:0	1,90	1,86	1,95	0,0268	1,41
C8:0	0,98	0,96	1,00	0,0125	1,27
C10:0	1,98	1,95	2,01	0,0183	0,92
C12:0	2,22	2,18	2,25	0,0214	0,96
C12:1cis + C13	0,13	0,12	0,13	0,0032	2,48
C13iso	0,18	0,18	0,19	0,0010	0,53
C14:0	8,67	8,56	8,74	0,0529	0,61
C14iso	0,33	0,33	0,33	0,0014	0,43
C14a iso	0,63	0,62	0,63	0,0042	0,67
C14:1c9	0,68	0,67	0,71	0,0103	1,50
C15:0	1,22	1,21	1,23	0,0056	0,46
C15iso	0,38	0,37	0,38	0,0021	0,55
C16:0	23,51	23,44	23,60	0,0507	0,22
C16iso + C16:1t9	0,66	0,63	0,66	0,0101	1,55
C16:1c9	1,47	1,38	1,60	0,0568	3,86
C17:0	0,77	0,76	0,78	0,0065	0,84
C17a iso	0,31	0,30	0,31	0,0027	0,88
C18:0	10,93	10,79	11,06	0,0775	0,71
C18:1t9 + C18:1t6-8	0,51	0,42	0,55	0,0477	9,38 ^a
C18:1t10-t11	3,91	3,85	3,97	0,0394	1,01
C18:1t12-14	0,27	0,25	0,30	0,0164	6,01 ^a
C18:1c9 + c6-8	24,15	24,00	24,26	0,0900	0,37
C18:1c11	0,67	0,60	0,74	0,0544	8,11
C18:1c12	0,17	0,15	0,19	0,0161	9,49
C18:1c13	0,09	0,08	0,10	0,0074	8,50
C18:2c9c12	1,81	1,79	1,83	0,0144	0,80
C20:0	0,20	0,19	0,21	0,0062	3,13
C18:3n6 + Unbekannte	0,03	0,03	0,04	0,0037	11,23 ^b
C20:1c9	0,19	0,18	0,19	0,0038	2,02
C20:1c11	0,06	0,06	0,07	0,0038	5,99 ^b
C18:3 c9c12c15	0,98	0,97	0,99	0,0049	0,50
C18:2c9t11-CLA	1,62	1,60	1,64	0,0123	0,76^b
C21:0 + C18:2c11t13-CLA	0,06	0,05	0,06	0,0046	7,98 ^b
C18:2c9c11-CLA	0,12	0,12	0,13	0,0058	4,68
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,03	0,05	0,0050	12,97 ^b
C20:2c11c14	0,03	0,03	0,03	0,0011	3,26
C22:0	0,09	0,08	0,11	0,0087	9,48
C20:3n3	0,02	0,02	0,02	0,0007	4,03
C20:2c11t13 konj.	0,09	0,09	0,09	0,0012	1,38

^a je nach Säulenqualität ist die Fettsäure abtrennbar

^b Fettsäure ist nur in Spuren vorhanden, daher ist der Variationskoeffizient sehr groß

Tabelle 8: Wiederholbarkeit und Methodengenauigkeit im zeitlichen Verlauf (19 Wochen, n = 10).

3.2.6 Statistik

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm MS Excel Office 2000.

Es wurde eine allgemeine deskriptive Statistik durchgeführt, sowie die Korrelationsfaktoren zwischen einzelnen Fettsäuren berechnet.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 CLA-Gehalt in österreichischer Trinkmilch

Mit der vorliegenden Arbeit wurde erstmals der Gehalt an CLA-Isomeren in der österreichischer Trinkmilch untersucht. In den 132 analysierten Milchproben waren beträchtliche Unterschiede zwischen den einzelnen Proben feststellbar. Da die Rumensäure (c9t11-CLA) sowohl quantitativ, als auch bezüglich der physiologischen Wirksamkeit die bedeutendste konjugierte Fettsäure darstellt, wurde besonderer Bedacht auf dieses Isomer gelegt. So betrug der höchste ermittelte Gehalt an Rumensäure 1.47 g/100 g Milchfett bzw. 1.68 g/100 g Fettsäuren und wurde im September, während des Überganges von der Alm- zur Weidehaltung, gemessen. Der niedrigste Wert dagegen betrug 0.33 g Rumensäure/100 g Milchfett bzw. 0.38 g/100 g Fettsäuren und stammte von einer Milchprobe, die im Dezember, während der Stallhaltungsperiode, gezogen wurde. Die beiden Werte stammen aus unterschiedlichen Probenahmegebieten.

Im Vergleich dazu fanden PRECHT und MOLKENTIN (1999) in Milch aus Deutschland Rumensäure-Werte von 0.10 bis 1.89 % mit einem Durchschnitt von 0.75 % (bezogen auf Fettsäuren). COLLOMB et al. (2001) geben den Gehalt an Rumensäure mit 0.66 bis sogar 2.56 g/100 g Fett¹⁷ in Milch aus der Schweiz an. Allerdings könnte es bei der angewendeten Methode [COLLOMB und BÜHLER, 2000] durchaus zu zumindest teilweisen Überlagerungen der Rumensäure mit dem Peak der C21:0-Fettsäure und/oder anderen CLA-Isomeren (z.B. c11t13-C18:2) und damit zur Ermittlung von relativ hohen Rumensäure-Werten kommen. Pasteurisierte Trinkmilch aus Italien, die im Rahmen einer Warenkorbanalyse untersucht wurde, wies einen Gehalt an Rumensäure von 0.73 g/100 g Fett auf [PRANDINI et al., 2001]. Der Zeitpunkt der Probennahme wurde dabei nicht angegeben, daher ist der genannte Wert mit den CLA-Gehalten dieser Arbeit nicht vergleichbar.

¹⁷ Als g/100 g Gesamt-Fettsäuren angegeben würden die Werte sogar noch höher liegen.

Wie bereits bei ULBERTH und ROGENHOFER (1989) ersichtlich, sind - zumindest im mitteleuropäischen Raum - die niedrigsten CLA-Werte im Monat April zu erwarten. Da mit der vorliegenden Arbeit erst Ende April begonnen wurde, könnte der Gehalt an Rumensäure in der österreichischen Trinkmilch während der Wintermonate eventuell sogar noch niedrigere Werte annehmen.

Die Werte der konjugierten Eicosadiensäure (c11t13-C20:2), die ebenso wie die Rumensäure antikanzerogene Wirkung zeigte [PALOMBO et al., 2002], lagen mit 0.07 bis 0.09 g/100 g Fett, im Vergleich zur Rumensäure, verhältnismäßig niedrig. Der Gehalt dieser Fettsäure scheint im Milchfett relativ stabil zu sein, da die Schwankungen nur 0.02 g/100 g Fett betragen. In der Literatur sind bisher noch keine Werte dieser Fettsäure im Milchfett angegeben worden.

CLA-Gehalt in Abhängigkeit von der Höhenlage (Futtergrundlage) der Probenahmegebiete

Wie bereits bei COLLOMB et al. (2001) berichtet, spielt, zumindest während der Alpungs- und Weidehaltungsperioden, die Höhenlage eine bedeutende Rolle.

Mit der vorliegenden Arbeit sollte auch der Einfluss dieses Faktors auf den CLA-Gehalt dargestellt werden. Dazu wurde der Gehalt an Rumensäure in Bezug zur mittleren Höhenlage der jeweiligen Probenahmegebiete gebracht und mittels Streudiagramm (Abb. 12) dargestellt. Die Daten dazu stammen aus dem Österreich-Querschnittsvergleich.

Milch aus Probenahmegebieten, die auf einer Höhe bis 600 m ü.M. lagen, wiesen durchwegs Rumensäure-Gehalte von unter 1 g/100g Fett auf.

Die Milch aus Probenahmegebieten zwischen 600 und ca.1200 m ü.M. zeigte große Unterschiede im Gehalt an Rumensäure (0.55 bis 1.32 g/100 g Fett). Der Grund dafür liegt einerseits darin, dass sowohl Sommer- als auch Wintermilch berücksichtigt wurde. Andererseits kommen hier vermutlich auch weitere Einflussfaktoren stärker zum Tragen, wie z.B. die Futterzusammensetzung (Zufütterung von Heu und/oder Kraftfutter

während der Alpfung/Weidehaltung), die energetische Versorgung der Milchtiere, eventuell auch die Rasse (siehe Kapitel 2.4).

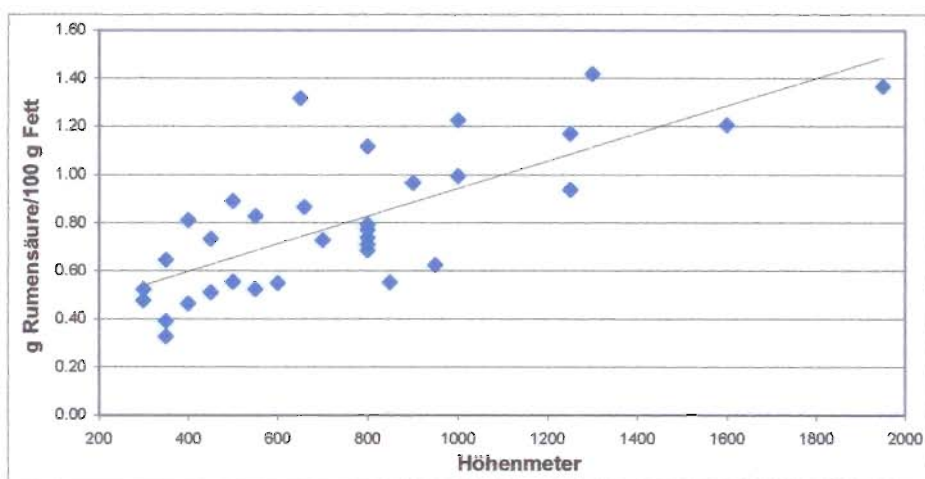


Abbildung 12: Abhängigkeit des Gehaltes an Rumensäure in Milchfett von der durchschnittlichen Höhenlage des jeweiligen Probenahmegebietes.

Die Milchproben aus Gebieten über 1200 m ü.M. enthielten über 1.2 g Rumensäure/100 g Fett. Der höchste Wert (1.47 g Rumensäure/100 g Fett – hier nicht dargestellt) wurde in einer Milchprobe von Kühen, die auf 500-1100 m ü.M. gehalten wurden, gemessen.

Im Vergleich dazu ermittelten COLLOMB et al. (2001) folgende Rumensäure-Werte in Sommermilch aus der Schweiz: 0.66-1.02 g/100 g Fett bei einer Höhenlage von 600-650 m ü.M., 1.22-1.74 g/100 g Fett bei einer Höhenlage von 900-1210 m ü.M., 1.78-2.56 g/100 g Fett bei einer Höhenlage von 1275-2120 m ü.M.

Bis zu einer Höhenlage von 1210 m ü.M. sind die Rumensäure-Gehalte in österreichischer und schweizer Milch vergleichbar. Die Werte aus der Schweiz liegen zwar etwas höher, stammen aber auch aus einheitlicheren und weniger ausgedehnten Probenahmegebieten. Wie bereits oben angedeutet, könnten die etwas höheren Rumensäure-Werte der schweizer Milch auch durch eventuelle Überlagerungen der Rumensäure mit der Heneicosäure (C21:0) und/oder CLA-Isomeren Zustände kommen. Deutlich höher liegen dagegen die Rumensäure-Gehalte in Milchproben von

Kühen, die auf über 1200 m ü.M. gehalten wurden. Ein möglicher Grund könnte die Futterzusammensetzung sein. Vermutlich erfolgte in der Schweiz keine Zufütterung von Silage, Kraftfutter und/oder Heu während der Alpung/Weidehaltungsperioden, während in Österreich die zusätzliche Gabe dieser Futtermittel üblich zu sein scheint.

Die Abhängigkeit der CLA-Gehalte in der Milch von der Höhenlage der Probenahmegebiete liegt in der unterschiedlichen Zusammensetzung der Flora begründet (siehe Kap. 2.4.1).

Wie bei COLLOMB et al. (2001) kann auch mit dieser Arbeit ein maßgeblicher Einfluss der Höhenlage und damit die günstige Wirkung der Alpung auf den CLA-Gehalt der Milch bestätigt werden.

4.2 CLA-Varianten in österreichischer Trinkmilch

4.2.1 CLA-Isomerenverteilung

Mit der angewendeten Analysenmethode konnten die CLA-Isomere c9t11, c9c11, t9t11, t10c12, sowie die konjugierte Eicosadiensäure (c11t13-C20:2) gut voneinander getrennt und ohne Überlagerung mit anderen Fettsäuren detektiert werden.

Der Anteil der Rumensäure (c9t11-CLA) an den gesamten CLA machte im Mittel 90,34 % aus (Abb. 13) und ist damit vergleichbar mit Angaben aus der Literatur (über 92% bei COLLOMB et al., 2001; über 80% in allen untersuchten Milchprodukten bei PRANDINI et al., 2001). Die weiteren detektierten CLA-Isomere machten jeweils einen Anteil von unter 10 % der Gesamt-CLA aus. Den geringsten Anteil mit 0,36 % hatte das t10c12-Isomer, sofern es überhaupt nachweisbar war.

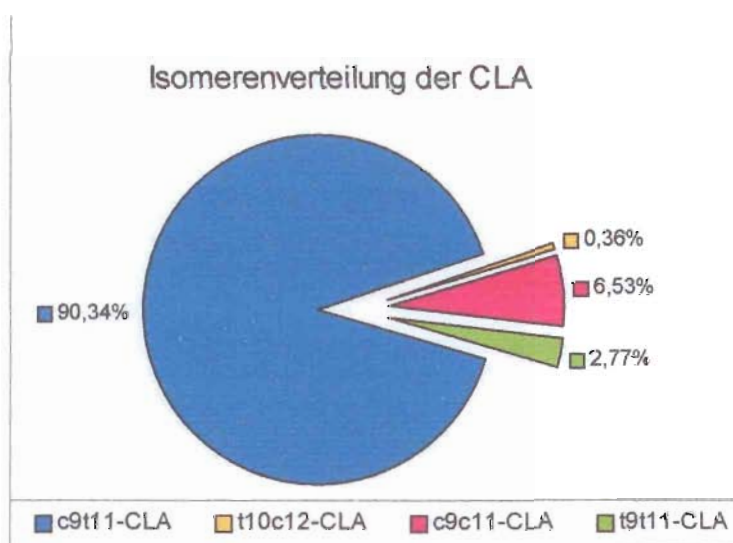


Abbildung 13: Anteil der einzelnen CLA-Isomere am Gesamt-CLA-Gehalt der österreichischen Trinkmilch.

4.2.2 Korrelationen mit anderen Fettsäuren

Wie bereits bei PRECHT und MOLKENTIN (1999) betont wurde, konnte auch bei dieser Arbeit eine starke Korrelation zwischen der Rumensäure und der trans-

Vaccensäure festgestellt werden (Abb. 14, Tab. 9). Der Korrelationskoeffizient betrug 0.988. PRECHT und MOLKENTIN (1999) ermittelten mit 0.98 einen fast gleich hohen Korrelationskoeffizient.

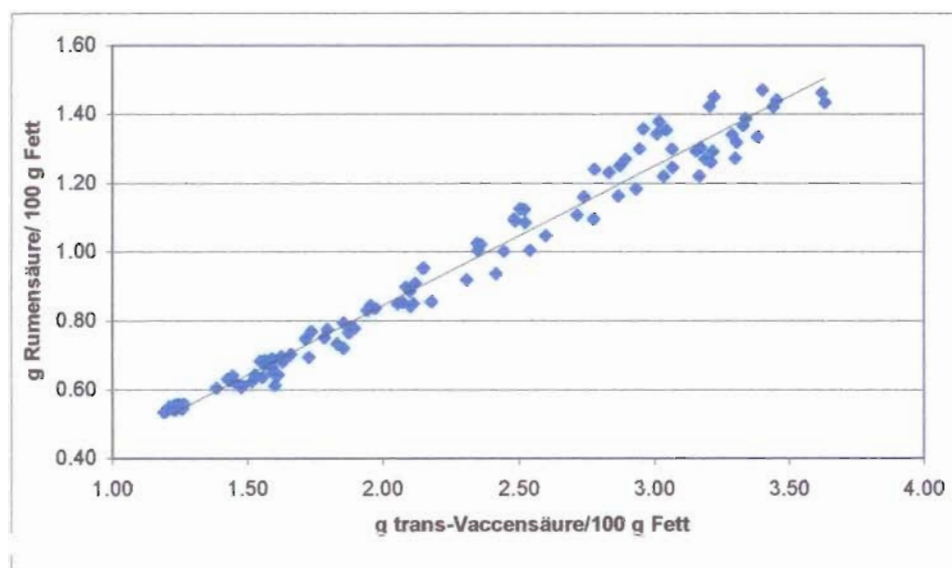


Abbildung 14: Korrelation zwischen Rumensäure und trans-Vaccensäure (inkl. t10-C18:1) in der Milch.

Korrelationsfaktoren	C16:0	C18:0	C18:1t10-t11	C18:1c9 + C18:1c6-8	C18:2c9t11-CLA	C18:2c9c11-CLA	C18:2t9t11-CLA	C20:2c11t13 konjugiert
C16:0	1.000							
C18:0	-0.918	1.000						
C18:1t10-t11	-0.972	0.859	1.000					
C18:1c9 + C18:1c6-8	-0.921	0.944	0.857	1.000				
C18:2c9c12	-0.598	0.533	0.594	0.542				
C18:2c9t11-CLA	-0.944	0.795	0.988	0.800	1.000			
C18:2c9c11-CLA	-0.887	0.720	0.931	0.758	0.940	1.000		
C18:2t9t11-CLA	-0.637	0.444	0.631	0.470	0.674	0.666	1.000	
C20:2c11t13 konjugiert	0.490	-0.546	-0.483	-0.535	-0.434	-0.349	-0.115	1.000

Tabelle 9: Korrelationsfaktoren zwischen Palmitin-, Stearin-, trans-Vaccen- (inkl. t10-C18:1), Ölsäure, den CLA-Isomeren und der konjugierten Eicosadiensäure.

Der Grund für den hohen Korrelationsfaktor zwischen diesen beiden Fettsäuren liegt im gleichen Syntheseweg im Zuge der Biohydrierung im Pansen. Auch zur Stearinsäure (C18:0), dem Endprodukt der bakteriellen Biohydrierung, und zur Ölsäure (c9-C18:1)

besteht noch eine starke aber bereits deutlich geringere Korrelation, sowohl von der Rumensäure, als auch von der trans-Vaccensäure. Mit der Palmitinsäure (C16:0) sind die Rumensäure und die trans-Vaccensäure stark negativ korreliert.

Auch PRANDINI et al. (2001) beschreiben eine positive Korrelation der CLA mit der Stearin- und Ölsäure, sowie eine negative Korrelation mit der Palmitinsäure.

Kaum ein Zusammenhang besteht zwischen der Rumensäure und der konjugierten c11t13-Eicosadiensäure ($r = -0.43$).

4.3 CLA-Gehalt im jahreszeitlichen Verlauf

Der jahreszeitliche Verlauf des CLA-Gehaltes (c9t11-, c9c11- und t9t11-Isomere) der Milch von den 3 teilnehmenden Betrieben ist auf den folgenden Seiten abgebildet und beschrieben. Die Einzeldaten sind im Anhang ersichtlich.

Milchproben von Betrieb 1

Die Tab. 10 und Abb. 15 zeigen jeweils die Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der Rumensäure (c9t11-CLA) während der einzelnen Haltungsperioden in den Milchproben von Betrieb 1.

Haltung	Minimum	Maximum	Mittelwert
Stall Frühling (n=1)	0,63	0,63	0,63
Weide Frühling (n=5)	0,72	0,92	0,80
Alpung (n=14)	0,84	1,46	1,22
Weide Herbst (n=6)	0,91	1,47	1,28
Stall Herbst (n=8)	0,61	1,09	0,80

Tabelle 10: Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der Rumensäure (c9t11-CLA) in g/100 g Fett während einzelner Fütterungsperioden (Betrieb 1).

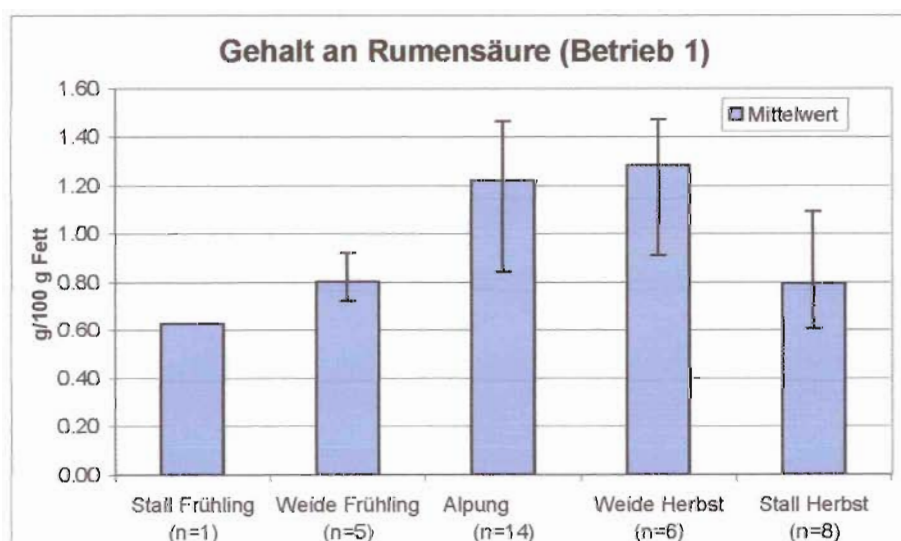


Abbildung 15: Gehalt an Rumensäure in Milch von Betrieb 1 während der verschiedenen Haltungs- und Fütterungsperioden.

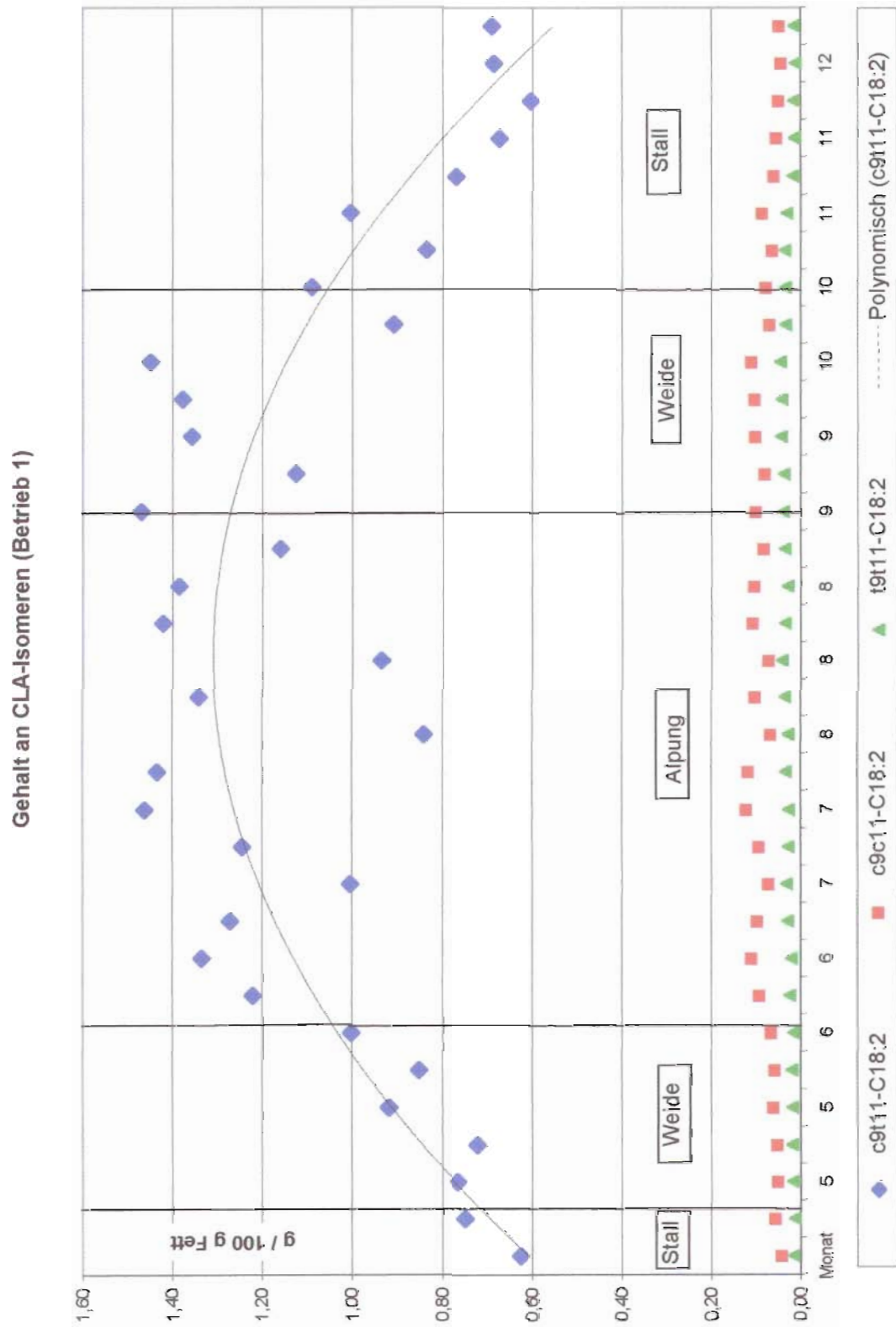


Abbildung 16: Jahreszeitlicher Verlauf der CLA-Isomere in Milch, von Mai bis Dezember, im Betrieb 1.

Abb. 16 zeigt den Gehalt der 3 bedeutendsten CLA-Isomere in den Milchproben von Betrieb 1 im Verlauf der Untersuchungen. Die Milchtiere wurden ganzjährig silofrei gefüttert. Während der Alpung und Weidehaltung wurde zusätzlich zum frischen Grünfutter noch Rauh- und Kraftfutter verabreicht.

Der höchste CLA-Gehalt wurde in einer Milchprobe dieses Betriebes gemessen und betrug 1.47 g Rumensäure bzw. 1.62 g Gesamt-CLA/100 g Fett. Allerdings wurden sehr unterschiedliche Werte des CLA-Gehaltes, besonders während der Alpung, gemessen. Die Ursache dafür könnte im ausgedehnten Probenahmegebiet dieses Betriebes liegen. Dadurch kann es zu unterschiedlichen Mischungsverhältnissen der Milch an den jeweiligen Probenahmetagen kommen, bzw. zumindest ein Teil der Milch von Touren aus tieferen Lagen stammen.

Ausgehend vom Wert der ersten Probe, Ende April (0.63 g Rumensäure/100 g Fett), stieg der Gehalt dieses CLA-Isomers um 194 % auf den durchschnittlichen Gehalt von 1.22 g/100 g Fett während der Alpengperiode.

Aus diesen Ergebnissen ist ersichtlich, dass Alpung bzw. ausschließliche Weidehaltung zu einem deutlichen aber nicht generellen Anstieg des CLA-Gehaltes in der Milch führt.

Milchproben von Betrieb 2

Die CLA-Gehalte der Milchproben von Betrieb 2 während der einzelnen Fütterungsperioden sind in Tab. 11 und Abb. 17 dargestellt.

Haltung	Minimum	Maximum	Mittelwert
Stall Frühling (n=2)	0,64	0,64	0,64
Weide Frühling (n=4)	0,78	1,05	0,88
Alpung (n=17)	1,11	1,44	1,30
Weide Herbst (n=7)	0,70	1,27	1,10
Stall Herbst (n=5)	0,61	0,68	0,65

Tabelle 11: Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der Rumensäure (c9t11-CLA) in g/100 g Fett während einzelner Fütterungsperioden (Betrieb 2).

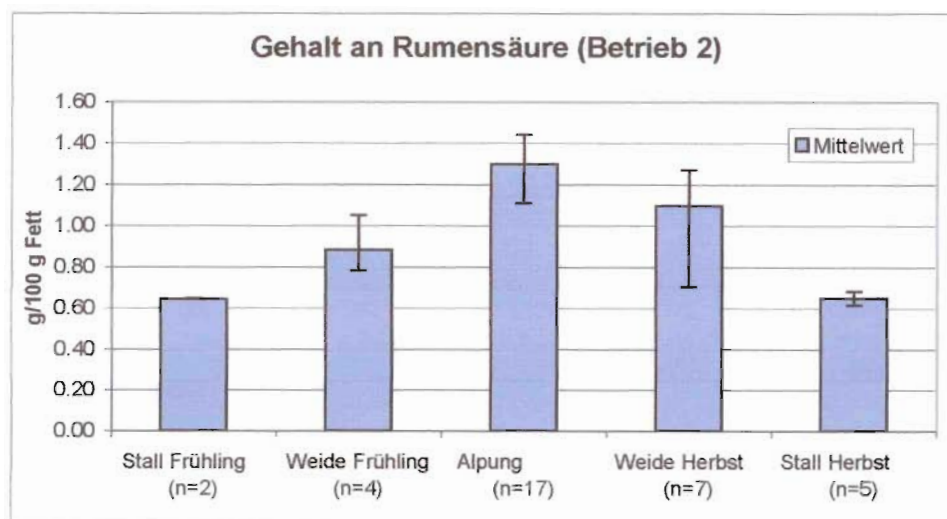


Abbildung 17: Gehalt an Rumensäure in Milch von Betrieb 2 während der verschiedenen Haltungs- und Fütterungsperioden.

Abb. 18 zeigt den jahreszeitlichen Verlauf der detektierten CLA-Isomere in den Milchproben dieses Betriebes. Auch die Kühe dieses Probenahmegebietes wurden ganzjährig silofrei gefüttert, erhielten aber während der Alpungs- und Weidehaltungsperioden zusätzlich zum frischen Grünfutter noch Rau- und Kraftfutter.

Mit der Umstellung von Stall- auf Weidehaltung im Frühling und der zunehmenden Gabe von frischem Grünfutter ist ein deutlicher Anstieg des CLA-Gehaltes, im Speziellen der Rumensäure, ersichtlich. Die höchsten Gehalte konnten während der Almhaltung (bis über 2000 m), im August, festgestellt werden. Sehr deutlich ist der Abfall des CLA-Gehaltes während der Übergangsperiode im Herbst. Da aber eine besonders späte Umstellung von der Weide- auf die Stallhaltung erfolgte, ist anzunehmen, dass bereits vermehrt Heu und Kraftfutter zugefüttert wurde.

Die prozentuelle Zunahme vom Ausgangswert (Ende April) bis zum durchschnittlichen Rumensäure-Gehalt im Sommer beträgt 203 %.

Aufgrund des einheitlichen Probenahmegebietes schlägt hier der jahreszeitliche Verlauf des CLA-Gehaltes besonders deutlich durch.

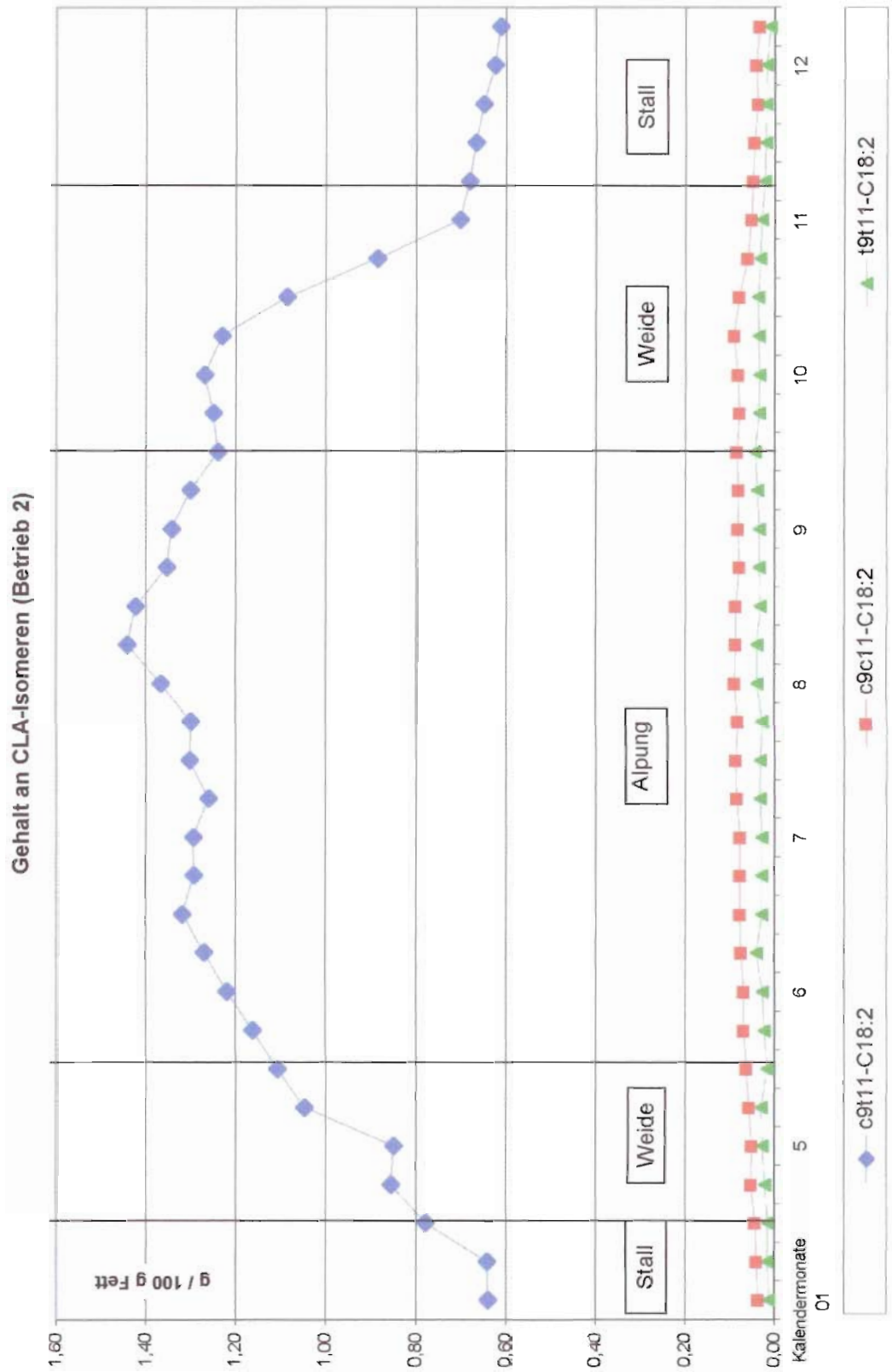


Abbildung 18: Jahreszeitlicher Verlauf der CLA-Isomere in Milch, von Mai bis Dezember 2001, im Betrieb 2.

Milchproben von Betrieb 3

Die Tab. 12 und Abb. 19 zeigen jeweils die Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der Rumensäure (c9t11-CLA) während der einzelnen Fütterungsperioden in den Milchproben von Betrieb 3.

Haltung	Minimum	Maximum	Mittelwert
Frühling Stall (n=6)	0,54	0,64	0,59
Sommer Weide (n=22)	0,61	1,18	0,85
Herbst Stall (n=6)	0,53	0,63	0,57

Tabelle 12: Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der Rumensäure (c9t11-CLA) in g/100 g Fett während einzelner Fütterungsperioden (Betrieb 3).

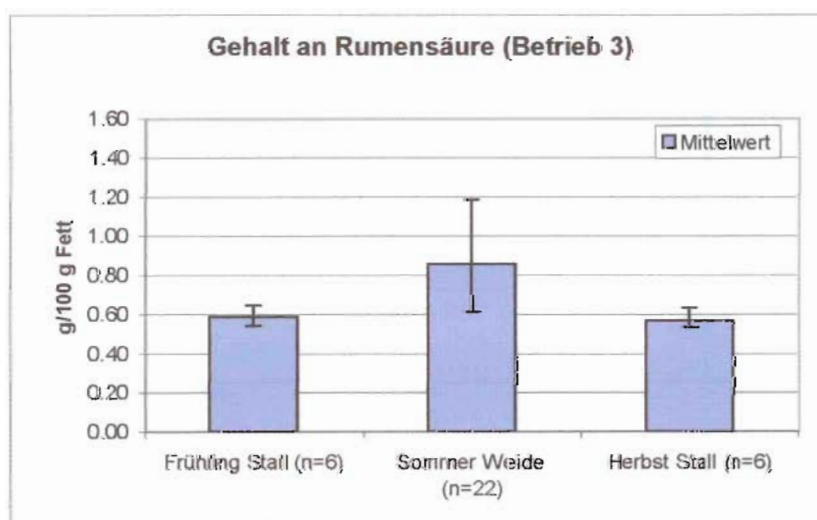


Abbildung 19: Gehalt an Rumensäure in Milch von Betrieb 3 während der verschiedenen Haltungs- und Fütterungsperioden.

Abb. 20 zeigt den jahreszeitlichen Verlauf des CLA-Gehaltes der Milchproben dieses Betriebes. Da die Milchtiere dieses Betriebes während der Sommermonate zwar auf der Weide, nicht aber auf Almen gehalten wurden, verläuft die CLA-Kurve deutlich niedriger als dies bei den Milchproben von Betrieb 1 und 2 der Fall ist. Weiters wurde den Tiere ganzjährig Silo verfüttert, womit sich ein generell niedrigerer CLA-Gehalt, im Vergleich zu den Milchproben der anderen Betrieben, erklären lässt.

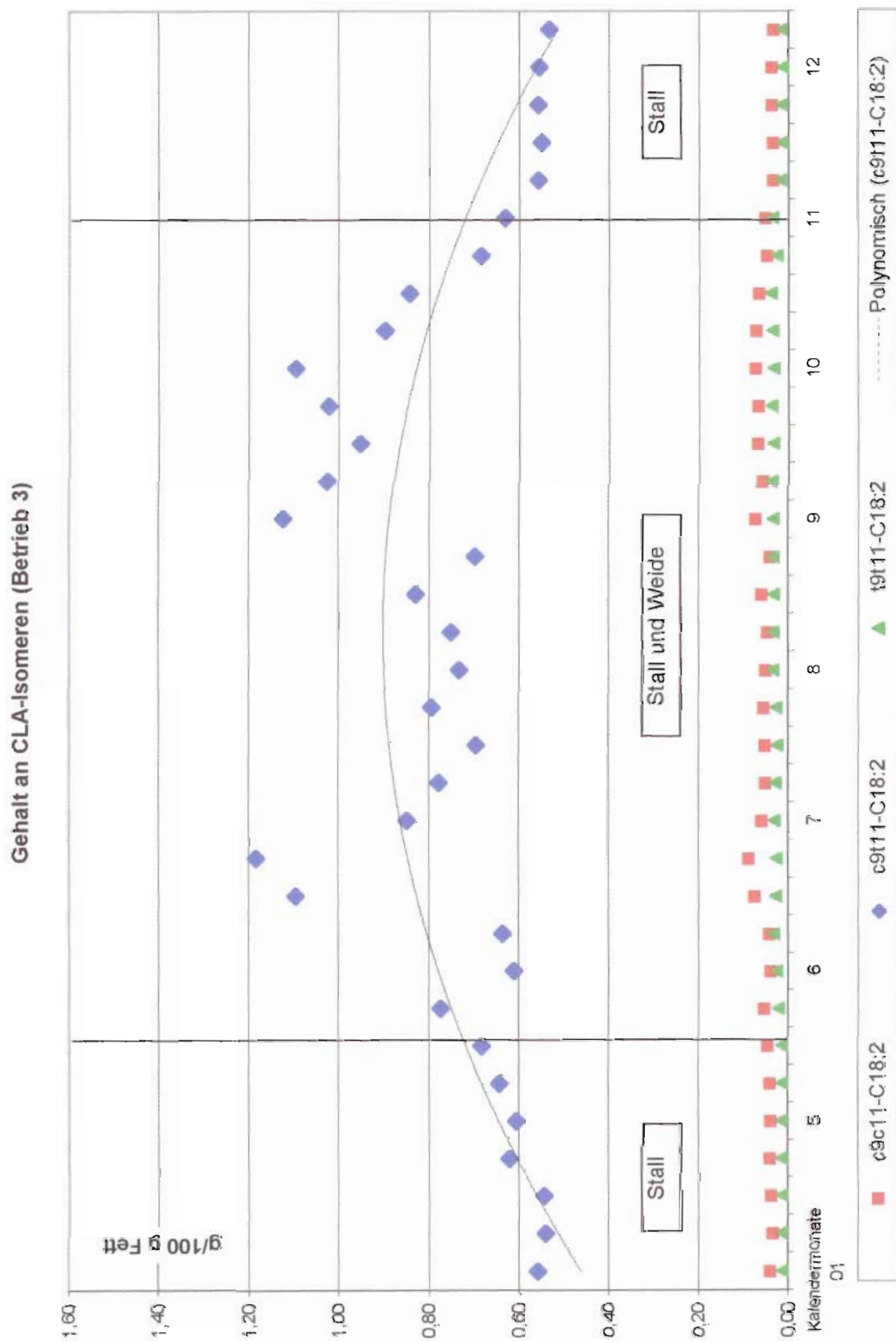


Abbildung 20: Jahreszeitlicher Verlauf der CLA-Isomere in Milch, von Mai bis Dezember 2001, im Betrieb 3.

Auffällig ist der plötzliche Abfall der CLA-Werte während der Weidehaltungsperiode im Sommer. Eine Erklärung dafür könnte sind, dass vermutlich ein großer Teil der Milchtiere auf Almen gehalten wurde und damit für die Trinkmilchproduktion ausfiel. Ersichtlich ist diese Annahme aus den sehr niedrigen Milchliefermengen während dieser Zeit. Ein anderer Grund könnte in der energetischen Unterversorgung der Milchtiere liegen. Wie bei PRECHT und MOLKENTIN (1999) beschrieben, könnte es durch einen Energiemangel der Tiere im Frühling, aufgrund der Verfütterung von jungem Gras, zum Anstieg des CLA-Gehaltes kommen. Diese Vermutung wird durch den relativ niedrigen Korrelationsfaktor von 0.87 (Tab. 13) zwischen der Rumen- und trans-Vaccensäure verstärkt. Ausgehend vom Korrelationsfaktor zwischen diesen beiden Fettsäuren scheinen die Tiere während der Sommermonate (Tab. 14) wieder ausreichend versorgt zu sein, sodass es zum Abfall des CLA-Gehaltes kommt. Im September hingegen könnte es zu einer Vermischung mit Milch von Tieren, die auf höheren Lagen gehalten wurden, gekommen sein, was aus den steigenden Milchliefermengen angenommen werden kann. Eindeutig geklärt können die starken Schwankungen des Rumensäure-Gehaltes in den Milchproben dieses Betriebes allerdings nicht.

<i>Korrelations- faktoren</i>	<i>t10-t11-C18 :1</i>	<i>c9t11-CLA</i>
t10-t11-C18:1		1
c9t11-CLA	0.8728338	1

Tabelle 13: Korrelationsfaktoren zwischen Ölsäure, trans-Vaccensäure (inkl. t10-C18:1) und Rumensäure(c9t11-CLA) in Milch von Betrieb 3, von Mai bis Mitte Juni 2001.

<i>Korrelations- faktoren</i>	<i>t10-t11- C18:1</i>	<i>c9t11-CLA</i>
t10-t11-C18:1		1
c9t11-CLA	0.93323138	1

Tabelle 14: Korrelationsfaktoren zwischen Ölsäure, trans-Vaccensäure (inkl. t10-C18:1) und Rumensäure (c9t11-CLA) in Milch von Betrieb 3, von Ende Juni bis Mitte August 2001.

Die prozentuelle Zunahme des mittleren CLA-Gehaltes während der Stallhaltungsperiode im Frühling und der Weidehaltungsperiode im Sommer lag mit 144 % deutlich niedriger als bei Betrieb 1 und 2.

Die Fütterung steht in einem engen Zusammenhang mit der Haltung und ist der eigentliche Grund für die jahreszeitlichen Schwankungen des CLA-Gehaltes in der Milch. Wie bereits bei DHIMAN et al. (1999) beschrieben, steigt der CLA-Gehalt mit dem Anteil an frischem Grünfutter in der Versorgung der Milchtiere. Frisches Grünfutter wird von den Milchtieren in vermehrtem Maße während der Weide- und Almhaltung aufgenommen und ist auch in dieser Arbeit der Grund für den allgemeinen Anstieg des CLA-Gehaltes während der Sommermonate.

Besonders ausgeprägt erscheint dieser Anstieg während der Almhaltungsperiode, was in Zusammenhang mit der Höhenlage und damit der Kräuterzusammensetzung steht. Damit können die Aussagen von COLLOMB et al. (2001) bestätigt werden.

Vergleicht man die Werte der Betriebe 1 und 2, so ist ersichtlich, dass der CLA-Gehalt der Milch von Betrieb 2 zwar annähernd hohe Werte im Sommer während der Alpung erreichte, aber die höchsten Werte in der Milch von Betrieb 1 festgestellt werden konnten. Dieser zwar minimale Unterschied könnte einerseits durch unterschiedliche geographische Gegebenheiten und damit in der Futter-Kräuterzusammensetzung, eventuell auch durch Unterschiede in der Rinderrassen-Verteilung (Betrieb 1: vorwiegend Fleckvieh; Betrieb 2: vorwiegend Braunvieh) begründet sein.

Ohne Zufütterung von Rauh- und Kraftfutter während der Alpung könnten die CLA-Gehalte dieser Milchproben vermutlich sogar noch höher liegen, als die hier analysierten Werte.

Die Milchproben von Betrieb 3 wiesen, aufgrund anderer Fütterungs- und Haltungsbedingungen, deutlich niedrigere CLA-Gehalte auf, als die Proben von Betrieb 1 und 2. Die Milchtiere wurden im Sommer nicht gealpt und erhielten ganzjährig Silage verfüttert.

In der Bundesrepublik Deutschland betragen die durchschnittlichen CLA-Gehalte 0.45% während der Stallfütterungsperiode, 0.76 % in der Übergangszeit (Frühling und Herbst) und bis 1.20 % während der Weidehaltungsperiode im Sommer [PRECHT und MOLKENTIN, 1999]. Diese Werte sind vergleichbar mit jenen, die in den Milchproben von Betrieb 1 und 2 erhalten wurden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es in Abhängigkeit von Haltungs- und Fütterungsbedingungen der Milchtiere zu unterschiedlichen CLA-Gehalten in der Milch kommt. Die Milchproben von großen Probenahmegebieten können zudem große Schwankungen im CLA-Gehalt aufweisen. Dennoch sind die hohen CLA-Gehalte, wie sie während der Sommermonate möglich sind, im Winter, während der Stallhaltungsperiode, generell nicht erreichbar.

4.4 Geographische Abhängigkeit des CLA-Gehaltes in Trinkmilch

Tab. 15 und Abb. 21 zeigen die Gehalte an Rumensäure in den Milchproben, die im Zuge des österreichweiten Querschnittvergleiches untersucht wurden. Die Einzeldaten sind im Anhang ersichtlich.

Milchproben	Sommer	Winter
V/T 1	1.23	0.73
V/T 2	0.94	0.58
V/T 3	1.42	0.69
V/T 4	1.37	0.63
S 1	1.21	0.77
S 2	1.17	0.79
S 3	1.32	0.74
K 1	0.97	0.55
K 2	0.99	0.55
ST 1	1.12	0.71
ST 2	0.87	0.48
OÖ 1	0.89	0.56
OÖ 2	0.81	0.46
NÖ/B 1	0.83	0.52
NÖ/B 2	0.65	0.52
NÖ/B 3	0.73	0.51
NÖ/B 4	0.39	0.33

Tabelle 15: Gehalte an Rumensäure in Milchproben des Österreich-Querschnittsvergleiches (Sommer und Winter).

In der Abb. 21 sind der Maximal- und Minimalwert des CLA-Gehaltes graphisch dargestellt. Während der höchste Wert (1.42 g Rumensäure/100 g Fett) im Sommer in einer Milchprobe aus Vorarlberg/Tirol gemessen wurde, stammte der niedrigste gemessene Wert (0.33 g Rumensäure/100 g Fett) aus einer Winter-Milchprobe aus Niederösterreich/Burgenland.

Aufgrund der, zumindest im Großteil Österreichs üblichen, Weidehaltung/Alpung während der Sommermonate, ist ein deutlicher Unterschied im CLA-Gehalt zwischen

der Winter- und Sommermilch bemerkbar. Sofern die Tiere ganzjährig im Stall gehalten werden, wird im Sommer meist frisches Grünfutter gefüttert. Allein die Milchprobe NÖ/B 4 stammte von Kühen, denen ganzjährig Silage verfüttert wurde, was der Grund für den minimalen Unterschied des CLA-Gehaltes zwischen Sommer und Winter, sowie die deutlich niedrigeren Werte ist. Wie bei DHIMAN et al. (1999) beschrieben, findet man bei Verfütterung von konservierten Futtermitteln, wie Silage, die niedrigsten CLA-Gehalte in der Milch. Auch die Kühe der Milchproben OÖ 1 wurden ganzjährig im Stall gehalten, allerdings erhielten sie während der Sommermonate frisches Grünfutter und kein siliertes Futter. Damit erklärt sich einerseits der Unterschied im CLA-Gehalt zwischen den beiden genannten Milchproben, andererseits, dass durch Gabe von frischem Gras, trotz ganzjähriger Stallhaltung, ein Anstieg des CLA-Gehaltes während des Sommers bemerkbar ist.

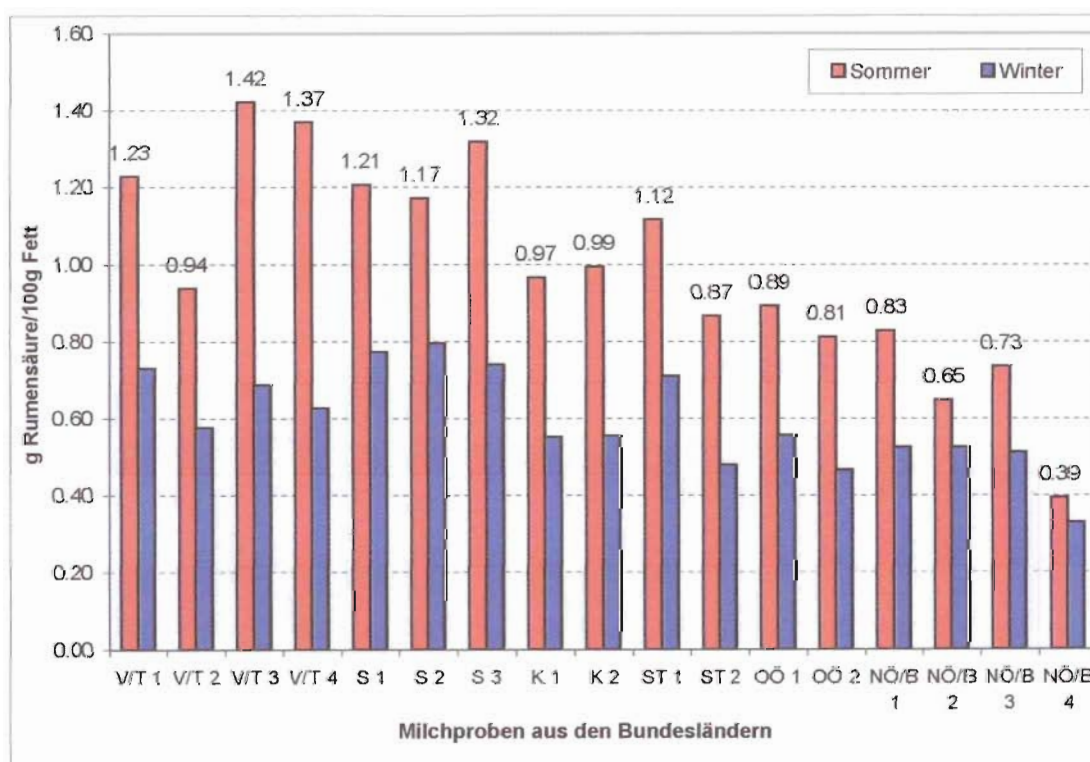


Abbildung 21: Vergleich des Gehalts an Rumensäure im Sommer und Winter in 17 verschiedenen Milchproben aus allen österreichischen Bundesländern. (Abkürzungen wurden in Kap. 3.1.2 erklärt.)

Betrachtet man die Werte nach Bundesländern, so fällt ein gewisses West-Ost-Gefälle des CLA-Gehaltes auf. Die Erklärung dafür liegt in den geographischen Gegebenheiten der einzelnen Bundesländer. In den alpinen bis hochalpinen Zonen (Vorarlberg bis Teile von Salzburg, Steiermark und Kärnten) konnten im Sommer Rumensäure-Gehalte ab 0.94 g/100 g Fett festgestellt werden. Der Grund für die relativ hohen Werte dieser Gebiete liegt in dem bereits besprochenen Einfluss der Kräuterzusammensetzung in höheren Lagen auf den CLA-Gehalt der Milch (siehe Kapitel 4.1). Die Milchprobe V/T 2 (0.94 g Rumensäure/100 g Fett), die vermutlich eine Mischmilch aus einem relativ großen Einzugsgebiet auf einer Höhe von 500-2000 m ü.M. darstellte, enthielt mit großer Wahrscheinlichkeit einen höheren Anteil an Milch aus niederen Lagen. Die Milchproben aus Gebieten der östlichen Bundesländer (unter 1000 m ü.M.) wiesen Rumensäure-Gehalte von maximal 0.89 g/100 g Fett auf.

Interessant ist auch die Beobachtung, dass ein hoher CLA-Gehalt im Sommer nicht unbedingt auf einen hohen CLA-Gehalt im Winter schließen lässt. Wie in der Abb. 21 erkennbar ist, wiesen Milchproben mit den höchsten CLA-Gehalten im Sommer, nicht die höchsten CLA-Gehalte im Winter auf.

Berechnet man die arithmetischen Mittelwerte aus den analysierten Rumensäure-Gehalten, so enthält die österreichische Trinkmilch im Sommer durchschnittlich 0.99 und im Winter durchschnittlich 0.60 g Rumensäure/100 g Fett. Verglichen mit den Daten von PRECHT und MÖLKENTIN (1999) liegen die Durchschnittswerte der österreichischen Trinkmilch im Winter höher, im Sommer dagegen niedriger als die Durchschnittswerte in deutscher Milch.

Ein repräsentativeres, aber ähnliches Bild erhält man, wenn man die ermittelten CLA-Gehalte mit den Produktionsmengen der Betriebe gewichtet und daraus den Mittelwert errechnet. Die so errechneten Werte betragen 0.90 bzw. 0.57 g Rumensäure/100 g Fett während des Sommers bzw. Winters. Beide Werte liegen niedriger als die arithmetischen Mittelwerte, was daran liegt, dass der Großteil der österreichischen Trinkmilch in den östlichen Bundesländern Österreichs produziert wird, wo die CLA-Gehalte der Milch generell niedriger liegen.

4.5 CLA-Aufnahme aus der Trinkmilch

Wie in Kap. 4.4 beschrieben, betrug der Gehalt an Rumensäure in österreichischer Trinkmilch, gewichtet nach den Produktionsmengen der Betriebe, durchschnittlich 0.90 bzw. 0.57 g/100g Fett während des Sommers bzw. Winters. Bezogen auf den jeweiligen Fettgehalt der Milchproben enthalten 100 g österreichischer Trinkmilch im Durchschnitt 0.034 bzw. 0.021 g Rumensäure im Sommer bzw. Winter. Nach den Daten der STATISTIK AUSTRIA (2002) lag der mittlere Milchverbrauch der österreichischen Bevölkerung im Jahr 2000 bei 92.8 kg/Person/Jahr¹⁸ (= 0.25 kg/d). Zieht man diesen Wert als Grundlage heran, ergibt sich eine durchschnittliche Rumensäure-Aufnahme über Trinkmilch von 0.085 bzw. 0.053 g Rumensäure/Person/Tag im Sommer bzw. Winter.

Zwar reichte eine minimale Dosis von 0.1 % CLA um im Tierversuch antikanzerogen zu wirken, extrapoliert auf den Menschen bedeutet dies aber eine minimale CLA-Aufnahme von 3.5 g/d [IP et al., 1994] (siehe Kap. 2.6.2). Die durchschnittliche tägliche Aufnahme von 0.053 bis 0.085 g Rumensäure/Tag aus der Milch kann gerade zu ca. 2 % die nötige CLA-Menge für eine physiologische Wirksamkeit decken. Hinzu kommt, dass der Trinkmilchkonsum der österreichischen Bevölkerung einem sinkenden Trend¹⁹ unterliegt. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass in den Tierversuchen ein Isomergemisch an CLA verwendet wurde, in dem das physiologisch wirksamste Isomer (Rumensäure) zu unter 50 % enthalten war, während dieses Isomer in der Milch etwa 90 % aller CLA ausmacht. Das könnte bedeuten, dass durch CLA-Aufnahme über dieses natürliche Nahrungsmittel auch eine geringere Menge als 3.5 g/d ausreicht, um physiologisch wirksam zu werden.

In Deutschland stammen über 50 % der täglichen CLA-Zufuhr aus Milch und Milchprodukten [FRITSCHE und STEINHART, 1989] (siehe Kap. 2.5.2). Auch für Österreich kann dieser Wert vermutet werden. Unter der Annahme, dass 20 bis 25 % der

¹⁸ Kuh-, Schaf- und Ziegenmilch.

¹⁹ Im Jahr 1998 lag der jährliche Trinkmilchkonsum der österreichischen Bevölkerung noch bei 99.8 kg/Person [STATISTIK AUSTRIA, 2002].

Milchfettäquivalente über Trinkmilch aufgenommen werden, so bedeutet das, dass die durchschnittliche CLA-Aufnahme aus diesem Produkt zwar nicht überragend ist, aber dennoch einen Beitrag zur Gesamt-CLA-Aufnahme leistet. Personen, die mit ihrer Aufnahme an Milch und Milchprodukten über dem Durchschnittswert liegen, haben naturgemäß einen beachtlicheren Beitrag zur CLA-Aufnahme aus dieser Produktgruppe zu erwarten.

5 Schlussbetrachtung

Milch und Milchprodukte sind die bedeutendsten CLA-Quellen in der menschlichen Ernährung. Aus der Literatur ist bekannt, dass der CLA-Gehalt der Milch sehr stark variieren kann. Hauptsächliche Einflussfaktoren sind dabei die Fütterung und Haltung der Milchtiere, aber auch die Höhenlage der gehaltenen Tiere, Rasse und Genetik.

Auch in dieser Arbeit wurden große Unterschiede bezüglich des Gehaltes an Rumensäure (c9t11-C18:2), dem quantitativ und physiologisch bedeutendsten CLA-Isomer, in den einzelnen Milchproben festgestellt. Neben den bedeutendsten Isomeren (c9t11-CLA, t10c12-CLA, c9c11-CLA, t9t11-CLA) wurde weiters die konjugierte Eicosadiensäure (c11t13-C20:2) detektiert und quantifiziert, die in der Literatur bisher nicht als Bestandteil des Milchfettes genannt wird. PALOMBO et al. (2002) beschreiben die, zwar verhältnismäßig geringe, aber vorhandene antikanzerogene Wirksamkeit dieser Fettsäure.

Setzt man den CLA-Gehalt der Milch in Bezug zur Höhenlage der gehaltenen Tiere, so kann, zumindest im Sommer, während der Verfütterung von frischem Gras, ein starker Zusammenhang zwischen diesen Faktoren beobachtet werden. Der Grund dafür liegt, wie bei COLLOMB et al. (2001) beschrieben, in der unterschiedlichen Zusammensetzung der Flora, in Abhängigkeit von der Höhenlage.

Aufgrund des gemeinsamen Syntheseweges im Pansen von Wiederkäuern, korrelieren der Gehalt an trans-Vaccensäure und Rumensäure in der Trinkmilch, zumindest bei ausreichender energetischer Versorgung der Milchtiere, sehr stark ($r = 0.988$). Der Korrelationsfaktor zwischen den genannten Fettsäuren kann Auskunft über den Versorgungszustand der Kühe geben.

Betrachtet man den jahreszeitlichen Verlauf des CLA-Gehaltes in der Trinkmilch, so kann man, je nach Fütterung und Haltung der Milchtiere, einen mehr oder weniger deutlichen Anstieg des CLA-Gehaltes während der Sommermonate feststellen. Milch von Kühen, die während der Sommermonate auf Almen gehalten wurden, zeigten eine

Steigerung des durchschnittlichen CLA-Gehaltes von ca. 200 % gegenüber der Wintermilch. Milch von Tieren, die im Sommer auf Weiden und damit auf niedrigeren Lagen gehalten wurden, zeigte zwar auch eine Steigerung des CLA-Gehaltes während dieser Zeit, allerdings war diese weniger ausgeprägt (144 %). Die höchsten CLA-Gehalte der Milch konnten im August und September festgestellt werden.

Zu beachten sind außerdem die großen Schwankungsbreiten des Milch-CLA-Gehaltes, die besonders während der Weide- bzw. Almhaltung auftreten können, und am auffälligsten in Milch aus großen Probenahmegebieten sind. So kann der Gehalt an Rumensäure innerhalb weniger Tage um ca. 0.8 g/100 g Fett schwanken. Das bedeutet, dass Milch von geweideten oder gealpten Kühen nicht unbedingt einen wesentlich höheren CLA-Gehalt aufweist, als Milch von Tieren, die ganzjährig im Stall gehalten, aber mit frischem Grünfutter versorgt werden.

Ganzjährige Stallhaltung mit Silagefütterung, auch während der Sommermonate, bewirkt nur einen minimalen Anstieg des CLA-Gehaltes der Milch. Jahreszeitliche Schwankungen sind somit kaum erkennbar.

Bezüglich österreichischem Querschnittsvergleich konnte ein deutliches West-Ost-Gefälle, zumindest im Sommer, festgestellt werden. Während die Milchtiere in den westlichen Bundesländern, aufgrund der geographischen Gegebenheiten, auf wesentlich höheren Lagen (alpin bis hochalpin) gehalten werden und damit durchschnittlich höhere CLA-Werte aufwiesen, liegen die östlichen Bundesländer generell auf einer niedrigeren Meereshöhe. Damit liegen auch die CLA-Werte allgemein niedriger. Im Winter bewegen sich die CLA-Werte in ganz Österreich zwischen 0.33 und 0.80 g Rumensäure/100 g Fett und die geographischen Unterschiede schlagen weniger deutlich durch.

Die durchschnittliche Rumensäure-Aufnahme der Österreicher aus der Trinkmilch liegt bei 0.053 bis 0.085 g/Person/Tag. Da aber nur ein Teil der Milch zu Trinkmilch, der Großteil dagegen zu weiteren Milchprodukten verarbeitet wird, könnte ein hoher CLA-Gehalt in der Ausgangsmilch Bedeutung für die Ernährung des Menschen haben. Ein

hoher Milch-CLA-Gehalt ist Voraussetzung für einen hohen CLA-Gehalt der Milchprodukte. Weiters kann es durch technologische Maßnahmen zu einer zusätzlichen Erhöhung des CLA-Gehaltes kommen.

Der CLA-Gehalt der Milch sollte außerdem in Zusammenhang mit dem Gehalt an trans-Fettsäuren, insbesondere der trans-Vaccensäure (t11-C18:1), gesehen werden. Bisher wurden trans-Fettsäuren der Milch generell negativ beurteilt. Da die trans-Vaccensäure aber Ausgangssubstanz für die endogene Synthese der Rumensäure durch die Δ^9 -Desaturase darstellt, und vermutlich auch im menschlichen Körper CLA daraus synthetisiert werden können, könnte eine neue Beurteilung dieser Fettsäure für die menschliche Ernährung erforderlich werden.

Ein hoher CLA-Gehalt der Milch und Milchprodukte könnte, in Hinblick auf die positiven physiologischen Wirkungen (Antikarzinogenität, Antiatherogenität, u.a.) im Tierversuch und in Zellkulturen, günstig für die menschliche Ernährung sein. Solange diese jedoch am Menschen nicht bestätigt sind, kann keine Empfehlung für eine gewisse CLA-Aufnahme ausgesprochen werden.

6 Zusammenfassung

In zahlreichen Tierversuchen und Studien mit Zellkulturen zeigten konjugierte Linolsäuren (CLA) antikanzerogene, antiatherogene, immunmodulierende und anabole Eigenschaften. Milch und Fleisch von Wiederkäuern, sowie die daraus hergestellten Produkte, stellen die bedeutendste Nahrungsquelle dieser Fettsäuren für die menschliche Ernährung dar.

Im Zuge dieser Arbeit wurde der Gehalt an konjugierten Linolsäure-Isomeren in österreichischer Trinkmilch, wie sie im Handel erhältlich ist, durch gaschromatographische Analyse bestimmt.

Aufgrund der in Österreich noch häufig üblichen zweisaisonalen Haltung und Fütterung der Tiere, zeigten die Milchproben einen charakteristischen jahreszeitlichen Verlauf des CLA-Gehaltes. Sobald die Kühe auf der Weide gehalten wurden und hauptsächlich frisches Grünfutter aufnahmen, stieg der CLA-Gehalt deutlich an, um im Herbst, nach Umstellung auf Stallhaltung mit der entsprechenden Fütterung von Silage, Heu und Kraftfutter auf ein „Winter-Niveau“ abzufallen.

In einem österreichweiten Querschnittsvergleich wurde die Abhängigkeit des CLA-Gehaltes von der Höhenlage der gehaltenen Tiere offensichtlich. Milch aus den westlichen Regionen mit alpinen bis hochalpinen Zonen, zeigte während der Sommermonate deutlich höhere CLA-Gehalte, als Milch aus den östlichen Regionen. Milch von gemolten Kühen erreichte die höchsten CLA-Werte.

Die durchschnittliche Aufnahme an Rumensäure (c9t11-CLA), dem bedeutendsten CLA-Isomer, aus Trinkmilch liegt in Österreich bei 0.053 bis 0.085 g/Person/Tag. Da aber nur ein Teil der Milch zu Trinkmilch, der Großteil dagegen zu weiteren Milchprodukten verarbeitet wird, erscheint ein hoher CLA-Gehalt in der Ausgangsmilch aus ernährungsphysiologischer Sicht relevant zu sein.

7 Summary

Conjugated linoleic acids (CLA) have shown to be anticarcinogenic, antiatherogenic, immunomodulating and anabolic in studies with animals and cell-strains. Milk and meat of ruminant animals and its products, are known to be the most important dietary sources of these fatty acids for humans.

The aim of this study was to determine the content of CLA-isomers in Austrian milk, as it can be purchased at the retail market, by GC-analysis.

Because of the traditional two-seasonal feeding and keeping conditions of the cattle in Austria, the milk-samples displayed a characteristic seasonal variation of the CLA-content. As soon as the cows were kept on pasture, with fresh grass as main feeding-regime, the CLA-content of the milk increased significantly. In autumn, when the cows turned back to the barn and were fed silage, hay and concentrated feed, the CLA-content decreased on a so-called "winter-level".

In an Austrian cross-study the dependence of the CLA-content on the altitude of the region became obvious. Milk of the western regions with alpine to subalpine zones showed significantly higher CLA-levels than milk of the eastern regions during the summer-months. The highest CLA-contents were detected in milk from cows kept in the alpine regions.

The average intake of rumenic acid (c9t11-CLA), the most prominent CLA-isomer, by pasteurized milk in Austria amounts to 0.053 to 0.085 g/person/day. Though only a part of the raw milk is used for the production of pasteurized milk, whereas the major part is processed into dairy products, a high CLA-content in the primary milk seems to be relevant from a nutritional point of view.

8 Literaturverzeichnis

- BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A.; GRIINARI, J.M. (1999): Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceed. Am. Soc. Animal Sci.*, 1-15
- BENITO, P.; NELSON, G.J.; KELLEY, D.S.; BARTOLINI, G.; SCHMIDT, P.C.; SIMON, V. (2001): The Effect of Conjugated Linoleic Acid on Plasma Lipoproteins and Tissue Fatty Acid Composition in Humans. *Lipids*, 36, 229-236
- BOOTH, R.G.; DANN, W.J.; KON, S.K.; MOOR, T. (1933): A New Variable Facator in Butter Fat. *Chem. Ind.*, 72, 270
- BEYER, H.; WALTER, W. (1991): *Lehrbuch der Organischen Chemie*. S.Hirzel Verlag, Stuttgart, 22.Auflage, 67-69
- CHOUINARD, P.Y.; CORNEAU, L.; BUTLER, W.R.; CHILLIARD, Y.; DRACKLEY, J.K.; BAUMAN, D.E. (2001): Effect of Dietary Lipid Source on Conjugated Linoleic Acid Concentrations in Milk Fat. *J. Dairy Sci.*, 84, 680-690
- CHRISTIE, W.W. (1973): The Structures of Bile Phosphatidylcholines. *Biochim. Biophys. Acta*, 316: 204-211
- CHUANG, L.T.; THURMOND, J.M.; LIU, J.W.; KIRCHNER, S.J.; MUKERJI, P.; BRAY, T.M.; HUANG, Y.S. (2001): Effect of Conjugated Linoleic Acid on Fungal $\Delta 6$ -Desaturase Activity in a Transformed Yeast System. *Lipids*, 36, 139-143
- COLLOMB, M.; BÜHLER, T. (2000): Analyse de la composition en acides gras de la graisse de lait. *Mitt. Lebensm. Hyg.*, 91, 306-332
- COLLOMB, M.; BÜTIKOFER, U.; SIEBER, R.; BOSSET, J.O.; JEANGROS, B. (2001): Conjugated linoleic acid and trans fatty acid composition of cows' milk fat produced in lowlands and highlands. *J. Dairy Res.*, 68, 519-523
- COOK, M.E.; De VONEY, D.; DRAKE, B.; PARIZA, M.W.; WHIGHAM, L.; YANG, M. (1999): Dietary Control of Immune-Induced Cachexia: Conjugated Linoleic Acid and Immunity. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research, Volume 1* (Yurawecz, M.P., et al., Hrsg.). AOCS Press, Illinois, 226-237
- CORL, B.A.; CHOUINARD, P.Y.; BAUMAN, D.E.; DWYER, D.A.; GRIINARI, J.M.; NURMELA, K.V. (1998): Conjugated linoleic acid in milk fat of dairy cows originates in part by endogenous synthesis from trans-11 octadecenoic acid. *J.Anim.Sci.*, 76, Suppl. 1, 233 (Abstr.)
- CORL, B.A.; LACY, S.H.; BAUMGARD, L.H.; DWYER, D.A., GRIINARI, J.M., PHILLIPS, B.S.; BAUMAN, D.E. (1999): Examination of the importance of Δ^9 -

desaturase and endogenous synthesis of CLA in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.*, 77, Suppl. 1, 118 (Abstr.)

DAWSON, R.M.C.; HEMINGTON, N.; HAZLEWOOD, G.P. (1977): On the role of higher plant and microbial lipases in the ruminal hydrolysis of grass lipids. *Br. J. Nutr.*, 38, 225-232

DeLANY J.P.; BLOHM, F.; TRUETT, A.A.; SCIMECA, J.A.; WEST, D.B. (1999): Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *Am. J. Physiol.*, 276, R1172-R1179

DHIMAN, T.R.; ANAND, G.R.; SATTER, L.D.; PARIZA, M.W. (1999): Conjugated Linoleic Acid of Milk from Cows Fed Different Diets. *J. Dairy Sci.*, 82, 2146-2156

DHIMAN, T.R.; SATTER, L.D.; PARIZA, M.W.; GALLI, M.P.; ALBRIGHT, K.; TOLOSA, M.X. (2000): Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content of Milk from Cows Offered Diets Rich in Linoleic and Linolenic Acid. *J. Dairy Sci.*, 83, 1016-1027

FELLNER, V.; SAUER, F.D.; KRAMER, J.K.G. (1999): Effect of Ionophores on Conjugated Linoleic Acid in Ruminal Cultures and in the Milk of Dairy Cows. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research, Volume 1* (Yurawecz, M.P., et al., Hrsg.). AOCS Press, Illinois, 209-214

FOX, P.F.; McSWEENEY, P.L.H. (1998): *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Blacky Academic & Professional, London, 81-87

FRITSCH, J.; STEINHART, H. (1998): Analysis, occurrence, and physiological properties of trans fatty acids (TFA) with particular emphasis on conjugated linoleic acid isomers (CLA) – a review. *Fett/Lipid*, 100, 190-210

GRIINARI, J.M.; BAUMAN, D.E. (1999): Biosynthesis of Conjugated Linoleic Acid and Its Incorporation into Meat and Milk in Ruminants. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research, Volume 1* (Yurawecz, M.P., et al., Hrsg.). AOCS Press, Illinois, 180-200

GRIINARI, J.M.; CORL, B.A.; LACY, P.Y.; NURMELA, K.V.V.; BAUMAN, D.E. (2000): Conjugated Linoleic Acid Is Synthesized Endogenously in Lactating Dairy Cows by Δ^9 -Desaturase. *J. Nutr.*, 130, 2285-2291

GRIINARI, J.M.; DWYER, D.A.; McGUIRE, M.A.; BAUMAN, D.E.; PALMQUIST, D.L.; NURMELA, K.V.V. (1998): *Trans*-Octadecenoic Acids and Milk Fat Depression in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, 81, 1251-1261

HA, Y.L.; STORKSON, J.; PARIZA, M.W. (1990): Inhibition of Benzo(a)pyrene-induced Mouse Forestomach Neoplasia by Conjugated Derivatives of Linoleic Acid. *Cancer Res.*, 50, 1097-1101

HOUSEKNECHT, K.L.; VANDEN HEUVEL, J.P.; MOYA-CAMARENA, S.Y.; PORTOCARRERO, C.P.; PECK, L.W.; NICKEL, K.P.; BELURY, M.A. (1998): Dietary Conjugated Linoleic Acid Normalizes Impaired Glucose Tolerance in the Zucker Diabetic Fatty *fa/fa* Rat. *Biochem. Biophysical Res. Comm.*, 244, 678-682

IDF STANDARD 184:1999: Milkfat. Determination of the Fatty Acid Composition by Gas-Liquid Chromatography. International Dairy Federation

IDF STANDARD 182:1999: Milkfat. Preparation of Fatty Acid Methyl Esters. International Dairy Federation

INSTITUT FÜR ERNÄHRUNGSWISSENSCHAFTEN (1998): Österreichischer Ernährungsbericht 1998, Inst. für Ernährungswissenschaften der Universität Wien

IP, C.; CHIN, S.F.; SCIMECA, J.A.; PARIZA, M.W. (1991): Mammary Cancer Prevention by Conjugated Dienoic Derivative of Linoleic Acid. *Cancer Res.*, 51, 6118-6124

IP, C.; SINGH, M.; THOMPSON, H.J.; SCIMECA, J.A. (1994): Conjugated Linoleic Acid Suppresses Mammary Carcinogenesis and Proliferative Activity of the Mammary Gland in the Rat. *Cancer Res.*, 54, 1212-1215

JAHREIS, G. (1999): Funktionelle Inhaltsstoffe aus tierischen Lebensmitteln. *Akt. Ern.med., Suppl.*, 1-8

JAYAN, G.C.; HERBEIN, J.H. (2000): "Healthier" dairy fat using trans-vaccenic acid. *Nutrition & Food Sci.*, 30, 304-309

JIANG, J.; BJOERCK, L.; FONDÉN, R.; EMANUELSON, M. (1996): Occurrence of Conjugated Cis-9, Trans-11-Octadecadienoic Acid in Bovine Milk: Effects of Feed and Dietary Regimen. *J. Dairy Sci.*, 79, 438-445

KELLY, M.L.; KOLVER, E.S.; BAUMAN, D.E.; AMBURGH, M.E.; MULLER, L.D. (1998a): Effect of Intake of Pasture on Concentrations of Conjugated Linoleic Acid in Milk of Lactating Cows. *J. Dairy Sci.*, 81, 1630-1636

KELLY, M.L.; BERRY, J.R.; DWYER, D.A.; GRINARI, J.M.; CHOUINARD, P.Y.; Van AMBURGH, M.E.; BAUMAN, D.E. (1998b): Dietary Fatty Acid Sources Affect Conjugated Linoleic Acid Concentrations in Milk from Lactating Dairy Cows. *J. Nutr.*, 128, 881-885

KEMP, P.; LANDER, D.J. (1984): Hydrogenation *in vitro* of α -Linolenic Acid to Stearic Acid by Mixed Cultures of Pure Rumen Bacteria. *J. Gen. Microbiol.*, 130, 527-533

KEPLER, C.R.; HIRONS, K.P.; McNEILL, J.J.; TOVE, S.B. (1966): Intermediates and Products of the Biohydrogenation of Linoleic Acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. *J. Biol.Chem.*, 241, 1350-1354

- KRAMER, J.K.G.; PARODI, P.W.; JENSEN, R.G.; MOSSOBA, M.M; YURAWECZ, M.P.; ADLOF, R.O. (1998): Rumenic Acid: A Proposed Common Name for the Major Conjugated Linoleic Acid Isomer Found in Natural Products. *Lipids*, 33, 835
- LAWLESS, F.; STANTON, C.; L'ESCOP, P.; DEVERY, R.; DILLON, P.; MURPHY, J.J. (1999): Influence of breed on bovine milk *cis*-9, *trans*-11-conjugated linoleic acid content. *Livestock Prod. Sci.*, 62, 43-49
- LANG, E.C. (1993): Vergleichende Charakterisierung von Alm- und Talmilch aus Tiroler Einzugsgebieten anhand mikrobiologischer und chemischer Parameter. Diplomarbeit. IMB BOKU, 56-57
- LEE, K.N.; KRITCHEVSKY, D.; PARIZA, M.W. (1994): Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 108, 19-25
- MEDINA, E.A.; HORN, W.F.; KEIM, N.L.; HAVEL, P.J.; BENITO, P.; KELLEY, D.S.; NELSON, G.J.; ERICKSON, K.L. (2000): Conjugated Linoleic Acid Supplementation in Humans: Effects on Circulating Leptin Concentrations and Appetite. *Lipids*, 35, 783-788
- PALMQUIST, D.L.; SANTORA, J.E. (1999): Endogenous Synthesis of Rumenic Acid in Rodents and Humans. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research, Volume 1* (Yurawecz, M.P., et al., Hrsg.). AOCS Press, Illinois, 201-208
- PALOMBO, J.D.; GANGULY, A.; BISTRIAN, B.R.; MENARD, M.P. (2002): The antiproliferative effects of biologically active isomers of conjugated linoleic acid on human colorectal and prostatic cancer cells. *Cancer letters*, 177, 163-172
- PARIZA, M.W.; HARGRAVES, W.A. (1985): A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7,12-dimethylbenz(a)anthracene. *Carcinogenesis*, 6, 591-593
- PARODI, P.W. (1994): Conjugated linoleic acid: An anticarcinogenic fatty acid present in milk fat. *Aust. J. Dairy Techn.*, 49, 93-97
- POLLARD, M.R.; GUNSTONE, F.D.; JAMES, A.T.; MORRIS, L.J. (1980): Desaturation of Positional and Geometric Isomers of Monoenoic Fatty Acids by Microsomal Preparations from Rat Liver. *Lipids*, 15, 306-314
- PRANDINI, A.; GEROMIN, D.; CONTI, F.; MASOERO, F.; PIVA, A.; PIVA, G. (2001): Survey on the Level of Conjugated Linoleic Acid in Dairy Products. *Ital. J. Food Sci.*, 2, 243-253
- PRECHT, D.; MOLKENTIN, J. (1999): Analysis and seasonal variation of conjugated linoleic acid and further *cis/trans*-isomers of C18:1 and C18:2 in bovine milk fat. *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, 51, 63-78

- ROBINSON, N.P.; MacGIBBON, A.K.H. (2000): Determination of the Conjugated Linoleic Acid-Containing Triacylglycerols in New Zealand Bovine Milk Fat. *Lipids*, 35, 789-796
- SEHAT, N.; KRAMER, J.K.G.; MOSSOBA, M.M.; YURAWECZ, M.P.; ROACH, J.A.G.; EULITZ, K.; MOREHOUSE, K.M.; KU, Y. (1998): Identification of Conjugated Linoleic Acid Isomers in Cheese by Gas Chromatography, Silver Ion High Performance Liquid Chromatography and Mass Spectral Reconstructed Ion Profiles. Comparison of Chromatographic Elution Sequences. *Lipids*, 33, 963-971
- SEBEDIO, J.L.; ANGIIONI, E.; CHARDIGNY, J.M.; GREGOIRE, S.; JUANEDA, P.; BERDEAUX, O. (2001): The Effect of Conjugated Linoleic Acid Isomers on Fatty Acid Profiles of Liver and Adipose Tissues and Their Conversion to Isomers of 16:2 and 18:3 Conjugated Fatty Acids in Rats. *Lipids*, 36, 575-582
- SHANTHA, N.C.; DECKER, E.A.; USTUNOL, Z. (1992): Conjugated Linoleic Acid Concentration in Processed Cheese. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 69, 425-428
- SHANTHA, N.C.; RAM, L.N.; O'LEARY, J.; HICKS, C.L.; DECKER, E.A. (1995): Conjugated Linoleic Acid Concentrations in Dairy Products as Affected by Processing and Storage. *J. Food Sci.*, 60, 695-697
- SHULTZ, T.D.; CHEW, B.P.; SEAMAN, W.R.; LUEDECKE, L.O. (1992): Inhibitory effect of conjugated dienoic derivatives of linoleic acid and β -carotene on the in vitro growth of human cancer cells. *Cancer Lett.*, 63, 125-133
- STATISTIK AUSTRIA: www.oestat.gv.at (April 2002)
- TÖPEL, A. (1983): *Chemie der Milch*. VEB Fachbuchverlag, Leipzig
- ULBERTH, F.; ROGENHOFER, M. (1989): Saisonale Variationen der Fettsäurezusammensetzung von österreichischem Butterfett. *Ernährung/Nutrition*, 13, 3-9
- VDLUFA - VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- und FORSCHUNGSANSTALTEN (1985): *Methodenbuch*, Band VI mit Ergänzungslieferungen 1988, 1993, 1995, 1996, 2000, VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- WAMER, W.; YURAWECZ, M.P.; WEI, R.; SEHAT, N.; KU, Y. (1996): In vitro assessment of the cytotoxicity and antioxidant activity of a furan fatty acid, a novel oxidation product of Conjugated Linoleic Acid. *FA-SEB J.*, 10:A 272 (Abstr.)

9 Anhang

Auf den folgenden Seiten sind die Einzeldaten der Milchproben dargestellt:

- Jahreszeitlicher Verlauf
 - Betrieb 1 (Seite 81-86)
 - Betrieb 2 (Seite 87-92)
 - Betrieb 3 (Seite 93-98)

- Österreichweiter Querschnittsvergleich (Seite 99-115)

Betrieb 1				
Mengenangaben: g FS / 100 g Fett				
Kalenderwoche (2001)	18	19	20	21
Haltung	Stall	Stall + Weide	Weide	Weide
Fütterung	Rauh- und Krafffutter	Grün- und Rauhfutter	Grün- und Rauhfutter	Grün-, Rauh- und Krafffutter
Höhenlage des Probe- nahmegebietes (m ü.M.)	bis 1500	bis 1500	bis 1500	bis 1500
Fettgehalt (% = g/100gMilch)	4,10	4,10	4,20	4,25
C4:0	3,30	3,34	3,12	3,35
C6:0	1,98	1,98	1,92	1,99
C8:0	1,15	1,13	1,13	1,14
C10:0	2,58	2,51	2,49	2,46
C12:0	2,97	2,86	2,85	2,78
C14:0	10,09	9,95	9,65	9,66
C16:0	26,73	26,00	25,24	25,32
C18:0	7,49	7,65	8,15	8,05
C18:1t10-t11	1,43	1,71	1,87	1,85
C18:1c9 + C18:1c6-8	16,38	16,49	17,18	17,40
C18:2c9c12	1,39	1,33	1,47	1,37
C18:2c9t11-CLA	0,63	0,75	0,77	0,72
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,01	0,01	0,01
C18:2c9c11-CLA	0,04	0,06	0,05	0,05
C18:2t9t11-CLA	0,02	0,01	0,02	0,02
C20:2c11t13 konjugiert	0,08	0,08	0,09	0,08
Summe CLA (C18:2 konj.)¹	0,69	0,83	0,84	0,80
Summe kurzkettige FS²	5,31	5,35	5,07	5,37
Summe mittelkettige FS³	7,43	7,19	7,15	6,97
Summe langkettige FS⁴	72,55	72,57	72,85	72,83
Summe gesättigte FS⁵ (inkl. aiso/iso)	60,22	59,50	58,43	58,63
Summe C18:1⁶	18,94	19,33	20,26	20,36
Summe C18:2⁷	2,11	2,19	2,35	2,21
Summe ungesättigte FS⁸	24,66	25,15	26,18	26,10
Summe C18:1 trans (t6-t14)	1,95	2,23	2,40	2,31
Rumensäure (g/100gMilch)	0,026	0,031	0,032	0,031

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

22	23	24	25	26	27
Weide Grün-, Rauh- und Krafftutter	Weide Grün-, Rauh- und Krafftutter	Alpung Grün-, Rauh- und Krafftutter	Alpung Grün-, Rauh- und Krafftutter	Alpung Grün-, Rauh- und Krafftutter	Alpung Grün-, Rauh- und Krafftutter
bis 1500	bis 1500	bis 2000	bis 2000	bis 2000	bis 2000
4,15	4,15	4,20	4,15	4,10	4,25
3,28	3,35	3,19	3,28	3,15	3,24
1,92	1,93	1,83	1,74	1,66	1,71
1,11	1,09	1,04	0,94	0,90	0,91
2,42	2,32	2,27	1,95	1,84	1,88
2,73	2,60	2,55	2,14	2,04	2,07
9,14	9,26	8,90	7,85	7,57	7,71
23,79	24,17	23,54	21,70	21,22	21,07
8,45	8,41	8,61	8,92	8,86	9,19
2,31	2,07	2,44	3,17	3,38	3,30
17,93	18,41	18,62	21,01	21,55	21,27
1,54	1,39	1,51	1,53	1,53	1,50
0,92	0,85	1,00	1,22	1,34	1,27
0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
0,06	0,06	0,07	0,09	0,11	0,10
0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
1,01	0,93	1,09	1,35	1,48	1,41
5,23	5,31	5,04	5,04	4,82	4,97
6,91	6,67	6,48	5,57	5,31	5,42
72,72	73,15	73,42	74,18	74,46	74,34
56,72	57,01	55,87	52,25	51,03	51,65
21,47	21,60	22,32	25,54	26,33	26,02
2,59	2,35	2,64	2,91	3,05	2,95
27,63	27,64	28,53	31,94	32,94	32,47
2,80	2,51	2,99	3,71	3,92	3,89
0 038	0,035	0,042	0,051	0,055	0,054

28	29	30	31	32	33
Alpung Grün- und Kraffutter	Alpung Grün-, Rauh- und Kraffutter	Alpung Grün-, Rauh- und Kraffutter	Alpung Grün-, Rauh- und Kraffutter	Alpung Grün-, Rauh- und Kraffutter	Alpung Grün-, Rauh- und Kraffutter
bis 2000	bis 2000	bis 2000	bis 2000	bis 2000	bis 2000
4,05	4,15	4,10	4,10	4,00	4,15
3,47	3,40	3,38	3,38	3,51	3,35
1,92	1,88	1,79	1,79	2,01	1,75
1,07	1,01	0,94	0,96	1,10	0,92
2,23	2,09	1,89	1,91	2,30	1,83
2,50	2,31	2,09	2,12	2,57	2,03
8,77	8,38	7,79	7,91	9,00	7,78
22,95	21,74	20,41	20,36	23,69	20,91
8,56	8,86	9,35	9,49	8,51	9,38
2,54	3,07	3,62	3,63	2,10	3,29
19,10	19,48	20,41	20,14	18,50	20,68
1,46	1,43	1,47	1,47	1,40	1,53
1,01	1,25	1,46	1,43	0,84	1,34
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
0,07	0,09	0,12	0,12	0,07	0,10
0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08
1,12	1,38	1,62	1,59	0,95	1,49
5,42	5,30	5,19	5,19	5,53	5,12
6,45	6,06	5,52	5,61	6,63	5,36
73,10	73,25	73,77	73,76	72,77	74,17
55,25	53,62	51,60	51,95	56,49	51,98
22,96	24,02	25,59	25,26	21,97	25,50
2,62	2,85	3,13	3,11	2,39	3,07
29,21	30,41	32,23	31,95	27,96	32,07
3,08	3,71	4,32	4,27	2,67	3,98
0 041	0,052	0,060	0,059	0,034	0,056

34	35	36	37	38	39
Alpung Grün-, Rauh- und Krafftutter	Alpung Grün-, Rauh- und Krafftutter	Alpung Grün-, Rauh- und Krafftutter	Alpung Grün-, Rauh- und Krafftutter	Stall + Weide Grün- und Rauhfutter	Stall + Weide Grün- und Rauhfutter
bis 2000	bis 2000	bis 2000	bis 2000	bis 1500	bis 1500
4,15	4,35	4,10	4,00	4,05	4,00
3,33	3,21	3,17	3,27	3,21	3,29
1,89	1,69	1,70	1,86	1,80	1,90
1,04	0,88	0,90	1,03	0,98	1,07
2,16	1,73	1,83	2,18	2,05	2,27
2,41	1,95	2,06	2,49	2,33	2,60
8,65	7,56	7,85	8,79	8,42	9,00
23,07	20,55	20,95	22,91	21,48	23,02
8,76	9,61	9,53	8,57	8,73	8,23
2,41	3,44	3,34	2,74	3,40	2,50
19,32	21,17	20,72	18,95	19,12	18,70
1,45	1,58	1,53	1,51	1,49	1,51
0,94	1,42	1,39	1,16	1,47	1,13
0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
0,07	0,11	0,10	0,08	0,10	0,08
0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
1,05	1,57	1,52	1,28	1,62	1,26
5,24	4,92	4,89	5,14	5,03	5,21
6,23	5,16	5,18	6,12	6,03	6,66
73,44	74,64	74,60	73,62	73,36	72,99
55,09	51,21	52,07	54,94	53,01	55,34
23,13	26,09	25,60	23,08	23,89	22,52
2,55	3,18	3,08	2,83	3,14	2,80
29,33	32,86	32,00	29,39	30,79	28,98
2,95	4,11	4,03	3,31	3,93	3,13
0,039	0,062	0,057	0,046	0,060	0,045

40	41	42	43	44	45
Stall + Weide	Stall + Weide	Stall + Weide	Stall + Weide	Stall	Stall
Grün- und Raufutter	Grün- und Raufutter	Grün- und Raufutter	Grün- und Raufutter	Rauh- und Krafftutter	Rauh- und Krafftutter
bis 1500	bis 1500	bis 1500	bis 1500	bis 1500	bis 1500
4,05	3,95	3,90	3,95	3,85	3,95
3,36	3,48	3,50	3,42	3,55	3,43
1,91	1,98	2,00	2,03	2,04	2,06
1,08	1,13	1,14	1,17	1,15	1,20
2,28	2,40	2,41	2,54	2,44	2,63
2,61	2,73	2,73	2,91	2,75	3,01
8,98	9,27	9,17	9,59	9,36	9,80
22,29	22,61	22,01	24,14	23,23	24,66
8,20	7,98	8,09	7,85	8,20	7,73
2,96	3,02	3,22	2,12	2,49	1,97
18,09	17,54	17,62	17,52	17,77	16,98
1,47	1,34	1,39	1,34	1,36	1,36
1,36	1,38	1,45	0,91	1,09	0,84
0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
0,10	0,10	0,11	0,07	0,08	0,06
0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
1,51	1,53	1,61	1,02	1,20	0,94
5,29	5,49	5,52	5,48	5,62	5,52
6,69	7,00	7,02	7,38	7,06	7,61
72,35	72,02	71,84	72,04	72,07	71,75
54,70	55,51	54,95	57,47	56,52	58,31
22,40	21,80	22,14	20,87	21,49	20,10
3,02	2,91	3,04	2,39	2,60	2,34
29,05	28,41	28,83	26,95	27,72	26,12
3,59	3,59	3,84	2,66	3,06	2,49
0,055	0,054	0,057	0,036	0,042	0,033

46 Stall	47 Stall	48 Stall	49 Stall	50 Stall	51 Stall
Rauh- und Krafftutter	Rauh- und Krafftutter	Rauh- und Krafftutter	Rauh- und Krafftutter	Rauh- und Krafftutter	Rauh- und Krafftutter
bis 1500	bis 1500	bis 1500	bis 1500	bis 1500	bis 1500
3,95	4,00	4,00	3,95	4,00	3,90
3,37	3,39	3,42	3,54	3,46	3,54
1,97	2,03	2,05	2,11	2,06	2,11
1,13	1,17	1,17	1,20	1,15	1,20
2,45	2,58	2,57	2,61	2,59	2,63
2,81	2,97	2,97	2,99	2,96	2,99
9,68	10,19	10,22	10,20	10,30	10,36
24,41	26,31	27,11	26,95	26,75	26,71
7,85	7,38	7,33	7,38	7,48	7,37
2,35	1,74	1,56	1,38	1,59	1,59
16,79	15,73	15,54	15,91	15,68	15,55
1,36	1,39	1,31	1,29	1,33	1,32
1,01	0,77	0,67	0,61	0,69	0,69
0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,09	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05
0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
1,13	0,85	0,74	0,67	0,74	0,76
5,36	5,43	5,49	5,67	5,54	5,67
7,12	7,48	7,49	7,59	7,45	7,58
72,21	72,15	72,15	72,01	72,30	72,06
57,64	60,02	60,78	60,79	60,80	60,94
20,28	18,51	18,13	18,31	18,26	18,10
2,51	2,26	2,08	1,99	2,10	2,11
26,55	24,61	23,96	24,07	24,08	23,94
2,89	2,22	2,04	1,84	2,05	2,03
0,040	0,031	0,027	0,024	0,027	0,027

Betrieb 2				
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett			
Kalenderwoche- Probeneingang Haltung	18 Stall	19 Stall	20 Weide	21 Weide
Fütterung	Rauh- und Krafffutter	Grün-, Rauh- und Krafffutter	Grün-, Rauh- und Krafffutter	Grün-, Rauh- und Krafffutter
Höhenmeter des Einzugsgebietes	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m
Fettgehalt (% = g/100gMilch)	3,85	3,95	3,90	3,90
C4:0	3,33	3,37	3,40	3,44
C6:0	2,05	2,05	2,05	2,00
C8:0	1,21	1,20	1,20	1,14
C10:0	2,68	2,66	2,61	2,41
C12:0	3,08	3,04	2,96	2,70
C14:0	10,41	10,29	9,96	9,43
C16:0	26,93	26,53	25,30	24,00
C18:0	7,23	7,62	8,00	8,45
C18:1t10-t11	1,44	1,61	1,88	2,18
C18:1c9 + C18:1c6-8	15,51	15,74	16,38	17,49
C18:2c9c12	1,44	1,41	1,43	1,42
C18:2c9t11-CLA	0,64	0,64	0,78	0,86
C18:2t10c12-CLA	0,01	0,01	0,01	0,01
C18:2c9c11-CLA	0,04	0,04	0,04	0,05
C18:2t9t11-CLA	0,01	0,02	0,02	0,02
C20.2c11t13 konjugiert	0,09	0,08	0,08	0,08
Summe CLA (C18:2 konj.)¹	0,70	0,71	0,85	0,94
Summe kurzkettige FS²	5,41	5,45	5,47	5,47
Summe mittelkettige FS³	7,75	7,66	7,49	6,93
Summe langkettige FS⁴	72,19	72,26	72,25	72,71
Summe gesättigte FS⁵ (inkl a/iso)	61,03	60,76	59,49	57,92
Summe C18:1⁶	17,96	18,36	19,32	20,71
Summe C18:2⁷	2,17	2,14	2,31	2,39
Summe ungesättigte FS⁸	23,87	24,15	25,24	26,70
Summe C18:1 trans (t6-t14)	1,89	2,07	2,36	2,60
Rumensäure (g/100gMilch)	0,025	0,025	0,030	0,033

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

22	23	24	25	26	27
Weide Grün-, Rauh- und Kraftfutter bis 2000 m	Weide Grün-, Rauh- und Kraftfutter bis 2000 m	Alpung Grün-, Rauh- und Kraftfutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rauh- und Kraftfutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rauh- und Kraftfutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rauh- und Kraftfutter über 2000 m
3,85	3,95	3,80	3,85	4,00	3,90
3,39	3,34	3,36	3,40	3,43	3,41
2,00	1,87	1,89	1,84	1,91	1,85
1,15	1,04	1,06	1,01	1,07	1,02
2,49	2,14	2,28	2,13	2,22	2,07
2,80	2,39	2,56	2,37	2,47	2,31
9,63	8,60	8,94	8,48	8,68	8,44
24,52	22,42	22,66	21,87	21,86	21,46
8,36	8,86	8,91	9,04	8,82	9,14
2,11	2,60	2,71	2,87	3,03	3,19
17,68	19,89	18,72	19,86	19,58	20,06
1,48	1,52	1,46	1,45	1,38	1,39
0,85	1,05	1,11	1,16	1,22	1,27
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08
0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04
0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
0,94	1,14	1,20	1,26	1,33	1,40
5,42	5,24	5,27	5,26	5,36	5,27
6,90	6,20	6,54	6,12	6,41	6,03
72,86	73,56	73,10	73,48	73,28	73,61
59,27	54,44	55,48	54,01	54,25	53,40
20,85	23,65	22,72	24,05	23,85	24,51
2,45	2,70	2,69	2,75	2,75	2,82
25,42	30,01	28,89	30,28	30,22	30,91
2,54	3,05	3,30	3,45	3,52	3,69
0,033	0,041	0,042	0,045	0,049	0,050

28	29	30	31	32	33
Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m
3,75	3,80	3,80	3,95	3,90	3,90
3,40	3,33	3,41	3,42	3,41	3,36
1,86	1,83	1,87	1,86	1,85	1,84
1,02	0,98	1,01	1,01	0,98	1,00
2,06	2,00	2,05	2,02	1,96	2,00
2,29	2,22	2,28	2,28	2,19	2,24
8,43	8,24	8,35	8,36	8,26	8,40
21,21	21,12	21,28	21,31	21,35	21,53
9,35	9,64	9,36	9,47	9,35	9,24
3,30	3,22	3,16	3,21	3,17	3,06
19,82	20,03	19,87	19,77	19,94	19,82
1,35	1,37	1,36	1,40	1,39	1,43
1,32	1,29	1,29	1,26	1,30	1,30
0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
1,47	1,41	1,41	1,39	1,43	1,41
5,28	5,18	5,29	5,30	5,28	5,22
6,00	5,83	5,98	5,94	5,76	5,87
73,37	73,81	73,61	73,68	73,78	73,78
53,32	53,27	53,53	53,58	53,38	53,57
24,38	24,65	24,43	24,27	24,42	24,26
2,86	2,81	2,80	2,81	2,87	2,87
30,72	30,94	30,76	30,73	30,83	30,70
3,79	3,83	3,76	3,73	3,72	3,67
0,049	0,049	0,049	0,050	0,051	0,051

34	35	36	37	38	39
Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m	Alpung Grün-, Rau- und Krafftutter über 2000 m
3,90	3,70	3,90	3,80	3,75	3,70
3,38	3,44	3,32	3,32	3,28	3,31
1,85	1,88	1,83	1,87	1,90	1,88
1,00	1,01	0,98	1,02	1,06	1,07
2,00	2,00	2,01	2,09	2,22	2,25
2,25	2,26	2,28	2,38	2,54	2,61
8,41	8,42	8,46	8,74	9,05	9,13
21,37	21,23	21,50	22,17	22,67	22,38
9,46	9,29	9,11	8,68	8,27	7,97
3,33	3,45	3,20	3,04	3,01	2,95
19,55	19,45	19,46	18,97	18,09	18,10
1,37	1,37	1,40	1,43	1,38	1,37
1,37	1,44	1,42	1,35	1,34	1,30
0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
1,51	1,58	1,55	1,47	1,47	1,43
5,24	5,33	5,17	5,21	5,20	5,21
5,89	5,94	5,95	6,17	6,55	6,67
73,80	73,66	73,70	73,52	72,92	72,84
53,65	53,49	53,53	54,24	54,98	54,65
24,12	24,14	24,03	23,29	22,37	22,85
2,92	2,98	2,99	2,93	2,87	2,84
30,69	30,84	30,70	30,08	29,12	29,50
3,85	3,97	3,84	3,57	3,52	3,74
0,053	0,053	0,056	0,051	0,050	0,048

40	41	42	43	44	45
Weide	Weide	Weide	Weide	Weide	Weide
Grün-, Rau- und Kraffutter	Grün-, Rau- und Kraffutter	Grün-, Rau- und Kraffutter	Grün-, Rau- und Kraffutter	Grün-, Rau- und Kraffutter	Grün-, Rau- und Kraffutter
bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m
3,70	3,80	3,80	3,65	3,60	3,60
3,29	3,34	3,31	3,53	3,52	3,57
1,92	1,90	1,90	2,03	2,03	2,07
1,10	1,06	1,06	1,13	1,13	1,17
2,35	2,30	2,31	2,38	2,44	2,48
2,69	2,62	2,63	2,68	2,75	2,80
9,29	9,17	9,16	9,27	9,45	9,73
23,27	23,13	23,05	23,03	23,53	24,78
8,05	8,27	8,24	8,05	7,99	7,79
2,78	2,87	2,89	2,83	2,52	2,10
17,68	17,78	17,89	17,49	17,27	16,79
1,41	1,46	1,42	1,40	1,46	1,51
1,24	1,25	1,27	1,23	1,09	0,89
0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,06
0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03
0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09
1,38	1,37	1,39	1,37	1,20	0,98
5,23	5,26	5,24	5,58	5,57	5,65
6,88	6,70	6,71	6,94	7,06	7,19
72,64	72,83	72,80	72,20	72,18	72,24
55,92	55,76	55,61	56,05	56,80	58,30
21,63	21,84	21,98	21,52	20,96	19,93
2,82	2,85	2,84	2,80	2,70	2,52
28,27	28,46	28,58	28,11	27,48	26,29
3,33	3,44	3,47	3,38	3,07	2,56
0,046	0,048	0,048	0,045	0,039	0,032

46	47	48	49	50	51
Weide	Stall	Stall	Stall	Stall	Stall
Grün-, Rauh- und Krafftutter	Rauh- und Krafftutter	Rauh- und Krafftutter	Rauh- und Krafftutter	Rauh- und Krafftutter	Rauh- und Krafftutter
bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m
3,65	3,60	3,80	3,70	3,70	3,80
3,53	3,56	3,52	3,63	3,76	3,50
2,08	2,07	2,09	2,16	2,23	2,11
1,17	1,15	1,16	1,22	1,25	1,20
2,52	2,50	2,61	2,63	2,71	2,60
2,88	2,84	2,98	2,97	3,05	2,95
10,08	9,99	10,29	10,31	10,45	10,07
26,14	26,09	26,57	26,67	26,81	25,88
7,65	7,96	7,56	7,71	7,58	7,11
1,66	1,63	1,59	1,59	1,52	1,60
16,29	16,27	15,74	15,38	15,11	14,52
1,44	1,48	1,50	1,45	1,44	1,47
0,70	0,68	0,67	0,65	0,63	0,61
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
0,79	0,75	0,74	0,71	0,69	0,66
5,63	5,65	5,63	5,81	6,01	5,63
7,34	7,25	7,54	7,60	7,80	7,53
72,46	72,51	72,30	72,00	71,70	69,56
59,96	60,04	60,63	61,18	61,69	59,14
18,98	18,94	18,39	17,89	17,57	17,02
2,26	2,26	2,26	2,18	2,15	2,18
25,04	24,94	24,43	23,81	23,40	23,18
2,11	2,09	2,04	2,01	1,94	2,01
0,026	0,025	0,025	0,024	0,023	0,023

Betrieb 3				
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett			
Kalenderwoche- Probeneinname	18	19	20	21
Haltung	Stall	Stall	Stall	Stall
Fütterung	Silo, Rau- und Krafffutter	Silo, Rau- und Krafffutter	Silo, Rau- und Krafffutter	Silo, Rau- und Krafffutter
Höhe des Einzugsgebietes (m ü.M.)	bis 2000 m	bis 1500 m	bis 2000 m	bis 2000 m
Fettgehalt (% = g/100gMilch)	3,75	3,65	3,75	3,75
C4:0	3,29	3,27	3,29	3,27
C6:0	2,00	1,97	1,98	1,94
C8:0	1,15	1,14	1,13	1,11
C10:0	2,58	2,57	2,52	2,44
C12:0	2,95	2,93	2,87	2,77
C14:0	10,22	10,09	9,95	9,85
C16:0	27,37	26,64	26,51	26,14
C18:0	7,50	7,74	7,89	7,85
C18:1t10-t11	1,26	1,23	1,26	1,45
C18:1c9 + C18:1c6-8	15,98	16,68	16,88	17,29
C18:2c9c12	1,19	1,26	1,23	1,25
C18:2c9t11-CLA	0,56	0,54	0,54	0,62
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,04	0,03	0,04	0,04
C18:2t9t11-CLA	0,01	0,01	0,01	0,01
C20.2c11t13 konjugiert	0,08	0,08	0,08	0,08
Summe CLA (C18:2 konj.)¹	0,61	0,59	0,60	0,68
Summe kurzkettige FS²	5,32	5,27	5,29	5,24
Summe mittelkettige FS³	7,38	7,35	7,21	6,90
Summe langkettige FS⁴	72,59	72,71	72,81	73,16
Summe gesättigte FS⁵ (inkl. aiso/iso)	61,18	60,49	60,26	59,57
Summe C18:1⁶	18,25	18,99	19,19	19,77
Summe C18:2⁷	1,83	1,88	1,86	1,96
Summe ungesättigte FS⁸	23,68	24,40	24,62	25,28
Summe C18:1 trans (t6-t14)	1,71	1,70	1,71	1,85
Rumensäure (g/100gMilch)	0,021	0,020	0,020	0,023

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13:iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

22	23	24	25	26	27
Stall	Stall	Stall und Weide	Stall und Weide	Stall und Weide	Stall und Weide
Silo, Rau- und Kraftfutter bis 2000 m	Silo, Rau- und Kraftfutter bis 2000 m	Grün-, Rau- Kraftfutter, Silo bis 2000 m	Grün-, Rau- Kraftfutter, Silo bis 2000 m	Grün-, Rau- Kraftfutter, Silo bis 2000 m	Grün-, Rau- Kraftfutter, Silo bis 2000 m
3,70	3,70	3,70	3,60	3,70	3,60
3,34	3,24	3,31	3,34	3,40	3,44
1,99	1,93	1,94	1,93	1,99	2,00
1,14	1,10	1,08	1,08	1,13	1,13
2,50	2,43	2,43	2,41	2,50	2,49
2,83	2,75	2,77	2,72	2,84	2,83
9,89	9,77	9,90	9,65	9,88	9,82
26,00	25,66	26,73	25,17	25,83	25,38
7,94	7,84	7,55	7,81	7,80	7,89
1,48	1,53	1,55	1,80	1,48	1,55
17,22	17,27	16,44	17,57	17,27	17,55
1,25	1,25	1,25	1,34	1,23	1,25
0,61	0,64	0,68	0,77	0,61	0,64
0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03
0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08
0,66	0,70	0,74	0,86	0,68	0,71
5,35	5,20	5,27	5,29	5,40	5,46
6,93	6,98	6,96	6,88	7,18	7,15
73,03	73,15	73,03	73,01	72,76	72,72
59,73	59,40	60,04	58,34	59,48	59,04
19,75	19,86	19,02	20,48	19,83	20,25
1,94	1,98	2,03	2,23	1,94	2,00
25,13	25,47	24,74	26,35	25,41	25,83
1,88	1,94	1,97	2,25	1,89	1,99
0,022	0,024	0,025	0,028	0,023	0,023

28	29	30	31	32	33
Stall und Weide	Stall und Weide	Stall und Weide	Stall und Weide	Stall und Weide	Stall und Weide
Grün-, Rauh-Krafffutter, Silo	Grün-, Rauh-Krafffutter, Silo	Grün-, Rauh-Krafffutter, Silo	Grün-, Rauh-Krafffutter, Silo	Grün-, Rauh-Krafffutter, Silo	Grün-, Rauh-Krafffutter, Silo
bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m
3,70	3,60	3,65	3,65	3,65	3,70
3,37	3,47	3,46	3,41	3,40	3,43
1,87	1,92	1,98	1,98	2,02	2,02
1,05	1,04	1,09	1,11	1,13	1,14
2,21	2,19	2,32	2,38	2,46	2,46
2,45	2,42	2,59	2,68	2,75	2,77
8,71	8,73	9,30	9,35	9,39	9,60
22,42	22,29	24,35	24,37	24,18	24,60
8,98	8,88	8,34	8,32	8,64	8,15
2,77	2,93	2,05	1,89	1,73	1,85
19,16	18,75	17,95	18,23	18,20	17,73
1,44	1,33	1,33	1,30	1,26	1,29
1,10	1,18	0,85	0,78	0,70	0,79
0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
0,07	0,09	0,06	0,05	0,05	0,05
0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08
1,20	1,31	0,95	0,86	0,78	0,88
5,27	5,41	5,46	5,41	5,45	5,47
6,33	6,28	6,56	6,84	7,02	7,06
73,39	73,06	73,10	72,89	72,72	72,65
55,01	55,01	57,57	57,56	57,93	58,16
23,20	23,02	21,22	21,34	21,22	20,84
2,68	2,67	2,31	2,20	2,08	2,20
29,41	29,15	27,02	27,11	26,78	26,55
3,28	3,51	2,56	2,37	2,24	2,37
0,041	0,043	0,031	0,028	0,025	0,029

34	35	36	37	38	39
Stall und Weide	Stall und Weide	Stall und Weide	Stall	Stall und Weide	Stall und Weide
Grün-, Rauh-Krafffutter, Silo	Grün-, Rauh-Krafffutter, Silo	Grün-, Rauh-Krafffutter, Silo	Grün-, Rauh- und Krafffutter	Grün-, Rauh-Krafffutter, Silo	Grün-, Rauh-Krafffutter, Silo
bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m
3,75	3,70	3,70	3,70	3,65	3,60
3,44	3,38	3,46	3,35	3,30	3,38
2,04	2,02	2,01	2,01	1,98	2,03
1,16	1,14	1,10	1,15	1,13	1,18
2,49	2,47	2,38	2,52	2,46	2,60
2,81	2,81	2,69	2,89	2,80	2,96
9,71	9,74	9,55	9,80	9,65	9,76
24,92	25,07	24,85	25,16	24,14	24,10
8,33	8,07	8,33	7,97	8,01	7,93
1,83	1,78	1,94	1,62	2,52	2,34
17,23	17,56	17,56	17,82	17,04	17,10
1,24	1,26	1,26	1,27	1,24	1,27
0,73	0,75	0,83	0,70	1,12	1,03
0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
0,05	0,05	0,06	0,04	0,07	0,06
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
0,83	0,84	0,92	0,77	1,24	1,12
5,50	5,43	5,50	5,39	5,29	5,43
7,15	7,11	6,61	7,02	7,13	7,51
72,63	72,79	73,08	72,95	72,58	72,17
58,88	58,59	58,48	58,73	57,45	57,77
20,21	20,52	20,67	20,66	20,77	20,68
2,10	2,13	2,21	2,07	2,50	2,42
25,93	26,29	26,23	26,17	27,04	26,84
2,29	2,24	2,43	2,09	3,02	2,83
0,028	0,028	0,031	0,026	0,041	0,037

40	41	42	43	44	45
Stall und Weide	Stall und Weide	Stall und Weide	Stall und Weide	Stall und Weide	Stall und Weide
Grün-, Rauh-Kraftfutter, Silo	Grün-, Rauh-Kraftfutter, Silo	Grün-, Rauh-Kraftfutter, Silo	Grün-, Rauh-Kraftfutter, Silo	Grün-, Rauh-Kraftfutter, Silo	Grün-, Rauh-Kraftfutter, Silo
bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m	bis 2000 m
3,70	3,65	3,60	3,70	3,60	3,65
3,33	3,37	3,31	3,45	3,47	3,32
1,98	1,99	1,98	2,09	2,09	2,03
1,14	1,16	1,14	1,20	1,21	1,18
2,51	2,54	2,54	2,69	2,67	2,67
2,86	2,90	2,90	3,07	3,06	3,08
9,68	9,66	9,74	10,02	10,20	10,27
24,35	23,81	23,81	24,24	25,20	26,32
7,94	8,11	8,29	7,95	7,62	7,58
2,15	2,36	2,48	2,09	1,95	1,56
17,33	17,29	17,28	16,65	16,16	16,13
1,26	1,31	1,27	1,24	1,20	1,21
0,95	1,02	1,10	0,90	0,85	0,69
0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05
0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03
0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
1,06	1,13	1,20	1,02	0,96	0,76
5,33	5,39	5,31	5,56	5,58	5,38
7,25	7,35	7,31	7,75	7,72	7,73
72,29	72,11	72,22	71,60	71,73	72,11
57,83	57,55	57,73	58,66	59,57	60,45
20,56	20,74	20,88	19,92	19,20	18,70
2,35	2,47	2,50	2,28	2,19	2,00
26,54	26,79	26,58	25,78	24,99	24,33
2,65	2,87	3,02	2,59	2,42	2,01
0,035	0,037	0,039	0,033	0,030	0,025

46	47	48	49	50	51
Stall	Stall	Stall	Stall	Stall	Stall
Silo, Rau- und Krafftutter bis 2000 m	Silo, Rau- und Krafftutter bis 2000 m	Silo, Rau- und Krafftutter bis 2000 m	Silo, Rau- und Krafftutter bis 2000 m	Silo, Rau- und Krafftutter bis 1500 m	Silo, Rau- und Krafftutter bis 2000 m
3,70	3,80	3,75	3,75	3,75	3,65
3,31	3,33	3,40	3,48	3,31	3,37
2,06	2,05	2,07	2,08	2,02	2,08
1,22	1,20	1,18	1,19	1,14	1,20
2,76	2,76	2,67	2,71	2,63	2,73
3,21	3,23	3,11	3,15	3,07	3,19
10,48	10,55	10,52	10,56	10,47	10,59
26,85	27,56	28,58	28,09	28,37	28,23
7,32	7,25	6,94	7,08	7,23	7,10
1,43	1,26	1,21	1,24	1,23	1,19
15,73	15,35	15,03	15,17	15,26	15,10
1,15	1,22	1,15	1,14	1,12	1,13
0,63	0,56	0,55	0,56	0,56	0,53
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03
0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
0,72	0,61	0,60	0,61	0,61	0,58
5,39	5,41	5,50	5,59	5,36	5,47
8,00	8,02	7,76	7,86	7,61	7,94
71,91	71,94	72,16	72,00	72,43	72,00
61,18	61,91	62,44	62,32	62,26	62,45
18,17	17,59	17,15	17,36	17,43	17,21
1,90	1,87	1,78	1,78	1,75	1,75
23,69	23,06	22,59	22,73	22,77	22,58
1,85	1,71	1,62	1,68	1,66	1,60
0,023	0,021	0,021	0,021	0,021	0,020

V/T 1		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Stall und Weide	Stall
Fütterung	Grünfutter und Silo	Silo und Rauhfutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	500-1500	500-900
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,80	3,55
C4:0	3,45	3,50
C6:0	1,90	2,09
C8:0	1,04	1,21
C10:0	2,15	2,63
C12:0	2,47	3,04
C14:0	8,68	10,10
C16:0	22,00	26,29
C17:0	0,61	0,65
C18:0	8,87	7,47
C18:1t10-t11	2,97	1,65
C18:1c9 + C18:1c6-8	19,25	16,12
C18:2c9c12	1,46	1,28
C18:2c9t11-CLA	1,23	0,73
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,09	0,07
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,07	0,07
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	1,35	0,81
Summe kurzkettige FS ²	5,37	5,62
Summe mittelkettige FS ³	6,34	7,65
Summe langkettige FS ⁴	73,01	71,88
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	54,27	60,01
Summe C18:1 ⁶	23,53	18,83
Summe C18:2 ⁷	2,84	2,12
Summe ungesättigte FS ⁸	29,92	24,74
Summe C18:1 trans (t6-t14)	3,60	2,14
Rumensäure (g/100gMilch)	0,047	0,026

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

V/T 2		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Stall und Weide	Stall
Fütterung	Grün- und Kraffutter	Silo, Rauh- und Kraffutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	500-2000	500-1600
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,75	3,60
C4:0	3,47	3,57
C6:0	1,95	2,14
C8:0	1,08	1,22
C10:0	2,25	2,64
C12:0	2,53	3,02
C14:0	8,99	10,21
C16:0	23,52	26,87
C18:0	8,43	7,50
C18:1t10-t11	2,27	1,34
C18:1c9 + C18:1c6-8	18,77	15,97
C18:2c9c12	1,41	1,32
C18:2c9t11-CLA	0,94	0,58
C18:2t10c12-CLA	0,01	0,01
C18:2c9c11-CLA	0,07	0,05
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,08	0,08
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	1,06	0,65
Summe kurzkettige FS ²	5,44	5,73
Summe mittelkettige FS ³	6,53	7,65
Summe langkettige FS ⁴	72,98	71,95
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	56,01	60,90
Summe C18:1 ⁶	22,32	18,40
Summe C18:2 ⁷	2,50	2,01
Summe ungesättigte FS⁸	28,43	24,06
Summe C18:1 trans (t6-t14)	2,85	1,82
Rumensäure (g/100gMilch)	0,035	0,021

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

V/T 3		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Alpung	Stall
Fütterung	Grün-, Rauh- und Kraftfutter	Rauh- und Kraftfutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	1000-1600	500-1100
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	4,35	4,00
C4:0	3,21	3,46
C6:0	1,69	2,06
C8:0	0,88	1,15
C10:0	1,73	2,59
C12:0	1,95	2,96
C14:0	7,56	10,30
C16:0	20,55	26,75
C18:0	9,61	7,48
C18:1t10-t11	3,44	1,59
C18:1c9 + C18:1c6-8	21,17	15,68
C18:2c9c12	1,58	1,33
C18:2c9t11-CLA	1,42	0,69
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,11	0,04
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,01
C20:2 c11t13 konjugiert	0,08	0,08
Summe CLA (C18:2 konj.)¹	1,57	0,74
Summe kurzkettige FS²	4,92	5,54
Summe mittelkettige FS³	5,16	7,45
Summe langkettige FS⁴	74,64	72,30
Summe gesättigte FS⁵ (inkl. iso/aiso)	51,21	60,80
Summe C18:1⁶	26,09	18,26
Summe C18:2⁷	3,18	2,10
Summe ungesättigte FS⁸	32,86	24,08
Summe C18:1 trans (t6-t14)	4,11	2,05
Rumensäure (g/100gMilch)	0,062	0,027

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

V/T 4		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Alpung	Stall
Fütterung	Grün-, Rauh- und Krafffutter	Rauh- und Krafffutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	1600-2300	700-1200
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,90	3,70
C4:0	3,38	3,76
C6:0	3,38	2,23
C8:0	3,38	1,25
C10:0	3,38	2,71
C12:0	2,25	3,05
C14:0	8,41	10,45
C16:0	21,37	26,81
C18:0	9,46	7,58
C18:1t10-t11	3,33	1,52
C18:1c9 + C18:1c6-8	19,55	15,11
C18:2c9c12	1,37	1,44
C18:2c9t11-CLA	1,37	0,63
C18:2t10c12-CLA	0,01	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,09	0,04
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,07	0,08
Summe CLA (C18:2 konj.)¹	1,51	0,69
Summe kurzkettige FS²	10,13	6,01
Summe mittelkettige FS³	19,51	7,80
Summe langkettige FS⁴	73,80	71,70
Summe gesättigte FS⁵ (inkl. iso/aiso)	69,00	61,69
Summe C18:1⁶	24,12	17,57
Summe C18:2⁷	2,92	2,15
Summe ungesättigte FS⁸	33,84	23,40
Summe C18:1 trans (t6-t14)	3,85	1,94
Rumensäure (g/100gMilch)	0,053	0,023

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13:0

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

S 1		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Alpung	Stall
Fütterung	Grünfütter	Silo und Rauhfutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	1400-1800	800
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,90	3,55
C4:0	3,50	3,53
C6:0	1,95	2,15
C8:0	1,06	1,22
C10:0	2,24	2,72
C12:0	2,50	3,11
C14:0	8,99	10,50
C16:0	23,13	26,84
C18:0	8,49	6,99
C18:1t10-t11	2,91	1,68
C18:1c9 + C18:1c6-8	17,63	14,80
C18:2c9c12	1,42	1,21
C18:2c9t11-CLA	1,21	0,77
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,11	0,08
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,07	0,07
Summe CLA (C18:2 konj.)¹	1,35	0,87
Summe kurzkettige FS²	5,47	5,70
Summe mittelkettige FS³	6,45	7,86
Summe langkettige FS⁴	72,65	71,43
Summe gesättigte FS⁵ (inkl. iso/aiso)	55,81	61,03
Summe C18:1⁶	21,75	17,52
Summe C18:2⁷	2,80	2,11
Summe ungesättigte FS⁸	28,20	23,53
Summe C18:1 trans (t6-t14)	3,50	2,17
Rumensäure (g/100gMilch)	0,047	0,027

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

S 2		Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter	
Haltung	Weide und Alping	Stall	
Fütterung	Grünfütter	Silo und Rauhfütter	
Höheanlage des Einzugsgebietes	700-1800	700-900	
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)		3,85	3,70
C4:0	3,47	3,44	
C6:0	1,96	2,07	
C8:0	1,08	1,17	
C10:0	2,27	2,57	
C12:0	2,51	2,90	
C14:0	8,92	10,13	
C16:0	22,67	27,01	
C18:0	8,64	7,58	
C18:1t10-11	2,85	1,89	
C18:1c9 + C18:1c6-8	18,08	14,69	
C18:2c9c12	1,38	1,25	
C18:2c9t11-CLA	1,17	0,79	
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00	
C18:2c9c11-CLA	0,10	0,09	
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,02	
C20:2 c11t13 konjugiert	0,07	0,08	
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	1,31	0,91	
Summe kurzkettige FS ²	5,44	5,53	
Summe mittelkettige FS ³	6,53	7,38	
Summe langkettige FS ⁴	72,63	72,00	
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	55,49	60,88	
Summe C18:1 ⁶	22,20	17,62	
Summe C18:2 ⁷	2,72	2,19	
Summe ungesättigte FS ⁸	28,56	23,58	
Summe C18:1 trans (t6-t14)	3,43	2,38	
Rumensäure (g/100gMilch)	0,045	0,029	

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13:iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und also-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

S 3		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
	Sommer Stall und Weide Grünfutter und Silo 400-900	Winter Stall Silo und Rauhfutter 400-1200
Jahreszeit		
Haltung		
Fütterung		
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)		
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,65	3,60
C4:0	3,27	3,48
C6:0	1,83	2,07
C8:0	0,99	1,18
C10:0	2,13	2,58
C12:0	2,38	2,94
C14:0	8,65	10,09
C16:0	22,99	27,07
C18:0	8,87	7,51
C18:1t10-t11	3,17	1,73
C18:1c9 + C18:1c6-8	18,01	15,34
C18:2c9c12	1,41	1,20
C18:2c9t11-CLA	1,32	0,74
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,11	0,07
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,07	0,07
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	1,47	0,83
Summe kurzkettige FS ²	5,12	5,57
Summe mittelkettige FS ³	6,15	7,45
Summe langkettige FS ⁴	73,27	71,96
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	55,06	60,77
Summe C18:1 ⁶	22,38	18,01
Summe C18:2 ⁷	2,91	2,06
Summe ungesättigte FS ⁸	28,90	23,79
Summe C18:1 trans (t6-t14)	3,77	2,16
Rumensäure (g/100gMilch)	0,048	0,027

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13:0

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

K 1		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Stall und Weide	Stall
Fütterung	Grünfutter und Silo	Silo, Rauh- und Kraftfutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	500-1300	400-800
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,55	3,40
C4:0	3,36	3,53
C6:0	1,94	2,15
C8:0	1,09	1,24
C10:0	2,35	2,81
C12:0	2,67	3,27
C14:0	9,31	10,67
C16:0	23,98	28,60
C18:0	8,39	6,85
C18:1t10-t11	2,26	1,23
C18:1c9 + C18:1c6-8	17,92	14,60
C18:2c9c12	1,25	1,19
C18:2c9t11-CLA	0,97	0,55
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,07	0,03
C18:2t9t11-CLA	0,03	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,08	0,08
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	1,06	0,60
Summe kurzkettige FS ²	5,32	5,71
Summe mittelkettige FS ³	6,82	8,13
Summe langkettige FS ⁴	72,82	71,71
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	57,12	62,94
Summe C18:1 ⁶	21,33	16,78
Summe C18:2 ⁷	2,34	1,81
Summe ungesättigte ⁸	27,31	22,22
Summe C18:1 trans (t6-t14)	2,79	1,66
Rumensäure (g/100gMilch)	0,034	0,019

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13:0

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

K 2		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Stall und Weide	Stall
Fütterung	Grünfutter und Silo	Silo und Rauhfutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	700-1300	700-1000
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,70	3,40
C4:0	3,41	3,66
C6:0	1,97	2,18
C8:0	1,09	1,23
C10:0	2,33	2,71
C12:0	2,63	3,12
C14:0	9,31	10,55
C16:0	23,90	29,12
C18:0	8,40	6,69
C18:1t10-t11	2,39	1,25
C18:1c9 + C18:1c6-8	17,60	14,08
C18:2c9c12	1,26	1,12
C18:2c9t11-CLA	0,99	0,55
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,07	0,04
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,07	0,07
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	1,10	0,61
Summe kurzkettige FS ²	5,40	5,86
Summe mittelkettige FS ³	6,77	7,85
Summe langkettige FS ⁴	72,71	71,66
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	57,14	63,16
Summe C18:1 ⁶	21,14	16,23
Summe C18:2 ⁷	2,39	1,76
Summe ungesättigte ⁸	27,20	21,81
Summe C18:1 trans (t6-t14)	2,92	1,65
Rumensäure (g/100gMilch)	0,037	0,019

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

ST 1		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Weide	Stall
Fütterung	Grünfutter	Silo, Rauh- und Krafffutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	600-1000	600-1000
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,65	3,60
C4:0	3,54	3,68
C6:0	1,98	2,14
C8:0	1,09	1,21
C10:0	2,27	2,55
C12:0	2,53	2,91
C14:0	8,93	10,04
C16:0	22,67	26,74
C18:0	8,88	7,46
C18:1t10-t11	2,76	1,63
C18:1c9 + C18:1c6-8	18,09	15,71
C18:2c9c12	1,40	1,19
C18:2c9t11-CLA	1,12	0,71
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,09	0,08
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,07	0,07
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	1,25	0,81
Summe kurzkettige FS ²	5,54	5,84
Summe mittelkettige FS ³	6,57	7,43
Summe langkettige FS ⁴	72,42	71,68
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	55,68	60,34
Summe C18:1 ⁶	22,01	18,33
Summe C18:2 ⁷	2,68	2,04
Summe ungesättigte FS ⁸	28,32	24,21
Summe C18:1 trans (t6-t14)	3,30	2,09
Rumensäure (g/100gMilch)	0,041	0,026

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

ST 2		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Stall und Weided	Stall
Fütterung	Grünfutter und Silo	Silo und Rauhfutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	300-1000m	bis 500 m
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,65	3,40
C4:0	3,46	3,48
C6:0	2,01	2,12
C8:0	1,13	1,23
C10:0	2,45	2,75
C12:0	2,77	3,20
C14:0	9,49	10,32
C16:0	24,10	27,44
C18:0	8,27	7,14
C18:1t10-t11	2,02	1,06
C18:1c9 + C18:1c6-8	17,99	16,26
C18:2c9c12	1,34	1,26
C18:2c9t11-CLA	0,87	0,48
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,07	0,03
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,08	0,09
Summe CLA (C18:2 konj.)¹	0,97	0,53
Summe kurzkettige FS²	5,49	5,63
Summe mittelkettige FS³	7,06	8,00
Summe langkettige FS⁴	72,52	71,97
Summe gesättigte FS⁵ (inkl. iso/aiso)	57,46	61,41
Summe C18:1⁶	21,19	18,39
Summe C18:2⁷	2,34	1,82
Summe ungesättigte FS⁸	27,13	23,83
Summe C18:1 trans (t6-t14)	2,57	1,53
Rumensäure (g/100gMilch)	0,032	0,016

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

001		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Stall	Stall
Fütterung	Grünfutter	Silo und Rauhfutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	400-600	400-600
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,65	3,60
C4:0	3,39	3,41
C6:0	1,92	2,06
C8:0	1,07	1,19
C10:0	2,29	2,71
C12:0	2,59	3,16
C14:0	9,03	10,21
C16:0	23,62	27,47
C18:0	8,55	7,07
C18:1t10-t11	2,17	1,20
C18:1c9 + C18:1c6-8	18,68	16,02
C18:2c9c12	1,37	1,16
C18:2c9t11-CLA	0,89	0,56
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,08	0,06
C18:2t9t11-CLA	0,03	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,07	0,07
Summe CLA (C18:2 konj.)¹	1,00	0,64
Summe kurzkettige FS²	5,33	5,50
Summe mittelkettige FS³	6,60	7,86
Summe langkettige FS⁴	72,91	71,92
Summe gesättigte FS⁵ (inkl. iso/aiso)	56,27	61,04
Summe C18:1⁶	22,01	18,21
Summe C18:2⁷	2,41	1,83
Summe ungesättigte⁸	28,09	23,87
Summe C18:1 trans (t6-t14)	2,66	1,62
Rumensäure (g/100gMilch)	0,03	0,02

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

00 2		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Stall und Weide	Stall
Fütterung	Grünfutter und Silo	Silo und Rauhfutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	200-600	200-600
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,70	3,50
C4:0	3,36	3,44
C6:0	1,89	2,09
C8:0	1,05	1,21
C10:0	2,24	2,73
C12:0	2,51	3,17
C14:0	8,97	10,28
C16:0	23,85	27,68
C18:0	8,49	7,12
C18:1t10-t11	1,99	1,04
C18:1c9 + C18:1c6-8	18,96	15,91
C18:2c9c12	1,32	1,20
C18:2c9t11-CLA	0,81	0,46
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,07	0,04
C18:2t9t11-CLA	0,04	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,07	0,08
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	0,92	0,53
Summe kurzkettige FS ²	5,27	5,55
Summe mittelkettige FS ³	6,46	7,93
Summe langkettige FS ⁴	73,17	71,80
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	56,37	61,49
Summe C18:1 ⁶	22,10	17,97
Summe C18:2 ⁷	2,28	1,76
Summe ungesättigte ⁸	28,03	23,43
Summe C18:1 trans (t6-t14)	2,48	1,47
Rumensäure (g/100gMilch)	0,030	0,016

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

NÖ/B 1		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Stall und Weide	Stall
Fütterung	Grünfutter und Silo	Silo und Rauhfutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	400-700	400-700
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,75	3,40
C4:0	3,31	3,44
C6:0	1,89	2,10
C8:0	1,06	1,21
C10:0	2,29	2,74
C12:0	2,61	3,19
C14:0	9,11	10,34
C16:0	23,89	27,28
C18:0	8,58	7,41
C18:1t10-t11	2,01	1,20
C18:1c9 + C18:1c6-8	18,63	15,80
C18:2c9c12	1,32	1,20
C18:2c9t11-CLA	0,83	0,52
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,08	0,05
C18:2t9t11-CLA	0,03	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,07	0,07
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	0,93	0,59
Summe kurzkettige FS ²	5,22	5,57
Summe mittelkettige FS ³	6,60	7,93
Summe langkettige FS ⁴	73,03	71,80
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	56,61	61,41
Summe C18:1 ⁶	21,82	18,05
Summe C18:2 ⁷	2,29	1,83
Summe ungesättigte ⁸	27,76	23,53
Summe C18:1 trans (t6-t14)	2,53	1,67
Rumensäure (g/100gMilch)	0,03	0,02

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13:0

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

NÖ/B 2		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Stall und Weide	Stall
Fütterung	Grünfutter und Silo	Silo, Rauh- und Kraftfutter
Höhenlage des Einzugsgebietes (m ü.M.)	200-500	200-400
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,75	3,60
C4:0	3,36	3,39
C6:0	1,99	2,10
C8:0	1,15	1,23
C10:0	2,54	2,79
C12:0	2,92	3,29
C14:0	9,59	10,50
C16:0	24,99	27,65
C18:0	8,00	7,16
C18:1t10-t11	1,61	1,18
C18:1c9 + C18:1c6-8	17,83	15,24
C18:2c9c12	1,40	1,22
C18:2c9t11-CLA	0,65	0,52
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,05	0,05
C18:2t9t11-CLA	0,03	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,09	0,08
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	0,73	0,59
Summe kurzkettige FS ²	5,38	5,51
Summe mittelkettige FS ³	7,31	8,11
Summe langkettige FS ⁴	72,48	71,56
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	58,38	61,86
Summe C18:1 ⁶	20,60	17,39
Summe C18:2 ⁷	2,16	1,84
Summe ungesättigte ⁸	26,34	22,95
Summe C18:1 trans (t6-t14)	2,07	1,61
Rumensäure (g/100gMilch)	0,024	0,019

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

NÖ/B 3		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Stall und Weide	Stall
Fütterung	Grünfütter und Silo	Silo, Rauh- und Krafffutter
Höhenlage des Probenahmegebietes (m ü.M.)	200-700	200-700
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	4,30	4,65
C4:0	3,56	3,35
C6:0	2,07	2,13
C8:0	1,18	1,27
C10:0	2,54	2,92
C12:0	2,88	3,42
C14:0	9,50	10,62
C16:0	23,93	27,27
C18:0	8,49	7,38
C18:1t10-t11	1,83	1,19
C18:1c9 + C18:1c6-8	18,11	15,43
C18:2c9c12	1,37	1,24
C18:2c9t11-CLA	0,73	0,51
C18:2t10c12-CLA	0,01	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,07	0,04
C18:2t9t11-CLA	0,03	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,08	0,08
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	0,85	0,57
Summe kurzkettige FS ²	5,66	5,50
Summe mittelkettige FS ³	7,28	8,42
Summe langkettige FS ⁴	72,18	71,48
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	57,82	61,97
Summe C18:1 ⁶	21,05	17,63
Summe C18:2 ⁷	2,24	1,84
Summe ungesättigte ⁸	26,85	23,07
Summe C18:1 trans (t6-t14)	2,28	1,63
Rumensäure (g/100gMilch)	0,032	0,024

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten

NÖ/B 4		
	Mengenangaben: g FS / 100 g Fett	
Jahreszeit	Sommer	Winter
Haltung	Stall	Stall
Fütterung	Silo und Rauhfutter	Silo
Höhenlage des Einzugsgebietes (mü.M.)	300-400	300-400
Fettgehalt (% = gFett/100gMilch)	3,70	3,60
C4:0	3,33	3,41
C6:0	2,03	2,11
C8:0	1,20	1,26
C10:0	2,72	2,91
C12:0	3,20	3,45
C14:0	9,95	10,45
C16:0	26,12	27,89
C18:0	7,25	6,79
C18:1t10-t11	1,01	0,79
C18:1c9 + C18:1c6-8	17,82	16,27
C18:2c9c12	1,39	1,36
C18:2c9t11-CLA	0,39	0,33
C18:2t10c12-CLA	0,00	0,00
C18:2c9c11-CLA	0,03	0,02
C18:2t9t11-CLA	0,03	0,02
C20:2 c11t13 konjugiert	0,11	0,10
Summe CLA (C18:2 konj.) ¹	0,45	0,37
Summe kurzkettige FS ²	5,39	5,55
Summe mittelkettige FS ³	7,90	8,45
Summe langkettige FS ⁴	72,21	71,65
Summe gesättigte FS ⁵ (inkl. iso/aiso)	59,36	61,81
Summe C18:1 ⁶	20,22	18,16
Summe C18:2 ⁷	1,88	1,76
Summe ungesättigte ⁸	25,77	23,50
Summe C18:1 trans (t6-t14)	1,51	1,21
Rumensäure (g/100gMilch)	0,015	0,012

¹ C18:2 c9t11 (Rumensäure), C18:2 t10c12, C18:2 c9c11, C18:2 t9t11

² C4:0 bis C6:0

³ C7:0 bis C13iso

⁴ C14:0 bis C20:5n3

⁵ gesättigte FS von C4:0 bis C22:0, inkl. iso- und aiso-Isomere, ohne C11:0, C13:0, C19:0, C21:0 (konnten nicht eindeutig von ungesätt. FS abgetrennt werden)

⁶ C18:1 t6-t14 und c6-c13

⁷ C18:2 c9c12, C18:2 c9c15, Summe CLA

⁸ ungesätt. FS, die mit der verwendeten Methode eindeutig zugeordnet werden konnten