

Ergebnisse aus dem „Bergmilchprojekt“: Einfluss von verschiedenen Faktoren auf das Fettsäuremuster der Milch

W. Bisig¹, M. Collomb², U. Bütikofer², R. Sieber², M. Bregy¹ und L. Etter¹

¹ Berner Fachhochschule, Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, CH-3052 Zollikofen

² Agroscope Liebefeld-Posieux, CH-3003 Bern

walter.bisig@shl.bfh.ch

Der Einfluss der typischen Fütterung in den fünf Schweizer Bergregionen Engadin, Rheinwald, Emmental, Luzerner Hinterland und Toggenburg auf die Fettsäurezusammensetzung der Milch wurde über ein Jahr von Mai 2004 bis Juni 2005 untersucht. Die durchschnittliche Meereshöhe der Grünfütterproduktion betrug 1247 ± 465 m für das Sommerfutter und 1136 ± 310 m für das Winterfutter. Im Vergleich zu Wintermilch wies Sommermilch um 8.6 % signifikant tiefere Konzentrationen an gesättigten Fettsäuren (SFA) auf. Die einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) waren im Sommer um 19.9 %, mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA) um 21.7 %, konjugierte Linolsäuren (CLA) um 70.1 % und trans-Fettsäuren ohne CLA um 56.7 % höher. Sommer- und Wintermilch unterschieden sich nicht signifikant bezüglich der verzweigten, der Omega-3- (n-3) und der Omega-6-Fettsäuren (n-6). Trotzdem war die mengenmässig bedeutendste n-3 Fettsäure, die α -Linolensäure, im Sommer signifikant höher als in der Wintermilch. Sein Gehalt war auch positiv korreliert mit dem Anteil an Grünlandfutter und mit der Meereshöhe.

1. Einführung

Die Bergzonen der Schweiz sind wichtige Grünfüttergebiete und deshalb gut geeignete Gebiete für die Milchproduktion und die Käseherstellung. Milchproduktion und Milchprodukteherstellung sind in den Berggebieten von grosser wirtschaftlicher Bedeutung und haben eine positive Ausstrahlung auf andere Wirtschaftssektoren wie die Wohnqualität und den Tourismus. Innovative Wege zum Erhalt und zur Förderung der Wertschöpfung der produzierenden und verarbeitenden Milchwirtschaft in den Berggebieten sind deshalb wichtig. Besseres Wissen über die Milchfettzusammensetzung, insbesondere deren Gehalt an gesund geltenden Fettsäuren (FA) und die beeinflussenden Faktoren in den Untersuchungsgebieten können als Grundlage dazu dienen, Produkte mit höherem Wert herzustellen und die positiven Werte an die Konsumierenden zu kommunizieren.

Verschiedene in der Sommerperiode durchgeführte Studien in Österreich, Deutschland, Frankreich und der Schweiz zeigten, dass die Fettsäurezusammensetzung von Kuhmilch zwischen Berggebieten und dem Flachland unterschiedlich sind (Bugaud et al., 2001; Collomb et al., 2002a, 2002b; Collomb et al., 2004; Kraft et al., 2003; Leiber et al., 2005). Generell höhere Konzentrationen der hauptsächlichen n-3 FA (α -Linolensäure, ALA) und deutlich tiefere

Konzentrationen an SFA in Milch von weidenden Kühen in den Bergen wurden gefunden. Leiber et al. (2005) stellten die Hypothese auf, dass die Zunahme des Gehaltes an ALA in alpiner Sommermilch hauptsächlich auf die Weidefütterung und das Fehlen einer oder nur in geringen Mengen vorkommenden Kraftfuttergabe zurückzuführen sei, verstärkt sowohl durch spezifische Körperfettmobilisation bei Kühen mit höhenbedingtem Sauerstoffdefizit (Hypoxia) als auch durch reduzierte Biohydrierung bedingt durch Energiedefizit oder sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wie Polyphenole und Terpenoide, welche hydrierende Mikroorganismen im Pansen hemmen.

Die Konzentration der konjugierten Linolsäure (CLA) war auch sehr hoch ($2.51 \pm 0.28 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ Fett) in Sommermilch von Alpen (1275 – 2120 m ü. M.) (Collomb et al., 2004) und wurden auf Weideeffekte und die botanische Zusammensetzung zurückgeführt. Bergwiesen weisen eine charakteristisch höhere botanische Vielfalt auf im Vergleich zum Flachland. Umweltbedingungen, welche für Kühe in den Bergen schwieriger sind, könnten auch Differenzen in der FA-Zusammensetzung von Milchfett erklären.

Bisher hat keine Studie die FA-Zusammensetzung von Schweizer Bergmilch über das ganze Jahr untersucht. In der vorliegenden Studie werden der Einfluss der Sommer- und der Winterfütterung, des Anteils an Grünlandfutter (GLF) sowie der Einfluss der Höhenlage der GLF-Produktion unter Praxisbedingungen in fünf Schweizer Bergregionen untersucht.

2. Material und Methoden

2.1. Ziele und Vorgehensweise

Über zwölf Monate von Mai 2004 bis April 2005 wurde monatlich Mischmilch von 12 Molkereien und Käsereien im Schweizer Berggebiet gesammelt. Die Kühe in den fünf untersuchten Bergregionen Engadin GR, Rheinwald GR, Toggenburg SG, Luzerner Hinterland LU und Oberes Emmental BE erhielten eine typische Fütterung des Schweizer Berggebietes. Die Meereshöhe der Grünlandfutterproduktion für den Sommer betrug $1247 \pm 465 \text{ m}$ und $1136 \pm 310 \text{ m}$ für den Winter. Insgesamt wurden 71 Mischmilchen der Sommersaison (Mai bis Oktober) und 48 Mischmilchen der Wintersaison (Dezember bis März) untersucht. Wegen der Fütterungsumstellung zwischen den beiden Jahreszeiten wurden die Resultate für die Monate April und November nicht in die Auswertungen einbezogen. Die Herden setzten sich durchschnittlich zusammen aus 54 % Braunvieh, 18 % Schweizer Fleckvieh, 7 % Simmentaler-, 14 % Red Holstein-, 5 % Holstein- und 2 % Jersey-Kühen.

2.2. Futterzusammensetzung

Die Futterzusammensetzung und die Milchproduktionsdaten finden sich in Tabelle 1. Die Daten wurden mittels schriftlicher Befragung der Landwirte mit einem standardisierten Fragebogen ermittelt. Für die Weidesaison wurden teilweise Daten ergänzt durch Schätzungen basierend auf der Milchleistung. Im Vergleich zur Winterfütterung enthält die Sommerfütterung im Wesentlichen signifikant höhere Anteile an frischem Gras und tiefere Anteile an Grassilage, Heu und Milchleistungsfutter. Die Winterperiode ist charakterisiert durch höhere Anteile an Heu und Grassilage. Drei Typen von Kraftfutter wurden gefüttert: Getreidemischung (Energie 7.1 MJ NEL (Netto Energie Laktation), 10 % Rohprotein); Protein-Ausgleichsfutter (7.0 MJ NEL, 40 % Rohprotein) und Milchleistungsfutter (7.1 MJ NEL, 16 % Rohprotein) (Tabelle 1). Der höchste Anteil des Kraftfutters war die Getreidemischung mit 5 % sowohl im Sommer als auch im Winter. Milchleistungsfutter machte im Sommer 2 % und im Winter 6 % der Fütterung aus und Proteinausgleichsfutter 0 und 1 %.

2.3. Probensammlung

Von den Molkereien wurden nach gründlichem Rühren während min. 2 Minuten Mischmilchproben in 500 mL Kunststoff-Flaschen gesammelt, mit Bronopol konserviert und bei 5°C gelagert. Die Milchproben wurden zentrifugiert und der resultierende Rahm bei 5°C stark geschlagen. Die resultierende Butter wurde geschmolzen, mittels hydrophobem Filter gereinigt und das reine Milchfett gesammelt und bei -20°C bis zur Analyse gelagert.

2.4. Analysenmethoden

Nach Auflösung des Milchfettes in reinem Hexan erfolgte die Umesterung der Triglyzeride zu Methylestern der entsprechenden Fettsäuren mittels Kaliumhydroxid in Methanol gemäss dem ISO-Standard 15885, 1997. Die Fettsäure-Zusammensetzung wurde mittels hochauflösender Gaschromatographie mit Flammen-Ionisationsdetektor (Collomb und Bühler, 2000) analysiert. CLA-Isomere wurden mittels Silberionen-HPLC mit drei Lipid-Säulen in Serie und Photodioden-Detektor gemäss Collomb et al. (2004) bestimmt. Eine Kovarianzanalyse (Systat für Windows Version 11, Anonymous, 2004) wurde durchgeführt um die Effekte der Jahreszeit, des Grünlandfutteranteils und der Meereshöhe zu eruieren.

3. Resultate und Diskussion

3.1. Gruppen von Fettsäuren

Die mittleren Gehalte von Gruppen von Fettsäuren der Sommermilch und der Wintermilch sind in Tabelle 2 dargestellt. Verglichen mit Wintermilch wies Milch des Sommers signifikant um 8.6 %

tiefere Gehalte an gesättigten Fettsäuren (SFA) sowie signifikant höhere Konzentration an einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA, +19.9 %), mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA, +21.7 %), konjugierten Linolsäuren (CLA, +70.1 %) und Trans-Fettsäuren ohne CLA (+56.7 %) auf. Sommer- und Wintermilch unterschieden sich nicht signifikant bezüglich den Gehalten an n-3 und n-6 FA (Tabelle 2, Abbildung 1).

Der tiefere Gehalt an SFA im Sommer (57.95 g / 100 g Fett) im Vergleich zum Winter (63.41 g / 100 g Fett) könnte durch den höheren Anteil an Raufutter im Sommer bewirkt werden, wodurch die Fettsynthese de novo beeinflusst wird (Murphy, 2000). Diese Synthese kann auch unterdrückt werden durch hohe Konzentrationen von C18:1 aus der Ration oder aus der Hydrierung von PUFA im Pansen. (Wonsil et al., 1994). In dieser Studie war die Summe der drei SFA C12, C14 und C16 im Sommer mit 34.94 g / 100 g Fett signifikant tiefer als im Winter mit 41.09 g / 100 g Fett. Dies ist für die Sommermilch ein Gesundheitsvorteil, da nur die SFA C12, C14 und C16 das unerwünschte Cholesterin LDL im Blutplasma ungünstig beeinflussen

Die höheren Gehalte an MUFA und PUFA in Sommermilch (26.56 bzw. 5.45 g / 100g Fett) im Vergleich zur Wintermilch (22.16 bzw. 4.48 g / 100 g Fett) können teilweise auf die höhere Einnahme von PUFA im Sommerfutter zurückgeführt werden.

Die höhere Konzentration der CLA in der Sommermilch (1.65 g / 100 g Fett) gegenüber Wintermilch (0.97 g / 100 g Fett) kann auf die Weidefütterung (Kelly et al., 1998 und Dhiman et al., 1999) und den tieferen Anteil an Kraftfutter in der Ration (Stockdale et al., 2003) zurückgeführt werden. Diese Autoren fanden Werte in der gleichen Grössenordnung.

Obwohl der Gehalt an n-3 Fettsäuren im Sommer nicht signifikant höher war als im Winter konnte ein Trend zu höheren Werten im Sommer festgestellt werden (Tabelle 2, Abbildung 1). Die Konzentration der hauptsächlich vorkommenden n-3 FA α -Linolensäure (ALA) war in Milch des Sommers signifikant höher als im Winter. Für ähnliche Höhenlagen waren die von Collomb et al., 2002a; Leiber et al. 2005; Bugaud et al., 2001 und Hauswirth et al., 2004 gefundenen Konzentrationen an n-3 FA ähnlich wie in dieser Studie. Hauswirth et al., 2004 sprachen wegen den erhöhten n-3 FA Konzentrationen in Bergkäse im Vergleich zu Emmentaler und Cheddar aus dem Tal von einem Alpenen Paradoxon. Das Verhältnis n-3 zu n-6 FA in Milchlipo in der aktuellen Studie war mit 1:1 bis 1:2 (Quotient 0.77 bzw. 0.66) in beiden Jahreszeiten optimal. Werte von < 1:5 werden aus Ernährungssicht als gut erachtet.

Mit steigendem Anteil Grünlandfutter in der Ration sank die Konzentration der SFA signifikant und es stiegen die Konzentrationen von MUFA, PUFA, trans FA ohne CLA, n-3-FA, CLA und auch das Verhältnis n-3 zu n-6 FA (Tabelle 2 und Abbildung 2). Die Konzentration von n-6 FA korrelierte

negativ mit steigendem Anteil an GLF in der Ration.

Der signifikant höhere Anteil an frischem Gras bei höherem Anteil GLF erklärt die Reduktion der Konzentration der SFA und die Erhöhung der MUFA und PUFA (Kelly et al., 1998; Dhiman et al., 1999). Im Winter (tieferer Anteil GLF) erhöht die Fütterung von konserviertem Gras (Heu oder Silage) die Bildung von SFA zusätzlich (Morel et al., 2006).

Höhere CLA-Gehalte mit steigendem Anteil GLF wie in dieser Studie wurden u.a. auch durch Dhiman et al. (1999) und Kelly et al. (1998) gefunden. Besonders frisches Gras liess den CLA Gehalt gemäss diesen Autoren ansteigen.

Höhere Gehalte an n-3 FA mit steigendem Anteil GLF (Abbildung 2) wurden auch von Dhiman et al. (1999) und Kelly et al. (1998) gefunden.

Mit steigender Meereshöhe der Grünlandfuttergewinnung nahm der Gehalt an SFA signifikant ab und die Konzentrationen der MUFA, PUFA, Trans-FA ohne CLA, n-3 FA, n-6 FA sowie das Verhältnis n-3 zu n-6 FA stiegen signifikant (Tabelle 2 und Abbildung 3). Die Konzentration von CLA korrelierte nicht signifikant mit der Höhe über Meer der Grünlandfuttergewinnung.

Die durch Collomb et al. (2002a) gefundene tiefere Konzentration von SFA in hoher Meereshöhe wurde durch diese Studie bestätigt. Ebenso fanden Leiber et al. (2005) tieferen Gehalt an kurz- und mittelkettigen SFA in Milchfett von hochalpin gehaltenen Kühen. Höhere Konzentrationen von PUFA in Milch aus höheren Lagen könnten gemäss Bugaud et al. (2001) auch auf eine reduzierte Biohydrierung im Pansen bei Tieren, die in den Bergen gefüttert werden, zurückgeführt werden. Mobilisierung von ungesättigten FA aus Körperfett infolge eines Energiedefizits könnte die Werte an MUFA und PUFA mit steigender Meereshöhe anheben.

Dass die Konzentration der CLA in Milch nicht mit der Höhenlage der Grünfuttergewinnung korreliert ist nicht in Übereinstimmung mit Collomb et al. (2002a) sondern bestätigt die Ergebnisse von Leiber et al. (2005) wo keine Erhöhung der Konzentration der CLA in Milch von Kühen, welche Alpenfutter erhielten, festgestellt wurde.

Die generell hohen Konzentrationen an CLA in Bergmilch könnten im Wesentlichen durch die generell hohen Anteile an GLF als auch durch die tiefen Kraftfuttermengen in den untersuchten Bergregionen zurückgeführt werden.

Die signifikant höheren Konzentrationen von n-3 FA mit steigender Höhenlage können durch den höheren Anteil an frischem Gras (Tabelle 1) erklärt werden (Dhiman et al., 1999 und Kelly et al., 1998).

Die Konzentrationen der verschiedenen Gruppen von FA in Bergmilch zeigen über das Jahr deutliche saisonale Variationen (Abbildung 1). Die Konzentrationen der SFA und n-6 FA in

Milchfett waren am tiefsten zwischen ca. Juli bis Oktober, stiegen dann bis Dezember auf ein Maximum und verblieben auf diesem hohen Niveau bis April. Andererseits waren die Konzentrationen von MUFA, PUFA, Trans-FA ohne CLA n-3 FA und CLA maximal während etwa der gleichen Sommerperiode und minimal von Dezember bis April.

Sommermilch hatte höhere Gehalte an trans-Vaccensäure (C18:1 t11; TVA) und an α -Linolensäure (C18:3 c9,c12,c15; ALA).

3.2 CLA Isomere

Die mittleren Gehalte von drei CLA Isomeren sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die Konzentrationen der beiden Isomere c9,t11 und t7,c9 waren in der Sommermilch signifikant höher als in der Wintermilch, beim Isomer t11,c13 gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Jahreszeiten aber ebenfalls einen Trend zu höheren Werten im Sommer. In beiden Jahreszeiten war die Konzentration des Isomers c9,t11 die höchste aller Isomere, gefolgt von den Isomeren t11,c13 und t7,c9. Die Konzentration des Isomers c9,t11 betrug 85.2 % im Sommer und 83.2 % im Winter bezogen auf die Gesamt-CLA-Konzentration. Die Konzentrationen dieser drei wichtigsten CLA-Isomere (c9,t11, t11c13 and t7,c9) waren im Sommer um 74.3 %, 64.7 % respektive 16.2 % höher als in der Wintermilch.

Bereits Collomb et al. (2006) haben festgestellt, dass die Konzentration der wichtigsten CLA Isomere im Sommer höher sind als im Winter. Die Konzentrationen der CLA Isomere in der Sommermilch der aktuellen Studie waren ähnlich wie jene in der Studie von Collomb et al. (2004) für eine vergleichbare Meereshöhe. Während der Grünfütterungsperiode stieg die Konzentration der CLA in der aktuellen Studie von Mai bis September (Abbildung 1). Andere Autoren geben an, dass die CLA Konzentrationen am Anfang der Grünfütterungsperiode am höchsten waren und dann abnahmen (Lock und Garnsworthy, 2003). In der aktuellen Studie war das Isomer t11,13 das Isomer mit der zweithöchsten Konzentration in der Milch sowohl im Sommer als auch im Winter. Dies steht im Gegensatz zur oft gefundenen zweithöchsten Konzentration des CLA-Isomers t7,c9. Kraft et al. (2003) stellten die Hypothese auf, dass α -Linolensäure aus Grünfütter eine indirekte Vorstufe des t11,c13 Isomers ist.

Die Gehalte der Isomere c9,t11 und t11,c13 korrelierten positiv mit steigendem Anteil an Grünlandfutter in der Ration. Mit der Meereshöhe korrelierten die Isomere t7,c9 und t11,c13 positiv, nicht aber das höchstkonzentrierte Isomer c9,t11.

4. Schlussfolgerungen

Verglichen mit den Werten im Winter waren die Konzentrationen an endogenen SFA im Sommer tiefer und jene der MUFA, PUFA und CLA höher. Allgemein führt die Zufütterung von Kraftfutter im Sommer und hohe Anteile von Heu kombiniert mit Kraftfutter im Winter zu einem Anstieg der SFA und zu einer Reduktion der PUFA, inklusive der CLA, im Milchfett. Das Milchfett der Bergmilch scheint aus ernährungsphysiologischer Sicht wegen des tiefen Gehaltes an SFA besonders im Sommer von hohem Interesse. Besonders die SFA C12, C14 und C16, welche die Konzentration des unerwünschten Cholesterins LDL im Blutplasma ungünstig beeinflussen, sind im Sommer in wesentlich tieferen Konzentrationen in der Milch vorhanden. Die höhere Konzentration der hauptsächlichlichen n-FA (α -Linolensäure) in Milchfett von Bergmilch im Vergleich zu Milch aus dem Flachland ist für die Sommersaison jetzt allgemein anerkannt und durch diese Studie mit steigenden Werten mit der Meereshöhe bestätigt. Die relative hohen Werte an TVA besonders in der Sommersaison können auch positiv gesehen werden, da es Indizien für deren endogene Umwandlung in gesundheitlich positiv bewertete CLA gibt. Die mit zunehmenden Anteil GLF und mit steigender Meereshöhe ansteigende Konzentration des CLA Isomers t11,c13 zeigt, dass die Konzentration dieses Isomers als Indikator für Grünlandfütterung und Milch aus Bergregionen genutzt werden könnte.

Literaturverzeichnis

- Anonymous. 2004. Systat for Windows version 11. Chicago, USA: SPSS Inc.
- Bugaud, C., Buchin, S., Coulon, J.B., Hauwuy, A. & D. Dupont. 2001. Influence of alpine pastures on plasmin activity, fatty acid and volatile compound composition of milk. *Le Lait* 81: 401-414.
- Collomb, M. & T. Bühler. 2000. Analyse de la composition en acides gras de la graisse de lait, I. Optimisation et validation d'une méthode générale à haute résolution. *Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène* 91: 306-332.
- Collomb, M., Bütikofer, U., Sieber, R., Jeangros, B. & J.O. Bosset. 2002a. Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatography. *International Dairy Journal* 12: 649-659.
- Collomb, M., Bütikofer, U., Sieber, R., Jeangros, B. & J.O. Bosset. 2002b. Correlation between fatty acids in cows' milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder. *International Dairy Journal* 12: 661-666.

- Collomb, M., Sieber, R. & U. Bütikofer. 2004. CLA isomers in milk fat from cows fed diets with high levels of unsaturated fatty acids. *Lipids* 39: 355-364.
- Collomb, M., Schmid, A., Sieber, R., Wechsler, D. & E.-L. Ryhänen. 2006. Conjugated linoleic acid in milk fat: variation and physiological effects. *International Dairy Journal* 16: 1347-1361.
- Dhiman, T.R., Arnand, G.R., Satter, L.D. & M.W. Pariza. 1999. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *Journal of Dairy Science* 82: 2146-2156.
- Hauswirth, C.B., Scheeder, M.R.L. & J.H. Beer. 2004. High ω -3 fatty acid content in alpine cheese, the basis for an alpine paradox. *Circulatio*, 6 (13): 103-107.
- Kelly, M.L., Kolver, E.S., Bauman, D.E., van Amburgh, M.E. & L.D. Muller. 1998. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *Journal of Dairy Science* 81: 1630-1636.
- Kraft, J., Collomb, M., Möckel, P., Sieber, R. & G. Jahreis. 2003. Differences in CLA isomer distribution of cow's milk lipids. *Lipids* 38: 657-664.
- Leiber, F., Kreuzer, M., Nigg, D., Wettstein, H.R. & M.R.L. Scheeder. 2005. A study on the causes for the elevated n-3 fatty acids in cows' milk of alpine origin. *Lipids* 40: 191-202.
- Lock, A.L. & P.C. Garnsworthy. 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and Δ^9 -desaturase activity in dairy cows. *Livestock Production Science* 79 : 47-59.
- Morel, I., Wyss, U., & M. Collomb. 2006. Influence de la composition botanique de l'herbe ou de l'ensilage sur la composition du lait. *Revue Suisse d'Agriculture* 38: 115-120.
- Murphy, J.J. 2000. Synthesis of milk fat and opportunities for nutritional manipulation. In: Agnew, R.E., Agnew, K.W. & A.M. Fearon (Eds.), *milk composition* (pp. 201-222). Occasional Publication No. 25 of the British Society of Animal Science.
- Stockdale, C.R., Walker, G.P., Wales, W.J., Dalley, D.E., Birkett, A., Shen, Z. & P.T. Doyle. 2003. Influence of pasture and concentrates in the diet of grazing dairy cows on the fatty acid composition of milk. *Journal of Dairy Research* 70: 267-276.
- Wonsil, B.J., Herbein, J.H. & B.A. Watkins. 1994. Dietary and ruminally derived trans-18:1 fatty acids alter bovine milk lipids. *Journal of Nutrition* 124: 556-565.

Tabelle 1: Mittelwerte der Futterzusammensetzung und der Milchmengen im Sommer und im Winter

Futter	Sommer		Winter		Gruppe	Signifikanz (P)			
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x		GLF % / \pm	HGLF / \pm		
Rücklauf Fragebogen, %	69	24	69	20	***	***	+	ns	
Menge Mischmilch, kg /Tag	2695	1997	3161	2592	ns	**		ns	
Total Ration, kg TS /Tag und Kuh	16.77	1.06	17.62	1.00	***	***	-	*	-
Anteil Grünlandfutter (GLF), %	92	5	81	4					
Anteil frisches Gras, %	74	23	0	1	***	***	+	*	+
Anteil Gras-Silage, %	1	4	11	14	*	ns		ns	
Anteil Heu, %	16	17	69	14	***	***	-	ns	
Anteil Maissilage, %	0	1	2	2	ns	*	-	ns	
Anteil Raufutter ¹⁾ , %	93	4	88	3	**	***	+	ns	
Anteil Kraftfutter, %	6.8	4.3	12.5	3.3	**	***	-	ns	
Getreidemischung ²⁾ , %	4.8	3.5	4.7	1.9	***	***	-	***	-
Proteinausgleichsfutter ³⁾ , %	0.3	0.4	1.1	0.8	ns	***	-	ns	
Milchleistungsfutter ⁴⁾ , %	1.5	1.9	6.4	2.6	***	***	-	***	-
Höhenlage Grünlandfutter-Anbau, m ü. M.	1247	465	1136	310	***	***	+	***	+

Sommer: Mai bis Oktober; Winter : Dezember bis März; Gruppe: Sommer im Vergleich zu Winter;

GLF = Grünlandfutter; HGLF : Höhenlage Grünlandfutter; n = Anzahl Proben \bar{x} = Mittelwert;

s_x = Standardabweichung; P = Fehlerwahrscheinlichkeit : * = $P \leq 0.05$; ** = $P \leq 0.01$;

*** = $P \leq 0.001$, \pm : positiv oder negativ korreliert mit Anteil GLF bzw. Höhenlage GLF;

¹⁾ hauptsächlich bestehend aus frischem, getrocknetem oder siliertem Gras und Ganzmais-Silage aber auch Stroh, Zuckerrübenschnitzel, Futterrüben, Kartoffeln und einige andere faserreiche Futter; ²⁾ Energie 7.1 MJ NEL (Nettoenergie Laktation), 10% Rohprotein; ³⁾ 7.0 MJ NEL, 40% Rohprotein, ⁴⁾ 7.1 MJ NEL, 16% Rohprotein.

Tabelle 2: Mittlere Gehalte (g /100 g Milchfett) von Gruppen von Fettsäuren, TVA und ALA in Milch des Sommers (n= 71) und des Winters (n=48)

Σ Fettsäuren	Sommer		Winter		Gruppe	Signifikanz (P)			
	\bar{X}	s_x	\bar{X}	s_x		GLF % / ±	HGLF / ±		
Σ kurzkettige (C4 – C10)	8.85	0.62	9.64	1.45	ns	ns	**	-	
Σ mittelkettige (C 12 – C16)	40.39	2.75	46.42	2.12	***	*	-	***	-
Σ langkettige (C17 - C22)	40.87	3.45	33.95	2.56	***	**	+	***	+
Σ gesättigte (SFA)	57.95	2.53	63.41	1.46	***	***	-	***	-
Σ C12, C14, C16	34.94	2.72	41.09	1.81	***	***	-	***	-
Σ ungesättigte	32.04	2.61	26.67	1.61	***	***	+	***	+
Σ einfach ungesättigte (MUFA)	26.56	2.11	22.16	1.35	***	**	+	***	+
Σ mehrfach ungesättigte (PUFA)	5.45	0.72	4.48	0.40	**	***	+	***	+
Σ C18:2 t ohne CLA t	1.13	0.20	0.74	0.11	***	***	+	ns	
Σ C18:2 t mit CLA	2.65	0.56	1.62	0.23	***	***	+	ns	
Σ CLA	1.65	0.45	0.97	0.16	***	***	+	ns	
Σ Trans ohne CLA	6.31	1.13	4.03	0.69	***	***	+	**	+
Σ Trans mit CLA	7.83	1.49	4.91	0.82	***	***	+	**	+
C18:1 t10 +t11(TVA)	3.66	0.82	2.08	0.42	***	***	+	**	+
Σ n-3	1.65	0.30	1.37	0.16	ns	***	+	**	+
C18:3 c9,c12,c15 (ALA)	0.92	0.18	0.85	0.11	**	***	+	***	+
Σ n-6	2.15	0.27	2.27	0.28	ns	***	-	***	+
Σ n-3 / Σ n-6	0.77	0.15	0.61	0.11	ns	***	+	***	+

Sommer: Mai bis Oktober; Winter: Dezember bis März; Gruppe: Sommer- versus Winter; GLF = Grünlandfutter; HGLF: Höhenlage GLF; ± : positiv oder negativ korreliert mit Anteil GLF bzw. mit HGLF; n = Anzahl Proben; Σ = Summe der Konzentrationen; CLA = Konjugierte Linolsäuren (conjugated linoleic acid); \bar{X} = Mittelwert; s_x = Standardabweichung; P = Fehlerwahrscheinlichkeit: * = $P \leq 0.05$; ** = $P \leq 0.01$; *** = $P \leq 0.001$; t: trans; c: cis.

Tabelle 3: Mittelwerte (mg/g Milchfett) von Isomeren der konjugierten Linolsäure im Sommer (n=71) und im Winter (n=48)

Σ CLA	Sommer		Winter		Gruppe	Signifikanz (P)			
	\bar{X}	s_x	\bar{X}	s_x		GLF % / ±	HGLF / ±		
C18:2 t11,c13	0.84	0.33	0.51	0.19	ns	***	+	**	+
C18:2 c9,t11	14.03	4.02	8.05	1.34	***	***	+	ns	
C18:2 t7,c9	0.43	0.08	0.37	0.06	***	ns		***	+
CLA t11,c13 / CLA t7,c9	1.90	0.60	1.40	0.48	ns	***	+	ns	
Σ CLA	16.46	4.54	9.68	1.62	***	***	+	ns	

Sommer: Mai bis Oktober; Winter: Dezember bis März; Gruppe: Sommer- versus Winter; GLF = Grünlandfutter; HGLF: Höhenlage GLF; ± : positiv oder negativ korreliert mit Anteil GLF bzw. mit HGLF; n = Anzahl Proben; Σ = Summe der Konzentrationen; CLA = Konjugierte Linolsäuren (conjugated linoleic acid); \bar{X} = Mittelwert; s_x = Standardabweichung; P = Fehlerwahrscheinlichkeit: * = $P \leq 0.05$; ** = $P \leq 0.01$; *** = $P \leq 0.001$; t: trans; c: cis;

Abbildung 1: Konzentrationen (g/100 g Milchfett) verschiedener Gruppen von Fettsäuren in Bergmilch über ein Jahr. Die Linien stellen die Standardabweichungen dar.

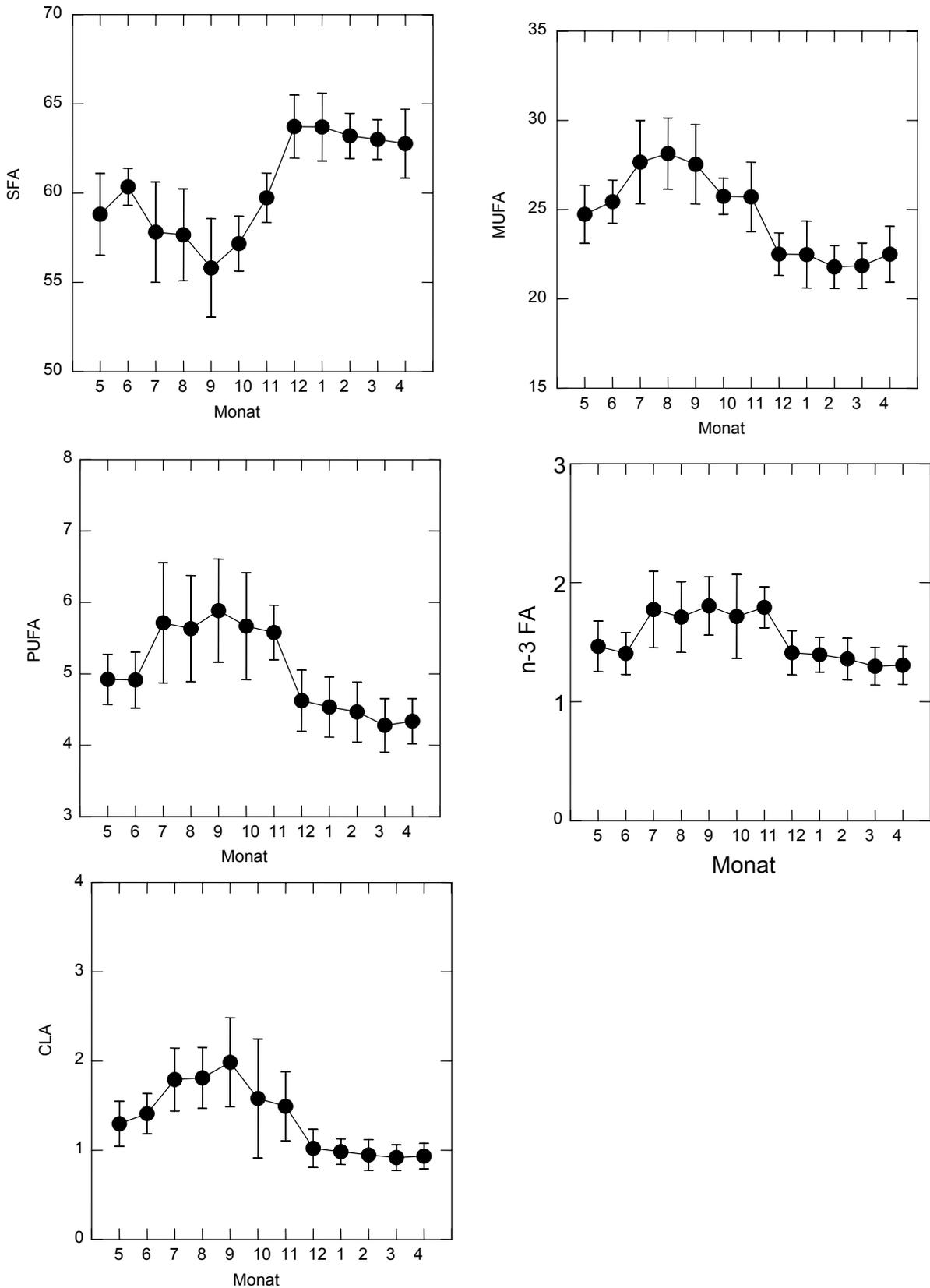


Abbildung 2: Einfluss des Anteils Grünlandfutter auf den Gehalt (g/100 g Milchfett) der wichtigsten gesundheitlich bedeutenden Fettsäuregruppen von Bergmilch

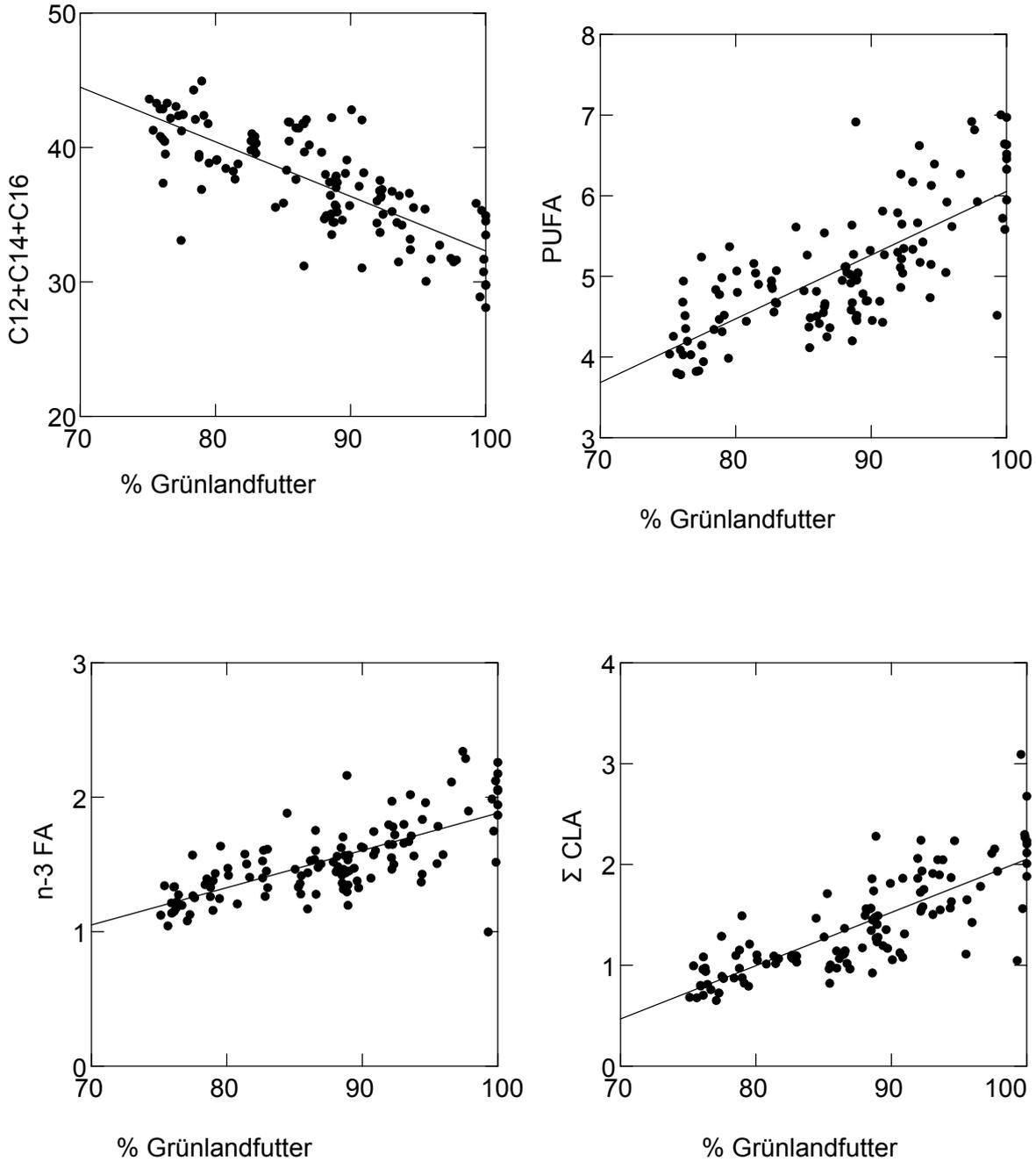


Abbildung 3: Einfluss der Höhe über Meer der Grünlandfuttergewinnung auf den Gehalt (g/100 g Milchfett) der wichtigsten gesundheitlich bedeutenden Fettsäuregruppen von Bergmilch

