

Einfluss der Fütterung auf die Zusammensetzung der Milchinhaltsstoffe

W. Bisig, C. Bär, M. Sutter, B. Reidy, C. Egger, R. Portmann

Agroscope, Institut für Lebensmittelwissenschaften, Bern-Liebelfeld

walter.bisig@agroscope.admin.ch

Einleitung und Problemstellung

Diverse Studien untersuchten den Einfluss verschiedener Fütterungspraktiken von Kühen auf die Zusammensetzung der Milchinhaltsstoffe. Bisher konzentrierten sich die Untersuchungen auf die Milchfettfraktion. Es wurde aufgezeigt, dass die Milchfettfraktion stark von der Art der Futterration der Kühe beeinflusst wird. Ein hoher Anteil an Wiesenfutter reduziert gemäss mindestens neun Studien den Anteil gesättigter Fettsäuren und erhöht die Anteile einfach und mehrfach ungesättigter Fettsäuren (BISIG in THOMET *et al.*, 2011). N-3-Fettsäuren wurden durch reine Grasfütterung gegenüber der jeweiligen Standard-Mischration um 51 bis 330% erhöht. Teilweise wurde auch ein Einfluss der Höhenlage auf das Fettsäuremuster gefunden, insbesondere höhere Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) bei höheren Lagen (COLLOMB *et al.*, 2002.; HAUSWIRT *et al.*, 2004; LEIBER *et al.*, 2005; CHILLIARD *et al.*, 2007; BISIG *et al.*, 2008), andere wiederum konnten dies nicht bestätigen (BARTL *et al.*, 2008). LEIBER *et al.*, (2005) führten dies auf eine Körperfettmobilisation zurück, da im Wiesenfutter in der höheren Lage auf 2000 m.ü.M. nicht mehr ungesättigte Fettsäuren gemessen wurden. Im Übersichtsartikel von BISIG in THOMET *et al.*, (2011) wurden auch für die konjugierten Linolsäuren (CLA) in der Milch in acht Studien durch Grasfütterung gegenüber der Standard-Mischration um 77 bis 244% höhere Werte gefunden. Diverse Untersuchungen postulierten oder fanden einen Einfluss der botanischen Zusammensetzung des Wiesenfutters auf das Fettsäurespektrum der Milch (COLLOMB *et al.*, 2002, MARTIN *et al.*, 2009, COPPA *et al.*, 2012), andere konnten diesen Einfluss nicht feststellen (ADLER *et al.*, 2013).

N-3-Fettsäuren haben in ausreichend hoher Konzentration positive gesundheitliche Effekte bezüglich Herz-Kreislaufkrankheiten und bezüglich gesunder Entwicklung bei Kindern (EFSA, 2011; BLV, 2014). Den CLA werden krebs- und entzündungshemmende Eigenschaften und ein positiver Effekt auf die Körperfettreduktion zugeschrieben (AMARU *et al.*, 2010, WHINGHAM *et al.*, 2007). EFSA hat bisher mangels genügender wissenschaftlicher Belege noch keine Gesundheitsanpreisung für CLA bewilligt (EFSA, 2010).

Bezüglich des Totalproteingehalts haben Studien gezeigt, dass dieser nur in geringem Masse durch die Fütterung beeinflusst wird. In den meisten Fällen führte eine erhöhte Menge an Kraftfutter zu einer Steigerung sowohl des Proteingehalts als auch der Ausbeute bei der Käseherstellung (JENKINS & MCGUIRE, 2006). BRODZIAK *et al.*, (2012) fanden in Milch mit konventioneller weidebetonter Fütterung einen höheren Gehalt an Molkenproteinen als bei TMR-Fütterung. Gemäss KRZYZEWSKI *et al.*, 1997 und BRODZIAK *et al.*, 2012 sind über 50% der Gehaltsänderungen in Kuhmilch durch genetische Faktoren verursacht und etwa 40% durch die Fütterung und weitere Umweltfaktoren. Der Einfluss auf Gesamtgehalt und Zusammensetzung ist beim Fett höher als beim Protein (WALKER *et al.*, 2004). Gemäss diesen Autoren sind vor allem die verfügbare metabolisierbare Energie und das verfügbare metabolisierbare Protein im Futter für den Proteingehalt der Milch relevant. Die Veränderungen der einzelnen Proteine wurden bisher noch nicht untersucht. Wahrscheinlich, weil geeignete Quantifizierungsmethoden nicht existierten oder zu aufwändig waren. In einer laufenden KTI-Studie der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL und Agroscope in Zusammenarbeit mit IP-Susse wird mit einer neu entwickelten Methode der Einfluss der Fütterung auf die Proteinzusammensetzung (20 Proteine) von Milch untersucht (REIDY *et al.*, 2013). Insgesamt wurden in Milch bisher 265 Proteine identifiziert, davon 225 in der Fettkügelchenmembran (LE *et al.*, 2013). Milchproteine haben viele verschiedene Funktionen als biologisch hochwertiges Protein und damit Lieferant von essentiellen Aminosäuren, als Transportvehikel für Kalzium und Phosphat, als antimikrobielle Proteine, Wachstumsfaktoren, Enzyme, Hormone, Antikörper oder als Immun-Stimulans (HAUG *et al.*, 2007).

Im Folgenden sollen die Ergebnisse von drei Studien über den Einfluss der Fütterung auf die Zusammensetzung der Fettsäuren in der Praxis in der Schweiz dargestellt werden, sowie erste Ergebnisse einer Vorstudie zum Einfluss auf die Proteinzusammensetzung gezeigt werden.

Material und Methoden

Bergmilchprojekt

COLLOMB *et al.*, 2008 und BISIG *et al.*, 2008 sammelten monatlich über ein Jahr Mischmilch von zwölf Molkereien und Käsereien in den fünf Schweizer Berggebieten Engadin, Rheinwald, Toggenburg, Luzerner Hinterland und Oberes Emmental. Die Höhenlage der Grünlandfutterproduktion für den Sommer betrug 1247 ± 465 m ü.M. und für den Winter 1136 ± 310 m ü.M. Insgesamt wurden 71 Mischmilchen der Sommersaison (Mai bis Oktober) und 48 der Wintersaison (Dezember bis März) untersucht. Wegen der Fütterungsumstellung zwischen den beiden Jahreszeiten wurden die Resultate der Monate April und November nicht in die Auswertungen einbezogen. Die Herden setzten sich durchschnittlich aus 54 % Braunvieh, 18 % Schweizer Fleckvieh, 7 % Simmentaler-, 14 % Red Holstein-, 5 % Holstein- und 2 % Jersey-Kühen zusammen.

Die Milchproben wurden zentrifugiert, der Rahm bei 5°C stark geschlagen, die resultierende Butter geschmolzen und mittels hydrophobem Filter gereinigt. Das reine Milchlaktat wurde gesammelt und bei -20°C bis zur Analyse gelagert. Nach Auflösung des Milchlaktes in reinem Hexan erfolgte die Umesterung der Triglyzeride zu Methylestern der entsprechenden Fettsäuren mittels Kaliumhydroxid in Methanol gemäss dem ISO-Standard 15885, (1997). Die Fettsäuren wurden mittels Gaschromatographie (COLLOMB & BÜHLER 2000) und die CLA-Isomere mittels Silberionen-HPLC gemäss COLLOMB *et al.*, (2004) bestimmt. Eine Kovarianzanalyse wurde durchgeführt, um Effekte der Jahreszeit, des Grünlandfutteranteils und der Höhenlage zu eruieren.

Systemvergleich Hohenrain

Im Systemvergleich Milchproduktion Hohenrain wurde von WYSS *et al.*, (2011) u.a. die Milchinhaltsstoffe von zwei Herden unterschiedlicher Fütterung über drei Jahre verglichen: Erstens einer Weideherde mit saisonaler Abkalbung im Frühjahr, Kurzrasenweide rotierend in vier Parzellen von März bis November sowie geringen Kraffuttermengen (285 kg/Laktation) und zweitens einer Stallherde mit ganzjähriger - aber im Juni und August gehäufte Abkalbung, gefüttert mit einer Teil-Mischration aus Gras- und Maissilage ergänzt mit höheren Protein-Kraffuttermengen (1094 kg/Laktation) und etwas Weide. Die Analyse der Milchlaktatzusammensetzung erfolgte wie vorangehend beschrieben.

Studie Wiesenmilch

In der Vorstudie Wiesenmilch wurde Hofmilch von 12 Landwirtschaftsbetrieben auf die zwei Milchinhaltsstoff-Gruppen Fettsäuren und 20 wichtige Proteine untersucht. Die Betriebe hatten vier unterschiedliche Fütterungsstrategien: Vollweide, Schweiz klassisch mit hohem Anteil Wiesenfutter, Teilmischration TMR Schweiz mit weniger Wiesenfutter und Teil-/Totalmischration TMR Deutschland mit wenig Wiesenfutter und hohen Kraffuttermengen. Die erfassten Rationen über alle Betriebe im Jahresdurchschnitt setzten sich gemäss Tabelle 1 zusammen.

Zudem wurde auch konventionelle Milch, Wiesenmilch und Bio-Milch vom Markt aus den drei verschiedenen Milch-Einzugsgebieten und Molkereien Estavayer-Jura (Estavayer Lait SA), Suhr (Mittellandmolkerei) und Schwyz (Milchhuus Schwyz AG) auf die Fettsäurezusammensetzung untersucht.

Tabelle 1: Durchschnittliche Zusammensetzung der Futtermischung der 12 Landwirtschaftsbetriebe übers Jahr (pro Betrieb 10 Messpunkte von Nov. 2011 bis Nov. 2012)

Futterkomponente	Von	Bis
Anteil Wiesenfutter (Anteil in TS)	99%	22%
Anteil Maissilage (Anteil in TS)	0%	41%
Kraffuttermenge (g/kg ECM)	0 g	273 g

ECM: Energie-korrigierte Milch

Die Analyse der Fettsäuren erfolgte gemäss der vorangehend aufgeführten Methode. Um den Einfluss der Fütterung auf die Milchproteine zu untersuchen wurde eine neue Methode entwickelt, welche auf Massenspektrometrie basiert und die Quantifizierung von 20 wichtigen Proteinen in der

Milch erlaubt (MATHIS *et al.*, 2012, BÄR *et al.*, 2013). Damit ergab sich erstmals die Möglichkeit, Unterschiede zwischen der Menge an individuellen Milchproteinen festzustellen. Die Methode basiert auf "Selected Reaction Monitoring", einer speziellen massenspektrometrischen Messtechnik. Dazu wurden die Proteine zuerst mit Trypsin enzymatisch abgebaut wodurch spezifische Peptide generiert wurden. Jeweils ein Peptid, welches ein gutes Signal im Massenspektrometer zeigte, keine post-translationelle Modifikation oder speziesspezifische Variationen enthielt und in seiner Sequenz einzigartig war, wurde pro Protein gewählt. Diese Peptide wurden zusammen mit isotopisch markierten Peptiden derselben Aminosäuresequenz (Interner Standard) über eine Chromatographie aufgetrennt. Dabei verhielten sich die markierten und die natürlichen Varianten identisch und eluieren somit jeweils als Paar. Die Peptide wurden anschliessend ionisiert und in das Massenspektrometer eingespritzt und konnten dank der isotopischen Markierung (geringe Massendifferenz) getrennt gemessen werden. Durch den Vergleich der Signalintensität zwischen den natürlichen und den markierten Peptiden (Standard definierter Konzentration) konnte die absolute Menge des natürlichen Peptids, und damit des ursprünglichen Proteins bestimmt werden (Abbildung 1).

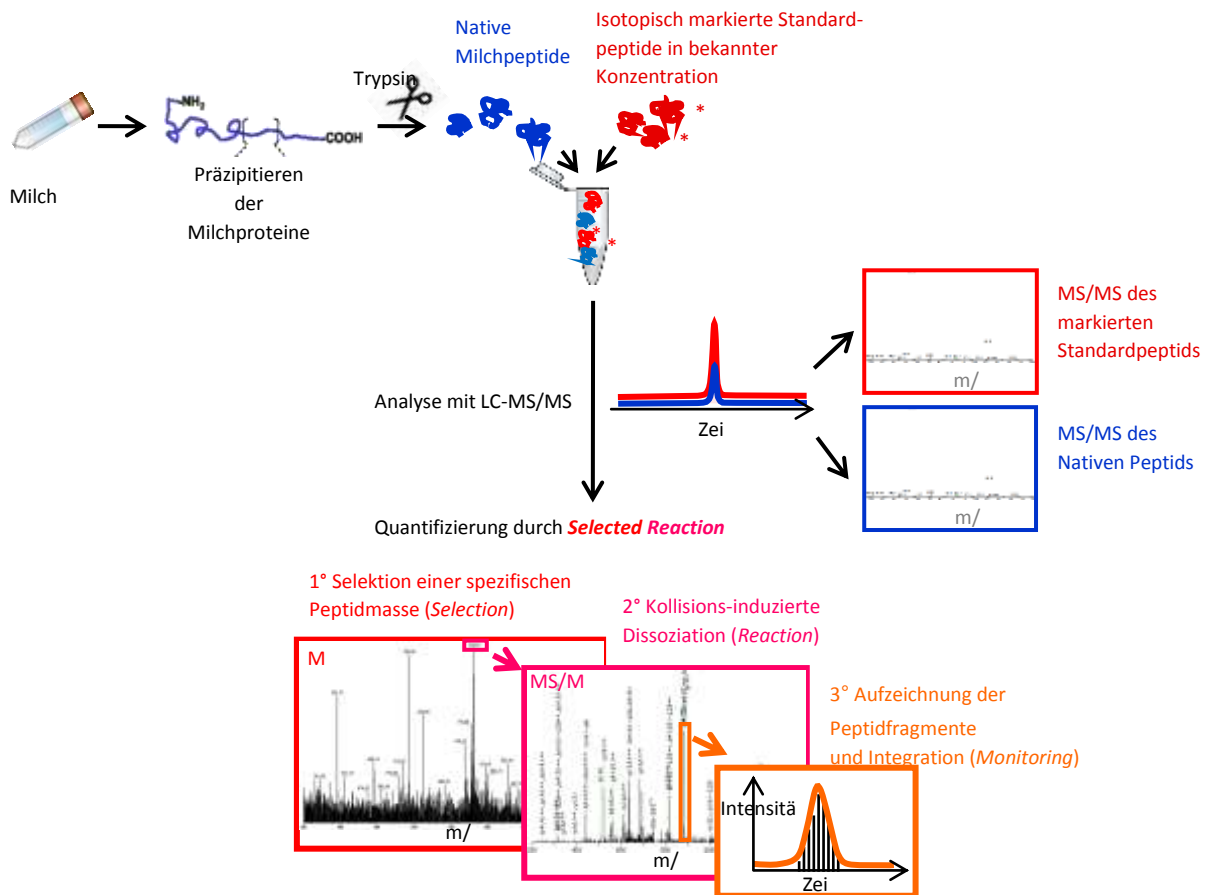


Abbildung 1: Bestimmungsmethode von 20 Milchproteinen mittels spezifischer Peptidsequenzen, Chromatographie und Massenspektrometrie (MATHIS *et al.*, 2012, BÄR *et al.* 2013)

Ergebnisse und Diskussion

Bergmilchprojekt

Mit steigendem Grünlandfutteranteil in der Ration sank die Konzentration der gesättigten Fettsäuren (SFA) signifikant. Gleichzeitig stiegen die Konzentrationen von einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA), PUFA, trans-Fettsäuren ohne CLA, n-3-Fettsäuren (n-3 FA), CLA (Abbildung 2) und auch das Verhältnis von n-3 zu n-6 Fettsäuren. Der signifikant höhere Anteil an frischem Gras bei höherem Anteil Grünlandfutter erklärte die Reduktion der Konzentration der SFA und die Erhöhung der MUFA und PUFA (KELLY *et al.*, 1998; DHIMAN *et al.*, 1999). Höhere Gehalte an n-3 FA mit steigendem Anteil Grünlandfutter wurden auch von den beiden genannten Forscherteams gefunden.

Mit steigender Höhenlage der Grünlandfuttergewinnung nahm der Gehalt an SFA signifikant ab und die Konzentrationen der MUFA, PUFA, trans-FA ohne CLA, Alpha-Linolensäure, n-3 FA (Abbildung 3), n-6 FA sowie das Verhältnis n-3 zu n-6 FA stiegen signifikant. Die CLA-Konzentration korrelierte nicht signifikant mit der Höhenlage der Grünlandfuttergewinnung. Die durch COLLOMB *et al.*, (2002) gefundene niedrigere Konzentration von SFA in hohen Lagen wurde bestätigt. Ebenso fanden LEIBER *et al.*, (2005) einen geringeren Gehalt an kurz- und mittelkettigen SFA in Milchfett von hochalpin gehaltenen Kühen. Die höhere Konzentration an PUFA und der tiefere Gehalt an CLA 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. Eine Mobilisierung von ungesättigten FA aus Körperfett infolge eines Energiedefizits könnte die Werte an MUFA und PUFA mit steigender Höhenlage anheben. Die mit steigender Höhenlage signifikant höhere n-3 FA-Konzentration kann durch den höheren Anteil frischen Grases erklärt werden (DHIMAN *et al.*, 1999; KELLY *et al.*, 1998).

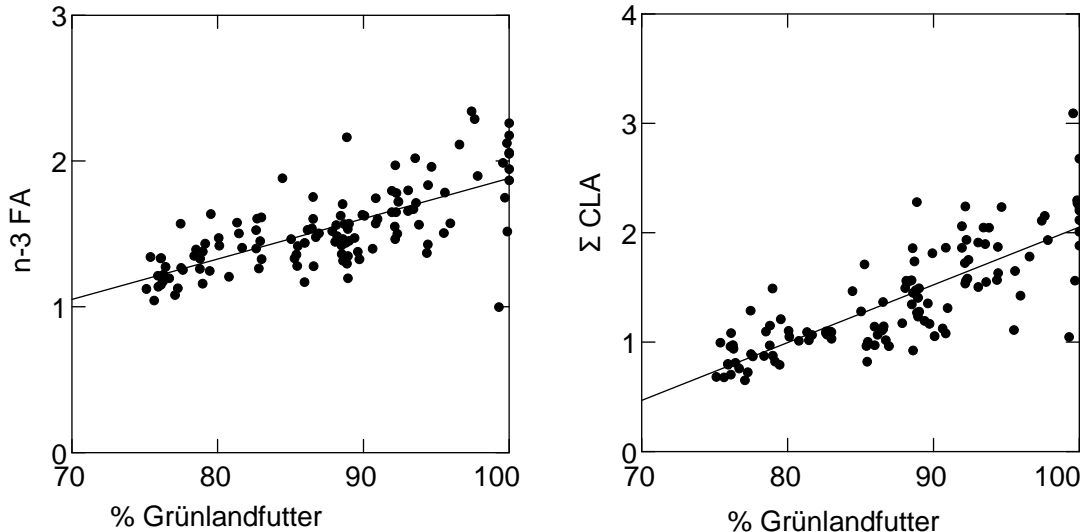


Abbildung 2: Einfluss des Grünlandfutteranteils auf den Gehalt (g/100 g Milchfett) von wichtigen ernährungsphysiologisch bedeutenden Fettsäuregruppen von Bergmilch (COLLOMB *et al.*, 2008; BISIG *et al.*, 2008)

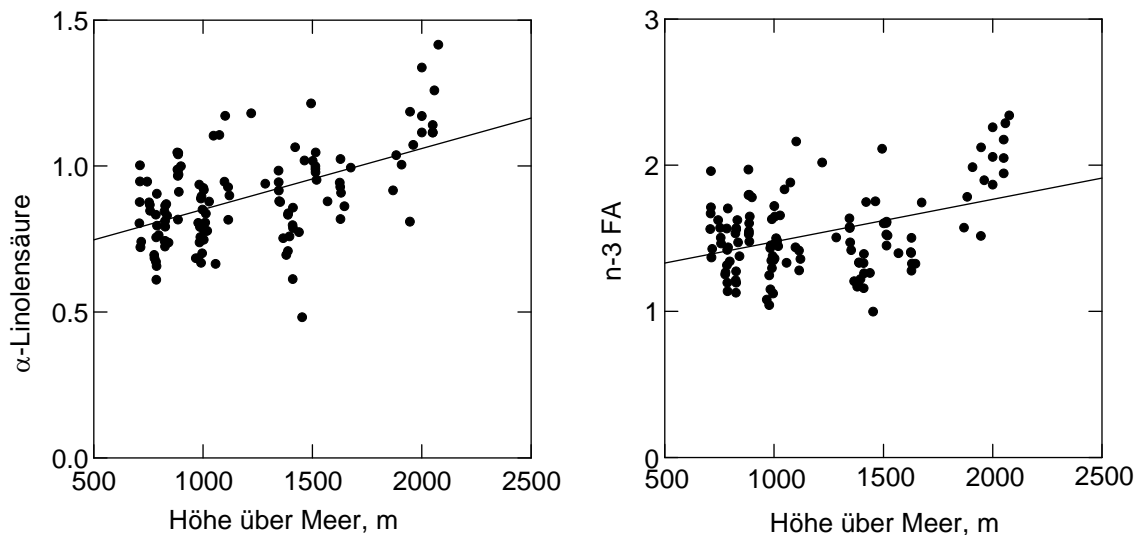


Abbildung 3. Einfluss der Höhenlage der Grünlandfuttergewinnung auf den Gehalt (g/100 g Milchfett) von wichtigen ernährungsphysiologisch bedeutenden Fettsäuregruppen von Bergmilch (COLLOMB *et al.*, 2008; BISIG *et al.*, 2008)

Systemvergleich Hohenrain

Milch von Kühen, welche auf der Weide gehalten wurden, hatte insbesondere während der Hauptweidezeit von April bis Oktober weniger SFA und mehr MUFA und PUFA im Vergleich zu Milch der Stallherde. Im Verlauf der Weidesaison wurde in der Milch der Weideherde ein Anstieg des

Gehalts an n-3 FA von ca. 1.4 auf 2.0 g /100 g Fett gemessen (WYSS *et al.*, 2011). In der Milch der Stallherde wurden übers Jahr gleichbleibende tiefere Werte von durchschnittlich 0.9 g/100 g Fett gefunden. Der deutlichste Einfluss der Weidefütterung konnte im Laufe der Weidesaison bei den CLAs festgestellt werden. Der Gehalt stieg von ca. 0.8 g/100 g Fett im Februar/März auf 2.8 g/100 g Fett im September/Oktober. Bei der Stallherde mit Mischfütterung blieben die Werte übers Jahr mit ca. 0.6 g/100 g Fett praktisch gleich. Einen vergleichbar hohen Anstieg des CLA-Gehaltes durch Grasfütterung gegenüber einer stark silomais-basierten Fütterung konnten COUVREUR *et al.*, (2006) und HURTAUD *et al.*, (2010) feststellen. Details sind im Posterbeitrag von U. Wyss an dieser Tagung ersichtlich.

Studie Wiesenmilch

Die Untersuchungen aus den 12 Landwirtschaftsbetrieben, von denen sich 11 in der Talzone befinden, konnten die Ergebnisse der zwei vorangehenden Arbeiten Bergmilchprojekt und Systemvergleich Hohenrain bezüglich der Fettsäurezusammensetzung bestätigen (BÄR & SUTTER, 2014). So wurde in der Milch der Landwirtschaftsbetriebe mit einem höheren Wiesenfutteranteil ein höherer Gehalt an PUFA, an n-3-FA und an CLA festgestellt. Der Anteil an SFA war in Milch von Vollweidebetrieben geringer, ebenfalls in Übereinstimmung mit den vorangehenden Studien. Abbildung 4 zeigt den Verlauf des n-3-Fettsäuregehalts in der Milch der vier Fütterungsstrategien (Mittelwerte der jeweils 3 Hofmilchen pro Fütterungsgruppe) in g/L über ein Jahr.

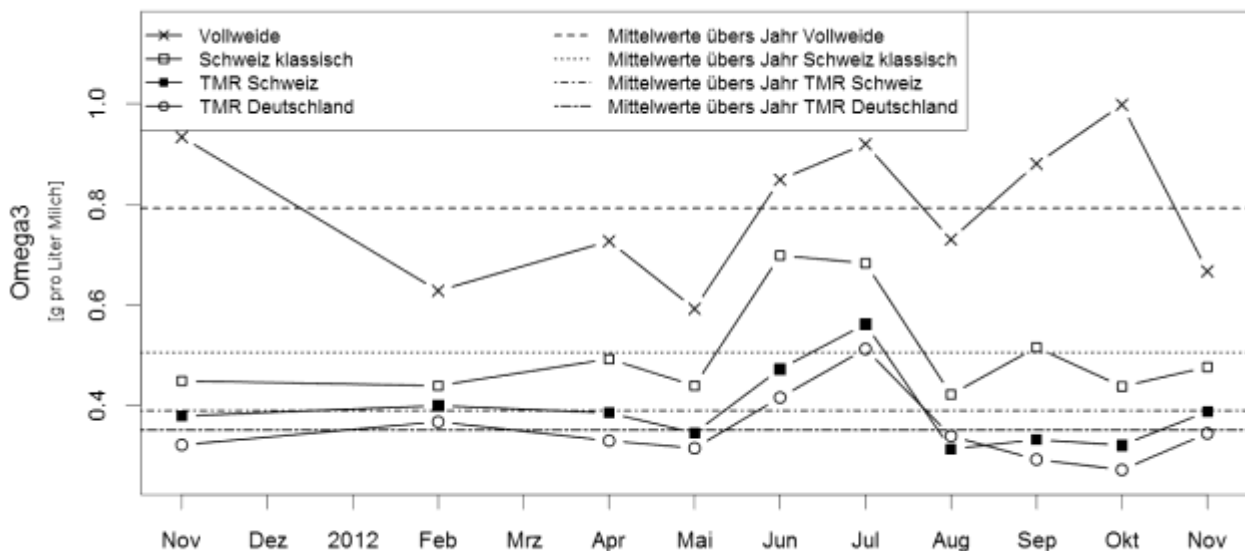


Abbildung 4 Mittelwerte des Omega 3 Gehalts der unterschiedlich produzierten Milchsorten in g/L über den Verlauf eines Jahres (Nov 2011 bis Nov 2012), sowie die Mittelwerte pro Gruppe übers ganze Jahr (Bär und Sutter, 2014).

Milch der Vollweidebetriebe wies über das ganze Jahr mit bis zu 1 g/L im Oktober 2012 den höchsten n-3 FA-Gehalt auf. Wie in den beiden vorangehenden Studien stieg der Gehalt im Verlauf der Weideperiode an. Milch der deutschen TMR Betriebe enthielt die niedrigsten Werte (+/- 0.3 g/L), Milch von klassischen Schweizer Betrieben mittlere Werte von 0.45 und 0.7 g/L an n-3 FA. Um den Einfluss von Wiesenfutter noch sichtbarer zu machen, wurden die Einzelwerte der Betriebe [g/L] in Abhängigkeit vom Wiesenfutter- bzw. Maissilage-Anteil aufgetragen (Abbildung 5, links bzw. rechts).

Es zeigte sich eine positive Korrelation des n-3 Fettgehalts der Hofmilchen zum Wiesenfutteranteil in der Ration (Abbildung 5). Die Milch der Vollweidebetriebe (Wiesenfutteranteil abhängig von der Jahreszeit 0.6-1.0) enthielt entsprechend einen hohen n-3-FA-Gehalt, die Milch von ausländischen TMR-Betrieben mit einem Wiesenfutteranteil zwischen 0.2 und 0.4 in der Ration einen niedrigen. Die Werte für den n-3 FS-Gehalt der Milch von klassischen Schweizer Betrieben lagen dazwischen. Mit abnehmendem Wiesenfutteranteil stieg der Maissilage-Anteil in der Ration und der n-3 FS-Gehalt sank.

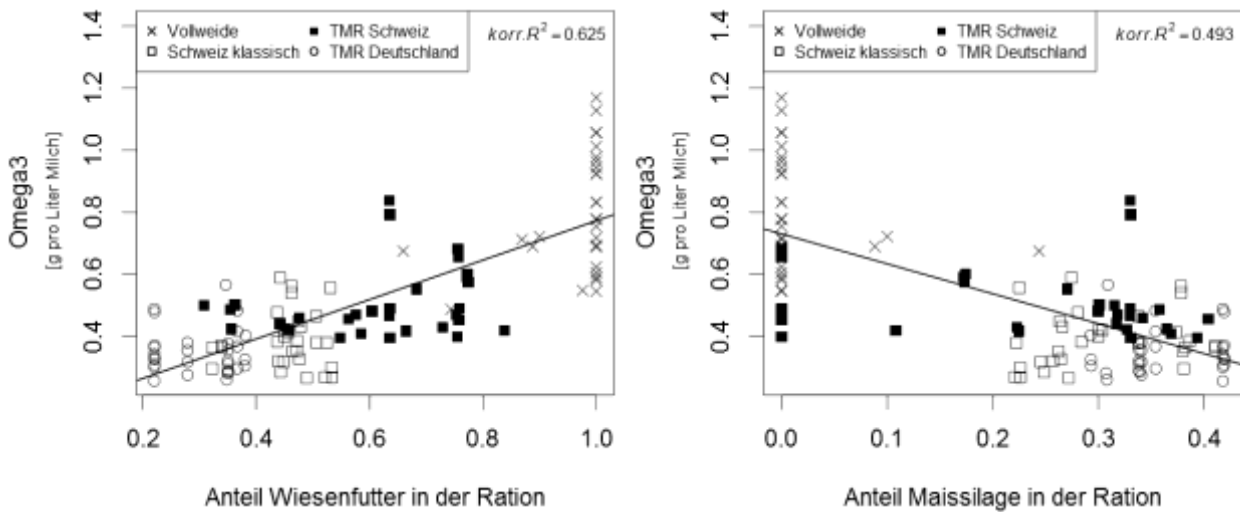


Abbildung 5 Gehalt an n-3 Fettsäuren (Omega-3) in Milch der unterschiedlichen Fütterungsstrategien in g/L in Abhängigkeit vom Anteil Wiesenfutter (linke Abbildung) bzw. Maissilage (rechte Abbildung) in der Futtermischung. 12 Betriebe mit je 10 Messpunkten im Laufe eines Jahres (Bär und Sutter, 2014).

Bereits in den vorangehenden Untersuchungen wurde festgestellt, dass Milch von Kühen mit einem hohen Anteil Wiesenfutter in der Ration besonders reich an CLA ist. Die Wiesenmilchstudie bestätigte dies. Die Mittelwerte des CLA-Gehalts von Milch aus wiesenfutterbasierter Produktion waren mit Ausnahme des Wintermonats Februar über das Jahr höher als die Mittelwerte der Milch von TMR-Betrieben oder von klassischen Schweizer Betrieben (Abbildung 6). Im Verlaufe der Weidesaison kann wie schon beim Bergmilchprojekt und beim Systemvergleich Hohenrain ein Anstieg festgestellt werden.

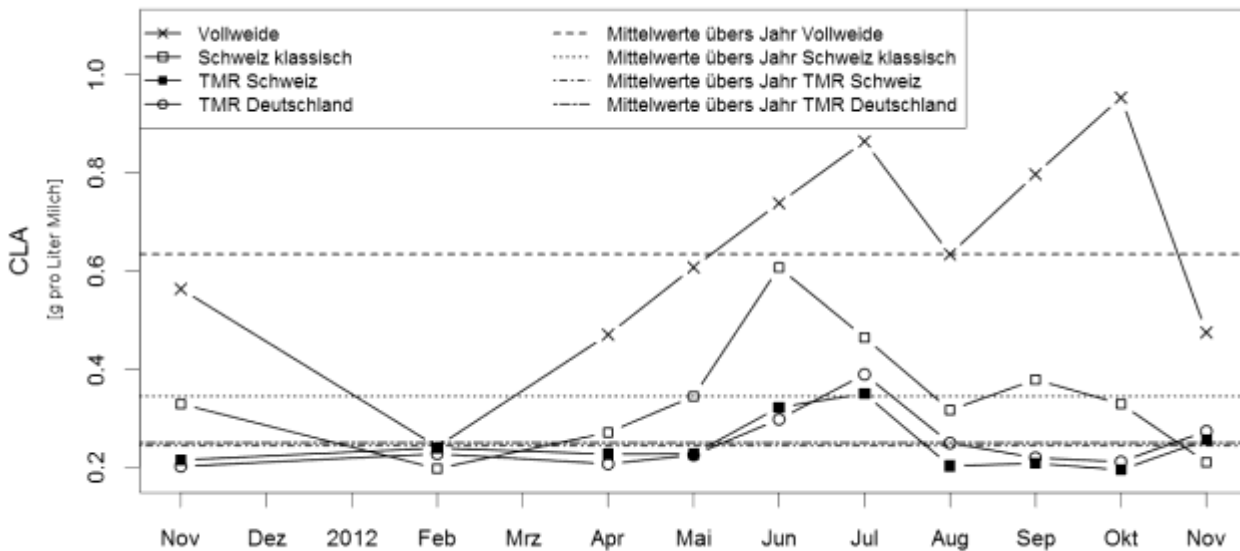


Abbildung 6 Mittelwerte des CLA-Gehalts von je 3 Hofmilchen der vier verschiedenen Fütterungsstrategien im Verlauf eines Jahres (Nov 2011 bis Nov 2012), sowie die Mittelwerte pro Gruppe übers ganze Jahr (BÄR und SUTTER, 2014).

In der Auftragung der Einzelwerte gegen den Wiesenfutteranteil zeigte sich die deutliche Korrelation eines höheren Wiesenfutteranteils in der Ration mit einem höheren Gehalt an CLA in der Milch (Abbildung 7).

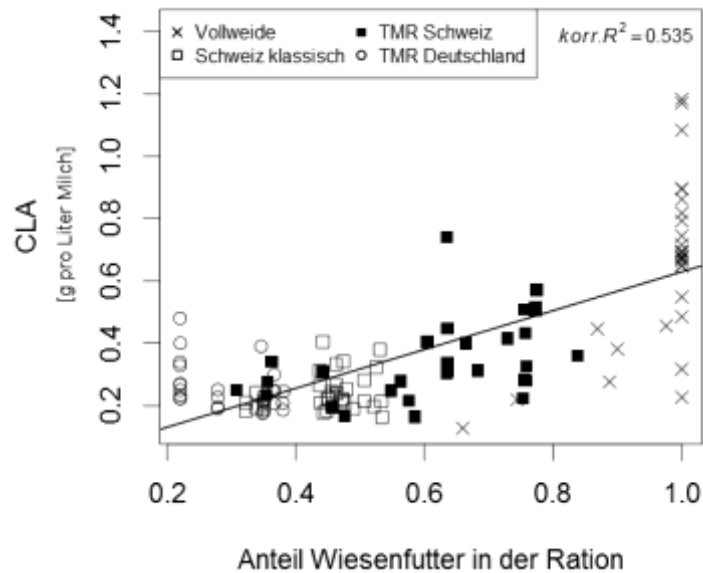


Abbildung 7 CLA-Gehalt in den unterschiedlich produzierten Milchsarten über den Verlauf eines Jahres (Nov 2011 bis Nov 2012) in Abhängigkeit vom Anteil Wiesenfutter in der Futtermischung (BÄR & SUTTER, 2014).

Für den Konsumenten sind vor allem die Gehalte an wertvollen Milchbestandteilen in käuflichen Produkten im Supermarkt von Interesse. Die Gehalte der als besonders hochwertig geltenden Fettsäuren in den kommerziellen Produkten aus den drei Molkereien sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Vorläufige Ergebnisse zur Fettsäureanalyse der kommerziellen Trinkmilchen aus der Region Suhr bzw. in der Region Schwyz (kommerzielle Proben Juni und Juli 2013) bzw. aus dem Einzugsgebiet von ELSA (kommerzielle Proben November 2011 bis Oktober 2012; Angaben in g/100 g Fett: ALA = Alpha-Linolensäure)

Fettsäuren	Suhr			Schwyz			Einzugsgebiet ELSA		
	Konventionelle Milch (Past)	Wiesenmilch (Past)	Biomilch (Past)	Konventionelle Milch (Past)	Wiesenmilch (Past)	Biomilch (Past)	Konventionelle Milch (UHT)	Wiesenmilch (UHT)	Biomilch (UHT)
	n = 2	n = 2	n = 2	n = 2	n = 2	n = 2	n = 6	n = 6	n = 6
C18:3 c9c12c15 (ALA)	0.476	0.469	0.685	0.689	0.791	0.793	0.576	0.668	0.812
Omega 3	0.895	0.897	1.294	1.239	1.387	1.394	1.058	1.179	1.478
CLA	0.746	0.731	1.051	1.073	1.173	1.223	0.724	0.688	1.152
PUFA	3.624	3.645	4.332	4.220	4.437	4.494	3.963	3.954	4.747
MUFA	24.195	24.196	24.748	24.787	25.080	24.332	24.029	23.708	24.840
SFA	61.340	60.686	60.957	60.432	60.302	58.290	61.613	62.359	60.243

Erste Ergebnisse zeigten Unterschiede zwischen den verschiedenen Milchtypen Konventionelle-Milch, Wiesenmilch und Bio-Milch. Ausser beim Standort Suhr wiesen die Wiesenmilchen höhere Werte an Alpha-Linolensäure, n-3-Fettsäuren, und für Schwyz auch mehr PUFA und CLA auf. Bio-Milch hatte noch höhere Gehalte dieser Fettsäuregruppen, auch für das Gebiet Suhr und besonders deutlich für das Gebiet ELSA-Jura. Besonders deutlich war der Unterschied zwischen den Regionen Suhr und Schwyz. Schwyz ist ein typisches Graslandgebiet, damit waren die Anteile

von Wiesenfutter dort höher als im Ackerbaugesamt Suhr. Dies wird im laufenden KTI-Projekt erfasst.

Einfluss der Fütterung auf die Proteinzusammensetzung, Studie Wiesenmilch

Der Einfluss der Fütterung auf die Proteinzusammensetzung wird anhand einer Auswahl der untersuchten 20 Proteine aufgezeigt. Abbildung 8 zeigt die Auswirkungen des Wiesenfutters bzw. Kraftfutteranteils auf den Alpha-s2-Kasein-Gehalt. Es konnte nur ein geringer nicht signifikanter Einfluss festgestellt werden, tendenziell sinkt der Gehalt leicht mit mehr Wiesenfutter und mit weniger Kraftfutter. Ein ähnlicher Zusammenhang konnte für Beta-Casein beobachtet werden (ohne Abbildung).

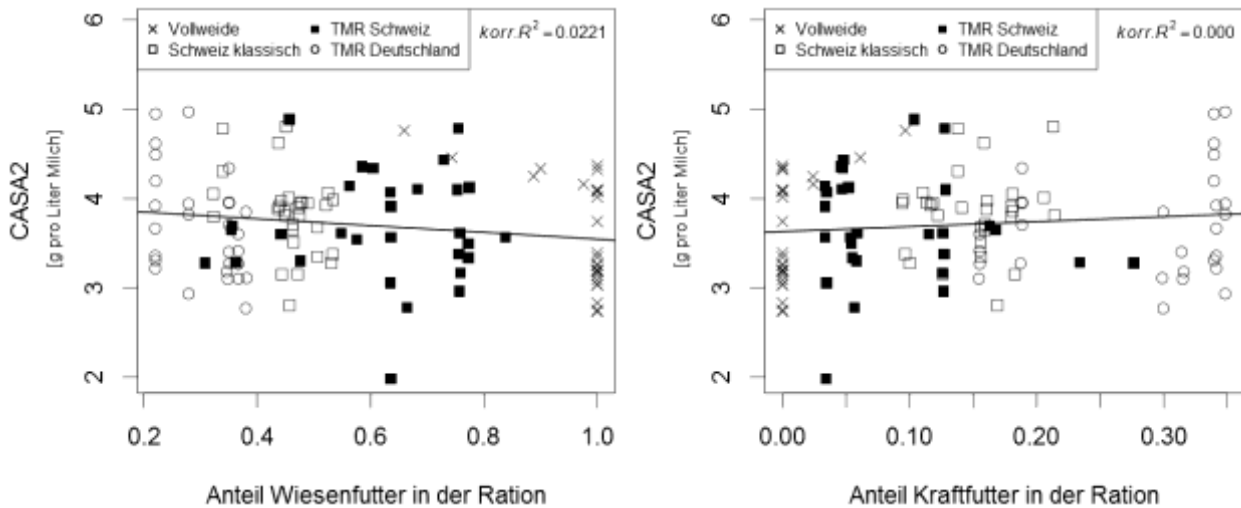


Abbildung 8 Alpha-s2-Casein-Gehalt der unterschiedlich produzierten Milchsorten in g/L über den Verlauf eines Jahres (Nov 2011 bis Nov 2012) in Abhängigkeit vom Anteil Wiesenfutters (linke Abbildung) bzw. Kraftfutters (rechte Abbildung) in der Futtermischung (BÄR & SUTTER, 2014)

Der Fütterungseinfluss war auch auf das Molkenprotein Lactoferrin, welches für die Eisenabsorption wichtig ist und antimikrobiell wirkt, gering (Abbildung 9). Gering war auch der Einfluss auf die Gehalte von weiteren Molkenproteinen wie Alpha-Laktalbumin oder Laktoperoxidase.

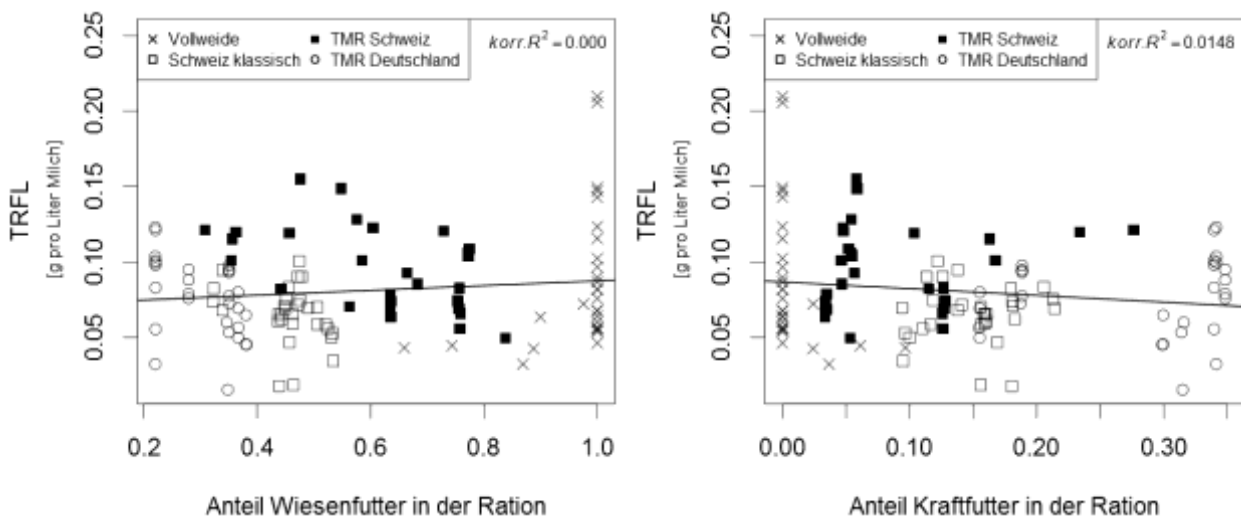


Abbildung 9 Lactoferrin-Gehalt der unterschiedlich produzierten Milchsorten in g/L über den Verlauf eines Jahres (Nov 2011 bis Nov 2012) in Abhängigkeit vom Anteil Wiesenfutters (linke Abbildung) bzw. Kraftfutters (rechte Abbildung) in der Futtermischung.

Lactophorin (Proteose-Pepton PP3) ist ein Protein der Fettkügelchenmembran. Es hemmt die Lipoproteinlipase und somit die Lipolyse und es hat schaumgebende und emulgierende Eigenschaften (GIRARDET *et al.*, 1993). Mit höherem Wiesenfutteranteil und tieferer Kraftfuttersgabe nahm der Gehalt leicht ab, das Bestimmtheitsmass ist jedoch mit $R^2 = 0,141$ bzw. $R^2 = 0,072$ sehr gering (Abbildung 10).

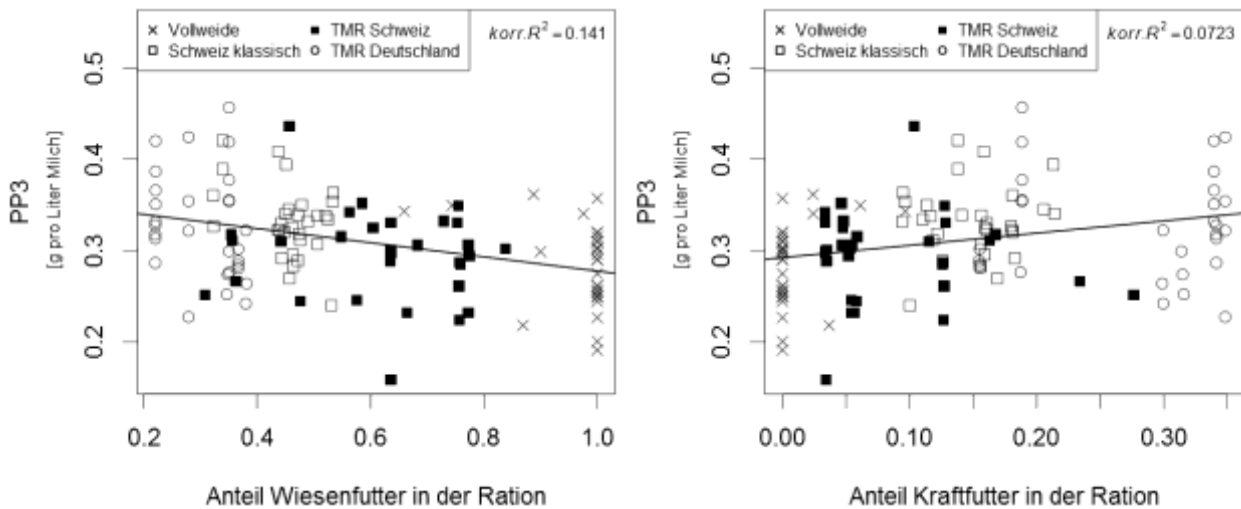


Abbildung 10 Der Lactophorin-Gehalt der unterschiedlich produzierten Milchen in g/L über den Verlauf eines Jahres (Nov 2011 bis Nov 2012) in Abhängigkeit vom Anteil Wiesenfutter (linke Abbildung) bzw. Maissilageanteil (rechte Abbildung) in der Futtermischung.

Erste Ergebnisse zum Einfluss der Fütterung auf die einzelnen Proteine lassen kleine Unterschiede erkennen. Für Kaseine, insbesondere für Alpha-s1-Kasein, welches allein 30 % der gesamten Milchproteine ausmacht, konnte mit der neu entwickelten Methode über den Jahresverlauf ein ähnliches Verhalten wie für den Gesamtproteingehalt festgestellt werden. Die Einzelpunkt-Darstellungen der Daten für Alpha-s2-Kasein zeigen eine tendenzielle Abnahme bei erhöhtem Wiesenfutteranteil. Es konnte auch eine geringe Abnahme des Fettkügelchen-Membranproteins Lactophorin mit höherem Wiesenfutteranteils festgestellt werden, was aufgrund der Lipolyse-hemmenden Wirkung dieses Proteins eher ein Nachteil wäre.

Schlussfolgerungen

Die drei betrachteten Schweizer Studien bestätigen alle den ernährungsphysiologisch vorteilhaften Einfluss eines hohen Wiesenfutteranteils auf die Fettsäurezusammensetzung, insbesondere n-3 Fettsäuren und CLA, welcher bereits früher in diversen Studien festgestellt wurde (BISIG in THOMET *et al.*, 2011). Von der gewichtsmässigen Konzentration her könnte Käse aus Milch produziert mit hohem Wiesenfutteranteil als „reich an Omega-3 Fettsäuren“ bezeichnet werden, pro 100 kcal gerechnet jedoch nicht (BLV, 2014, EFSA, 2011).

In Tierstudien konnten für CLA antikanzerogene und körperfettreduzierende Wirkungen festgestellt werden. Die gesundheitsfördernde Wirkung auf den menschlichen Organismus wird aktuell in mehreren Studien überprüft und wurde auch bereits festgestellt (HAUG *et al.*, 2007). Bisher ist jedoch noch keine Gesundheitsanpreisung für Lebensmittel zugelassen (EFSA, 2010).

Die vorläufigen Ergebnisse ermöglichen einen ersten Einblick in die Regulation der Proteinzusammensetzung bei Veränderung der Rationszusammensetzung. Der Einfluss der Futtermischung auf die Proteinzusammensetzung scheint gering zu sein. In weiteren Untersuchungen im laufenden KTI-Projekt wird dies noch genauer untersucht.

Literaturverzeichnis

- ADLER, S.A., DAHL, A.V, JENSEN, S.K, THUEN, E, GUSTAVSSON, A.M. & STEINSHAMN, H. (2013): Fatty acid composition, fat-soluble vitamin concentrations and oxidative stability in bovine milk produced on two pastures with different botanical composition: *Livestock Science* 154 (1-3), 93-102.
- AMARÙ, D.L., BIONDO, P.D., FIELD, C.J. (2010): The Role of Conjugated Linoleic Acid in Breast Cancer Growth and Development. *The open Nutraceuticals Journal* 3, 30-46.
- BÄR C., MATHIS D., SUTTER M., SPAHNI M., GAUCH R., BISIG W., EGGER L., PORTMANN R. (2013): Fatty Acids and Protein Composition of milk produced under different feeding regime - "We eat what we feed". Poster präsentiert an der Max Rubner Conference 2013, Karlsruhe.
- BÄR, C. und SUTTER, M. (2014): Wiesenmilch-Projekt, Zwischenbericht Vorprojekt, 45 Seiten, Agroscope, ILM und Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL.

- BARTL, K.; GOMEZ, CA.; GARCIA, M. ; AUFDERMAUER, T.; KREUZER, M.; HESS, HD.; WETTSTEIN, HR. (2008): Milk fatty acid profile of Peruvian Criollo and Brown Swiss cows in response to different diet qualities fed at low and high altitude. *Archives of Animal Nutrition* 62 (6), 468-484.
- BISIG W., COLLOMB M., BÜTIKOFER U., SIEBER R.; BREGY M. UND ETTER L. (2008): Saisonale Fettsäurezusammensetzung von Schweizer Bergmilch. *Agrarforschung* 15 (1), 38-43.
- BLV (2014): Verordnung des EDI vom 23. November 2005 über die Kennzeichnung und Anpreisung von Lebensmitteln (LKV), Anhänge 7 und 8. Stand am 1. Januar 2014.
- BRODZIAK, A., BARLOWSKA, J., KROL, J., LITWINCZUK, Z. (2012): Effect of breed and feeding system on content of selected whey proteins in cow's milk in spring-summer and autumn-winter seasons. *Annals of Animal Science* 12 (2), 261-269.
- CHILLIARD Y., GLASSER F., FERLAY A., BERNHARD L., ROUEL J., DOREAU M. (2007): Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109, 828-855.
- COLLOMB M. & BÜHLER T. (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. & BOSSET, J.O. (2002): 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., SIEBER R. & BÜTIKOFER U. (2004): CLA isomers in milk fat from cows fed diets with high levels of unsaturated fatty acids. *Lipids* 39, 355-364.
- COLLOMB M, BISIG W, BÜTIKOFER U, SIEBER R, BREGY M, ETTER L. (2008): Seasonal variation in the fatty acid composition of milk supplied to dairies in the mountain regions of Switzerland. *Dairy Science and Technology* 88 (6), 631-647.
- COPPA, M., FERLAY, A., MONSALLIER, F., VERDIER-METZ, I., PRADEL, P., DIDIENNE, R., MONTEL, M.C., POMIES, D., MARTIN, B., FARRUGGIA, A. (2012): How does the pasture system affect the nutritional and sensory properties of dairy products? *Fourrages* 209, 33-41.
- COUVREUR S., HURTAUD C., LOPEZ C., DELABY L. and PEYRAUD J.L. (2006): The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties. *Journal of Dairy Science* 89, 1956-1969.
- DHIMAN T.R., ARNAND G.R., SATTER L.D. & PARIZA M.W. (1999): Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *Journal of Dairy Science* 82, 2146-2156.
- EFSA (2010): Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to conjugated linoleic acid (CLA) isomers and contribution to the maintenance or achievement of a normal body weight (ID 686, 726, 1516, 1518, 2892, 3165), increase in lean body mass (ID 498, 731), increase in insulin sensitivity (ID 1517), protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 564, 1937), and contribution to immune defences by stimulation of production of protective antibodies in response to vaccination (ID 687, 1519) pursuant to Article 13 (1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 8 (10), 1794 [26 pp.].
- EFSA (2011): Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to alpha linolenic acid and contribution to brain and nerve tissue development pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 9(4), 2130 [8 pp.].
- GIRARDET, J. M., G. LINDEN, S. LOYE, J. L. COURTHAUDON, and D. LORIENT (1993): Study of mechanism of lipolysis inhibition by bovine milk proteose-peptone component 3. *Journal of Dairy Science* 76, 2156–2163.
- HAUG, A., HOSTMARK, A. T., and HARSTAD, O. M. (2007): Bovine milk in human nutrition - a review. *Lipids in Health and Disease* 6, 25-41.
- HAUSWIRTH C.B., SCHEEDER M.R.L. and BEER J.H., (2004): High ω -3 fatty acid content in alpine cheese, the basis for an alpine paradox. *Circulation* 6 (13), 103-107.
- HURTAUD C., AGABRIEL C., DUTREUIL M. and ROUILLE B. (2010) : Caractérisation de la composition des laits selon les pratiques d'alimentation dans les principales régions françaises. *Renc. Rech. Ruminants* 17, 381-384.
- JENKINS, T. C. and MCGUIRE, M. A. (2006): "Major Advances in Nutrition: Impact on Milk Composition". *Journal of Dairy Science* 89, 1302–1310.
- KELLY M.L., KOLVER E.S., BAUMAN D.E., VAN AMBURGH M.E. and MULLER L.D. (1998): Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *Journal of Dairy Science* 81, 1630-1636.
- KRZYZEWSKI J., STRZALKOWSKA N. and RYNIOWICZ Z. (1997): Genetic and environmental factors affection protein content in milk of cows (in Polish). *Prz. Hod.* 8, 8-9.

- LE, T.T., DEBYSER, G., GILBERT, W., STRUIJS, K., VAN CAMP, J., VAN DE WIELE, T., DEVREESE, B. and DEWETTINCK, K. (2013): Distribution and isolation of milk fat globule membrane proteins during dairy processing as revealed by proteomic analysis. *International Dairy Journal* 32 (2), 110-120.
- LEIBER F., KREUZER M., NIGG D., WETTSTEIN H. R. and SCHEEDER M.R.L. (2005): A study on the causes for the elevated n-3 fatty acids in cows' milk of alpine origin. *Lipids* 40, 191-202.
- MARTIN B., HURTAUD C., GRAULET B., FERLAY A., CHILLIARD Y. and COULON J.B. (2009): Grass and the nutritional and organoleptic qualities of dairy products. *Fourrages* 199, 291-310.
- MATHIS, D., SCHWANDER F., KOPF-BOLANZ K., EGGER, C. and PORTMANN, R. (2012): Absolute quantification of 20 major proteins in dairy products by LC-MS/MS. Poster presented at COST conference in Cesena, Italy, 19th-21th March 2012.
- REIDY, B., BÄR, C., SUTTER, M., PORTMANN, R., EGGER, C., BISIG W., ROTHEN, F., ALTHAUS, P. and PORTMANN, R., (2011): Marktpositionierung von Schweizer Milchprodukten aus Wiesenfutter durch Differenzierung mittels Analytik und Nachhaltigkeitsindikatoren. Beitragsgesuch Kommission für Technologie und Innovation KTI, KTI-Nr. 15703.1 PFLS-LS, 42 Seiten.
- THOMET, P., CUTULLIC, E., BISIG, W., WUEST, C., ELSAESSER, M., STEINBERGER, S., and STEINWIDDER, A. (2011): Merits of full grazing systems as a sustainable and efficient milk production strategy. *Grassland Science in Europe* 16, 273-285.
- WALKER G.P., DUNSHEA F.R. and DOYLE P.T. (2004): Effects of nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein: a review. *Australian Journal of Agricultural Research* 55, 1009-1028.
- WHINGHAM L.D, WATRAS A.C and SCHOELLER D.A. (2007): Efficacy of conjugated linoleic acid for reducing fat mass: a meta-analysis in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition* 85 (5), 1203-1211.
- WYSS U, MAUER J, FREY H, REINHARD T, BERNET A and HOFSTETTER P. (2011): Aspekte zur Milchqualität und Saisonalität der Milchliefereien. *Agrarforschung Schweiz* 2 (9), 412–417.