

Die besondere Fettzusammensetzung der Alpmilch: Was sind die Ursachen?

F. LEIBER, M.R.L. SCHEEDER, H.-R. WETTSTEIN und M. KREUZER

Institut für Nutztierwissenschaften, Tierernährung, ETH Zürich, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich

1. Einleitung

Alpmilch - eine Standortfrage

Die Bestossung von hochalpinen Weiden mit Milchkühen ist ressourcenökologisch sinnvoll und die alpine Milchproduktion trägt zur Offenhaltung einer typischen artenreichen und reizvollen Landschaft unter bestmöglicher Nutzung der natürlich vorhandenen Nährstoffe bei (GOTSCH et al., 2004). Die Produktion von Alpmilchprodukten hat einen hohen kulinarisch-kulturellen Wert und ist identitätsstiftend für die Gastronomie der europäischen Alpenländer. Die Kulturgeschichte, die Ökologie, der Landschaftscharakter und nicht zuletzt der touristische Wert der Alpenregionen sind vielfältig geprägt durch die Milchkühe.

Dennoch ist die Wirtschaftlichkeit dieses Produktionszweiges der Schweizer Landwirtschaft zur Zeit nur schwerlich gegeben, nicht zuletzt aufgrund der deutlich reduzierten Milch- und vor allem Eiweisssekretion von gealpten Kühen (WETTSTEIN & LEIBER, 2002). Eine Möglichkeit des Ausgleiches sind staatliche Beihilfen, eine weitere die höhere Wertschätzung eines besonderen Produktes auf dem Lebensmittelmarkt. Um dies zu erreichen, müsste das Produkt deutlich unterscheidbar von ähnlichen Produkten sein, was neben einem bestimmten traditionellen Image (KREUZER, 1999; vgl. auch die aktuelle Werbekampagne für Appenzeller Käse) durch besondere Inhaltsstoffe gegeben sein könnte (WETTSTEIN & LEIBER, 2002), die sich auf ein typisches Aroma (BUCHIN et al., 1999; MARIACA et al., 1997) oder auf einen besonderen diätetischen Wert beziehen. Auf die Verbindung zwischen der Erhaltung ökologisch und kulturell wertvoller, aber wirtschaftlich benachteiligter Landschaften und der dort möglichen Erzeugung eines typischen und gesundheitlich vorteilhaften Produktes wird in etlichen europäischen Regionen hingearbeitet (LEIBER, 2003), insbesondere auch in den Alpen (z.B. in Italien: ZEPPA et al., 2003, in der Schweiz: COLLOMB et al., 2002a&b, und in Frankreich: BUCHIN et al., 1999). Bei der Milch ist es vor allem das Fett, das gesundheitlich relevant und in seiner Zusammensetzung leicht beeinflussbar ist (JAHREIS et al., 2002). Somit stellt sich die Frage, ob Alpmilch aufgrund ihrer Fettzusammensetzung einen deutlichen gesundheitlichen Vorteil gegenüber einer in tieferen Lagen erzeugten Milch bietet.

2. Das Fettsäurenmuster der Alpmilch

Alpmilch - ein Gesundheitsfaktor?

Mehrere Publikationen der letzten Jahre belegen ein besonders günstiges Fettsäuremuster von Alpmilch (COLLOMB et al., 2002a; INNOCENTE et al., 2002; KRAFT et al., 2003; ZEPPA et al., 2003; HAUSWIRTH et al., 2004). Das Vorteilhafte des Alpmilchfettes besteht offensichtlich in aussergewöhnlich hohen Gehalten an konjugierter Linolsäure (CLA; wichtigstes Isomer: C18:2c9t11) und an Omega-3-Fettsäuren (n-3-PUFA), vor allem α -Linolensäure (ALA, C18:3n-3). Damit einher geht eine deutliche Senkung des Verhältnisses von n-6 zu n-3 PUFA. Die Ergebnisse verschiedener aktueller Publikationen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1. Literaturangaben zu CLA und n-3 Fettsäuren unter unterschiedlichen Produktionsbedingungen

Matrix	Standort/Fütterung/Produktionssystem	Fettsäuren (% der Gesamtfettsäuren)			Referenz
		CLA ¹	ALA ¹	\sum n-3 ¹	
Milch	600-650 m ü.N.N., Stallfütterung	0.81 ^c	0.79 ^b	1.39 ^b	COLLOMB et al. (2002a)
	900-1210 m ü.N.N., Weide	1.50 ^b	0.82 ^b	1.49 ^b	
	<i>1275-2120 m ü.N.N., Weide</i>	2.18 ^a	1.15 ^a	2.09 ^a	
Käse	norditalienische Ebenen, Stallhaltung	0.75	0.50	(\sum C18:3)	INNOCENTE et al. (2002)
	<i>italienische Alpen, Weide</i>	1.63	1.10	(\sum C18:3)	
Käse	Tal, Winterfütterung (Silagen, KF ¹)	0.89 ^b	0.75 ^b	(\sum C18:3)	ZEPPA et al. (2003)
	<i>Alp, Valle d'Ossola, Weide</i>	2.23 ^a	1.30 ^a	(\sum C18:3)	
Milch	Thüringen, konventionell	0.28 ^c	0.33 ^b		KRAFT et al. (2003)
	Thüringen, Biolandbau (wenig KF ¹)	0.87 ^b	0.86 ^{ab}		
	<i>Alp, Schweiz, L'Etivaz</i>	2.67 ^a	1.30 ^a		
Käse	Industrieller Cheddar	0.9 ^c		0.7 ^b	HAUSWIRTH et al. (2004)
	Leinsaat-supplementierte Fütterung	1.7 ^b		1.3 ^{ab}	
	<i>Schweizer Alpkäse</i>	2.5 ^a		1.6 ^a	
Milch	TMR (Mais, Leguminosen, KF ¹)	0.46 ^b	0.25 ^b	(\sum C18:3)	KELLY et al. (1998)
	<i>Pennsylvania, Weide</i>	1.09 ^a	0.95 ^a	(\sum C18:3)	
Milch	<i>Australien, Weide, restriktiv, 20 kg TS</i>	1.21 ^b	0.90 ^a		WIJESUNDERA et al. (2003)
	Weide, restriktiv + Getreide	1.57 ^a	0.70 ^b		

^{a, b} verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der jeweiligen Publikation an.

¹ ALA: α -Linolensäure; CLA: konjugierte Linolsäure; KF: Kraftfutter; n-3: ω -3 Fettsäuren
Kursive Schreibweise zeigt kraftfutterlose Weidefütterung an.

Es gibt jedoch Publikationen, die belegen, dass ähnlich hohe ALA-Gehalte wie bei Alpweide und zumindest eine deutliche Erhöhung der CLA auch unter Weidebedingungen im Flachland möglich sind (KELLY et al., 1998; WIJESUNDERA, 2003; Tab. 1). Eine Voraussetzung dafür ist offenbar reine Weidefütterung ohne Kraftfutter. Somit stellt sich die Frage, ob das beschriebene Fettsäuremuster exklusiv auf Alpmilch beschränkt ist, in zweierlei Hinsicht: vom Standpunkt der Vermarktung eines alpspezifischen Lebensmittels aber auch vom Standpunkt der breiten Erzeugbarkeit eines gesundheitlich vorteilhaften Milchfettes in unterschiedlichen Regionen.

Um diese Frage beantworten zu können, müssen die Ursachen ermittelt werden, die zur erhöhten Konzentration von CLA und n-3 PUFA unter Alpbedingungen führen. Dies ist in der bisherigen Literatur nur sehr ansatzweise geschehen. COLLOMB et al. (2002b) beschrieben Korrelationen zwischen einzelnen Pflanzen auf den Weiden und Fettsäuren in der Milch. Problematisch ist jedoch, dass bei allen vorliegenden Publikationen nicht nur botanische oder Standortunterschiede sondern ganze Systeme miteinander verglichen wurden.

Dass in Flachlandsystemen meist Kraftfutter und häufig auch Ackerfutterpflanzen (v.a. Mais) eingesetzt werden, ist bereits eine Quelle erheblicher Unterschiede in der Fettsäurenversorgung. Mais und Getreide liefern vor allem C18:1 und C18:2, welche *nicht* als Vorstufen für die metabolische Bildung von n-3 Fettsäuren dienen. C18:3 ist dagegen in Mais und Getreide kaum zu finden (LEIBER et al., 2004b). Der Einsatz geschützter Fette im Kraftfutter erhöht die ileale Verfügbarkeit gesättigter Fettsäuren im Verhältnis zu den ungesättigten weiter, was zu geringeren PUFA-Gehalten im Milchfett führen dürfte. Auch die Versorgung mit Energie und Rohfaser ist mit entscheidend, da diese massgeblich zur de novo-Synthese von gesättigten Fettsäuren (SFA) im Euter beitragen und somit indirekt auch die Konzentration ungesättigter Fettsäuren im Milchfett beeinflussen.

Neben den Einflussfaktoren der Rationengestaltung gibt es weitere bedeutsame Faktoren. Eine reine (oder kraftfutterarme) Grundfütterration vorausgesetzt (GOTSCH et al., 2004), dürfte die Qualität des Grundfutters entscheidenden Einfluss haben, sowohl über den Gehalt an Nettoenergie und den Strukturwert als auch, wie von KRAFT et al. (2003) angenommen, über den Gehalt an ALA. Ferner sind vor allem über eine Beeinflussung der metabolischen Energiebilanz der Tiere Effekte des Klimas und der Topographie (CHRISTEN et al., 1996) und der Höhenlage an sich (verminderter Sauerstoffpartialdruck; HAYS et al., 1978) zu erwarten. Da ein grosser Anteil der aufgenommenen ALA im Pansen hydriert wird und somit metabolisch nicht zur Verfügung steht, ist ferner die Frage zu stellen, ob es Einflussfaktoren auf die Aktivität der hydrierenden Mikroorganismen gibt.

3. Die Suche nach den Ursachen - eigene Versuche

In zwei Experimenten wurden in der Gruppe Tierernährung der ETH Zürich verschiedene Einflussfaktoren der Alpung von Milchkühen differenziert untersucht.

Experiment 1.

Durch die Gegenüberstellung zweier Versuchsgruppen (je sechs laktierende Milchkühe), die in Anbindehaltung mit exakt dem gleichen Futter auf den ETH-Forschungsstationen Chamau (400 m n.N.) und Alp Weissenstein (2000 m n.N.) den Sommer verbrachten, wurde der Einfluss des durch die jeweilige Höhenlage bedingten Sauerstoffpartialdrucks gemessen. Beide Gruppen erhielten eine reine Heurration ad libitum. Das für die Standardisierung des Versuches notwendige Heu stammte aus jeweils einer Ernte auf der Chamau und auf der Alp Weissenstein. Das Heu beider Herkünfte wurde jeweils auf beiden Stationen im Change-over verfüttert, um so auch die Wirkung der spezifischen Qualität eines alpinen Grundfutters gegenüber intensiv angebautem Tal-Grundfutter zu untersuchen. Entsprechend der Annahme, dass es ökonomisch wenig sinnvoll ist, Kraftfutter auf Alpweiden einzusetzen (GOTSCH et al., 2004), wurde in den Rationen ausschliesslich Heu gefüttert. Für den Systemvergleich mit einem intensiv geführten Flachlandbetrieb wurde jedoch auf der Chamau eine Kontrollgruppe mit kraftfutterreicher Silage-Mischration mitgeführt (ebenfalls n=6). Eine detaillierte Beschreibung des Experimentes 1 findet sich in LEIBER et al. (2004a).

Experiment 2.

Zwei Gruppen (eine mit 24 h Weidegang, die zweite mit reiner Grünfütterung ad libitum im Stall; jeweils n=6) laktierender Kühe wurden nacheinander mit frischem Grünfutter des ersten Aufwuchses auf der Forschungsstation Chamau und auf der Forschungsstation Alp Weissenstein versorgt. Wieder wurde eine Kontrollgruppe (n=6) mit intensiver Silage-Mischration auf der Chamau mitgeführt. Eine genauere Beschreibung des Experimentes findet sich in LEIBER et al. (2003a).

Die Untersuchung der Milchfettsäurenprofile aus den beiden Experimenten ergab ein differenziertes Bild verschiedener Wirkungszusammenhänge bei der Alpung von Milchkühen.

Tabelle 2. Gehalt des Milchfettes an diätetisch wertvollen Fettsäuren unter dem Einfluss verschiedener Faktoren der Alpfung von Milchkühen

Versuch	Standort/ Fütterung	FAME ¹ (g/L Milch)	Fettsäuren (% der Gesamtfettsäuren)			
			CLA ¹	ALA ¹	∑n-3 ¹	n-6/n-3
Experiment 1 Höhenlage	Kontrolle (MR ¹)	41.6	0.47 ^b	0.44 ^c	0.93 ^c	2.60 ^a
	<i>Tal (400 m n.N.)</i>	39.5	0.80 ^a	1.27 ^a	2.02 ^a	0.97 ^b
	<i>Alp (2000 m n.N.)</i>	40.5	0.82 ^a	1.08 ^b	1.72 ^b	1.09 ^b
Experiment 1 Heutyp	<i>Talheu</i>	39.4	0.76 ^b	1.18	1.83	0.98
	<i>Alpheu</i>	40.9	0.82 ^a	1.22	1.95	1.05
Experiment 2 Talperiode	Kontrolle (MR ¹)	41.1	0.53 ^c	0.5 ^b	0.81 ^b	2.71 ^a
	<i>Tal / Weide</i>	41.3	1.71 ^a	0.7 ^a	1.43 ^a	1.24 ^b
	<i>Tal / Stall</i>	43.8	1.37 ^b	0.62 ^a	1.32 ^a	1.24 ^b
Experiment 2 Alpperiode	Kontrolle (MR ¹)	40.1	0.55 ^b	0.54 ^c	0.85 ^c	2.54 ^a
	<i>Alp / Weide</i>	47.0	1.34 ^a	1.15 ^a	1.98 ^a	1.21 ^b
	<i>Alp / Stall</i>	46.0	1.16 ^a	0.95 ^b	1.64 ^b	1.32 ^b

^{a, b} verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb des jeweiligen Teilversuchs an.

¹ ALA: α -Linolensäure; CLA: konjugierte Linolsäure; FAME: Fettsäurenmethylester; MR: Mischration aus Grassilage, Maissilage, Kraftfutter und Heu mit Verfütterung immer im Tal; n-3: ω -3 Fettsäuren
Kursive Schreibweise zeigt kraftfutterlose Fütterung an.

Reine Grundfütterationen

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich führte in beiden Experimenten allein der Verzicht auf Kraftfutter und Mais, welche Lieferanten für gesättigte Fettsäuren (bei Einsatz geschützter Fette), sowie C18:1 und C18:2 sind, im Vergleich zu den Kontrollvarianten zu einem deutlichen Anstieg der *c9t11*-CLA und der n-3 PUFA. Auch wenn dabei nicht überall die von COLLOMB et al. (2002a) und KRAFT et al. (2003) berichteten hohen Werte erreicht wurden, bestätigt sich doch über alle Varianten beider Experimente eine sehr deutlich positive Auswirkung reiner Grundfütterationen auf die zur Diskussion stehenden Fettsäuren im Milchfett. Da nach GOTSCH et al. (2004) Kraftfuttergaben auf Alpweiden nur bedingten Nutzen versprechen und auch nahezu alle Publikationen, die das Fettsäuremuster von Alpmilch untersuchen, die konzentratlose Fütterung betonen, dürfte in letzterer bereits ein wesentlicher Schlüssel zur Erhöhung des CLA- und n-3 PUFA-Anteiles liegen.

Qualität des alpinen Grundfutters

Das eingesetzte Alpheu hatte eine deutlich schlechtere Verdaulichkeit, eine geringere Energiedichte, weniger Rohprotein und höhere Gehalte an (unverdaulicher) Faser als das Talheu (LEIBER et al., 2004a). Die Qualitätsunterschiede zwischen den eingesetzten Heutypen in Experiment 1 zeitigten jedoch keine grossen Unterschiede in der Milchfettzusammensetzung.

Teilweise erhöhte PUFA-Gehalte in der Milch bei Alpheufütterung sind vor allem auf niedrigere Konzentrationen der mittellangkettigen gesättigten Fettsäuren (C6:0-C14:0) zurückzuführen. Letztere werden, wenn sie nicht aus dem Futter stammen (DOHME et al., 2004), im Euter unter Acetatverbrauch synthetisiert. Es ist daher anzunehmen, dass der geringe Energie- und Proteingehalt des Futters (LEIBER et al., 2004a) zu einer reduzierten ruminalen Mikrobenaktivität und mithin verringerter Acetatbildung geführt hat. Damit ist ein erster möglicher Wirkungsmechanismus aufgezeigt, über den eine energetische Unterversorgung durch Reduzierung der Synthese gesättigter Fettsäuren indirekt zu einer erhöhten Konzentration an CLA und n-3 PUFA (sowie auch der übrigen PUFA) im Milchfett führen kann. Der Fettgehalt des Alpheus war deutlich niedriger als der des Talheus, so dass die Aufnahme von α -Linolensäure aus dem Alpheu nur die Hälfte der Aufnahme aus Talheu ausmachte. Auffallend ist, dass sich dies nicht negativ auf die n-3 PUFA-Gehalte im Milchfett auswirkte.

Höhenlage

Der reine Höhenunterschied, der sich bei Ausschluss von klimatischen und weidetopographischen Unterschieden vor allem noch auf einen unterschiedlichen Sauerstoffpartialdruck der Luft bezieht, führte zu einer leichten und doch signifikanten Reduzierung von ALA und C20:3n-3, somit auch zu einer reduzierten n-3-Summe (Tabelle 2). Dieser Effekt ist schwierig zu erklären. Das Gegenteil wäre zu erwarten gewesen, da der geringere Sauerstoffpartialdruck sich vor allem negativ auf die Energiebilanz der Kühe auswirkt (LEIBER et al., 2004a), was seine Ursache wohl im grösseren Anteil energieaufwändiger anaerober Stoffwechselwege hat (HAYS et al., 1978). Eine verschlechterte Energiebilanz scheint aber üblicherweise, wie noch zu zeigen ist, die Konzentrationen an ALA und ihrer n-3-Derivate im Milchfett zu erhöhen. Auch wenn der Zusammenhang unklar bleibt, zeigt dieser Standortvergleich deutlich, dass die Höhenlage per se nicht zu einem diätetisch verbesserten Milchfettsäurenprofil führt.

Komplexe Gesamtwirkung der Alpung

In Experiment 2 traten die Faktoren Futterqualität und Standort gleichzeitig auf, so dass hier nicht klar differenziert werden kann. Die Alpweide bewirkte gegenüber der Talweide eine sehr deutliche Erhöhung der ALA im Milchfett, wogegen die *c9t11*-CLA sogar leicht reduziert war. Ein Teil dieser Wirkung dürfte auf die Futterqualität (wesentlich geringere Energiedichte, schlechtere Verdaulichkeit als im Tal) zurückzuführen sein. Da der Effekt auf das Fettsäurenprofil bei Weidegang ausgeprägter war als im Stall, stellt offenbar die Bewegung im steilen Gelände eine weitere Teilwirkung dar. Der Stoffwechsel der Kühe dürfte dabei vor allem von der durch

Bewegung unter relativer Sauerstoffarmut verschärften Energiemangelsituation (HAYS et al., 1978; CHRISTEN et al., 1996) beeinflusst sein. Wie der metabolische Energiemangel den Anteil an ALA im Milchfett beeinflussen könnte, wird weiter unten ausgeführt. Eine erhöhte Zufuhr von α -Linolensäure aus dem Alpweidefutter als Ursache für die erhöhten ALA-Gehalte, wie von KRAFT et al. (2003) angenommen, kommt auch hier nicht in Frage, da, wie auch schon im Experiment 1 der Fettgehalt und mehr noch der ALA-Gehalt im Alpfutter stark reduziert war. Die übrigen n-3-PUFA im Milchfett waren grundsätzlich durch Weidegang nicht aber durch die Alpung im Speziellen erhöht.

Mögliche Wirkungspfade des Energiemangels

Energiemangel, wie er in beiden Experimenten aus der geringen Energiedichte des Alpfutters offensichtlich war und auch bei den mit Alpfutter versorgten Kühen an den Metaboliten der Fettmobilisierung deutlich wurde (LEIBER et al., 2004a; LEIBER et al., 2003c), liefert drei plausible Erklärungen für die Auswirkungen der Alpung auf die Zusammensetzung des Milchfettes:

- Ein Energiemangel, der bereits im Pansen wirksam wird, könnte bei reduzierter mikrobieller Aktivität zu einer geringeren Acetatbildung im Pansen führen. Letzteres fehlt dann am Euter bei der de novo-Synthese der mittellangkettigen gesättigten Fettsäuren. Damit würde indirekt der Anteil ungesättigter Fettsäuren allgemein erhöht.
- Die bereits angesprochene Mobilisierung von Körperfett bezieht sich nach RACLOT (2003) bevorzugt auf weniger gesättigte Fettsäuren, nach SOPPELA & NIEMINEN (2002) beim Wiederkäuer sogar insbesondere auf ALA. Dies könnte zu einer höheren Verfügbarkeit von n-3-PUFA bei der Milchfettsynthese führen. Wenn dieser Mechanismus wirksam wäre, dann könnte auch die Winterfütterung vor der Alpung mitentscheidend sein. So könnte z.B. ein starker Einsatz von Maissilage im Winter die ALA-Verfügbarkeit aus Körperreserven auf der Alp reduzieren.
- Eine weitere Ursache könnte darin liegen, dass eine aufgrund von Energiemangel reduzierte Tätigkeit der Pansenmikroorganismen auch eine geringere Biohydrierung der aus dem Futter stammenden ALA bedeuten könnte. Die Biohydrierungsrate der ALA beträgt unter physiologischen Bedingungen weit über 90% (DEWHURST et al., 2003). Ein aus der Biohydrierung stammendes Derivat ist die trans-Vaccensäure (C18:1t11), welche im Euter zur c9t11-CLA desaturiert werden kann. Die Tatsache, dass diese beiden Fettsäuren bei gleichzeitiger Erhöhung der ALA in der Alpmilch reduziert waren, unterstützt die Hypothese, dass durch den geringen Energiegehalt des Alpfutters der Bypass von ALA durch den Pansen erhöht wurde – zugunsten der n-3-Familie und auf Kosten der c9t11-CLA.

Diese Hypothese könnte auch die Auswirkungen der Getreidegaben in der Publikation von WIJESUNDERA et al. (2003; vgl. Tabelle1) erklären.

Wirkungen spezifischer sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe?

Eine möglicherweise reduzierte Biohydrierung im Pansen könnte jedoch auch noch andere Ursachen haben, so z.B. eine reduzierte Aktivität biohydrierender Mikroben, wenn diese durch sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe gehemmt würden. So wird von MOLAN et al. (2001) beschrieben, dass Tannine aus Lotusarten bestimmte Stämme von *Butyrivibrio fibrisolvens* hemmen. *Butyrivibrio fibrisolvens* ist eines der wichtigsten Bakterienarten in der ruminalen Biohydrierung. DEWHURST et al. (2003) beschreiben eine geringere Biohydrierungsrate bei der Verfütterung von Rotkleesilage im Vergleich zu Silage aus Gras oder Weissklee. Da auf der Alpweide die Leguminosen (11 Spezies, 23% der Biomasse) sowohl nach Masseanteil als auch nach Zahl der Spezies viel stärker vertreten waren als auf der Talweide (2 Spezies, 6% der Biomasse), ist ein erhöhtes Vorkommen von Tanninen im Alpfutter vorstellbar. Grundsätzlich ist eine solche Wirkung spezifischer Leguminosen noch spekulativ, sollte aber Gegenstand zukünftiger Forschung sein, da sich hier ein Weg bieten könnte, den Gehalt der Kuhmilch an n-3-Fettsäuren zusätzlich zu erhöhen, ohne dass dies über eine energetische Mangelversorgung der Tiere geschähe.

4. Folgerungen

Alpmilch - etwas Einzigartiges?

Tabelle 1 zeigt, dass mit Alpweide Konzentrationen an CLA im Milchfett in einer Höhe erreicht werden, welche für grundfutterreiche Rationen aus Flachlandgebieten bislang nicht publiziert wurden. Das von COLLOMB et al. (2002a), ZEPPA et al. (2003), KRAFT et al. (2003) und HAUSWIRTH et al. (2004) gefundene Niveau wurde in unserem Versuch nicht erreicht. Für die in Experiment 2 mit reiner Weidefütterung erzielbare Konzentration gab es ausserdem keinen Vorteil der Alpweide gegenüber der intensiv gemanagten Talweide (Tabelle 2). Damit wird deutlich, dass die Alpweide potentiell, nicht jedoch generell zu herausragend hohen CLA-Konzentrationen führen kann. Einen grossen Anteil hat dabei jedoch der Weidegang ohne Supplemente – was prinzipiell auch jederzeit im Flachland realisierbar ist. Welche Faktoren darüber hinaus zu den hohen CLA-Konzentrationen führen, die in der Literatur beschrieben sind, auf der Alp Weissenstein aber nicht erreicht wurden, bleibt offen.

Die ALA-Gehalte wurden in Experiment 2 stark positiv durch die Alpfung beeinflusst. Es scheint in der Literatur eine obere Grenze von 1.3% ALA im Fett zu geben – dieser Wert wurde auf der Alp

Weissenstein fast erreicht. Da dieser Wert offenbar nicht direkt von der ALA-Zufuhr abhängt, müssen andere Ursachen massgeblich sein. Die oben diskutierten, von der energetischen Situation ausgehenden Ansätze müssten einerseits ohne Probleme an beliebigen Standorten mit entsprechendem Futter reproduzierbar sein und sind somit nicht alpspezifisch (abgesehen von der Einwirkung des niedrigen Sauerstoffpartialdrucks). Andererseits stellen sie keine praktikable Möglichkeit zur Verbesserung des Milchfettes dar, da eine energetische Unterversorgung mittelfristig klar auf Kosten des Tieres geht und somit ethisch nicht vertretbar wäre. Eine Wirkung bestimmter sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe könnte klar alpspezifisch sein, bleibt aber bislang hypothetisch. Sollte sich dies experimentell bestätigen lassen und wären entsprechende Substanzen identifizierbar, könnte man versuchen, durch den gezielten Anbau auch in tieferen Lagen ähnliche Effekte zu erzielen.

Tabelle 2 zeigt aber auch deutlich, dass die ALA-Gehalte bei Alpweide in Experiment 2 die in Experiment 1 mit beiden Heutypen und in beiden Höhenlagen erzielten Werte nur knapp erreichten. Folglich ist zumindest mit Dürrfutter ein der Alpmilch vergleichbares ALA-Niveau im Milchfett auch im Flachland erzielbar.

Generell muss jedoch auch erwähnt werden, dass der Anteil der PUFA im Vergleich zu den gesättigten Fettsäuren im Milchfett gering ist. Folglich stellen erhöhte Gehalte an n-3 Fettsäuren im Milchfett zwar ernährungsphysiologische Optimierungen dar – dennoch wäre ein regelmässiger Verzehr von Fisch und Leinöl nach wie vor eine weitaus effektivere Quelle dieser Fettsäuren (KANTONALES LABORATORIUM BASEL-STADT, 2000). Die reduzierten Gehalte an kurz- und mittellangkettigen gesättigten Fettsäuren (C6:0-C14:0) bei Alpheu-Fütterung in Experiment 1 und auch die sinkenden Gehalte dieser Fettsäuren im gesamten Verlauf der Weidefütterung in Experiment 2 sind hier jedoch auch positiv zu bewerten. Ein deutlich reduzierter Gehalt des Milchfettes an Palmitinsäure, wie von HAUSWIRTH et al. (2004) im Alpkäse gefunden wurde, kann aus den hier vorgestellten Versuchen jedoch nicht bestätigt werden. Der gesundheitliche Wert der Alpmilch leitet sich dennoch nicht nur aus der Milchfettzusammensetzung ab. So konnte z.B. gezeigt werden, dass ein weiterer gesundheitlich bedeutsamer Faktor, der Vitamin E-Gehalt der Milch, bei Weidegang generell erhöht war und zusätzlich einem signifikant positiven Einfluss der Alpfung unterlag (LEIBER et al., 2003a). Die erwartete Erhöhung des Vitamin D-Gehaltes aufgrund höherer UV-B Einstrahlung konnte hingegen nicht nachgewiesen werden (LEIBER et al., 2003b).

Es ist deutlich und zum wiederholten Male herausgestellt, dass das Fett der Alpmilch eine diätetisch wertvolle Zusammensetzung hat. Dies dürfte seine wichtigsten Gründe jedoch in der Rationengestaltung und in der Nährstoffverfügbarkeit des Futters haben, die systemspezifisch aber nicht standortspezifisch sind.

Die Aussage, dass „wer Bergkäse isst, sein Herz schützt“ (ANONYMUS, 2004), kann - die tatsächliche medizinische Evidenz erhöhter n-3 PUFA Gehalte in der menschlichen Diät vorausgesetzt (HAUSWIRTH et al., 2004) - wohl gelten; mithin ist Alpkäse nicht nur kulturell sondern auch gesundheitlich Wert zu schätzen. Mit dem gesundheitlichen Wert dürfte er jedoch nicht ganz alleine dastehen.

Literatur

- ANONYMUS (2004). Wer Bergkäse genießt, schützt offenbar sein Herz. *Ärzte-Zeitung*, 08.01.2004
- BUCHIN, S., MARTIN, B., DUPONT, D., BORNARD, A. and ACHILLEOS, C. (1999). Influence of the composition of alpine highland pasture on the chemical and sensory properties of cheese. *J. Dairy Res.* **66**: 579-588.
- CHRISTEN, R.E., KUNZ, P.L., LANGHANS, W., LEUENBERGER, H., SUTTER, F. and KREUZER, M. (1996). Productivity, requirements and efficiency of feed and nitrogen utilization of grass-fed early lactating cows exposed to high Alpine conditions. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* **76**: 22-35.
- COLLOMB, M., BÜTIKOFER, U., SIEBER, R., JEANGROS, B. and BOSSET, J.-O. (2002a). Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatography. *Int. Dairy J.* **12**: 649-659.
- COLLOMB, M., BÜTIKOFER, U., SIEBER, R., JEANGROS, B. and BOSSET, J.-O. (2002b). Correlation between fatty acids in cows' milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder. *Int. Dairy J.* **12**: 661-666.
- DEWHURST, R. J., EVANS, R.T., SCOLLAN, N.D., MOORBY, J.M., MERRY, R.J. and WILKINS, R.J. (2003). Comparison of Grass and Legume Silages for Milk Production. 2. In Vivo and In Sacco Evaluations of Rumen Function. *J. Dairy Sci.* **86**: 2612-2621.
- DOHME, F., MACHMÜLLER, A., SUTTER, F. and KREUZER, M. (2004). Digestive and metabolic utilization of lauric, myristic and stearic acid in cows, and associated effects on milk fat quality. *Arch. Anim. Nutr.* **58**: 99-116.
- GOTSCH, N., FLURY, C., KREUZER, M., RIEDER, P., HEINIMANN, H.R., MAYER, A.C. und WETTSTEIN, H.-R. (2004). Land- und Forstwirtschaft im Alpenraum – Zukunft im Wandel. Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel, Deutschland.
- HAUSWIRTH, C.B., SCHEEDER, M.R.L. and BEER, J.H., (2004). High omega-3 fatty acid content in alpine cheese - The basis for an alpine paradox. *Circulation* **109**: 103-107.

- HAYS, F.L., BIANCA, W. and NÄF, F. (1978). Effects of exercise on young and adult cattle at low and high altitude. *Int. J. Biometeor.* **22**: 147-158.
- INNOCENTE, N., PRATURLON, D. and CORRADINI, C. (2002). Fatty acid profile of cheese produced with milk from cows grazing on mountain pastures. *Italian J. Food Sci.*, **3**: 217-224.
- JAHREIS, G., KRAFT, J. und MÖCKEL, O. (2002). Milch – Vom Naturerzeugnis zum Designerprodukt. In: Milchproduktion 2025 (ISERMEYER, F., Hg.) *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 242*: 25-36.
- KANTONALES LABORATORIUM BASEL-STADT (2000). Omega-3-Fettsäuren in diversen Lebensmitteln. http://www.kantonslabor-bs.ch/files/18/omegadrei_4.pdf
- KELLY, M.L., KOLVER, E.S., BAUMANN, 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. *J. Dairy Sci.* **81**: 1630-1636.
- KRAFT, J., COLLOMB, M., MÖCKEL, P., SIEBER, R. and JAHREIS, G., (2003). Differences in CLA isomer distribution of cow's milk lipids. *Lipids* **38**: 657-664
- KREUZER, M. (1999). Objektive, ideelle und imaginäre Qualität von Milch und Fleisch: Besonderheit auf verschiedenen Ebenen. In: *Beitrag der Tierernährung zur Besonderheit der CH-Produkte* (F. SUTTER, C. WENK, M. KREUZER, Hrsg.) Schriftenreihe aus dem Institut für Nutztierwissenschaften, Ernährung-Produkte-Umwelt, ETH Zürich: 47-60.
- LEIBER, F. (2003). Daheim schmeckt's am besten. Ein Tagungsbericht. *Agrarforsch.* **10**: 466-467.
- LEIBER, F., KUNZ, C., WETTSTEIN, H.-R. und KREUZER, M. (2003a). Vitamin E-Gehalt der Kuhmilch in Abhängigkeit von der Grasfütterung im Tal und auf alpinen Weiden In: *Gesunde Nutztiere – Heutiger Stellenwert der Futterzusatzstoffe in der Tierernährung.* (M. KREUZER, C. WENK, T. LANZINI, Hrsg.) Schriftenreihe aus dem Institut für Nutztierwissenschaften, Ernährung-Produkte-Umwelt, ETH Zürich **24**: 169-170.
- LEIBER, F., LIESEGANG, A., WETTSTEIN, H.-R. und KREUZER, M. (2003b) In: *Gesunde Nutztiere – Heutiger Stellenwert der Futterzusatzstoffe in der Tierernährung.* (M. KREUZER, C. WENK, T. LANZINI, Hrsg.) Schriftenreihe aus dem Institut für Nutztierwissenschaften, Ernährung-Produkte-Umwelt, ETH Zürich **24**: 166-168.
- LEIBER, F., NIGG, D., KREUZER, M. and WETTSTEIN, H.-R. (2003c) Influence of sea level and vegetative stage of the pasture on cheese-making properties of cow milk. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* **12**: 87.
- LEIBER, F., KREUZER, M., JÖRG, B., LEUENBERGER, H. and WETTSTEIN, H.-R., (2004a). Contribution of altitude and alpine origin of forage to the influence of alpine sojourn of cows on intake, nitrogen conversion, metabolic stress and milk synthesis. *Anim. Sci.* **78** in press.
- LEIBER, F., KREUZER, M., NIGG, D., WETTSTEIN, H.-R. and SCHEEDER, M.R.L. (2004b). Long-chain polyunsaturated fatty acids in milk produced in lowland and alpine systems. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* **13**: 66.

MARIACA, R.G., BERGER, T.F.H., GAUCH, R., IMHOF, M.I., JEANGROS, B. and BOSSET, J.O. (1997). Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavor compounds in milk and dairy products. *J. Agric. Food Chem.* **45**: 4423-4434.

MOLAN, A.L., ATTWOOD, G.T., MIN, B.R. and McNABB, W.C. (2001). The effect of condensed tannins from *Lotus pedunculatus* and *Lotus corniculatus* on the growth of proteolytic rumen bacteria in vitro and their possible mode of action. *Can. J. Microbiol.* **47**: 626-633.

RACLOT, T. (2003). Selective mobilization of fatty acids from adipose tissue triacylglycerols. *Prog. Lip. Res.* **42**: 257-288.

SOPPELA, P. and NIEMINEN, M. (2002) Effect of moderate wintertime undernutrition on fatty acid composition of adipose tissues of reindeer (*Rangifer tarandus tarandus* L.). *Comp. Biochem. Physiol. A* **132**: 403-409.

WETTSTEIN, H.-R. und LEIBER, F. (2002). Künftig noch Milchkühe auf Alpweiden? Bewertung von Daten zur Ressourceneffizienz und das Milcheiweissproblem. In: Optimale Nutzung der Futterressourcen im Zusammenspiel von Berg- und Talgebiet. (M. KREUZER, C. WENK, T. LANZINI, Hrsg.) Schriftenreihe aus dem Institut für Nutztierwissenschaften, Ernährung-Produkte-Umwelt, ETH Zürich **23**: 44-53.

WIJESUNDERA, C., SHEN, Z., WALES, W.J. and DALLEY, D.E. (2003). Effect of cereal grain and fibre supplements on the fatty acid composition of milk fat of grazing dairy cows in early lactation. *J. Dairy Res.* **70**: 257-265.

ZEPPA, G., GIORDANO, M., GERBI, V. and ARLORIO, M. (2003). Fatty acid composition of Piedmont "Ossolano" cheese. *Lait* **83**: 167-173.

Diese Studie wurde durch einen finanziellen Beitrag des Bundesamtes für Landwirtschaft gefördert.