

Einfluss von Vollweide- oder Grassilagefütterung auf das Fettsäuremuster der Kuhmilch

Edina Scherzer^{1,2*}, Andreas Steinwidder¹, Walter Starz¹, Hannes Rohrer¹, Rupert Pfister¹, Margit Velik³ und Werner Zollitsch²

Zusammenfassung

Die Milchfettsäuregehalte von Kuhmilch werden durch die Fütterung beeinflusst. In der menschlichen Ernährung wird eine Verringerung der Aufnahme an gesättigten Fettsäuren (SFA) und eine Steigerung der Versorgung mit MUFA, PUFA, CLA und ω -3 Fettsäuren angestrebt. In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss von Vollweidehaltung (VW) bzw. Silage-Stallfütterung mit (S-KF+) bzw. ohne Kraftfutterergänzung (S-KF0) im Berggebiet Österreichs auf die Milchfettsäurezusammensetzung untersucht. Dazu wurde das Milchfettsäuremuster von 63 Milchkühen über drei Jahre hinweg gaschromatographisch untersucht. Die Kühe der Vollweidegruppe wurden ausschließlich über Weidefutter einer Kurzrasenweide (Aufwuchshöhe 5,3 cm \pm 0,81) versorgt. Die Stallfütterungstiere wurden mit Grassilage gefüttert, wobei die Hälfte der Kühe zusätzlich milchleistungsabhängig Kraftfutter (S-KF+, KF kg /Tier u. Tag = 0,5 * kg Tagesmilch – 18; max. jedoch 8,5 kg FM/Tier u. Tag) erhielt. Jeweils ein Drittel der Dauergrünlandflächen des Versuches wurde jedes Jahr als Kurzrasenweide genutzt, zwei Drittel der Fläche dienten der Silagebereitung. Diese wurden bei einer durchschnittlichen Aufwuchshöhe von 15,4 cm (\pm 2,52) über vier Schnitte genutzt, in Silageballen konserviert und im darauffolgenden Winter den Silagefütterungsgruppen verfüttert. Die Kühe kamen im Durchschnitt am 46. (\pm 11,9) Laktationstag in den Versuch. Der Milchfettsäure-Datensatz beinhaltete 74 (40,4 %) Milchproben der VW-Tiere, 55 Proben (30,1 %) stammten von Tieren der Gruppe S-KF0 und 54 (29,5 %) von Tieren der Gruppe S-KF+. 104 Milchproben entfielen auf Kühe der Rasse Holstein Friesian (Lebensleistungszucht), 43 auf Fleckviehkühe und 36 auf Kühe der Rasse Braunvieh. Entsprechend der Versuchswoche, in der die Milchproben in den jeweiligen Gruppen gezogen wurden, wurden diese auch drei Termingruppen (Laktations- bzw. Saisonverlaufsgruppen) zugeteilt. Die Milchfettsäuregehalte wurden gaschromatographisch ermittelt, die Ergebnisse daraus wurden mit einem gemischten Modell ausgewertet.

Die Anteile ernährungsphysiologisch bedeutender Fettsäuregruppen der Milch von Kühen aus Vollweidefütterung (VW) hoben sich signifikant von jenen der Silagefütterungsgruppen (S-KF0, S-KF+) ab. Während

Summary

The fatty acid content of cow's milk is influenced by feeding. In human nutrition, one aim is to reduce SFA intake and increase the supply of MUFA, PUFA, CLA and ω -3 fatty acids. In the present study, the influence was investigated of full grazing (VW) or silage feeding with (S-KF+) or without concentrate supplementation (S-KF0) on milk fatty acid content. The dairy cows of the pasture group were fed exclusively on a continuously grazed pasture (growth height 5.3 cm \pm 0.81). Grass silage was offered to the animals fed indoors, whereby half of the cows additionally received concentrate (KF) according to their actual milk yield (S-KF+: KF kg per animal and day = 0.5 * kg daily milk - 18; but at a max. quantity of 8.5 kg KF per animal and day). In each experimental year, one third of the permanent grassland area was used for grazing, two thirds for silage production. For silage production the forage was cut four times per year at an average growth height of 15.4 cm (\pm 2.52) and preserved in silage bales and fed to the indoor fed groups in the following winter. On average, the cows entered the experiment on the 46th (\pm 11.9) day in milk. The milk fatty acid data set included 74 (40.4 %) individual daily milk samples from VW animals, 55 (30.1 %) samples from animals in group S-KF0 and 54 (29.5 %) samples from animals in group S-KF+. 104 (56.8 %) milk samples came from cows of a strain of Holstein Friesian selected for lifetime performance, 43 (23.5 %) from Austrian Simmental cows and 36 (19.7 %) from Brown Swiss cows. Milk samples were also allocated to three experimental periods (seasonal groups) according to the experimental week. The milk fatty acid contents were determined by gas chromatography and data were statistically analysed with a mixed model.

The proportions of nutritionally important fatty acid groups in the milk from the grazing cows (VW) were significantly different from those of the silage fed groups (S-KF0, S-KF+). While the proportions of SFA in the milk of the VW group was significantly lower (VW 63.3 g/100 g FA, S-KF0 and S-KF+ each 71.5 g), the proportions of MUFA (VW 30.9 g, S-KF0 and S-KF+ each 24.4 g/100 g FA) and PUFA (VW 5.8 g and S-KF0 and S-KF+ 4.1 g/100 g FA) were at a higher level. The contents of CLA, ω -3 fatty acids and ω -6 fatty acids

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² Universität für Bodenkultur Wien, Department für nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

³ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierwissenschaften, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Edina Scherzer, edina.scherzer@raumberg-gumpenstein.at

die Anteile an SFA in der Milch der VW Gruppe signifikant geringer waren (VW 63,3 g/100 g FS, S-KF0 und S-KF+ jeweils 71,5 g), lagen die Anteile an MUFA (VW 30,9 g, S-KF0 und S-KF+ jeweils 24,4 g/100g FS) und PUFA (VW 5,8 g und S-KF0 und S-KF+ 4,1 g/100 g FS) auf einem höheren Niveau. Auch die Gehalte an CLA-, ω -3 Fettsäuren und ω -6 Fettsäuren waren in der Milch aus Vollweidehaltung signifikant höher. Im CLA- bzw. ω -3 Fettsäuregehalt lagen die VW Tiere bei 2,3 g bzw. 1,7 g, die S-KF0 bei 1,2 g bzw. 1,4 g und die S-KF+ Tiere bei 1,1 g bzw. 1,4 g/100 g Fettsäuren. Im Gegensatz zu den Stallfütterungsgruppen wirkte sich bei Vollweidehaltung auch die Saison bzw. der Laktationsabschnitt auf den Fettsäuregehalt aus. Es zeigten sich darüber hinaus auch Rasse- und Jahreseffekte. Die restriktive Kraftfutterergänzung in der Silagefütterungsgruppe S-KF+ wirkte sich im Vergleich zu S-KF0 einzig auf das ω -6/ ω -3 Fettsäureverhältnis signifikant aus. Um 50 % des Bedarfs an ω -3 Fettsäuren und CLA über Milchprodukte zu decken, müssten beispielsweise von Frauen täglich Erzeugnisse aus 1,18 Liter Milch der S-KF0 Gruppe (4,01 % Fett), 1,3 Liter der S-KF+ (4,05 % Fett) bzw. 0,84 Liter der Vollweidegruppe (3,98 % Fett) konsumiert werden.

Schlagwörter: Milchviehhaltung, Biologische Landwirtschaft, Vollweide, Stallfütterung, Milchqualität, Fettsäuren

were also significantly higher in milk from the grazing group. The CLA and ω -3 fatty acid contents in the VW group was 2.3 g and 1.7 g respectively, in group S-KF0 1.2 g and 1.4 g, and in group S-KF+ 1.1 g and 1.4g/100 g FA, respectively. In contrast to the stable fed groups, the season and/or the days in milk also had an effect on the fatty acid content of the grazing group. In addition, breed and year effects were also observed for all groups. The restricted concentrate supplementation in the silage fed group S-KF+ only had a significant effect on the ω -6/ ω -3 fatty acid ratio as compared to S-KF0. For example, in order to cover 50 % of women's daily requirements for ω -3 fatty acids and CLA, products from 1.18 litres of milk of the S-KF0 group (4.01 % fat content), 1.3 litres of S-KF (4.05 % fat content) and 0.84 litres of full pasture (3.98 % fat content) would have to be consumed.

Keywords: dairy, organic farming, pasture, grazing, stable feeding, milk quality, fatty acids

1 Einleitung

Fettgehalt und Fettsäuremuster erweisen sich als wichtige Parameter, die den gesundheitlichen Wert der Lebensmittel mitbestimmen. Der Anteil ungesättigter Fettsäuren (UFA) am Gesamtfett sollte in der Ernährung möglichst hoch gehalten werden. Referenzwerte weisen auf ein erwünschtes Verhältnis zwischen gesättigten (SFA) und ungesättigten Fettsäuren (UFA = MUFA+PUFA) von 1:2 hin (MATTHÄUS et al., 2014; DGE, 2011). Besondere Formen der mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) sind die Omega-3- (ω -3-FS) und die Omega-6-Fettsäuren (ω -6-FS) sowie die konjugierten Linolsäuren (CLA). Das Verhältnis der mit der gesamten menschlichen Nahrung aufgenommenen ω -6 zu ω -3 Fettsäuren sollte maximal bei 5:1 liegen, im Durchschnitt der mitteleuropäischen Bevölkerung liegt dieses deutlich höher (MATTHÄUS, 2014).

Die Fettsäuregehalte in der Milch von Wiederkäuern resultieren entweder direkt aus der Futterbasis der Tiere, aus der Biohydrogenierung im Pansen oder aus der Körperfettmobilisierung bzw. Biosynthese im Fettgewebe und der Milchdrüse (VELIK et al., 2013). HANUŠ et al. (2018) schätzen den Einfluss der Fütterung auf das Milchfettsäuremuster mit rund 55 % am höchsten ein. Weiters werden in der Literatur auch Tier- (Rasse, Genetik, Laktationsstadium, Milchleistungsniveau usw.) und Umwelteinflüsse (Höhenlage usw.) auf das Fettsäuremuster angeführt (KALÁČ und SAMKOVÁ, 2010; JENSEN, 2002; ADAMSKA et al., 2016).

Die Milch von weidenden Kühen zeichnet sich grundsätzlich durch hohe MUFA-, PUFA- und CLA- sowie geringe SFA-Konzentrationen aus (WHITE et al., 2001; ELGERSMA et al., 2006). Bei steigenden Kraftfutter- oder Maissilage-Rationsanteilen muss mit einem Rückgang der

PUFA- und CLA-Konzentrationen in der Milch gerechnet werden (BUTLER et al., 2008; SCHULZ et al., 2018).

Steinwider et al. (2017, 2018) verglichen in einem dreijährigen Versuch die Flächeneffizienz der Milchproduktion bei Vollweidehaltung (VW) und Grassilage-Stallfütterung ohne Kraftfutterergänzung (S-KF0) bzw. mit Kraftfutterergänzung (S-KF+) im Berggebiet Österreichs. In der vorliegenden Arbeit sollen die Effekte auf das Milchfettsäuremuster dargestellt werden.

2 Tiere, Material und Methode

Eine ausführliche Beschreibung des Systemvergleichversuchs sowie der Ergebnisse zu Futteraufnahme, Energiebilanz, Milchleistung etc. können bei STEINWIDDER et al. (2017 und 2018) nachgelesen werden. Im Versuch wurde die Flächeneffizienz der Milchproduktion bei Vollweidehaltung (VW) und Silage-Stallfütterung ohne Kraftfutterergänzung (S-KF0) bzw. mit Kraftfutterergänzung (S-KF+) im Berggebiet Österreichs über drei Jahre mit insgesamt 63 Kühen verglichen. Die Dauergrünlandflächen wurden dazu gedreht, wobei in jedem Versuchsjahr 1/3 der Fläche über die Vollweideperiode als Kurzrasenweide genutzt wurde. Die restliche Fläche wurde jeweils als Grassilage in 4 Schnitten konserviert und in den Wintermonaten gleichmäßig den Silagefütterungsgruppen bei Stallhaltung zugeteilt. Im Dauergrünland-Pflanzenbestand dominierten mit 42–44 Flächen-% das Englische Raygras, gefolgt von Wiesenrispengras (15–16 %) und Weißklee (12–13 %). Die Vollweide-Versuchsperiode startete im Mittel am 14. April und endete am 16. September, in den Stallfütterungsgruppen standen vergleichbare Kühe in den Wintermonaten im Versuch. Die Versuchskühe der Gruppe VW wurden ausschließlich mit

Weidefutter und die Tiere der Gruppe S-KF0 ausschließlich mit Grassilage gefüttert. In der Grassilagegruppe S-KF+ erhielten die Versuchskühe milchleistungsabhängig zusätzlich eine restriktive Kraftfutterergänzung (KF kg/Tier u. Tag = $0,5 \times \text{kg Tagesmilch} - 8$; max. jedoch 8,5 kg/Tier u. Tag), das Kraftfutter setzte sich aus 52 % Gerste, 20 % Körnermais, 5 % Hafer und 23 % Erbsen zusammen.

Im Datensatz befanden sich 183 Tagesmischmilchproben, die sich aus 74 Milchproben der VW-Tiere, 55 stammten von Tieren der Gruppe S-KF0 und 54 von Tieren der Gruppe S-KF+. Auf das erste Versuchsjahr entfielen 52 Fettsäureanalysen, auf das zweite 67 und auf das dritte 64. 104 Milchproben entstammen von Kühen der Rasse Holstein Friesian (Lebensleistungszucht), 43 von Fleckviehkühen und 36 von Kühen der Rasse Braunvieh. 63 Kühe standen zum Zeitpunkt der Milchprobenahme in der ersten Laktation, 40 Kühe in der zweiten und 80 Kühe mindestens in der dritten Laktation. Entsprechend der Versuchswoche, in der die Milchproben in den jeweiligen Gruppen gezogen wurden, wurden diese drei Termingruppen (Laktations- bzw. Saisonverlaufsgruppen) zugeteilt. 68 Milchproben von Versuchsbeginn bis zur sechsten Versuchswoche wurden Termin 1, 69 Proben zwischen siebenter und 14. Versuchswoche dem Termin 2 und 46 Proben ab der 15. Versuchswoche dem Termin 3 zugeteilt.

Die von den Versuchskühen kuhindividuell gezogenen Tagesmilchmischproben wurden tiefgefroren und das Fettsäuremuster zweimal jährlich, nach Beendigung des jeweiligen Versuchsdurchgangs der Weide- bzw. Stallgruppen, an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein analysiert. Die Extraktion des Fettes für die gaschromatographische Fettsäuren-Untersuchung wurde nach der Methode von FOLCH et al. (1957) mit leichter Modifikation durchgeführt. Anschließend erfolgte die Derivatisierung zu Fettsäuremethylester mit Trimethylsulfoniumhydroxid (DGF, 2006). Die Bestimmung der Einzel-FS erfolgte mittels Gaschromatographen (Varian, Modell 3900) ausgestattet mit einem Flammen-Ionisierungs-Detektor, einem automatischen Injektor, einem Split-Injektor sowie mit der Säule Supelco SPTM 2380 (100 m \times 0,25mm \times 0,2 μ m Filmdicke). Die Injektions- und Detektionstemperatur betragen 250 bzw. 260°C. Als Trägergas diente Helium und es wurde ein konstanter Säulendruck (3,4 bar) verwendet. Die Säulentemperatur wurde zu Beginn für 1 Minute bei 60°C gehalten; dann wurde die Temperatur mit 8°C pro Minute bis auf 120°C und anschließend mit 1,5°C pro Minute bis auf 240°C erhöht. Für die Peak-Identifikation wurden ein Standardmix von 37 Fettsäuremethylester (Supelco Inc.) sowie individuelle Standards von Sigma Aldrich, Supelco, Matreya und Larodan verwendet. Der Gehalte jeder einzelnen Fettsäure (FS) wurde als g/100 g Gesamt-FS ausgedrückt. Für die Bedarfsberechnungen im Kontext der Diskussion der ernährungsphysiologischen Bedeutung wurden die Fettsäuregehalte nach TÖPEL (2004) von g/100 g Fettsäuren in g/100g Fett umgerechnet. Für die Lebensmittel Vollmilch, Butter, Bergkäse, Joghurt bzw. Schlagrahm wurden dazu die handelsüblichen Fettgehalte von 3,5 %, 82 %, 30 %, 3,5 % bzw. 36 % angenommen. Die Einzel-FS wurden zu folgenden FS-Gruppen zusammengefasst:

Gesättigte Fettsäuren (SFA): \sum (C4:0, C5:0, C6:0, C7:0, C8:0, C10:0, C11:0, C12:0, C13:0anteiso, C13:0, C14:0, C15:0iso, C15:0anteiso, C15:0, C16:0iso, C16:0, C17:0iso,

C17:0anteiso, C17:0, C18:0, C19:0anteiso, C19:0, C20:0, C21:0, C22:0, C23:0, C24:0).

Einfach ungesättigte Fettsäuren (MUFA): \sum (C14:1, C15:1, C16:1c9, C17:1, \sum C18:1t, C18:1c9, C18:1c11, C20:1, C22:1, C24:1).

Mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA): \sum (CLA, ω -3-FS, ω -6-FS)

Konjugierte Linolsäure (CLA): CLA c 9t11.

Omega-3 Fettsäuren (ω -3-FS): \sum (C18:3c9,12,15 (ALA); C20:3c11,14,17; C20:5 (EPA); C22:5c7,10,13,16,19; C22:6 (DHA)).

Omega-6 Fettsäuren (ω -6-FS): \sum (C18:2t9,12; C18:2c9,12; C18:3c6,9,12; C20:2; C20:3c8,11,14; C20:4; C22:2).

Die Daten wurden mit dem Statistikprogramm SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) mit einem gemischten Modell mit den fixen Effekten Gruppe (G: S-KF0, S-KF+, VW), Jahr (J: 2014, 2015, 2016), Termin (T: 1, 2, 3), Rasse (R: FV, HF, BV), den Wechselwirkungen Gruppe \times Jahr, Gruppe \times Termin und dem zufälligen Effekt Tier innerhalb Rasse sowie der wiederholten Messungen am Tier für Termin innerhalb Jahr (Freiheitsgrad-Approximation $ddf_{m=kr}$) ausgewertet. In den Ergebnistabellen werden die Least-Square-Means, die Residualstandardabweichung (se) und die P-Werte für die Variablen Gruppe, Jahr, Termin, Rasse und die Wechselwirkungen Gruppe \times Jahr und Gruppe \times Termin dargestellt. Für den paarweisen Gruppenvergleich wurde der adjustierte Tukey-Range-Test verwendet, Mittelwerte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben weisen auf signifikante Gruppendifferenzen ($P < 0,05$) hin.

3 Ergebnisse

3.1 Einfluss der Fütterungsgruppen

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Fettsäuregehalte der drei Fütterungsgruppen, die Werte des statistischen Modells sowie die Residualstandardabweichungen angegeben. Die Fütterung wirkte sich auf den Anteil vieler Fettsäuren und Fettsäuregruppen in der Milch signifikant aus. Im vorliegenden Tagungsband wird ausschließlich auf die Unterschiede in den Gehalten der Fettsäuregruppen eingegangen.

In der Milch der VW-Gruppe wurde ein signifikant niedrigerer Anteil an gesättigten Fettsäuren (SFA) als in den beiden Stallfütterungsgruppen (S-KF0, S-KF+) gefunden (Tabelle 1, Abbildung 1). Die Fettsäuregruppen MUFA, PUFA, CLA, iso-FS, ω -3-FS und ω -6-FS wiesen hingegen in der VW-Gruppe die signifikant höchsten Konzentrationen auf. Vergleicht man diesbezüglich die beiden Stallfütterungsgruppen, dann zeigten sich in der Gruppe S-KF0 signifikant niedrigere ω -6-FS-Gehalte als in S-KF+. Bei den ω -6/ ω -3 Fettsäureverhältnissen hoben sich jene der Fütterungsgruppen S-KF+ und VW signifikant von dem der Gruppe S-KF0 ab.

Wie die Ergebnisse in Tabelle 2 zeigen, wurde nur bei Vollweidehaltung ein signifikanter Einfluss des Termins auf die Gehalte der wesentlichsten Fettsäuregruppen festgestellt. Die Gruppe der ungesättigten Fettsäuren PUFA, CLA, ω -3-FS und ω -6-FS wiesen in der VW-Gruppe am Ende der Versuchsperiode (Herbst bzw. Mitte-Ende Laktation) signifikant höhere Gehalte auf. Die Fettsäuregruppe SFA zeigte zum

Tabelle 1: Anteile bedeutender Fettsäuregruppen (LS-Mittelwerte in g/100 g Fettsäuren) in der Milch für die drei Fütterungsgruppen (S-KF0, S-KF+, VW) über den gesamten Versuchsverlauf hinweg mit der Residualstandardabweichung und den P-Werten des statistischen Modells

Fettsäuren ¹	Gruppe (G)			s _e	P-Werte					
	S-KF0	S-KF+	VW		G	J	T	R	G * J	G * T
SFA	71,5 ^a	71,5 ^a	63,3 ^b	1,90	<0,001	0,001	0,056	0,901	<0,001	0,075
MUFA	24,4 ^b	24,4 ^b	30,9 ^a	1,75	<0,001	<0,001	0,211	0,916	<0,001	0,577
PUFA	4,10 ^b	4,11 ^b	5,83 ^a	0,46	<0,001	0,032	<0,001	0,663	0,109	<0,001
CLA	1,24 ^b	1,13 ^b	2,21 ^a	0,37	<0,001	0,092	0,002	0,902	0,139	<0,001
iso-FS	1,90 ^b	1,90 ^b	2,25 ^a	0,15	<0,001	0,107	0,858	0,001	<0,001	0,437
ω-3-FS	1,45 ^b	1,42 ^b	1,74 ^a	0,12	<0,001	0,499	<0,001	0,096	<0,001	<0,001
ω-6-FS	1,42 ^c	1,56 ^b	1,88 ^a	0,11	<0,001	0,065	0,003	0,701	<0,001	<0,001
ω-6/ω-3 Verhältnis	0,99 ^b	1,10 ^a	1,09 ^a	0,05	<0,001	0,012	0,172	0,002	<0,001	0,368

¹ SFA=gesättigte Fettsäuren, MUFA=einfach ungesättigte Fettsäuren, PUFA=mehrfach ungesättigte Fettsäuren, CLA=konjugierte Linolsäure, iso-FS=iso Fettsäuren, ω-3-FS=Omega-3 Fettsäuren, ω-6-FS=Omega-6 Fettsäuren

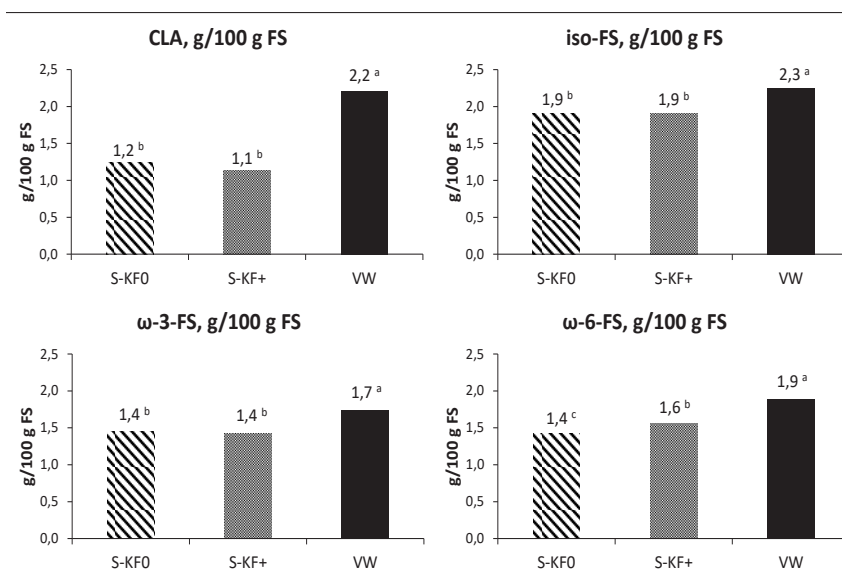


Abbildung 1: Gehalte von CLA-, iso-, ω-3- und ω-6-Fettsäuren in der Milch der Fütterungsgruppen S-KF0, S-KF+ und VW

dritten Termin innerhalb der VW-Gruppe den signifikant niedrigsten Wert. Das ω-6/ω-3-Fettsäureverhältnis lag zum zweiten Termin signifikant niedriger als beim ersten Termin. Bei den Fütterungsgruppen, die im Stall gehalten wurden (S-KF0, S-KF+), konnten nur wenige signifikante Termineffekte festgestellt werden. Wie die meisten Fettsäuren zeigten auch die Fettsäuregruppen PUFA, CLA und ω-3-FS weder signifikante Unterschiede zwischen den Stallgruppen

noch eine signifikante Veränderung im Versuchsverlauf.

3.3 Einfluss der Rasse und des Versuchsjahres

In Tabelle 3 sind die Effekte der Rasse bzw. des Versuchsjahres auf die Konzentration ausgewählter Fettsäuregruppen in der Milch angeführt. Sowohl die Rasse als auch das Versuchsjahr wirkte sich auf einige Fettsäuregruppen signifikant aus. Tiere der Rasse Holstein Friesian produzierten im Durchschnitt über alle Fütterungsgruppen Milch mit einem signifikant höheren Gehalt an iso-FS als die Kühe der Rassen Braunvieh und Fleckvieh. In der Milch von Fleckviehkühen konnte im Vergleich zu Holsteinkühen ein signifikant höherer Gehalt an ω-3-FS festgestellt werden. Außerdem lieferten Holsteintiere Milch mit einem signifikant höheren ω-6/ω-3-Fettsäureverhältnis als die Braunvieh- und Fleckviehtiere.

Der Gehalt an SFA lag im zweiten Versuchsjahr signifikant über dem ersten und dritten Jahr. Die MUFAs hingegen waren in den Jahren eins und drei in signifikant höheren Gehalten in der Milch enthalten als im zweiten Jahr. Im dritten Jahr konnte ein signifikant höherer PUFA-Gehalt als in den zwei Jahren davor festgestellt werden. Von den Fettsäure-

Tabelle 2: Der Einfluss des Termins (Saison) innerhalb der Fütterungsgruppe (G x T) auf ausgewählte Fettsäuregruppen¹ (LS-Mittelwerte in g/100 g Fettsäuren)

Fettsäuren ²	S-KF0			S-KF+			VW		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
SFA	71,8	71,4	71,2	71,0	72,0	71,4	64,0 ^a	64,1 ^a	61,9 ^b
MUFA	24,2	24,4	24,7	24,9	23,9	24,5	30,8	30,3	31,4
PUFA	4,06	4,14	4,11	4,17	4,07	4,08	5,16 ^c	5,61 ^b	6,71 ^a
CLA	1,20	1,28	1,23	1,14	1,11	1,14	1,81 ^c	2,07 ^b	2,74 ^a
iso-FS	1,87	1,89	1,94	1,92	1,87	1,92	2,27	2,27	2,21
ω-3-FS	1,43	1,44	1,47	1,44	1,42	1,42	1,60 ^c	1,71 ^b	1,90 ^a
ω-6-FS	1,42	1,43	1,41	1,59	1,55	1,53	1,75 ^c	1,83 ^b	2,07 ^a
ω-6/ω-3 Verhältnis	1,00	0,99	0,97	1,12	1,11	1,09	1,10 ^a	1,07 ^b	1,10 ^{ab}

¹ Unterschiedliche Hochbuchstaben weisen auf signifikante (P<0,05) Termineffekte innerhalb der Fütterungsgruppe hin

² SFA=gesättigte Fettsäuren, MUFA=einfach ungesättigte Fettsäuren, PUFA=mehrfach ungesättigte Fettsäuren, CLA=konjugierte Linolsäure, iso-FS=iso Fettsäuren, ω-3-FS=Omega-3 Fettsäuren, ω-6-FS=Omega-6 Fettsäuren

Tabelle 3: Der Einfluss der Rasse und des Versuchsjahres auf ausgewählte Fettsäuregruppen¹ (LS-Mittelwerte in g/100 g Fettsäuren)

Fettsäuren ²	Rasse (R)			Jahr (J)		
	BV	FV	HFL	2014	2015	2016
SFA	68,7	68,7	68,9	68,3 ^B	70,1 ^A	67,9 ^B
MUFA	26,7	26,6	26,5	27,1 ^A	25,3 ^B	27,3 ^A
PUFA	4,6	4,8	4,7	4,6 ^B	4,6 ^B	4,9 ^A
CLA	1,5	1,6	1,5	1,5 ^{AB}	1,4 ^B	1,6 ^A
iso-FS	2,0 ^b	2,0 ^b	2,1 ^a	2,0 ^{AB}	2,0 ^B	2,1 ^A
ω-3-FS	1,5 ^{ab}	1,6 ^a	1,5 ^b	1,5	1,5	1,6
ω-6-FS	1,6	1,6	1,6	1,6 ^B	1,6 ^{AB}	1,7 ^A
ω-6/ω-3-Verhältnis	1,04 ^b	1,05 ^b	1,10 ^a	1,03 ^B	1,07 ^A	1,08 ^A

¹ Unterschiedliche Hochbuchstaben weisen auf signifikante ($P < 0,05$) Unterschiede zwischen den Rassen bzw. Versuchsjahren hin

² SFA=gesättigte Fettsäuren, MUFA=einfach ungesättigte Fettsäuren, PUFA=mehrfach ungesättigte Fettsäuren, CLA=konjugierte Linolsäure, iso-FS=iso Fettsäuren, ω-3-FS =Omega-3 Fettsäuren, ω-6-FS =Omega-6 Fettsäuren

gruppen CLA und iso-FS beinhaltete die Milch des dritten Jahres signifikant mehr als jene des zweiten Versuchsjahres. Der Gehalt an ω-6-FS war im dritten Jahr signifikant höher als im ersten. Das ω-6/ω-3-Fettsäureverhältnis war im ersten Jahr signifikant geringer als in den zwei Folgejahren.

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Eine ausführliche Beschreibung des Systemvergleichversuchs sowie dessen Ergebnisse können bei STEINWIDDER et al. (2018) nachgelesen werden. Im Versuch wurde Dauergrünlandfutter von den gleichen Flächen, jedoch bei unterschiedlicher Nutzung (Kurzrasenweide bzw. 4-Schnitt-Grassilagenutzung; Aufwuchshöhe bzw. Erntehöhe), geprüft. Die Kurzrasenweidetiere erhielten als Grundfutter ausschließlich Weidefutter, welches sich im Versuchsverlauf entsprechend dem Vegetationsverlauf (Jahreszeit) veränderte. In den Silageversuchsgruppen S-KF0 und S-KF+ standen vergleichbare Kühe zeitlich versetzt (Herbst/Winter) im Versuch. Diese Tiere erhielten in den ersten Versuchswochen die höherverdaulichen Silage-Aufwüchse 1 und 4 und später die Aufwüchse 2 und 3. Bei der Interpretation von Laktations- bzw. Versuchsverlaufeffekten muss dies in den Silagegruppen, sowie auch das Kraftfutterregime in S-KF+, berücksichtigt werden. Die Tiere der Gruppe S-KF+ erhielten zusätzlich zur Grassilage milchleistungsabhängig Kraftfutter. Da die Milchleistung im Laktations- bzw. Versuchsverlauf zurückging, unterschied sich der Kraftfüttereinsatz zwischen den Gruppen S-KF+ bzw. S-KF0 daher in den ersten Versuchswochen deutlicher als zu Versuchsende.

Nach HANUŠ et al. (2018) beeinflusst neben anderen Effekten überwiegend die Fütterung (zu etwa 55%) das Milchfettsäuremuster von Rindern, wobei sich Veränderungen in der Rationszusammensetzung auch rasch auswirken (ELGERSMA et al., 2006). Vergleichbar mit vielen weiteren Versuchsergebnissen wurde in der vorliegenden Arbeit ein deutlicher Zusammenhang zwischen Fütterung und Milchfettsäuremuster festgestellt (JAHR-EIS et al., 1997; WHITE et al., 2001; DEWHURST et al., 2006; ELGERSMA et al., 2006; BISIG et al., 2008; BUTLER et al., 2008; GASPARDINO et al., 2010; KALAC und SAMKOVA, 2010; CAPUANO et al., 2014; VELIK et al., 2014; CAPUANO et al., 2015; STERGIADIS et al., 2018).

5.1 Effekte der Fütterungsgruppe

In der Untersuchung wurde für die Weide- bzw. Silagefütterung die gleiche Dauergrünlandfläche (Pflanzenbestand) genutzt, wobei systembedingt der Nutzungszeitpunkt bzw. die Nutzungshäufigkeit differenzierten (STEINWIDDER et al., 2018). Unabhängig von der Kraftfuttermenge unterschieden sich die beiden Stallfütterungsgruppen (S-KF0 und S-KF+) in der Milchfettsäurezusammensetzung signifikant von der VW-Gruppe. Vergleichbar mit ELGERSMA et al. (2006) wurde auch in der vorliegenden Auswertung ein signifikanter Unterschied in den Gehalten an SFA, PUFA und CLA zwischen Milch von Kühen aus Stall- bzw. Weidefütterung festgestellt. Während sich der Gehalt an der Fettsäuregruppe SFA,

besonders an der Fettsäure C 16:0 bei Weidehaltung verringerte, erhöhten sich die CLA- und PUFA-Gehalte signifikant. Außerdem lag der Gehalt an C 18:1 bei Weidehaltung signifikant höher. Das Versuchsfutter beider Fütterungssysteme kam von den gleichen Flächen und unterschied sich daher nicht in der botanischen Zusammensetzung. Die angeführten Effekte können daher vorwiegend auf die unterschiedliche Nutzung (Vegetationsstadium bzw. Aufwuchshöhe) und Konservierung (Frischfutter bzw. Silage) zurückgeführt werden. KIENDLER et al. (2019) ernteten Grünfutter, Heu und Grassilage von der gleichen Fläche und zum gleichen Zeitpunkt und führten einen Milchvieh-Fütterungsversuch durch. Wie im vorliegenden Versuch waren bei der Milch aus Grünfutter die Gehalte an SFA signifikant niedriger und jene der MUFA und ω-6-FS signifikant höher als in der Milch aus Grassilage. Die Gehalte an PUFA und CLA waren in der Grünfutter-Milch nur numerisch höher als in der Grassilage-Milch. Im Widerspruch zum vorliegenden Versuch waren allerdings die Gehalte an ω-3-FS in der Grünfutter-Milch am niedrigsten. Der Versuch von KIENDLER et al. (2019) legt nahe, dass durch das Konservierungsverfahren bedingte Veränderungen im Fettstoffwechsel der Kühe sowie Bröckelverluste und oxidative Fettsäureveränderungen während Erzeugung und Fütterung das Milch-Fettsäuremuster mitbeeinflussen (DEWHURST et al., 2006; MOREL et al., 2006; DOHME, 2007; GIERUS et al., 2009; KALAC und SAMKOVA, 2010).

WHITE et al. (2001) stellten einen Unterschied im Fettsäuremuster der Milch zwischen Tieren aus TMR-Fütterung und Vollweidefütterung fest. Wie in der vorliegenden Untersuchung, wo jedoch zwischen VW-Fütterung und Silagefütterung mit bzw. ohne Kraftfüttereergänzung (S-KF+ bzw. S-KF0) verglichen wurde, unterschied sich auch in dieser Studie das Fettsäuremuster in den CLA-Gehalten. Milch von Tieren aus der VW-Gruppe beinhaltete signifikant mehr CLA als jene aus TMR-Fütterung. Dass durch Weidefütterung die Gehalte an C 10:0, C 12:0, C 14:0 und C 14:1 in der Milch erhöht werden (WHITE et al., 2001), konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden. Es wurde aber von den Autoren angeführt, dass der Vergleich zwischen Studien schwierig sei, da die Fütterungen, Kraftfüttermengen, Beweidungsformen je nach Versuch unterschiedlich wären und auch die Messmethoden variieren würden. Jedoch wies die Milch aus Weidehaltung,

wie in der vorliegenden Studie signifikant höhere Gehalte an den ungesättigten Fettsäuren C 16:1 und C 18:3 und niedrigere Gehalte an C 18:2 auf.

Der Einfluss der Kraftfütterergänzung wurde in der vorliegenden Arbeit ausschließlich bei Silagefütterung geprüft, wobei auf Grund des Versuchsplans die eingesetzte Kraftfuttermenge in S-KF+ insgesamt relativ gering war und sich auch nur zu Versuchsbeginn deutlich von S-KF0 abhob. Im Vergleich zu Ergebnissen von BISIG et al. (2008), BUTLER et al. (2008) und BELLOF et al. (2013), welche die Kraftfütterreduktion in Kombination mit Weidefütterung im Vergleich zur kraftfutterbetonen Stallfütterung untersuchten, waren in den Silagegruppen die Effekte weniger deutlich ausgeprägt. Dies ist ein Hinweis darauf, dass in den angeführten Quellen die Weidefütterung deutlichere Effekte gehabt haben könnte als das Kraftfutterniveau. Möglicherweise waren auch die absoluten Kraftfuttermengen in S-KF+ (durchschnittlich etwa 1,5 kg TM/Tier und Tag) zu gering, um signifikante Effekte auf die Futterraufnahme, Rationszusammensetzung und den Fettstoffwechsel zu zeigen. Trotzdem war der Gehalt an ω -6 Fettsäuren und damit auch das ω -6/ ω -3 Fettsäureverhältnis in der Gruppe S-KF0 signifikant geringer als in der Gruppe S-KF+.

5.2 Effekte der Energiebilanz

Die Energiebilanz der Versuchstiere wurde nicht als Effekt im statistischen Modell berücksichtigt, da im vorliegenden Datensatz kein signifikanter Zusammenhang zur Energiebilanz festgestellt wurde. Demgegenüber wurden bei STOOP et al. (2009) deutlichere Zusammenhänge zwischen Energiebilanz einerseits und produzierter Fettmenge und dem Fettsäuremuster andererseits festgestellt. Kühe mit negativer Energiebilanz wiesen in der niederländischen Studie niedrigere Gehalte an Fettsäuren mit 5 bis 15 C-Atomen und höhere Gehalte an den Fettsäuren C 16:0 und C 18:0 auf. Die Autoren führten an, dass die Änderung dieser Fettsäuregehalte auf Energiemangel, eine Fettsäuren-Umverteilung in der Fettsäuresynthese oder auf die Mobilisation von Körperfett hinweisen könnte. In der vorliegenden Arbeit kamen die Tiere im Durchschnitt erst in der siebenten Laktationswoche in den Versuch und wiesen nur eine leicht negative Energiebilanz auf, wobei sich diese auch im Versuchsverlauf (Laktationsverlauf) verbesserte. Mögliche Energiebilanzeffekte könnten damit teilweise auch im Termineffekt enthalten sein.

5.3 Effekte des Termins

Wie bereits diskutiert, müssen bei der Prüfung und Interpretation von Laktations- bzw. Vegetationsverlaufseffekten („Termin“) mögliche Effektvermischungen (Energiebilanz, Milchleistung, Kraftfuttermenge bzw. Silageaufwuchs zuteilung im Versuchsverlauf) berücksichtigt werden. Bei den Vollweidetieren veränderte sich im Laktations- bzw. Vegetationsverlauf (neben der Milchleistung und Energiebilanz) die Zusammensetzung des Kurzrasenweidefutters kontinuierlich, in den Stallfütterungsgruppen wurden die Silageaufwüchse gestaffelt (1+4 Versuchsbeginn bzw. 2+3 ab Versuchsmitte) im Versuchsverlauf verabreicht. Es wurde nur in der Vollweidegruppe ein signifikanter Termineffekt (Laktations- bzw. Vegetationsverlaufseffekt) auf das Fettsäuremuster festgestellt. Dies könnte mit der

Weidefütterzusammensetzung zu tun haben, die sich bei Vollweidehaltung im zeitlichen Verlauf wesentlich stärker änderten, während die Rationsparameter Futterraufnahme, Energieaufnahme, Rohprotein- und RNB-Gehalte bei den Silagefütterungsgruppen S-KF0 und S-KF+ im Versuchsverlauf weniger schwankten (STEINWIDDER et al., 2018). Weiters muss auch die Entwicklung der Energiebilanz bzw. der Körperkondition im Versuchsverlauf beachtet werden (STEINWIDDER et al., 2018). Im Durchschnitt wiesen die Weidetiere eine signifikant höhere Energiebilanz auf als die Tiere aus den Silagefütterungsgruppen S-KF0 und S-KF+. Vergleichbar mit Ergebnissen von GARNSWORTHY et al. (2006) zeigte sich auch in der vorliegenden Arbeit bei den Fettsäuren C 4:0, C 6:0, C 8:0, C 10:0, C 12:0 und C 14:0 eine Abnahme in der Milch, wobei dieser Effekt in der Weidegruppe am deutlichsten ausgeprägt war. Die signifikant höheren PUFA-Gehalte der Vollweidemilch beim letzten Termin können laut GIERUS et al. (2009) darauf zurückzuführen sein, dass Grünlandbestände im Herbst verstärkt PUFA einlagern, um den Frost im Winter zu überstehen. Ein Anstieg der PUFA-Gehalte von Alm- und Weidemilch im Herbst wurde auch von VELIK et al. (2014) festgestellt.

5.4 Ernährungsphysiologische Bedeutung

Referenzwerte der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE, 2011) geben an, dass maximal 30% (bei erhöhter körperlicher Tätigkeit bis zu 35%) der Energie, die durch Nahrung aufgenommen wird, aus Fett stammen sollte (MATTHÄUS, 2014). Der Anteil gesättigter Fettsäuren sollte dabei möglichst gering gehalten werden, während der Anteil ungesättigter Fettsäuren gesteigert werden sollte. DGE et al. (2016) raten, das ω -6/ ω -3 Fettsäureverhältnis in der aufgenommenen Nahrung kleiner als 5:1 zu halten, wobei es aktuell in der westlichen Bevölkerung deutlich darüber liegt (SIMOPOULOS, 1999, MEYER et al., 2003). HAUG et al. (2007) empfehlen sogar ein Verhältnis von nur 2:1. Von den essentiellen ω -6 Fettsäuren sollen 2,5% und von den ω -3 Fettsäuren 0,5% der Nahrungsenergie aufgenommen werden (MATTHÄUS, 2014; DGE et al., 2016). Die Fettsäuregruppe CLA leistet wichtige Beiträge zur gesunden Ernährung und es wird eine tägliche Aufnahme von 0,6 bis 3 g pro Tag empfohlen (HAUG et al., 2007; SIURANA und CALSAMIGLIA, 2016). Für die Berechnungen wurde ein täglicher Bedarf von 1 g CLA angesetzt. Durchschnittlich werden derzeit in Deutschland beispielsweise nur 0,28 bis 0,40 g pro Tag und Person aufgenommen (SIURANA und CALSAMIGLIA, 2016). Der CLA Gehalt in Milch und Käse reicht von 3 bis 9 g/kg Fett (LAWSON et al., 2001). Auch in Österreich ist der Gesamtfettkonsum zu hoch und das Fettsäuremuster ungünstig (BMGF, 2017). DGE et al. (2016) schlagen als Referenzwerte für Deutschland, Österreich und die Schweiz eine tägliche Energieaufnahme von 1.800 kcal für Frauen und 2.300 kcal für Männer (25 bis unter 51 Jahre, PAL 1,4) vor. Daraus ergibt sich für Frauen eine empfohlene tägliche Aufnahme von 45 kcal (5 g) an ω -6 Fettsäuren und 9 kcal (1 g) an ω -3 Fettsäuren und für Männer von 57,5 kcal (6,4 g) an ω -6 Fettsäuren und 11,3 kcal (1,3 g) an ω -3 Fettsäuren. Fette weisen mit 9 kcal/g die höchste Energiedichte der energieliefernden Nährstoffe auf (BMGF, 2017). In Tabelle 4 wird angegeben, wie viel % des täglichen Bedarfes von Frauen bzw. Männern durch den Konsum von einem Liter Milch der drei Fütterungsgruppen

Tabelle 4: Deckung des täglichen Fettsäure-Bedarfes von Frauen bzw. Männern in % durch den Konsum von einem Liter Milch (natürlicher Fettgehalt) der Fütterungsgruppen S-KF0, S-KF+ und VW

	Frauen ¹			Männer ²		
	S-KF0	S-KF+	VW	S-KF0	S-KF+	VW
CLA, %	43,0	41,0	79,3	43,0	41,0	79,3
ω -3-FS, %	50,2	51,6	62,4	40,0	41,1	49,7
ω -6-FS, %	9,8	11,3	13,5	7,7	8,9	10,6

¹ Für Frauen wird eine tägliche Energieaufnahme von 1.800 kcal empfohlen (DGE et al., 2015).

² Für Männer wird eine tägliche Energieaufnahme von 2.300 kcal empfohlen (DGE et al., 2015).

mit natürlichem Fettgehalt (S-KF0: 3,96%; S-KF+: 4,15%; VW: 4,10%) gedeckt werden könnten.

Um annähernd die Hälfte des täglichen Bedarfs an ω -3 Fettsäuren und CLA durch Milchprodukte zu decken, müssten von Frauen Erzeugnisse aus 1,18 Liter der Milch der S-KF0 Gruppe (4,01 % Fett) oder z.B. 250 ml standardisierte Vollmilch (3,5 % Fett) + 15 g Butter + 40 g Bergkäse + 300 g Joghurt + 10 g Schlagrahm mit jeweils handelsüblichem Fettgehalt konsumiert werden. Damit würden von den ω -3 Fettsäuren etwas mehr als die Hälfte des Bedarfs aufgenommen werden. Der Bedarf an ω -6 Fettsäuren kann mit dieser Aufnahme an Milcherzeugnissen nicht gedeckt werden. Durch die oben genannten Mengen werden lediglich 23% des täglichen Bedarfs aufgenommen. Von Milcherzeugnissen der Fütterungsgruppe S-KF+ müssten, um zirka die Hälfte des täglichen Bedarfs an CLA und ω -3 Fettsäuren zu decken, Produkte aus 1,30 Liter der Milch der Gruppe S-KF+ (4,05 % Fett) oder z.B. 300 ml standardisierte Vollmilch (3,5 % Fett) + 15 g Butter + 50 g Bergkäse + 300 g Joghurt + 10 g Schlagrahm aufgenommen werden. Für Frauen wäre durch diese Nahrungsmittel der Bedarf an ω -3 Fettsäuren mehr als zur Hälfte gedeckt. Der Bedarf an ω -6 Fettsäuren würde durch die Aufnahme dieser Milchproduktmengen bei Frauen zu 29% und bei Männern zu 23% gedeckt. Da die CLA-Gehalte in der Milch der Tiere aus der Fütterungsgruppe S-KF0 höher waren, müsste ein höherer Konsum von Milchprodukten aus der Milch der Tiere aus der Gruppe S-KF+ erfolgen, um den ähnlichen Bedarf dieser Fettsäuregruppen zu decken. Die VW-Gruppe unterscheidet sich im Fettsäuregehalt deutlich von den Stallfütterungsgruppen S-KF0 und S-KF+. Für Frauen würden Produkte aus 0,84 Liter VW-Milch (3,98 % Fett) oder z.B. 300 ml standardisierter Vollmilch (3,5 % Fett) + 15 g Butter + 35 g Bergkäse ausreichen, um den Bedarf an ω -3 Fettsäuren zur Hälfte und den Bedarf an CLA sogar zu 64% zu decken. Der Bedarf von Frauen an ω -6 Fettsäuren würde durch den Konsum dieser Lebensmittel zu 22% gedeckt werden.

Schlussfolgerungen

Die Fütterung der Milchkuh beeinflusste das Fettsäuremuster der Milch deutlich. Obwohl für die Silagebereitung die gleichen Grünlandflächen wie für die Beweidung genutzt wurden, traten zwischen den Fütterungsgruppen Vollweidefütterung (VW), Silagefütterung (S-KF0) und Silage-Kraftfutterfütterung (S-KF+) signifikante Unterschiede im Milchfettsäuregehalt auf. Milch aus Vollweidefütterung wies signifikant niedrigere SFA-Gehalte und signifikant hö-

here Anteile an den ernährungsphysiologisch günstig eingestuft MUFA, PUFA, CLA und ω -3-FS auf. Auf Grund des restriktiven Kraftfüttereinsatzes wirkte sich im vorliegenden Datensatz die Kraftfüttergabe bei Vergleich der Silagefütterungsgruppen einzig auf das ω -6/ ω -3 Fettsäureverhältnis signifikant aus. Auf Grund von Literaturergebnissen muss mit steigendem Kraftfüttereinsatz vor allem mit einem signifikanten Rückgang der PUFA- und CLA-Konzentrationen in der Milch gerechnet werden. In der Vollweidegruppe zeigten sich signifikante Saisoneffekte, der Gehalt an SFA war am Ende der Laktation geringer, während die Gehalte an PUFA, CLA, ω -3-FS und ω -6-FS im Versuchsverlauf zunahm. In den Silagegruppen, bei denen unterschiedliche Aufwüchse in der Fütterung gemischt wurden, war demgegenüber der Fettsäuregehalt im Jahresverlauf stabiler. Milchprodukte können einen nennenswerten Beitrag zur Optimierung der Versorgung mit ernährungsphysiologisch wertvollen Fettsäuren leisten. Diesbezüglich schneiden Milchprodukte aus grünlandfutterbetonter Fütterung, insbesondere aus Weidesystemen, positiver als aus intensiven Fütterungssystemen ab.

Literatur

- ADAMSKA, A., J. RUTKOWSKA and W. PRZYBYLSKI, (2016): Comparison of fatty acid composition of milk from Simmental and Polish Holstein-Friesian cows in different production seasons. *Annals of Animal Science* 16, 1211–1225.
- BELLOF, G., P. FERBER und E. SCHMIDT, (2013): Zur Fettsäurezusammensetzung der Kuhmilch in Abhängigkeit von Weidehaltung sowie konventioneller oder ökologischer Wirtschaftsweise. 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau Bonn, 504–507.
- BISIG, W., M. COLLOMB, U. BÜTIKOFER, R. SIEBER, M. BREGY, und L. ETTER, (2008): Saisonale Fettsäurezusammensetzung von Schweizer Bergmilch. *AGRAR Forschung* 15, 38–43.
- BMGF, (2017): Österreichischer Ernährungsbericht 2017. <https://broschuerenservice.sozialministerium.at/Home/Download?publicationId=528> [07.05.2019].
- BUTLER, G., J.H. NIELSEN, T. SLOTS, C. SEAL, M.D. EYRE, R. SANDERSON and C. LEIFERT, (2008): Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88, 1431–1441.
- CAPUANO, E., G. VAN DER VEER, R. BOERRIGTER-EENLING, A. ELGERSMA, J. RADEMAKER, A. STERIAN and S.M. VAN RUTH (2014): Verification of fresh grass feeding, pasture grazing and organic farming by cows farm milk fatty acid profile. *Food Chemistry* 164, 234–241.
- CAPUANO, E., R. GRAVINK, R. NOERRIGTER-EENLING and S.M. VAN RUTH (2015): Fatty acid and triglycerides profiling of retail organic, conventional and pasture milk: Implications for health and authenticity. *International Dairy Journal* 42, 58–63.
- COLLOMB, M., U. BÜTIKOFER, R. SIEBER, B. JEANGROS and J.-O. BOSSET, (2002): 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.
- DEWHURST, R.J., K.J. SHINGFIELD, M.R.F. LEE and N.D. SCOLLAN, (2006): Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Animal Feed Science and Technology* 131, 168–206.

- DGE, (2011): Richtwerte für die Energiezufuhr aus Kohlenhydraten und Fett. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.). <https://www.dge.de/fileadmin/public/doc/ws/position/DGE-Positionspapier-Richtwerte-Energiezufuhr-KH-und-Fett.pdf> [07.06.2018].
- DGE, ÖGE und SGE (Hrsg), (2016): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Bonn2. Auflage, 2. aktualisierte Ausgabe. <http://www.dge.de/uploads/media/DGE-Pressemeldung-aktuell-01-2015-energiezufuhr.pdf> [07.05.2019].
- DGF (Hrsg), (2006): Methode C-VI 11 (98) - Fettsäurenmethylester (TMSH Methode). In: DGF-Einheitsmethoden: Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, 2. Auflage, Stuttgart.
- DOHME, F., (2007): Fettsäuremuster von Milch aus reiner Grasfütterung und Gras-Heufütterung. In: Der besondere Wert graslandbasierter Milch (eds: W. STOLL, E. FRILOUD und M. LOBSIGER), Tagungsband, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 8. November 2007, 108-110.
- ELGERSMA, A., S. TAMMINGA und G. ELLEN, (2006): Modifying milk composition through forage – Review. *Animal Feed Science and Technology* 131, 207–225.
- FOLCH, J., M. LEES, M. and G.H. SLOANE STANLEY, (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226, 497–509.
- GARNSWORTHY, P.C., MASSON, L.L., LOCK, A.L. and MOTTRAM, T.T. (2006): Variation of milk citrate with stage of lactation and de novo fatty acid synthesis in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 1604–1612.
- GASPARDO, B., A. LAVRENČIČ, A. LEVART, S. DEL ZOTTO and B. STEFANON, (2010): Use of milk fatty acids composition to discriminate area of origin of bulk milk. *Journal of Dairy Science* 93, 3417–3426.
- GIERUS, M., I. ALTER und F. TAUBE, (2009): Auswirkungen des Fettsäuremusters von Futterpflanzen auf die Fettqualität von Milch und Fleisch. *Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, 87 (2), 214-233.
- HANUŠ, O., E. SAMKOVÁ, L. KRÍŽOVÁ, L. HASONOVÁ and R. KALA (2018): Role of fatty acids in milk fat and the influence of selected factors on their variability – A Review. *Molecules* 23. <http://www.mdpi.com/1420-3049/23/7/1636/htm> [20.07.2018].
- HUR, S.J., H.S. KIM, Y.Y. BAHK und Y. PARK, (2017): Overview of conjugated linoleic acid formation and accumulation in animal products. *Livestock Science* 195, 105–111.
- JAHREIS, G., J. FRITSCHKE und H. STEINHART, (1997): Conjugated linoleic acid in milk fat: High variation depending on production system. *Nutrition Research* 17, 1479–1484.
- JENSEN, R.G., (2002): Invited Review: The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science* 85, 295–350.
- KALÁČ, P. and E. SAMKOVÁ, (2010): The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech Journal of Animal Science* 55, 521–537.
- KIENDLER, S., L. GRUBER, G. TERLER, M. VELIK, D. EINGANG, A. SCHAUER und M. ROYER, (2019): Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 10-11. April 2019, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 97-109.
- LAWSON, R.E., A.R. MOSS and D.I. GIVENS, (2001): The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acid to man's diet: a review. *Nutrition Research Reviews* 14, 153–172.
- MATTHÄUS, B. (2014): Fette und Öle: Grundlagenwissen und praktische Anwendung. *Ernährungs-Umschau* 3, 162–170.
- MACRAE, J., L. O'REILLY und P. MORGAN, (2005): Desirable characteristics of animal products from a human health perspective. *Livestock Production Science* 94, 95-103.
- MEYER, B.J., N.J. MANN, J.L. LEWIS, G.C. MILLIGAN, A.J. SINCLAIR, and P.R.C. HOWE, (2003): Dietary intakes and food sources of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Lipids* 38, 391-398
- MOREL, I., U. WYSS und M. COLLOMB (2006). Grünfutter- oder Silagezusammensetzung und Milchinhaltsstoffe. *Agrarforschung* 13, 228-233.
- REHBERGER, B., W. BISIG, U. BÜTIKOFER, M. COLLOMB, P. EBERHARD, S. MALLINA, P. PICCINALI, H. SCHLICHTHERLE-CERNY und U. WYSS, (2008): Einfluss der Milchverarbeitung auf die konjugierten Linolsäuren. *Agrar Forschung* 15, 350–355.
- SCHULZ, F., WESTREICHER-KRISTEN, E., MOLKENTIN, J., KNAPPSTEIN, K. and SUSENBETH, A. (2018): Effect of replacing maize silage with red clover silage in the diet on milk fatty acid composition in cows. *Journal of Dairy Science* 101, 1–12.
- SIMOPOULOS, A.P., (1999): Essential fatty acids in health and chronic disease. *The American Journal of Clinical Nutrition* 70, 560–569.
- SIURANA, A. and S. CALSAMIGLIA, (2016): A metaanalysis of feeding strategies to increase the content of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy cattle milk and the impact on daily human consumption. *Animal Feed Science and Technology* 217, 13–26.
- STEINWIDDER, A., W. STARZ, H. ROHRER und R. PFISTER, (2017): Systemvergleich – Einfluss von Vollweide- oder Stallfütterung auf die Milchproduktion im Berggebiet Österreichs. Österreichische Fachtagung Biologische Landwirtschaft, 9. Nov. 2017, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 14–44.
- STEINWIDDER, A., W. STARZ, H. ROHRER, J. HÄUSLER und R. PFISTER, (2018): Milchflächenleistung von Bio-Milchkühen bei Vollweide- oder Silagefütterung im Berggebiet Österreichs. *Züchtungskunde* 90, 218–239.
- STERGIADIS, S., D.N. HYNES, A.L. THOMSON, K.E. KLIEM, C.G.B. BERLITZ, M. GÜNAL und T. YAN, (2018): Effect of substituting fresh-cut perennial ryegrass with fresh-cut white clover on bovine milk fatty acid profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98, 3982–3993.
- STOOP, W.M., H. BOVENHUIS, J.M.L. HECK und J.A.M. VAN ARENDONK, (2009): Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science* 92, 1469–1478.
- TÖPEL, A., (2004): Chemie und Physik des Lebensmittels Milch – Naturstoff, Rohstoff, Lebensmittel. 1. Auflage, Behr's Verlag, Hamburg.
- VELIK, M., S. BREITFUSS, M. URDL, J. KAUFMANN und A. STEINWIDDER, (2014): Fettsäuremuster von Alm-, Vollweide- und Supermarkt-Milch sowie von Milch aus Heu- bzw. Maissilage-Ration. *Züchtungskunde* 86, 237–248.
- WHITE, S.L., J.A. BERTRAND, M.R. WADE, S.P. WASHBURN, J.T. GREEN und T.C. JENKINS, (2001): Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science* 84, 2295–2301.