

Fetteinsatz in der Milchviehfütterung und Einfluss auf die Produktequalität

F. DOHME

Der Verdauungstrakt von Milchkühen ist so ausgestattet, dass sie in der Lage sind, Raufutter effizient zu verwerten. Obwohl eine mittlere Leistung durchaus erreicht werden kann, wenn ausschließlich Raufutter angeboten wird, benötigt eine hochleistende Milchkuh, besonders zu Beginn der Laktation, zusätzlich Energie und Protein. Als Energiequelle wird oft Stärke in Form von Getreide verwendet. Stärkereiche Rationen können jedoch zu einer intensiven Fermentation im Pansen und zu einem Abfall des ruminalen pH-Wertes führen, welches nachfolgend negative Einflüsse auf die Futteraufnahme, die Faserverdauung und den Milchfettgehalt haben kann.

Um eine hohe Energiekonzentration in der Ration zu erreichen, könnten Futterfette eine Alternative zu stärkereichen Futterkomponenten bieten. Ihr Gehalt an umsetzbarer Energie ist im Vergleich zu Getreide dreimal, an Nettoenergie Laktation sogar viermal höher (GARNSWORTHY 1997). Ferner bietet der Einsatz von Futterfetten die Möglichkeit, die Milchfettzusammensetzung hinsichtlich der Produktequalität positiv zu beeinflussen.

Im nachfolgenden Beitrag sollen die Vor- und Nachteile von Futterfetten in der Ration von Milchkühen sowie die Möglichkeiten eines Einsatzes hinsichtlich einer Verbesserung der Milch- und Käsequalität aufgezeigt werden. Dazu wird vorab kurz auf die Verdauung von Fetten und die Milchfettsynthese eingegangen.

Verdauung der Fette

Im Pansen

Im Gegensatz zum Monogastrier lässt sich das Körper- und Milchfett des Wiederkäuers durch die Fütterung weniger gut beeinflussen, da die Futterfette im Pansen rasch um- bzw. abgebaut werden.

Sobald die aufgenommenen Galaktolipide, Phospholipide und Triglyceride in den Pansen gelangen, werden sie durch mikrobielle Lipasen in Galaktose und Glycerin auf der einen Seite und Fettsäuren auf der anderen Seite gespalten. Während Galaktose und Glycerin in flüchtige Fettsäuren umgewandelt werden, werden die ungesättigten Fettsäuren vornehmlich durch Bakterien entsättigt. Obwohl unter normalen Bedingungen die Hydrolyse und die nachfolgende Hydrierung sehr schnell und nahezu vollständig erfolgt, konnte *in vitro* gezeigt werden, dass bei steigendem Fettanteil in der Ration nicht nur der Anteil an angefluteten Triglyceriden sondern auch der an ungesättigten Fettsäuren im Dünndarm ansteigen kann (DOHME et al. 2003). Sowohl Bakterien als auch Protozoen sind in der Lage, langkettige und einfach ungesättigte Fettsäuren *de novo* zu synthetisieren (MOORE und CHRISTIE 1984). Als Bausteine dienen in erster Linie die im Pansen gebildeten flüchtigen Fettsäuren. Dabei ist interessant zu beobachten, dass die mikrobiellen Lipide einen verhältnismäßig hohen Anteil an ungradzahligen oder verzweigten Fettsäuren aufweisen. Dieses ist durch die Verlängerung von Propionsäure bzw. von iso-Buttersäure oder iso-Valeriansäure zu erklären. Obgleich bisher nur in wenigen Studien die Existenz von mehrfach ungesättigten Fettsäuren in mikrobiellen Lipiden nachgewiesen werden konnte, ist es wahrscheinlich, dass diese nicht selbst von den Mikroben synthetisiert, sondern aus dem Milieu aufgenommen werden (HARFOOT und HAZELWOOD 1997).

Im postruminalen Verdauungstrakt

Aufgrund der zuvor beschriebenen Vorgänge setzen sich die im Dünndarm angefluteten Fette vorwiegend aus unveresterten weitgehend gesättigten Fettsäuren

sowie den mikrobiellen Lipiden zusammen, die hauptsächlich aus unveresterten Fettsäuren und kleineren Anteilen an Phospholipiden bestehen. Da die unveresterten Fettsäuren an Partikel gebunden sind, müssen sie mit Hilfe von Gallensäuren und Phospholipiden erst in wasserlösliche Aggregate, die Mizellen, überführt werden, bevor sie durch die Darmschleimhaut absorbiert werden können. Nach ANDREWS and LEWIS (1970) steigt die Absorptionsfähigkeit bei langkettigen Fettsäuren (C14 - C18) mit der Anzahl an Doppelbindungen und abnehmender Kettenlänge. Zum Weitertransport in Lymphe und Plasma werden die Fettsäuren zu Lipiden resynthetisiert und durch Ummantelung mit verschiedenen Proteinen in sogenannte Lipoproteine umgewandelt. Die vorherrschenden Lipidfraktionen im Plasma sind Triglyceride, Phospholipide, Cholesterin und Cholesterinester, wohingegen freie Fettsäuren nur einen Bruchteil ausmachen. Ihr Anteil steigt jedoch, wenn sich die Milchkuh in einem Energiedefizit befindet und Körperfett mobilisiert werden muss (SUTTER und BEEVER 2000). Im Hinblick auf die Energieversorgung, sollten die kurzkettigen Fettsäuren, die während des mikrobiellen Kohlenhydratabbaus im Pansen gebildet und dort absorbiert werden, nicht außer acht gelassen werden. Sie liefern den größten Teil der vom Tier benötigten Energie (JILG et al. 1988).

Milchfettsynthese

Für den Aufbau des Milchfetts werden sowohl Fettsäuren aus dem Blutplasma (60 %), die aus dem Futter- oder dem Körperfett stammen, als auch Fettsäuren, die im Eutergewebe *de novo* synthetisiert worden sind (40 %), genutzt (CHILLIARD et al. 2000). Für die *de novo*-Synthese stehen Essigsäure und β -Hydroxybutyrat, welches in der Pansen-

Autor: Dr. Frigga DOHME, Agroscope Liebefeld-Posieux, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft (ALP), Tioleyre 4, CH-1725 POSIEUX, email: frigga.dohme@alp.admin.ch

wand aus Buttersäure gebildet worden ist, zur Verfügung. Hieraus werden alle C6 bis C10 Fettsäuren, ein Teil von Laurin- (C12:0) und Myristinsäure (C14:0), sowie ca. 60 % von Palmitinsäure (C16:0) aufgebaut. Der Rest von C12, C14 und C16 und alle Fettsäuren mit einer Kettlänge \geq C18 stammen direkt aus dem Blutplasma (JILG et al. 1988, CHILLIARD et al. 2000). Im Gegensatz zu den anderen Geweben ist das Eutergewebe nicht in der Lage, C16- zu C18-Fettsäure zu verlängern (MOORE und CHRISTIE 1981). Andererseits enthält das Eutergewebe ein Enzym (delta-9 Desaturase), das gesättigte Fettsäuren zu einfach ungesättigte Fettsäuren umwandeln kann. Somit können aus C14:0, C16:0 und Stearinsäure (C18:0) die entsprechend einfach ungesättigten Formen (Myristoleinsäure (C14:1), Palmitoleinsäure (C16:1), Ölsäure (C18:1) und aus der ausschließlich im Pansen erzeugten C18:1n11 konjugierte Linolsäure (C18:2c9n11, CLA) gebildet werden (BAUMGARD et al. 2001). Die Desaturierung sowie die direkte Absorption von ungesättigten Fettsäuren aus dem Darm (PALMQUIST et al. 1993, CHILLIARD et al. 2000) trägt dazu bei, dass der Schmelzpunkt der Körperfette und besonders des Milchfettes herabgesetzt wird.

Wirkung von Futterfetten auf die Nährstoffwertung und die Milchproduktion

Als positiv kann beim Einsatz von Futterfetten im allgemeinen die Möglichkeit der Beeinflussung der Milchfettzusammensetzung und die Erhöhung der Energiekonzentration in der Ration angesehen werden. Letzteres kann direkte Auswirkungen auf die Leistung und die Lebendgewichtverluste, gerade zu Beginn der Laktation, haben (GARNSWORTHY 1997). Negative Folgen wurden im Zusammenhang mit der Futteraufnahme, der Pansenfermentation sowie den Milchinhaltsstoffen beobachtet. Das Ausmaß der positiven sowie auch der negativen Effekte wurde in diversen Übersichtsarbeiten diskutiert (z.B. PALMQUIST 1984, GARNSWORTHY 1997, JENKINS 1993) und ist abhängig von der Höhe des Fetteinsatzes, dem

Fettsäurenmuster des Futterfettes, dem Grad des Schutzes des Futterfettes, anderen Futterkomponenten, dem Fütterungsniveau, dem Laktationsstadium und dem genetischen Potential der Kuh. Aus Sicht der Futtermittelindustrie sind Fette interessant, da sie die Pelletqualität verbessern und die Staubbildung verringern. Fett bietet, aufgrund seines höheren Gehalts an umsetzbarer Energie im Vergleich zu Getreide (GARNSWORTHY 1997), die Möglichkeit das Verhältnis von Raufutter zu Kraftfutter zu erhöhen und damit, gerade bei hochleistenden Milchkühen, die Fermentationsbedingungen im Pansen zu verbessern. Gleichzeitig sollte aber nicht außer acht gelassen werden, dass Fette *per se* die Fermentationsvorgänge hemmen können. In diesem Zusammenhang wurden verschiedene Mechanismen diskutiert, wobei die toxische Wirkung von freien Fettsäuren auf Bakterien (GALBRAITH et al. 1971) und die Verminderung der Haftung zwischen Futterpartikel und den mikrobiellen Enzymen (IMMIG et al. 1991) als Hauptursachen angesehen werden (JENKINS 1993). Eine Abnahme des Faserabbaus im Pansen hat vor allem eine verminderte Produktion an Essigsäure zur Folge und ist eher bei Zugabe von Fetten, die reich an ungesättigten Fettsäuren sind, zu beobachten (PALMQUIST und JENKINS 1980). Bei raufutterbetonten Rationen sind die Effekte weniger stark ausgeprägt (JENKINS 1993). Ein reduzierter Faserabbau im Pansen bei Fettzufütterung könnte nach Angaben von SUTTON et al. (1983) zu einer Verschiebung der Faserverdauung in den Dickdarm führen. PALMQUIST und JENKINS (1980) geben zu bedenken, dass viele Beobachtungen hinsichtlich einer verminderten Faserverdauung beim Einsatz von Fett bei Lämmern gemacht wurden. Diese haben im Vergleich zu laktierenden Kühen generell eine höhere Faserverdaulichkeit. In Milchviehversuchen gab es nach PALMQUIST and JENKINS (1980) keine Unterschiede zwischen den Kontrollrationen und denen mit fettsupplementierten Rationen, vermutlich weil Fett im Austausch gegen Stärke in der Ration eingesetzt wurde und Stärke ihrerseits die Faserverdauung negativ beeinflussen kann. Als Grenzwert für den Gesamtfettgehalt einer Ration werden 5 % angege-

ben, ohne dass negative Auswirkungen auf die Pansenfermentation zu erwarten sind (PALMQUIST und JENKINS 1980). Diese Empfehlungen beziehen sich in erster Linie auf den Einsatz von ungeschützten Fetten und PALMQUIST (1994) ist der Meinung, dass mit der Entwicklung von geschützten Fetten ruminale Einflüsse die Höhe des Einsatzes von Futterfetten nicht länger limitieren. Hierbei sollte jedoch beachtet werden, dass Fett für andere Energieträger in der Ration eingesetzt wird. Ist der Fettgehalt hoch, so kann ein erhöhter Milchnitrogengehalt zusammen mit einem leichten Absinken des Milchproteinanteils darauf hinweisen, dass ein Mangel an pansenverfügbarer Energie vorliegt (WANNER 1996).

Der Anstieg der Milchleistung durch Fetteinsatz lässt sich durch einen Anstieg in der Energieaufnahme erklären. Wenn die Pansenfermentation gestört ist, so fällt dieser Anstieg weniger deutlich aus, da die Verdauung der anderen Nährstoffe reduziert ist (GARNSWORTHY 1997). Kühe zu Beginn der Laktation und solche mit einem höheren genetischen Potential verwenden Energie für die Milchproduktion auf Kosten von Körperfettreserven. Eine höhere Energiezufuhr in diesem Laktationsstadium kann daher zu einem weiteren Anstieg der Milchproduktion, soweit das genetische Potential noch nicht ausgeschöpft ist, und/oder zu einer Reduktion der täglich mobilisierten Menge an Körperfett führen.

Die Einflüsse der Verfütterung von Fett auf den Milchfettgehalt können unterschiedlich sein. Zum einen kann durch eine verringerte Produktion von Essigsäure im Pansen der Milchfettgehalt gesenkt werden, da diese als Substrat für die *de novo*-Synthese von kurz- und mittelkettigen Fettsäuren im Euter dienen. Zum anderen kann Fett in der Ration die Menge an verfügbaren Fettsäuren für die Absorption und anschließende Einlagerung in das Milchfett erhöhen. Es bestehen ebenfalls Hinweise, dass langkettige Fettsäuren die *de novo*-Synthese im Eutergewebe hemmen, auch wenn die Essigsäureproduktion im Pansen nicht vermindert ist. In den meisten Fällen bewirkt eine Fettbeifütterung eine Erhöhung des Anteils an langkettigen Fettsäuren auf Kosten des Anteils an

kurz- und mittelkettigen Fettsäuren (GARNSWORTHY 1997). Ferner konnte gezeigt werden, dass bei Verfütterung von Fetten reich an mehrfach ungesättigten Fettsäuren und hier besonders an Linolsäure (C18:2), der Milchfettgehalt gesenkt wurde, was durch die Zunahme der CLA C18:2 \rightarrow 10 \rightarrow 12 im Milchfettsäurenmuster zu erklären war (ABUGHAZALEH et al. 2003). Diese Fettsäure hat nachweislich eine hemmende Wirkung auf die Milchfettsynthese (PETERSON et al. 2002).

Die Ergebnisse der meisten Studien (GARNSWORTHY 1997), die den Einfluss von Futterfetten auf den Milchproteingehalt untersucht haben, zeigten, dass der Proteingehalt reduziert, die täglich produzierte Menge aber unverändert oder gestiegen ist. In manchen Fällen konnte der niedrigere Gehalt durch den Anstieg der Milchmenge als Verdünnungseffekt angesehen werden, aber meistens handelte es sich wohl um eine physiologische Reaktion. WU und HUBER (1994) diskutierten vier Möglichkeiten, wie Futterfett den Milchproteingehalt senken könnte: Glukosemangel, Insulinresistenz, ansteigender Energiemangel für die Milchproduktion und Somatotropinmangel. Nach GARNSWORTHY (1997) ist dem Glukosemangel wohl die größte Bedeutung beizumessen. Zum Beispiel kann durch den Austausch von Stärke durch Fett die Propionsäureproduktion im Pansen gesenkt werden. Propionsäure ist die Hauptquelle für die Glukoseherstellung im Stoffwechsel des Wiederkäuers. Ferner wäre es möglich, dass die mikrobielle Proteinsynthese im Pansen reduziert ist, da die nötige fermentierbare Energie fehlt. Dadurch würde die Menge an glukogenen Aminosäuren vermindert.

Schützen von Fetten

Mit der Entwicklung von geschützten, pansenstabilen oder „bypass“ Fetten werden im wesentlichen zwei Ziele verfolgt. Zum einen sollen mögliche negative Einflüsse der Futterfette auf die Pansenfermentation eingedämmt und zum anderen ungesättigte Fettsäuren gegen Hydrierung im Pansen geschützt werden. Dieses kann auf unterschiedlichen Wegen erreicht werden.

Einem gewissen natürlichen Schutz unterliegen Fette in Ölsaaten. Sie sind in

der Pflanzenzelle eingelagert und werden nur langsam freigesetzt. Allerdings muss beim Einsatz von Ölsaaten bedacht werden, dass diese gemahlen oder zumindest gequetscht werden müssen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass sie auch den Dünndarm unverdaut passieren. Des Weiteren lassen sich Ölsaaten mit Hitze behandeln (extrudieren, mikronisieren), um den Transfer von ungesättigten Fettsäuren vom Futter in die Milch zu verbessern (GONTHIER et al. 2005, SCHORI und FRAGNIÈRE, nicht publizierte Daten). Bei diesem Vorgang wird durch Erhitzen die Proteinmatrix um die Fetttropfen denaturiert und so ihre Freisetzung verlangsamt. Durch chemische Methoden wie z.B. der Verseifung von Fettsäuren mit Kalzium (ENJALBERT et al. 1997) oder der Ummantelung der Fetttropfchen mit formaldehydbehandeltem Protein (PETIT 2003) kann ebenfalls der ruminale Hydrierung ungesättigter Fettsäuren entgegengewirkt werden. Mit Hilfe von technischen Verfahren, Einschmelzen, Raffinieren und Härten, ist es ferner möglich, den Schmelzpunkt von pflanzlichen Fetten so weit zu erhöhen, dass diese den Pansen unabgebaut verlassen können.

Einsatz von Fetten zur Verbesserung der Produktequalität – Erfahrungen aus Versuchen mit Ölsaaten

Das Fettsäurenmuster von Weidegras weist einen hohen Anteil an ungesättigter Linolensäure (C18:3) auf. Durch die Dürffutterbereitung nimmt sowohl der Rohfettgehalt als auch der Anteil dieser Fettsäure an den Gesamtfettsäuren (MORAND-FEHR und TRAN 2001) und somit auch ihre Überführung in die Milch ab. Bei rohfasereicher Fütterung wird zudem vermehrt Essigsäure im Pansen gebildet, die ein Vorläufer für die Bildung von kurz- und mittelkettig gesättigten Fettsäuren ist (CHILLIARD et al. 2000). Der Schmelzpunkt von Fettsäuren steigt mit zunehmender Kettenlänge und höherem Sättigungsgrad, was dazu führt, dass beim Futterwechsel von Gras auf Dürffutter härtere Butter sowie härterer Käseteig produziert wird. Im wesentlichen bestimmt das Verhältnis von C18:1 zu C16:0 die Streichfähigkeit der Butter. Milch mit einer C18:1/C16:0-

Relation von < 0,60 im Fett sollte nicht zur Butterung verwendet werden (JAHR-EIS et al. 1996). Nach STOLL et al. (2001) ist für die optimale Herstellung von Emmentaler Käse ein Verhältnis von > 0,80 notwendig.

Da ein zu harter Käseteig für die Käseproduzenten in der Schweiz eine hohe wirtschaftliche Einbuße aufgrund der schlechteren Käsequalität und des damit verbundenen geringeren Übernahme-preises zur Folge hat, wurden an der ALP Versuche durchgeführt, um zu untersuchen, ob der Einsatz von Ölsaaten in der Winterfütterung die Milch- und die Käsequalität positiv beeinflussen kann (STOLL et al. 2001, STOLL et al. 2002, STOLL et al. 2003).

Einsatz unterschiedlicher Mengen an Rapssamen

Obwohl im Gegensatz zu anderen Ölsaaten Raps in der Schweiz in größeren Mengen produziert wird, war dessen Verfütterung an Milchkühe bis vor wenigen Jahren wenig gebräuchlich. Aus diesem Grund wurde in einem ersten Versuch der Einfluss von unterschiedlichen Mengen gemahlener Rapssamen in der Milchviehration im Vergleich zu einer nicht supplementierten Kontrolle untersucht (STOLL et al. 2001). Alle drei Versuchsgruppen (Gruppen à 10 Tiere) erhielten in einer zweiwöchigen Vorperiode eine Basisration aus 15 kg Futterrüben und Dürffutter *ad libitum*. Energie- und Proteinkonzentrate wurden den Tieren nach Leistung zugeteilt. Von der dritten bis zur achten Versuchswoche erhielten die Kühe der entsprechenden Gruppen zusätzlich täglich 1,0 bzw. 1,5 kg Rapssamen. In der zweiwöchigen Nachperiode wurden die Rapssamen wieder abgesetzt. Der Verzehr der Grundration (Dürffutter und Futterrüben) unterschied sich nicht zwischen den einzelnen Varianten und lag im Durchschnitt bei 16,9 kg TS pro Tag. Wie zu erwarten war, nahmen die Tiere mit 1,0 bzw. 1,5 kg Rapsbeifütterung im Vergleich zur Kontrolle (522 g/d) signifikant mehr Fett (+81 % bzw. +119 %) auf, was einem Rohfettgehalt in der Ration von 4,4 % bzw. 5,4 % entsprach. Der hohe Energiegehalt der Rapssamen führte dazu, dass in den Rapssamenvarianten Kraftfutter in Form von Getreidemischung eingespart werden konnte. Der

Gesamtverzehr an Ergänzungsfutter (inkl. Rapssamen) sowie an Energie und Protein wies keine Unterschiede zwischen den Varianten auf. Da auch die Verdaulichkeit der Gesamtration, untersucht mit Schafen (ARRIGO, nicht publizierte Daten), durch Rapszufütterung nicht negativ beeinflusst war, war es nicht erstaunlich, dass sich sowohl die Milchleistung ($\bar{\varnothing}$ 30,0 kg/d) als auch die Milchhaltsstoffe (Fett $\bar{\varnothing}$ 4,13 %, Protein $\bar{\varnothing}$ 3,35 %, Laktose $\bar{\varnothing}$ 4,82 %) und die Persistenz ($\bar{\varnothing}$ 93,8 %) nicht zwischen den Varianten unterschieden.

Wie aus *Abbildung 1* hervorgeht, konnte das Verhältnis von C18:1 zu C16:0 in der Versuchsperiode signifikant verbessert werden. Während in der Kontrollgruppe der Wert konstant bei 0,4 lag, stieg in den beiden Rapssamenvarianten das Verhältnis rasch an und lag sowohl mit 1,0 als auch mit 1,5 kg Rapssamen deutlich über 0,8. Dieses hatte deutliche Auswirkungen auf die Käsequalität zur Folge. Bei den Qualitätskriterien Lochung, Teig und Geschmack ging eine bessere Benotung mit dem Anstieg der Rapssamenzuteilung einher.

Ölsaaten und erhöhte Mengen an Futterrüben

Futterrüben haben einen hohen Gehalt an Zucker, welcher im Pansen rasch zu Buttersäure fermentiert wird. Wie Essigsäure trägt auch Buttersäure zur Bildung von kurz- und mittellangkettigen gesättigten Fettsäuren im Euter bei (CHILLARD et al. 2000). Große Mengen von Futterrüben in Verbindung mit Dürrfutter können den Effekt hinsichtlich eines härteren Milchfets also noch verstärken. Aus diesem Grund wurde in einem zweiten Versuch (STOLL et al. 2002) untersucht, ob auch bei höherem Futterrüben-einsatz (25 kg/d anstatt 15 kg/d) die positive Wirkung von gemahlene Rapssamen bei einer Zugabe von 1,5 kg/d auf die Käsequalität erhalten bleibt. Neben einer nicht supplementierten Kontrolle wurde in einer dritten Variante 0,8 kg/d gemahlene Leinsamen verabreicht. Diese Ölsaat hat im Vergleich zu Rapssamen einen höheren Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (COLLOMB et al. 2004) und soll daher ein noch weiches Milchfett bewirken. Der Versuch wurde wie die vorangegangene Studie angelegt. In der Grundration wurde ne-

ben den 25 kg Futterrüben Dürrfutter *ad libitum* angeboten, Energie- und Proteinkonzentrat wurde nach Leistung zugeteilt. Der Verzehr der Grundration war durch die Behandlungen nicht beeinflusst. Da durch die Beifütterung von Ölsaaten wiederum Energiekonzentrat eingespart werden konnte, waren auch keine Unterschiede im Gesamtfutterverzehr festzustellen. Die Milchmenge war in der Rapssamenvariante (28,9 kg/d) signifikant höher ($P < 0,05$) als in der Kontrollgruppe (25,9 kg/d), während die Leinsamenvariante (27,3 kg/d) eine Zwischenstellung einnahm. In der nach Energiegehalt korrigierten Milch waren keine Unterschiede mehr feststellbar. Die Fettgehalte waren durch die Behandlungen nicht beeinflusst, derweil die Proteingehalte mit Ölsaaten tiefer lagen im Vergleich zur Kontrolle ($\bar{\varnothing}$ 3,50 % vs. 3,68 %; $P < 0,05$). Hierbei handelt es sich vermutlich um einen Verdünnungseffekt, da die täglich produzierte Proteinmenge nicht unterschiedlich war. Der Anstieg des Gehaltes sowie der Menge an Laktose ($P < 0,05$) in den Ölsaatenvarianten lässt sich möglicherweise damit erklären, dass mehr langkettige Fettsäuren ins Milchfett transferiert und damit Glukose eingespart wurde, welche für die Produktion von Laktose genutzt werden konnte (JAHREIS und RICHTER 1994).

In der Kontrolle wurde für das Verhältnis von C18:1 zu C16:0 ein Wert von 0,35 bestimmt. Mit Leinsamen konnte dieser Wert zwar erhöht werden (0,53), er lag aber unter den angestrebten 0,80. Diese Grenze wurde nur mit der Raps-

beifütterung (0,88) überschritten, was in dieser Variante zu einem deutlich weicheren Käseteig führte (*Abbildung 2*). Der Versuchskäse der Leinsamenvariante war dem der Kontrolle wesentlich ähnlicher als der der Rapssamenvariante. Beim Kontrollkäse waren zusätzlich mehr Pick (unerwünschte, schnabelförmige Löcher) und ein hellerer Teig zu beobachten. Generell wurde der Käse, der aus Milch mit Rapszufütterung hergestellt wurde, bei allen Kriterien besser benotet, als die Käse der anderen beiden Varianten.

Einsatz unterschiedlicher Ölsaaten

Da im zweiten Versuch gemahlene Leinsamen in einer Menge von 0,8 kg/d nicht die erwünschte Verbesserung des Käseteigs brachte, wurde in einem dritten Versuch (STOLL et al. 2003) 1,0 kg/d eingesetzt und mit zwei Varianten, denen entweder 1,0 kg gemahlene Rapssamen oder 1,0 kg gemahlene Sonnenblumenkerne zugesetzt wurden, verglichen. Die übrige Fütterung entsprach der des ersten Versuchs mit 15 kg Futterrüben in der Grundration. Auch die Durchführung erfolgte wie in den beiden vorangegangenen Studien, wobei die Versuchsperiode (VP) in zwei Abschnitte (VP 1: 3 Wochen, VP 2: 2 Wochen) unterteilt wurde. In der VP 2 wurde die Menge an Leinsamen und Sonnenblumenkernen auf jeweils 1,5 kg erhöht. In VP 1 war der Futterverzehr durch die Behandlungen nicht beeinflusst. Der Rohfettgehalt der Leinsamen war im Vergleich zu den anderen Ölsaaten niedri-

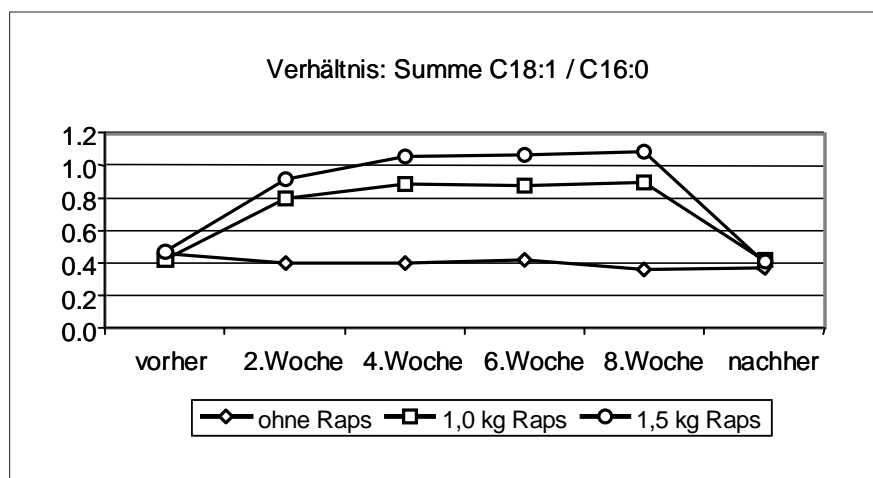


Abbildung 1: Verhältnis zwischen der Summe aller C18:1 Fettsäuren und C16:0 in der Mischmilch der drei Varianten (STOLL et al. 2001)

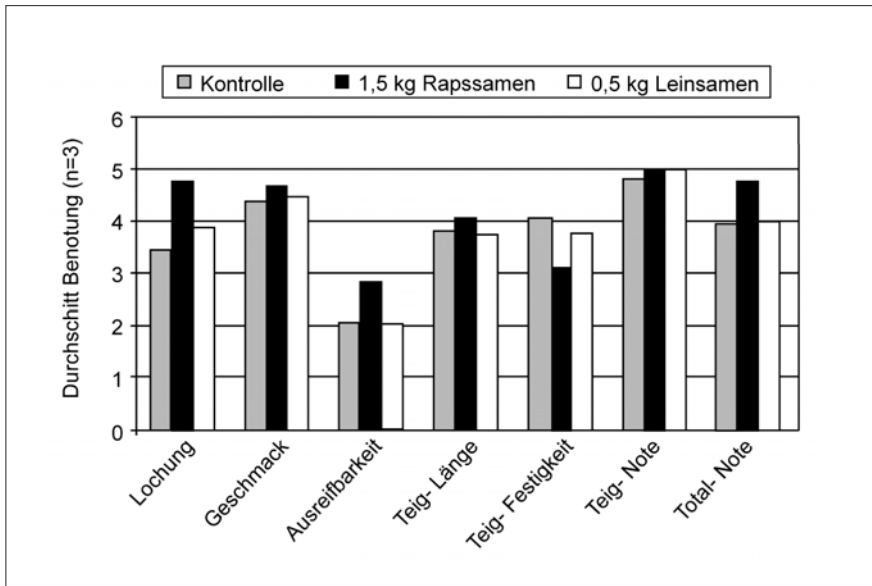


Abbildung 2: Qualitätsmerkmale der Versuchskäse aus Milch von Kühen gefüttert mit unterschiedlichen Ölsaatenzusätzen (Noten-Skala von 1 - 6, Ausreifbarkeit von 1 - 3; STOLL et al. 2002)

ger. Damit lässt sich erklären, dass die tägliche Aufnahme an Fett und Energie mit Rapssamen und Sonnenblumenkernen (Fett: Ø 949 g; Energie: Ø 140 MJ NEL) signifikant höher war als mit Leinsamen (Fett: 775, Energie: 130 MJ NEL, $P < 0,05$). Mit dem Anstieg der Supplementierung von Leinsamen und Sonnenblumenkernen während VP 2 nahmen die Tiere in den Rapssamen- und Leinsamenvarianten gleich viel Fett auf, während die Tiere mit Sonnenblumenkernen deutlich ($P < 0,05$) mehr verzehrten. Bei der Energie zeigte sich ein ähnliches Bild wie in VP 1. Durch einen in der Tendenz reduzierten Dürrfutterverzehr, war die Gesamtfutteraufnahme bei den Tieren der Leinsamenvariante in VP 2 signifikant niedriger, verglichen mit den beiden anderen Varianten (18,7 kg TS vs. Ø 20,3 kg TS, $P < 0,05$). Eine verringerte Raufutteraufnahme kann die Folge einer gehemmten Faserverdaulichkeit sein (PALMQUIST 1984). Langkettigen ungesättigten Fettsäuren wird eine toxische Wirkung auf zelluloseabbauende Bakterien nachgesagt. Dieser Effekt verstärkt sich mit zunehmender Kettenlänge und steigender Anzahl an Doppelbindungen (GALBRAITH et al. 1971), was erklärt, warum sich mit Leinsamen, die im Vergleich zu Rapssamen und Sonnenblumenkernen einen bedeutend höheren Anteil an C18:3 haben (COLLOMB et al. 2004), die Futteraufnahme reduziert war. Die Milchmenge pro Tag, sowie die

Gehalte an Fett, Protein und Laktose waren weder in VP 1 noch in VP 2 durch die Behandlungen beeinflusst. Demgegenüber war die tägliche Produktion an Milchprotein mit Rapsamen in beiden Perioden deutlich höher ($P < 0,05$) als mit Sonnenblumenkernen und Leinsamen. GARNSWORTHY (1997) zeigte mehrere Ursachen auf, warum die Milchproteinsynthese durch Fetteinsatz vermindert werden kann (siehe oben). Seiner Meinung nach sind die Auswirkungen von der Fettquelle unabhängig, was den Beobachtungen der vorliegenden Studie widerspricht.

In Abbildung 3 wird die Entwicklung des Verhältnisses von C18:1 zu C16:0 dargestellt. Während bei Rapssamen und

Sonnenblumenkernen bereits eine Zufütterung von 1,0 kg ausreicht, um das erwünschte Verhältnis von 0,8 zu erzielen, ist bei den Leinsamen eine Menge von 1,5 kg erforderlich. Dieses lässt sich zumindest teilweise durch den geringeren Rohfettgehalt der Leinsamen erklären. Die Käse, die in der 5. Versuchswoche mit Beifütterung von jeweils 1,0 kg Ölsaaten, hergestellt wurden, wurden vom Fachpanel unterschiedlich beurteilt (Abbildung 4). Die Käse der Rapssamenvariante zeigten eine kleinere Anzahl Löcher auf der Schnittfläche und hatten einen etwas kurzen, trockenen Teig. Mit Sonnenblumenbeifütterung wurde ebenfalls ein sparsamer Lochansatz beobachtet. Die Käse waren aber eindeutig weicher und reifer als diejenigen der anderen Varianten. Das schönste Lochungsbild, allerdings mit zu festem Teig, zeigten die Käse der Leinsamenvariante. Sie wurden als deutlich weniger reif bewertet. Insgesamt schnitt die Sonnenblumenkernvariante bei der Qualitätsbeurteilung am besten und die Rapsamenvariante am schlechtesten ab.

Einfluss der Ölsaatenfütterung auf die Fettsäurezusammensetzung in der Milch

Mit der Beeinflussung der Fettsäurezusammensetzung durch Ölsaatenbeifütterung ließen sich nicht nur die Eigenschaften des Käseteiges verbessern sondern auch die physiologische Wertigkeit des Milchfettes. Generell weist das Milchfett einen hohen Anteil an mittelkettigen und gesättigten Fettsäuren auf (siehe oben). Diesen Fettsäuren wer-

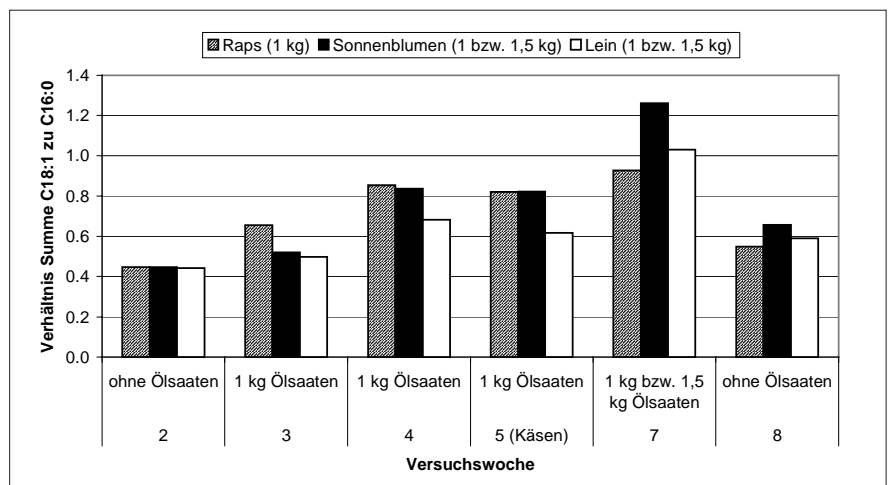


Abbildung 3: Verhältnis der Summe C18:1 Fettsäuren und der C16:0 in Abhängigkeit der verfütterten Ölsaaten (STOLL et al. 2003)

den negative Auswirkungen auf die Gesundheit zugeschrieben, währenddessen den ungesättigten Fettsäuren, und unter ihnen besonders den omega-3 Fettsäuren und der im Eutergewebe synthetisierten CLA C18:2c9t11 positive Eigenschaften zugeschrieben werden (WILLIAMS 2000). Nicht nur mit dem vorgestellten Versuch (STOLL et al. 2001) sondern auch in anderen Studien (z.B. JAHREIS et al. 1996, JAHREIS und RICHTER 1994) konnte gezeigt werden, dass mit Zufütterung von Rapssamen oder -öl der Anteil an ungesättigten Fettsäuren auf Kosten der gesättigten Fettsäuren signifikant erhöht werden konnte. Leinsamen in der Ration führten zu einem deutlichen Anstieg von C18:3, einer omega-3 Fettsäure (z.B. SOITA et al. 2003, STOLL et al. 2002). Besonders Fette, die einen hohen Gehalt an C18:2 haben, wie z.B. Sonnenblumenkerne (STOLL et al. 2003) oder Sonnenblumenöl (KELLY et al. 1998), bewirken eine signifikante Erhöhung von CLA im Milchfett (Abbildung 5). Der Grund dafür ist die Isomerisierung und Hydrierung von C18:2 zu C18:1t11. Letztere wird im Eutergewebe zur Synthese von CLA herangezogen. Zwar erhöhen auch Rapssamen und Leinsamen im Vergleich zur einer nicht supplementierten Kontrolle den CLA-Gehalt, der Effekt ist aber geringer als bei Sonnenblumenkernen.

Schlussfolgerungen

In einer Dürrfütterration mit 15 kg Futterrüben reichen 1,0 kg Rapssamen oder Sonnenblumenkerne aus, um die Milch im Hinblick auf ihre Verarbeitung zu Käse zu verbessern. Bei Leinsamen ist eine höhere Menge erforderlich. Aus ernährungsphysiologischer Sicht sind besonders Leinsamen und Sonnenblumenkerne interessant. Daneben scheinen letztere auch gewisse Vorteile hinsichtlich der Qualität des Käseteigs und des Geschmacks zu haben. Eine Steigerung des Angebots an Futterrüben erfordert eine weitere Erhöhung der Menge an zugefütterten Ölsaaten.

Literaturverzeichnis

ABUGHAZALEH, A.A., D.J. SCHINGOETHE, A.R. HIPPEN und K.F. KALSCHUR, 2003: Conjugated linoleic acid and vaccenic acid in rumen, plasma, and milk of cows fed fish oil and fats differing in saturation of 18 carbon fatty acids. *J. Dairy Sci.* 86, 3648-3660.

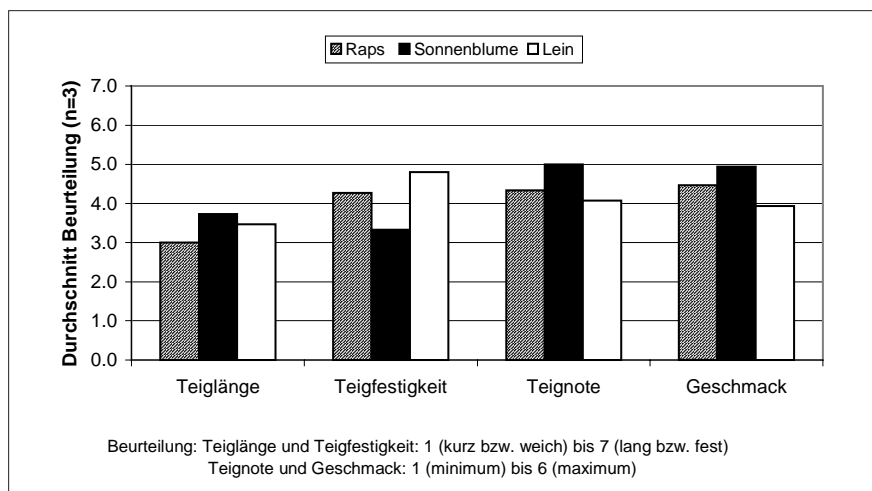


Abbildung 4: Beurteilung der Käsequalität durch ein Fachpanel (STOLL et al. 2003)

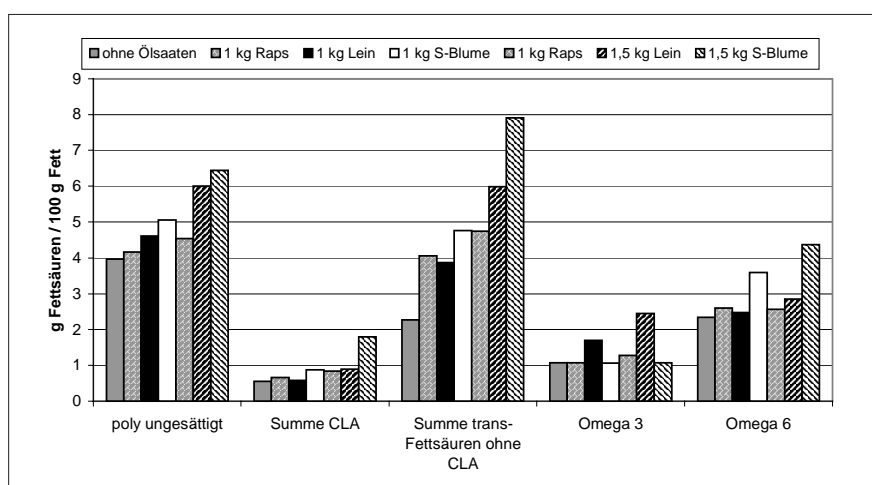


Abbildung 5: Veränderung der Fettsäurezusammensetzung durch die verschiedenen Varianten (STOLL et al. 2003)

ANDREWS, R.J. und D. LEWIS, 1970: The utilization of dietary fats by ruminants. II. The effect of fatty acid chain length and unsaturation on digestibility. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 75, 55-60.

BAUMGARD, L.H., J.K. SANGSTER und D.E. BAUMAN, 2001: Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated Linoleic acid (CLA). *J. Nutr.* 131, 1764-1769.

CHILLIARD, Y., A. FERLAY, R.M. MANSBRIDGE und M.DOREAU, 2000: Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.* 49, 181-205.

COLLOMB, M., H. SOLLBERGER, U. BUTIKOFER, R. SIEBER, W. STOLL und W. SCHAEAREN, 2004: Impact of a basal diet of hay and fodder beet supplemented with rapeseed, linseed and sunflowerseed on the fatty acid composition of milk fat. *Int. Dairy J.* 14, 549-559.

DOHME, F., V. FIEVEZ, K. RAES und D.I. DEMEYER, 2003: Increasing levels of two different fish oils lower ruminal biohydrogenation of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid in vitro. *Anim. Res.* 52, 309-320.

ENJALBERT, F., M.C. NICOT, C. BAYOURTHE, M. VERNAY und R. MONCOULON, 1997: Effects of dietary calcium soaps of unsaturated fatty acids on digestion, milk composition and physical properties of butter. *J. Dairy Res.* 64, 181-195.

GALBRAITH, H., T.B. MILLER, A.M. PATON und J.K. THOMPSON, 1971: Antibacterial activity of long chain fatty acids and the reversal with calcium, magnesium, ergocalciferol and cholesterol. *J. Appl. Bact.* 34, 803-813.

GARNSWORTHY, P.C., 1997: Fats in dairy cow diets. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*, (eds. P. C. Garnsworthy, J. Wiseman). Nottingham, UK, Nottingham University Press, 87-104.

GONTHIER, C., A.F. MUSTAFA, D.R. OUELLET, P.Y. CHOUINARD, R. BERTHIAUME und H.V. PETIT, 2005: Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cows: Effects on blood parameters and milk fatty acid composition. *J. Dairy Sci.* 88, 748-756.

HARFOOT, C.G. und G.P. HAZELWOOD, 1997: Lipid metabolism in the rumen. In: *The Rumen Microbial Ecosystem*, (eds. P. N. Hobson, C.S. Stewart). London, Blackie Academic & Professional, 382-419.

- IMMIG, I., S.J. WIRTH, G.A. WOLF und H. ABEL, 1991: Method to quantify activity of rumen cellulases and coating of food particles by fatty acids in the forestomachs of sheep. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 66, 45-52.
- JAHREIS, G. und G.H. RICHTER, 1994: The effect of feeding rapeseed on the fatty acid composition of milk lipids and on the concentration of metabolites and hormones in the serum of dairy cows. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 72, 71-79.
- JAHREIS, G., H. STEINHART, A. PFALZGRAF, G. FLACHOWSKY und F. SCHONE, 1996: Effect of rapeseed oil feeding to dairy cows on fatty acid composition of butterfat. *Z. Ernährungswiss.* 35, 185-190.
- JENKINS, T.C., 1993: Lipid Metabolism in the Rumen. *J. Dairy Sci.* 76, 3851-3863.
- JILG, T., K.P. AIPLE und H. STEINGASS, 1988: Fettstoffwechsel und Wirkungen von Futterfetten beim Wiederkäuer. Übers. Tierernährg. 16, 109-152.
- KELLY, M.L., J.R. BERRY, D.A. DWYER, J.M. GRINARI, P.Y. CHOUINARD, M.E. VAN AMBURGH und D.E. BAUMAN, 1998: Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J. Nutr.* 128, 881-885.
- MOORE, J.H. und W.W. CHRISTIE, 1981: Lipid metabolism in the mammary gland of ruminant animals. In: *Lipid metabolism in ruminant animals*, (ed. W.W. Christie). Oxford, UK, Pergamon Press, 227-277.
- MOORE, J.H. und W.W. CHRISTIE, 1984: Digestion, absorption and transport of fats in ruminant animals. In: *Fats in animal nutrition*, (ed. J. Wiseman). London, Butterworths, 123-149.
- MORAND-FEHR, P. und G. TRAN, 2001: La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Prod. Anim.* 14, 285-302.
- PALMQUIST, D.L., 1984: Use of fats in diets of lactating dairy cows. In: *Fats in animal nutrition*, (ed. J. Wiseman). London, Butterworths, 357-381.
- PALMQUIST, D.L., 1994: The role of dietary fats in efficiency of ruminants. *J. Nutr.* 124, 1377-1382.
- PALMQUIST, D.L., A.D. BEAULIEU und D.M. BARBANO, 1993: Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76, 1753-1771.
- PALMQUIST, D.L. und T.C. JENKINS, 1980: Fat in lactation rations - Review. *J. Dairy Sci.* 63, 1-14.
- PETERSON, D.G., L.H. BAUMGARD und D.E. BAUMAN, 2002: Short communication: Milk fat response to low doses of trans- 10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *J. Dairy Sci.* 85, 1764-1766.
- PETIT, H.V., 2003: Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed formaldehyde treated flaxseed or sunflower seed. *J. Dairy Sci.* 86, 2637-2646.
- SOITA, H.W., J.A. MEIER, M. FEHR, P. YU, D.A. CHRISTENSEN, J.J. MCKINON und A.F. MUSTAFA, 2003: Effects of flaxseed supplementation on milk production, milk fatty acid composition and nutrient utilization by lactating dairy cows. *Arch. Anim. Nutr.* 57, 107-116.
- STOLL, W., H. SOLLBERGER, M. COLLOMB und W. SCHAEREN, 2003: Raps- und Leinsamen sowie Sonnenblumenkerne in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung* 10, 354-359.
- STOLL, W., H. SOLLBERGER und W. SCHAEREN, 2001: Rapssamen in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung* 8, 426-431.
- STOLL, W., H. SOLLBERGER, W. SCHAEREN und 2002: Raps- und Leinsamen in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung* 9, 518-520.
- SUTTER, F. und D.E. BEEVER, 2000: Energy and nitrogen metabolism in Holstein-Friesian cows during early lactation. *Anim. Sci.* 70, 503-514.
- SUTTON, J.D., R. KNIGHT, A.B. MCALLAN und R.H. SMITH, 1983: Digestion and synthesis in the rumen of sheep given diets supplemented with free and protected oils. *Br. J. Nutr.* 49, 419-432.
- WANNER, M., 1996: Beurteilung der Energie- und Proteinversorgung von Kühen anhand von Milchuntersuchungsergebnissen. Übers. Tierernährg. 24, 136-142.
- WILLIAMS, C.M., 2000: Dietary fatty acids and human health. *Ann. Zootech.* 49, 165-180.
- WU, Z. und J.T. HUBER, 1994: Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows - a review. *Livest. Prod. Sci.* 39, 141-155.