

Aktuelles zum Einsatz von Ca-Seifen in der Milchkuhfütterung

Prof. Dr. W. Drochner (Hohenheim) und Dr. G. Yildiz (Ankara/Türkei)

Einleitung

Versuche zur energetischen Aufwertung von Wiederkäuerrationen mit Fetten haben eine ebenso lange Tradition wie es wissenschaftliche Tierernährung gibt. Bereits E. von Wolff und sein Schüler O. Kellner haben u.a. auch in ihrer gemeinsamen Hohenheimer Zeit neben anderen Pionieren der Tierernährung Arbeiten zur Fettzumischung zu Wiederkäuerrationen durchgeführt (WOLFF, 1876; KELLNER, 1909).

Das Hauptmotiv war damals wohl eine vermutete eventuell positive Beeinflussung des Milchfettgehaltes durch nutritive Fettzulagen. Heute steht aber die sehr aktuelle Notwendigkeit einer energetischen Aufwertung von Wiederkäuerrationen im Vordergrund, da hochleistende Milchrinder sehr hohe Ansprüche an Energiedichte und Aufnehmbarkeit stellen. Darüber hinaus sollte die "10.000 Liter-Kuh" auch noch tiergerecht gefüttert werden; also Mindestanforderungen an Rohfasergehalt und Struktur sind zu erfüllen.

Einfache Beispielrechnungen zeigen, daß Kühe mit täglichen Milchleistungen um 40 kg für ausgeglichene Energiebilanzen 150 - 160 MJ NEL aufnehmen müssen. Bei derart hohem Energiebedarf ist das Futtervolumen/ Trockenmassegewicht schnell die vorrangig limitierende Variable für die Futteraufnahme. Nur in Ausnahmefällen und tierindividuell bedingt kommen regelmäßige Überschreitungen täglicher Futteraufnahmemengen von 20 kg Trockenmasse bei Hochleistungstieren mittlerer Größe vor. Mack (1996) hat in seiner Dissertation mit ad lib.-Angebot von Rationen unterschiedlicher Energiedichte zeigen können, daß individuell zwar höhere Futteraufnahmen befristet möglich sind, langfristig jedoch nach wie vor eine Futtermasse von 20 kg Trockensubstanz eine physiologische Grenze bei HF-Milchrindern auch in der Phase der Hochlaktation darstellt. Es müßte also in obiger Beispielrechnung eine Energiekonzentration von mehr als 7,5 MJ NEL pro kg Rationstrockenmasse erreicht werden. Dies ist sogar bei hervorragender Grundfutterqualität und Kraftfutteranteilen (mit üblichem Fettgehalt) in der Gesamtration um 50 % nur in Ausnahmefällen möglich.

Fette mit ihrer gegenüber Stärke oder Protein etwa um den Faktor 2,3 höheren Energiekonzentration könnten aber die Gesamtenergiedichte erhöhen und somit die volumenmassenabhängige Aufnahmekapazität entlasten. Der Einsatz von Fetten schafft so einen gewissen Platz in der Ration für die verdauungsphysiologisch erwünschte strukturierte Faser. Ihre Verwendung stößt aber auf verdauungsphysiologisch bedingte Schwierigkeiten.

Bekannte Negativwirkungen von Fetten im Pansen

Ungeschützte Fette nehmen am Stoffwechsel im Pansen intensiv teil. Hierzu wurde 1988 eine umfangreiche Übersicht von Jilg et al. publiziert. Zusammengefaßt können die Negativwirkungen folgendermaßen beschrieben werden:

- Rückgang der scheinbaren Verdaulichkeit der wichtigsten Nährstoffe, insbesondere der Rohfaser,
- Minderung der ruminalen Essigsäurekonzentration,
- Rückgang der Zahl der Infusorien,
- Depression des Milchfett- (bei höheren Fettgaben) und Milcheiweißgehaltes.

Die bekannten Verdaulichkeitsminderungen werden vorran-

gig dem sogenannten Coating-Effekt der Fette (Coating = Fettfilmauflagerungen auf Futterpartikeln) und der bakteriostatischen Wirkung im Pansen zugeschrieben. Danach legt sich in der Nahrung befindliches Fett als Film auf die Nahrungsfasern, so daß die Anheftung von Mikroorganismen erschwert, der Zutritt bakterieller Zellulasen durch die Fettschicht behindert ist.

Über dieses bekannte "Coating" hinaus könnte die Porosität und damit die Durchströmbarkeit der Faserschicht im Pansen durch Futterfett beeinflußt sein. Verkittende, die kleinflüchtigen Poren der Faserschicht "verstopfende" Effekte der Fette könnten dafür verantwortlich sein. Daß dies erhebliche Konsequenzen für die Effektivität des mikrobiellen Stoffaustausches haben muß, steht außer Zweifel. Kausal diskutiert werden auch potentielle Auswirkungen von Fetten auf den Zellwandstoffaustausch von Mikroorganismen selbst. Verständlich ist, daß unter diesen Bedingungen die Faserverdauung sinkt und so auch ein Rückgang der Acetatbildung zu beobachten ist. Immer wieder werden unter Fettzulagen aber auch pH-senkende Effekte diskutiert, ohne daß diese Ergebnisse befriedigend interpretiert werden konnten. Tatsächlich sollte ja unter Rückgang der Säurebildung eher eine pH-Wert-Stabilisierung erwartet werden.

Erklärungen dieses pH-Rückgangs mit Einengung des C-2/C3 (Acetat/Propionat)-Verhältnisses könnten im Einfluß von Fetten auf das Kau- und Wiederkauverhalten zu sehen sein, insbesondere, wenn die Fette großflächig auf die Futteroberfläche aufgebracht wurden. Futterstrukturen werden hierdurch "weicher" und Futtermittel mit ansonsten rauher Oberfläche werden leichter abschluckbar. Dies kann die Futteraufnahmezeit, die Kauintensität und ggf. auch das Wiederkauverhalten beeinflussen. Leider fehlen hierzu wirklich aussagekräftige Untersuchungen.

Neben den zellulolytischen Bakterien werden auch methanogene mehrheitlich durch Fettzulagen in ihrer Aktivität gedämpft. Eine Funktion der ruminalen Methanbildung und der damit verbundenen Wasserstoff-Elimination über den Ruktus ist die "Entsorgung" von überschüssigen Protonen im "Gesamtsystem Pansen". Es ist also verständlich, daß bei Schädigung methanogener Bakterien der pH-Wert eher sinkt. Parallel bedeutet dies aber auch, daß überschüssiger Wasserstoff des Systems in andere Stoffwechselwege eintreten muß. Ungesättigte Fettsäuren werden z. B. nicht nur hydriert (hierbei werden pro Mol Doppelbindung 2 Mol Wasserstoff aus dem System entnommen), die Triglyceride werden vorher auch hydrolysiert. Pro Mol treten beim Hydrolyseprozeß 6 Mol Wasserstoff und 3 Mol Sauerstoff aus dem System in die gebundene Form als Säure/Glycerinbestandteil über. Hierbei wird also überproportional Wasserstoff gebunden. Das entlastet den Säure-Haushalt des Systems, die geringere Methanbildung kann so teilweise kompensiert werden.

In unseren Untersuchungen in Hohenheim haben wir ferner feststellen können, daß die Kinetik der pH-Absenkung unter Fetteinfluß einer anderen Dynamik folgt als üblich. Fette senken den ruminalen pH-Wert nachhaltig, die Normalisierung des pH-Wertes ist in der postprandialen Phase retardiert. Die folgende Einengung des C2/C3-Verhältnisses ist unter diesen Bedingungen also verständlich. Ja man kann davon ausgehen, daß unter Protonenüberschuß die Propionsäuresynthese eher stimuliert wird. Tatsächlich sprechen viele

praktische Beobachtungen für diese Deutung. Förderung der Propionsäurebildung und Reduktion der Methanbildung haben zusätzliche positive Effekte. Energetisch geht so weniger Gärungsenergie verloren und unter bestimmten Bedingungen zeigt sich ein dämpfender Effekt auf die ruminale Gasbildung, der ggf. sogar Schutz vor Tympanien bedeuten kann.

Der bei Fettzulagen beobachtete Rückgang der Infusorien braucht für die Pansenleistung und die Verdaulichkeit der Nährstoffe nicht nachteilig zu sein. Allgemein akzeptiert ist die Tatsache, daß der infusorienfreie Pansen nahezu uneinträgliche Fermentationsleistungen erbringen kann. Dennoch sind hohe Infusorienzahlen ein Indiz für guten Stoffaustausch und optimale mikrobielle Fermentationsbedingungen. Warum Fette gerade die Infusorien bevorzugt schädigen, ist nicht befriedigend geklärt. Man geht davon aus, daß bewimperte oder mit Geißeln versehene große Infusorien durch Verklebungen mit Fetten in ihrer Beweglichkeit gehemmt und allgemein ihr Stoffaustausch durch Fettfilmauflagerungen herabgesetzt wird.

Die Milchfettsynthese wird durch Fettzulagen nur bei niedrigen Dosierungen gefördert, bei mittleren und höheren Gaben (über 2 - 3 % Fett in der Rationstrockenmasse) ist eher mit negativen Auswirkungen auf die Milchfettgehalte zu rechnen. Hierbei zeichnen sich gesättigte und mittelkettige Fettsäuren (z. B. aus Cocosschrot) eher positiv aus, die längerkettigen und ungesättigten senken den Milchfettgehalt eher noch effektiver. Man kann davon ausgehen, daß die mittellangen Fettsäuren Laurin-, Capryl-, Caprin-, Capronsäure, die in Palmkern und vor allem Cocosschrot in bemerkenswertem Umfang enthalten sind, im Pansen direkt absorbiert werden können, und auch dadurch weniger "Coating-Effekt" zeigen. Zweifellos ist der de-novo-Syntheseweg aus Azetatkörpern durch die Fettzulagen eher vermindert. Die höheren Propionsäureanteile dürften eher die Glukosebildung fördern und damit die Milchleistung anregen.

Nicht selten wird ein sinkender Milchproteingehalt als Folge von Fettzulagen beschrieben. Dieser Effekt ist nach unserem derzeitigen Erkenntnisstand bisher nur unbefriedigend zu deuten. Eine Erklärung wäre eine eventuell reduzierte mikrobielle Proteinsynthese im Pansen, die dann absolut eine knappe Anflutung an essentiellen Aminosäuren am Duodenum nach sich zöge. Hierzu wären detaillierte Untersuchungen, insbesondere zum postprandialen Ammoniakgehalt, der mikrobiellen, der ruminale Proteinsyntheserate und der daraus resultierenden Proteinanflutung am Duodenum notwendig.

Geschützte Fette

Verschiedene Verfahren stehen zur Verfügung, um die negativen Wirkungen der Fette im Pansen zu mindern oder gar zu vermeiden. Als wichtigste Produkte sind zu nennen:

- Vollbohnsenschrote,
- kristalline Fette,
- sogenannte gecoatete (umhüllte) Produkte,
- Ca-Seifen von Fettsäuren.

Vollbohnsenschrote der fettreichen Samen - insbesondere von Leguminosen, Compositen und Cruciferen - zeigen nur einen Teilschutz der Fette. Durch Schroten wird der Zellverband teilweise zerstört, beträchtliche Fettanteile treten im körperwarmen, wässrigen Milieu der Pansenflüssigkeit aus

der im Schrot gebundenen Fettfraktion aus. Die auftretenden Fettnegativwirkungen entsprechen jenen bei Gabe isolierter Fette, allerdings mit reduzierter Intensität.

Kristalline Fette werden mit besonderen Sprüh- und Kühlverfahren unter Aufbringen auf einen Träger erzeugt. Sie sind durch ihren hohen Schmelzpunkt bei Körpertemperatur kaum löslich, aber doch emulgierbar. Die Verdaulichkeit ist deshalb befriedigend. Auch sie zeigen also nur Teilschutz. Der technische Aufwand belastet den Produktpreis in gewissem Umfang.

Gecoatete Fette müssen teuren und aufwendigen technologischen Prozessen unterworfen werden. Auf einen Fettkern kann eine langsam abbaubare (z. B. hitzedenaturierte) Proteinschicht als Hülle aufgebracht werden. Ihr Einsatz hat deshalb unter praktischen Bedingungen bisher keine Bedeutung erlangt.

Ca-Seifen werden mit einem speziellen technologischen Verfahren durch einen Verseifungsprozeß aus den nativen Fetten gewonnen. Überschüssiges Glycerin und Fettbegleitstoffe werden abgetrennt. Es resultiert ein Ca-Produkt, das nahezu stöchiometrisch äquivalent mit mittel- und langkettigen Fettsäuren reagiert hat. Der Ca-Anteil ist damit festgelegt (auf zwei langkettige Fettsäuren mit einem Molekulargewicht von je 280 kommt ein Ca Atom mit dem Atomgewicht von 40). Der gewichtsmäßige Ca-Anteil liegt damit rechnerisch bei 7,1 %. Variationen in der Kettenlänge und ein gewisser Ca-Überschuß ergeben aber ggf. höhere Ca-Gehalte. In der Ration ist immer die zusätzliche Ca-Zufuhr durch die Seifenzulage durch Abzug der Zufuhr über die Mineralstoffmischung zu berücksichtigen.

Die angebotenen Seifen weisen eine grau-braune Färbung auf, sie sind gut riesel-, schütt- und mischfähig und je nach Produktionsprozeß unterschiedlich fein gekörnt; sie sind - anders als die Alkali-Seifen - wasserunlöslich. Sie zeigen keinen oder nur sehr geringen "coating effect". In flüssiger Phase neigen sie - je nach Produkt - in der Regel zur Sedimentation.

Messungen des Schutzeffektes sind mit dem modifizierten Hohenheimer Futterwerttest möglich. Reine, langkettige Fettsäuren mittleren Sättigungsgrades werden hierzu als Standard eingewogen. Ihre Kapazität zur Methanreduktion wird dann verglichen mit geschützten Produkten.

Wirkungen von Ca-Seifen

Futteraufnahme

Im Schrifttum wird vereinzelt auf begrenzte Akzeptanz von Ca-Seifen hingewiesen. Dies wurde vor allem bei konzentriertem Angebot (also ohne Untermischen unter das Kraftfutter) beobachtet. Die Freßzeit war in den Untersuchungen von Heller (1995) bei täglich zweimaliger Gabe des Kraftfutters (mit 9 % Ca-Seifen) gegenüber den Kontrollen deutlich erhöht. Bei Verteilung auf sechsmalige Fütterung dagegen reduzierte sich dieser Effekt stark.

Methanreduktion

Finger (1999) fand bei Ca-Seifenzusatz nahezu keinerlei Reduktion der Methanbildung in vitro, während Bartetzko (1995) geringe bis mäßige Effekte auf die Methanbildung nachweisen konnte. Auch hier lag aber der methanreduzierende Einfluß von Ca-Seifen deutlich und sogar weit niedriger als jener von einer Reihe alternativer Produkte, insbesondere von Vollbohnsenschroten.

Flüchtige Fettsäuren im Pansen

Bei Verfütterung von Ca-Seifen treten trotz des offensichtlich guten Schutzes zulagenspezifische Effekte auf. Drochner und Yildiz (1999) zeigten, daß die Kinetik des postprandialen Anstiegs an flüchtigen Fettsäuren retardiert ist (Tab. 1).

Tabelle 1: Einfluß von Fettzulagen (je 8 % der TM, mmol/l) auf die ruminalen flüchtigen Fettsäuren bei Schafen im Erhaltungsstoffwechsel (nach Yildiz, 1990)

| | Kontrolle | Ca-Seifen | Fettsäuren-analoge |
|---------------------|---------------|---------------|--------------------|
| nüchtern | 78,5 (+0,9) | 83,4 (+6,9) | 94,3 (+3,6)* |
| 2 Std. postprandial | 136,8 (+ 5,4) | 124,6 (+14,3) | 101,2 (+6,6)* |
| 4 " " | 105,4 (+14,0) | 125,9 (+1,7)* | 15,2 (+10,8) |
| 6 " " | 94,8 (+15,2) | 126,5 (+7,2) | 113,5 (+9,1) |

n = 6 * p < 0,05

Die Daten in Tabelle 1 zeigen, daß die Freisetzung von Fettsäuren im Pansen des Wiederkäuers durch die Fettzulagen vor allem im Zeitablauf beeinflusst ist. Der bei üblichen Rationen sehr deutliche Anstieg der Konzentration in den ersten beiden Stunden nach der Futteraufnahme ist verzögert. Er ist bei Seifengaben erniedrigt und fällt bei Gabe der ungeschützten Fettsäuren sogar signifikant noch niedriger aus. 4 Stunden nach der Fütterung ist bei der Kontrolle das Maximum der Konzentration bereits überschritten, bei Gabe der Seifen jedoch gleichbleibend hoch, bei Verwendung der Fettsäureanalogue sogar auf niedrigerem Niveau noch steigend. In der Tendenz zeigen sich ähnliche Verhältnisse 6 Stunden nach der Fütterung.

Die Konzentration der flüchtigen Fettsäuren bei Gabe der Ca-Seifen läßt auf eine hohe Produktionsrate schließen. Sie dürfte gegenüber der Kontrolle kaum beeinträchtigt sein, da das hohe Niveau bis zur sechsten Stunden postprandial aufrechterhalten bleibt, allerdings sollten dies spezielle Untersuchungen zur Kinetik der Produktion flüchtiger Fettsäuren in weiteren Untersuchungen bestätigen. Zweifellos zeigt sich in diesem Punkt eine Überlegenheit der Ca-Seifen gegenüber ihren Fettsäureanalogen.

Ammoniak

Hagens (1993) fand leicht, aber signifikant erhöhte Milch- und Blutharnstoffwerte bei Gabe von täglich 300 g Ca-Seifen an erstlaktierende Kühe. Dies korrespondiert mit mäßig erhöhten postprandialen Ammoniakwerten, die Yildiz (1990) in seinen zeitabhängigen Untersuchungen im Pansen des Schafes nach Zulage von Ca-Seifen nachweisen konnte. Auch Palmquist (1978) und Conrad (1980) fanden in der Zeit nach der Fütterung fettbedingte Anstiege des ruminalen Ammoniakgehaltes. Bei Verwendung von geschützten Fetten unterschiedlicher Konfektionierung konnten auch Rademacher (1990) und Bahrenberg (1991) vergleichbare Effekte beim Schaf nachweisen. Heller (1995) hat entsprechende Untersuchungen bei Milchkühen mit mittlerer Leistung durchgeführt. Sie fand zulagenbedingte deutliche Erhöhungen der Ammoniakkonzentration in der Pansenflüssigkeit eine, drei und fünf Stunden nach der Fütterung. Durch Verteilung der Kraffuttermengen auf sechs Fütterungszeiten, konnte dieser "Ammoniakpeak" deutlich reduziert werden.

Verdaulichkeit der Nährstoffe

Die Verdaulichkeit der Nährstoffe ist ein weiteres Kriterium für die Effektivität des Einsatzes von geschützten Fetten. Heller (1995) hat bei Einsatz relativ hoher Mengen an Ca-Seifen (8 %) bei laktierenden Kühen sogar einen mäßigen Anstieg der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Rohfaser

nachgewiesen. Dies bestätigt sich in Untersuchungen an Schafen durch Wegel (1989), die die Verdaulichkeiten praecaecal und insgesamt ermittelte. Der positive Effekt ging durch hälftigen Ersatz der Ca-Seifen durch Vollbohnenfette in den Untersuchungen von Heller (1995) jedoch wieder verloren. Der bei Fettzulagen so oft beobachtete Rückgang der Acetatgehalte im Pansen blieb in diesen Untersuchungen ebenfalls aus. Recht hohe postprandiale Ammoniakwerte und anhaltend - aber retardiert - auftretende hohe Konzentrationen an flüchtigen Fettsäuren wurden unter unterschiedlichsten Versuchsbedingungen gefunden. Sie zeigen, daß die Pansenfermentation auch nach Ca-Seifen-Zulagen beeinflusst ist, wenn auch weit weniger deutlich als nach mengenäquivalenten Gaben an Fettsäureanalogen (Drochner und Yildiz, 1999).

Ca-Seifen werden unter dem niedrigen pH-Wert des Magensaftes in freie Säuren überführt. Mit Übertritt in das Duodenum unterliegen sie der Fettverdauung und Absorption. Die scheinbare Verdaulichkeit der Nährstoffe im Dünn- und Dickdarm scheint unter diesen Bedingungen wenig verändert und vergleichsweise hoch.

Verdaulichkeitsmessungen für den praecaecalen und post-ilealen Verdauungstraktbereich erlauben eine differenzierte Betrachtung der lokal im Magen-Darmtrakt ablaufenden Verdauungsvorgänge. Entsprechende Daten wurden von Wegel (1989) vorgelegt. Die praecaecale scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bei Zulage von 8 % Fettsäuren zu einer Ration von Schafen im Erhaltungsstoffwechsel und bei hohen Heugaben ergab die in Tabelle 2 aufgeführten Ergebnisse.

Tabelle 2: Einfluß von Fettzulagen (je 8 % der TM, mmol/l) auf die scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe im praecaecalen Bereich bei Schafen im Erhaltungsstoffwechsel

| | Kontrolle | Ca-Seifen | Fettsäuren-analoge |
|---------------|-------------|--------------|--------------------|
| praecaecal OS | 78,9 (+1,6) | 79,8 (+3,2) | 77,4 (+2,0) |
| Rohprotein | 67,6 (+2,9) | 66,2 (+4,8) | 62,7 (+2,9)* |
| Insgesamt OS | 83,1 (+2,8) | 80,6 (+1,0)* | 79,8 (+1,6)* |
| Rohprotein | 77,3 (+4,5) | 73,0 (+1,4)* | 70,5 (+1,0)*** |
| Rohfaser | 81,1 (+2,4) | 77,5 (+1,6)* | 76,2 (+3,7)* |
| Rohfett | 34,6 (+5,7) | 82,2 (+2,2)* | 78,3 (+3,2)* |

n = 6 * p < 0,05

Die Untersuchungen zeigen, daß die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz praecaecal nur begrenzt vermindert war. Insgesamt nahm diese Verdaulichkeit aber um 2 - 3 % ab, die Differenzen waren signifikant. Beobachtungen zur postprandialen Kinetik der flüchtigen Fettsäuren lassen auf einen langsameren Abbau der organischen Substanz im Pansen schließen. In der Effektivität muß dies jedoch nicht nachteilig sein und kann insgesamt zu ähnlich hohen Fermentationsraten führen wie in den Kontrollen. Eindeutig zeigt sich hier die Überlegenheit gegenüber nicht geschützten Fetten, die zu nachhaltigen Einbußen der Fermentationseffektivität führten. Nur etwa 4 % der Verdaulichkeit der organischen Substanz (Kontrolle) entfielen auf den Dickdarm, dieser Anteil sank jedoch noch unter den Fettzulagen.

Die Rohproteinverdaulichkeit beim Wiederkäuer ist wegen seiner speziellen Vormagenphysiologie ein nur grob zu interpretierender Parameter. Immerhin erlaubt die vergleichende Betrachtung praecaecaler und postilealer Verdauungsvorgänge Rückschlüsse auf die Lokalisation der Verdauungsvorgänge. Bereits praecaecal lag die Proteinverdaulichkeit bei Gabe der freien Fettsäureanaloge deutlich niedriger als bei Gabe der Seifen. Noch ausgeprägter war dieser Effekt bei der Rohproteinverdaulichkeit insgesamt. Hier spricht vieles - auch vor dem Hintergrund hoher ruminaler Ammoniakgehalte - für eine Limitierung der ruminalen mikrobiellen Proteinsynthese, wenn bestimmte Futterfettwerte überschritten werden.

Die Fettverdaulichkeit lag bei Verwendung der Zulagen um 80 %. Sie lag bei den schwerlöslichen Seifen sogar noch ein wenig höher als bei Einsatz der Fettsäureanaloge. Dies läßt den Schluß zu, daß schwerlösliche Ca-Seifen eine den üblichen Fetten entsprechende Verdaulichkeit erreichen. Man kann also davon ausgehen, daß die Umsetzungen unter dem tiefen pH des Magensaftes weitgehend vollständig erfolgen, so daß im Duodenum eine effektive Mizellenbildung möglich ist. Die niedrige Fettverdaulichkeit bei der Kontrolle (ohne Fettzulage) entspricht Erfahrungen zur Verdaulichkeit von Fettbegleitstoffen (Wachsen, Xanthophyllen, Isoprenoiden, Chlorophyll) und der erwarteten Beeinflussung durch die intestinalen endogenen und mikrobiellen Fette, welche bei derart niedriger nutritiver Fettzufuhr eine entsprechend höhere Bedeutung haben. Eine energetische Bewertung der Ca-Seifen muß also absoluten Fettgehalt (ca. 7,5 % Abzug für Ca-Anteile) im Produkt und seine Umsetzbarkeit von etwa 74 % berücksichtigen. Bei 38 kJ GE pro g entfallen auf 1 g Ca-Seifen $38 \times 0,665 = 25,3$ kJ GE. Umgerechnet auf NEL (Faktor 0,6) pro kg ergeben sich $25,3 \times 0,6 = 15,2$ MJ NEL pro kg Ca-Seifen. Bei > 300 g Zulagen pro Tag wären dies 4,6 MJ NEL. Die beobachteten Milchmengensteigerungen (Drochner und Eicken, 1993) von 1 kg /Tier und Tag entsprechen also dieser Größenordnung. Eine eventuelle Verdrängung anderer Futtermittel in der Ration durch diese Zulage kann vernachlässigt werden.

Wirkungen auf Stoffwechsel und Leistung

Milchleistung

Drochner und Eicken (1993) haben in einem Feldversuch mit Kühen Zulagen von 300 bis 400 g Ca-Seifen pro Tag in der Laktationsphase bei insgesamt 783 Kühen verabreicht. Sie fanden einen mäßigen Rückgang der Milchproteingehalte, eine deutliche Erhöhung der Milchmenge um etwa 300 l in einer Laktationsperiode und eine merkliche Verbesserung des Ernährungszustandes der Tiere am Ende der Laktation. Die Daten mußten mit der sogenannten Vorher-Nachher-Technik gewonnen werden, die Kritik zu den Versuchsbedingungen hervorrufen kann. So hat Hagens (1993) in einem streng definierten Versuch an 58 hochlaktierenden Kühen mit täglich 300 g Ca-Seifenzulage und 19 Kontrolltieren Leistung und Gesundheitsparameter geprüft. Er fand eine Erhöhung der Milchmenge nur in der Phase der Hochlaktation bestätigt. Allgemein kann man sagen, daß Versuche zur Erhöhung der Milchleistung durch Verwendung nativer Fette wenig erfolgreich verliefen. Dies ist von Jilg et al. (1988) durch Regressionen unter Auswertung umfangreicher Daten aus dem Schrifttum nachgewiesen worden. Verantwortlich hierfür mag die verminderte Produktion flüchtiger Fettsäuren, die Verdaulichkeitsminderung und damit ein "Aufzehren des Energieeffekts" durch Fermentationsdämpfung sein. Bei Einsatz von 300 - 400 g Ca-Seifen trat dieser leistungssenkende Effekt nicht auf. Insgesamt spricht bei dieser Dosierung vieles für eine zusätzliche Stimulierung der Milchmen-

ge, wenn auch in begrenztem Umfang. Heller (1995) fand mit einer kleinen Tierzahl (n=4) im Stoffwechselstand eine gewisse Verbesserung der Milchleistung durch Zulage von 9 % Ca-Seifen zum Futter, die sogar die Größenordnung von 2 kg/Tier und Tag überschritt.

Milchfett

Daß Futterfette den Milchfettgehalt senken können ist seit langem bekannt. Dies ist der fermentationsmindernden Wirkung der Fette und vor allem der unter Fetteinfluß erniedrigten zellulolytischen Kapazität der Pansenflora zuzuschreiben. Die Einengung des Acetat/Propionat-Verhältnisses ist anhand umfangreichen Datenmaterials aus dem Schrifttum von Jilg et al. (1988) klar beschrieben worden. Die Untersuchungen zur Wirkung von Ca-Seifen zeigen, daß dieser Einfluß hier nur sehr begrenzt vorhanden ist. Ja man kann davon ausgehen, daß die Gesamtfettmenge pro Laktation durch moderate Zulagen eher gefördert wird. Dies mag mit dem geringen Einfluß der Ca-Seifen auf die Verdaulichkeit der Faserfraktion zu begründen sein. Ein bisher nur wenig untersuchter Effekt scheint von den ungesättigten Transfettsäuren auszugehen. Durch besondere räumliche Struktur ist eventuell ihr Einbau in die Triglyceride der Milch erschwert. Die im Schrifttum teilweise beschriebenen Mengen an Elaidin- und Vaccensäure, die erstere soll ja auch die Acylierungsvorgänge zwischen Glycerin und langkettigen Fettsäuren hemmen, erscheinen nach Modelluntersuchungen von Yildiz (1990), der absolut sehr niedrige Transfettsäuregehalte fand, zumindest zweifelhaft. Parallel zu nutzen wäre bei Einsatz geschützter Fette ihr Einfluß auf den Schmelzpunkt des Butterfettes. Diesbezügliche Untersuchungen zeigen, daß sogenannte By-Pass-Fette mit höheren Öl- und Linolsäuregehalten besonders gut geeignet sind, den Schmelzpunkt von Butterfett positiv zu beeinflussen.

Milcheiweiß

Über sinkende Milcheiweißgehalte als Folge von Fettzulagen - auch von Ca-Seifen - wurde vereinzelt berichtet. Rohr et al. (1978) haben hierauf bereits früh hingewiesen. In der Tendenz fanden wir in einem großen Feldversuch (Drochner u. Eicken, 1993) eine mäßige, wenn auch nicht signifikante Verminderung der Milchproteingehalte. Auch Hagens (1993) hat in seinem Versuch mit Erstlaktierenden keine hohen Effekte auf den Milchproteingehalt gefunden. Betrachtet man den Verlauf der ruminalen Ammoniakgehalte, so stößt man unwillkürlich auf die von verschiedenen Autoren beschriebenen mäßig erhöhten Werte in der ersten Phase nach der Fütterung, die für eine hohe Desaminierungskapazität des mikrobiellen Systems aber dabei begrenzte mikrobielle Syntheseleistung sprechen. Dies könnte die höheren Harnstoffwerte und vielleicht auch die etwas niedrigere praecaecale Proteinverdaulichkeit begründen. Am Duodenum angeflutete Proteinmengen könnten so zulagenbedingt niedriger sein. Versuche, diese Anflutung durch günstige Protein-By-Pass-Gehalte zu optimieren, erscheinen somit erfolgversprechend.

Darüber hinaus ist zu beachten, daß Fettzulagen den Glukosehaushalt beeinflussen. Pyruvat- und Oxalazetatmangel bei hohem Anfall an Acetyl-CoA könnte die Desaminierung und Glukoneogenese stimulieren.

Die Strategie von Heller (1995), durch zeitliche Verteilung der Kraftfutter - und damit auch der Fettgaben - die Verträglichkeit zugelegter Fette zu verbessern, ist somit schlüssig. Tatsächlich erreichte sie dadurch erhöhte Milchleistungen. Allerdings war die Zahl der Tiere in ihrem Stationsversuch nur klein. Eine Absicherung mit einem größer angelegten Fütterungsversuch wäre also nötig. Die Proteingehalte in diesem Versuch waren nur durchschnittlich. Die insgesamt über die Milch abgegebenen Proteinmengen waren zulagen-

bedingt aber immer klar erhöht. Die Konsequenz für den praktischen Einsatz muß also sein, die Ca-Seifen untergemischt unter das Futter zu verabreichen, am besten in Kraftfutter eingemischt und über Transponderfütterung verabreicht mit mehreren Abrufzeiten pro Tag. Dies haben (Drochner und Heller, 1996) in einer Übersicht bereits deutlich herausgestellt. Inwieweit man durch parallelen Einsatz von Pansen-By-Pass-Protein positive Effekte für die Milchproteingehalte erzielen könnte, ist ungeklärt.

In diesem Zusammenhang drängt sich geradezu die Frage nach der Ca-Seifen-Verwertung und dem Verhalten der Milchinhaltstoffe bei TMR-Fütterung auf. Zu vermuten ist, daß bei dieser Art der Fütterung noch eine weitere Verbesserung der Toleranz auftreten wird. Diesbezügliche Untersuchungen wären also dringend vonnöten, auch um dieser Form der Energiezufuhr ggf. weitere Einsatzmöglichkeiten zu eröffnen.

Intermediäre Wirkungen

Untersuchungen von Hagens (1993), siehe Tabelle 3, zeigen, daß Ca-Seifen-Zulagen die Blutspiegel von Vitamin E und HDL-Cholesterin beeinflussen. Das HDL-Cholesterin kann auf Grund seines geringen Molekulargewichtes die Basalmembran der Granulosazellen des Ovars passieren. Es kann so die lokale Steroidsynthese beeinflussen. Die Konzentrationen an HDL-Cholesterin stiegen über einen Zeitraum von 112 Tagen postprandial an. Durch Fettzulage war dieser Anstieg überproportional.

In dieser Versuchsreihe fand Hagens im Rahmen seiner Dissertation eine signifikante Verkürzung der Rastzeit und - subjektiv beurteilt - auch eine merkliche Intensivierung der Brunstsymptome bei Supplementierung mit begrenzten Mengen an Ca-Seifen (300 g/Tier und Tag).

Interessant war auch, daß die Fettzulagen die Vitamin E-Spiegel mäßig erhöhten. Man muß vermuten, daß auch die Carotinoide durch die Fettzulagen in ihrer Absorption beeinflusst werden können.

Tabelle 3: HDL-Cholesterin und Vitamin E im Serum (mg/l) 0 - 112 Tage nach Ca-Seifenzulage (300 g/Tag): Erstlaktierende Milchkühe

| Tage pp. | 0 | 28 | 56 | 84 | 112 |
|------------------|------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | Zeit nach dem Abkalben | | | | |
| Versuch (n=58) | | | | | |
| HDL-Chol | 774 (±202) | 1274 (±327) | 1531 (±24,7) | 1825 (±274) | 1910* (±267) |
| Vit. E | 5,3 (±1,6) | 5,2 (±1,2) | 6,5 (±1,8) | 7,9* (±1,3) | 8,2* (±1,2) |
| Kontrolle (n=19) | | | | | |
| HDL-Chol | 971 (±331) | 1331 (±507) | 1520 (±269) | 1686 (±320) | 1694 (±299) |
| Vit. E | 5,6 (±3,0) | 5,0 (±2,0) | 5,1 (±1,3) | 5,2 (±1,6) | 5,3 (±1,0) |

* p < 0,05

Zusammenfassung

Ca-Seifen sind weitgehend panseninert. Ihre methansenkende Wirkung ist gering, was zeigt, daß der Einfluß auf die ruminale Mikroflora nur mäßig ist. In begrenztem Umfang

werden eine verzögerte ruminale Fermentation (mit retardierter Anflutung flüchtiger Fettsäuren) - dies muß kein Nachteil sein - und postprandial erhöhte Ammoniakwerte nachgewiesen. Die mit Zulagen geschützter Fette erzielbaren Milchmengensteigerungen werden in Fachkreisen nach wie vor kontrovers diskutiert. Zweifellos hängt der Effekt von Dosis, Verabreichungsform und Applikationstechnik ab. Die Verwendung im Mischfutter ist der direkten Zulage vorzuziehen, die Transponderfütterung hat zusätzliche Vorteile. Insgesamt wurden in einem Feldversuch Milchmengensteigerungen von 300 kg pro Laktationsperiode ermittelt, wenn täglich 300 g Ca-Seifen zugelegt wurden. Die Effekte scheinen übrigens in der Hochlaktation deutlicher ausgeprägt zu sein als bei abflachender Laktationskurve.

Der körperliche "Zustand" der Milchkühe läßt sich durch Einsatz von Ca-Seifen verbessern. Danach werden die Seifen gut genutzt. Hierfür sprechen einschlägige Erhebungen und auch modellmäßige Berechnungen, die von 80 % Verdaulichkeit der Fettsäureseifen ausgehen (Hagens, 1993).

Die Fettzulagen erhöhen den Vitamin E-Blutspiegel und in einem späteren Stadium nach dem Abkalben auch die Gehalte an HDL-Cholesterin im Serum. Langfristig dürfte dies positive Auswirkungen auf Gesundheit und Fruchtbarkeit zeigen.

Die Proteingehalte in der Milch gingen in einigen Versuchen zurück, in anderen aber nicht. Zweifellos ist diesbezüglich eine Dosierung von etwa 300 g Seifen pro Tier und Tag zu einer ursprünglich fettarmen Ration noch unproblematisch. Die Ursache eventueller Effekte bei höheren Dosierungen ist nicht eindeutig einzugrenzen. Berechnungen der Gesamtproteinabgaben über die Milch zeigen aber, daß die Proteinsyntheseleistung insgesamt unter mittleren Zulagen geschützter Fette eher steigt.

Die erzielbare Fettabsorption bei Ca-Seifen ist jener ungeschützter Fette vergleichbar. Man kann dies durch Freisetzung der Fettsäuren aus den Seifen bei niedrigem pH im Salzsäuremilieu des Magens erklären. Der oft geäußerte Vorbehalt zur Höhe der möglichen Fettabsorption aus Ca-Seifen erweist sich also als unbegründet. Dosierungen von 300 bis 400 g täglich werden gut toleriert. Höhere Gaben können die Futteraufnahme verlängern. Bei entsprechender Verteilung mehrerer Einzelgaben über den Tag tritt dieses Argument jedoch als unbedeutend zurück.

Der Milchfettgehalt wurde durch die moderaten Ca-Seifenzulagen nicht beeinflusst. Dies dürfte mit den nur mäßigen Reduktionen der Essigsäure-Gehalte im Pansen zusammenhängen. Strategien durch Verteilung der Gaben über den Tag oder gar Zumischung zu TMR (Gesamtmischrationen) müssen aber weiterentwickelt werden.

Für hochgravide, trockenstehende Kühe wird man eine solche Fettzulage in der Regel nicht vorsehen. Bei Vorbereitungs-fütterung ist aber an den Einsatz von Ca-Seifen ebenfalls zu denken. Die Ca-Anteile der Seifen werden erwartungsgemäß (Yildiz, 1990) ebenfalls gut genutzt. Bei der Berechnung der Kationen/Anionenbilanz für hochgravide Kühe müssen die Ca-Mengen aus den zugelegten Fettseifen dann selbstverständlich berücksichtigt werden.

Literatur

Bahrenberg, P. (1991): Prüfung eines fett- und proteingeschützten Sojabohnenschrotes (formalinbehandelt) auf verdauungsphysiologische Parameter beim Schaf. Diss. med. vet. Tierärztl. Hochsch. Hannover

- Bartezko, B. (1995): Auswirkungen steigender Gaben von Fett aus einer Kombination von Sojavollbohnen und Ca-verseiften Fettsäuren auf verdauungsphysiologische Parameter im Pansen und Caecum des Schafes. Diss. med. vet. Tierärztliche Hochschule Hannover/Universität Hohenheim.
- Drochner, W.; Eicken, K. (1993): Auswirkungen begrenzter Mengen an geschütztem Fett (Ca-Seifen) in Rationen für Hochleistungskühe. Tierärztliche Umschau 48, 652 - 661.
- Drochner, W. und Heller (1996): Neue Ergebnisse zum Einsatz geschützter Fette bei Wiederkäuern. Übers. Tierernährg. 24, 52-61
- Drochner W.; Yildiz, G. (1999): Ruminale Ergebnisse zum Einsatz geschützter Fette bei Wiederkäuern. Übersichten Tierernährung 24, 52 - 61.
- Drochner, W; Yildiz, G. (1999): Ruminale Fermentation und Verdaulichkeit der Nährstoffe bei Einsatz von Ca-Seifen des Palmöls und ihrer Fettsäureanaloge beim Schaf. Berl. Münchn. Tierärztliche Wschr. (in Vorbereitung).
- Finger, T. (1999): Methanbildung beim Wiederkäuer nach Zulage teilgeschützter Fette in vitro und in vivo., Diss. agr. Universität Hohenheim.
- Hagens, H. (1993): Feldversuche zur ernährungsphysiologischen Wirkung von Calciumseifen bei erstlaktierenden Milchrindern. Diss. med. vet. Tierärztl. Hochschule Hannover/Universität Hohenheim.
- Heller, R. (1995): Verdauungsphysiologische Untersuchungen an Milchkühen bei alleiniger und kombinierter Verabreichung von geschützten Fetten und Variation der Fütterungstechnik. Diss. med. vet. Tierärztl. Hochschule Hannover/Universität Hohenheim.
- Jilg, T.; Aple, K. P.; Steigaß, H. (1988): Fettstoffwechsel und Wirkungen von Futterfetten beim Wiederkäuer. Übersichten Tierernährung 16, 109 - 152.
- Kellner, O. (1909): Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere, 5. Aufl., Verl. Paul Parey, Berlin.
- Mack, S. (1996): Wirkung einer reduzierten Fütterungsintensität auf Rauhfutteraufnahme, Milchleistung und Körperzustand des Rindes im Verlauf der Laktation. Diss. agr. Universität Hohenheim.
- Palmquist, D.L. und H.R. Conrad (1980): High fat rations for dairy cows: Tallow and hydrolyzed blended fat at two intakes. J. Dairy Sci. 63, 1-14
- Rademacher, P. (1990): Einfluß einer alleinigen und einer kombinierten Gabe von geschützten Fetten auf verdauungsphysiologische Parameter beim Schaf. Diss. med. vet. Tierärztl. Hochsch. Hannover
- Wegel, K. (1989): Einfluß gestaffelter Gaben von Plamölfetten und ihren Ca-Seifen auf einige ausgewählte verdauungsphysiologische Parameter im Ileumchymus, Kot und Plasma des Schafes. Diss. med. vet. Tierärztl. Hochsch. Hannover
- Wolff, E., von (1876): Versuche über den Einfluß steigender Fettmengen auf die Verdauung des Futters. Landw. Jahrbuch 5, 513 - 518.
- Yildiz, G. (1990): Einfluß von Palmöl-Ca-Seifen und ihrer Fettsäureanaloge auf verdauungsphysiologische Parameter im Pansen, Serum und in den Faeces des Schafes. Diss. med. vet. Tierärztl. Hochschule Hannover.