

EFFEKTE SPEZIFISCHER SUPPLEMENTE IN DER RATION VON FRISCH LAKTIERENDEN MILCHKÜHEN

IMPACT OF SPECIFIC FEED SUPPLEMENTS DURING EARLY LACTATION

von/by

B. Pieper und R. Pieper

GLIEDERUNG

- 1 Einleitung
- 2 Voraussetzungen für spezielle Futtermittel in der Frühlaktation
 - 2.1 Silagequalität
 - 2.2 Stall- und Herdenmanagement
- 3 „Spezialitäten“ in der Frühlaktation
 - 3.1 Pansengeschütztes Protein
 - 3.2 Propylenglykol und Glycerin
 - 3.3 Pansengeschütztes Fett
 - 3.4 β -Carotin und Vitamin E
 - 3.5 Biotin und Niacin
 - 3.6 Organisch gebundene Spurenelemente und Lebendhefen
- 4 Ökonomische Betrachtung
- 5 Schlussfolgerungen
- 6 Schrifttum

Dr. Bernd Pieper, Dr. Pieper Technologie und Produktentwicklung GmbH, Dorfstrasse 34, D-16818 Wuthenow, Fax: +49 3391 684810

Dr. Robert Pieper, Institut für Tierernährung, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin, Brümmerstrasse 34, 14195 Berlin, Fax: +49 30 838 55938

ZUSAMMENFASSUNG

Zu Beginn der Laktation von Kühen mit genetisch determiniert hoher Milchleistung übersteigt die Nährstoffabgabe über die Milch die Nährstoffaufnahme über das Futter. Alle Maßnahmen der Fütterung und des Managements sollten daher auf die Erzielung einer hohen Trockenmasseaufnahme ausgerichtet sein. Wesentliche Grundlagen dafür werden bereits in der Trockenstehphase gelegt. Diese sind unter anderem: ausschließlicher Einsatz von Futtermitteln mit hohem Hygienestatus, bedarfsgerechte Ernährung bei Absicherung einer hohen Grobfutteraufnahme, zweiphasige Trockenstehfütterung und Adaptation an die Rationsbestandteile in der Früh-laktation, konsequente Hypocalcämie-Prophylaxe und Absicherung einer BCS-Note zur Kalbung von 3,0-3,5. Unter der Voraussetzung, dass in der Früh-laktation bestes Grundfutter eingesetzt wird, der Kuhkomfort sehr gut ist, die Wasserqualität und -versorgung optimal ist (15/15-Regel) und eine gute Eingliederung der Erstkalbinnen erfolgt, wird in diesem Beitrag der Einsatz von speziellen Supplementen betrachtet. Zu den „Klassikern“ gehören pansengeschütztes Protein und Propylenglykol. Neuerdings wird auch Glyzerin als Energiequelle eingesetzt. Pansengeschützte Fette sind hinsichtlich ihrer Wirkung auf Futteraufnahme, Milchleistung und –zusammensetzung differenziert zu betrachten. Der Einsatz von Spurenelementen und Lebendhefen ist nur in Ausnahmefällen eventuell zu empfehlen. Die Effekte einer Supplementation von β -Carotin und Vitamin E sind abhängig von der Zusammensetzung der Gesamtration. Der Einsatz von Biotin und Niacin ist aufgrund möglicher Defizite durch eine geringere Pansensynthese in den ersten Wochen nach der Kalbung denkbar. Generell sollte beim Einsatz von Spezialitäten aus ökonomischer Sicht ihre positive Langzeitwirkung in der Gesamtlaktation betrachtet werden.

Schlüsselwörter: Milchkuh, Laktation, Ketose, Fütterung, Management, Supplementierung

SUMMARY

At the onset of lactation in dairy cows with a genetic predisposition for high milk yield, the nutrient requirements for milk production exceed the cow's nutrient intake by feed intake. Therefore, all activities regarding feeding and management should be focussed on high dry matter intake. Recommended practices include use of feedstuffs with high hygienic quality, meeting high forage intake requirements, utilizing biphasic feeding during the dry period, allowing adaptation to dietary compounds in early lactation, consistent prophylaxis of parturient paresis and assurance of a body condition score of 3.0-3.5 around calving. Presuming the current use of practices such as supply of high quality forage in early lactation, excellent cow comfort, optimal water quality and supply (15/15 rule), and a good integration of primiparous cows, the effects of specific feed supplements are discussed. Well established feed additives are rumen protected protein and propylene glycol. Recently, glycerol has also been used as a glucogenic substance. The use of rumen protected fats should be considered in relation to feed intake, milk yield and milk composition. The use of trace elements and live yeasts is only recommended in exceptional cases. The use of β -carotene and vitamin E is dependent on the basal diet. Feeding biotin and niacin may be useful during early lactation if supply is too low due to insufficient ruminal synthesis. The use of feed supplements should be considered taking into account the economic impact and long-term effects to lactation.

Keywords: Dairy cow, Lactation, Ketosis, Feeding, Management, supplements

1. EINLEITUNG

Der Zeitraum rund um die Kalbung und somit der Übergang von Hochträchtigkeit in die Laktation wird im Allgemeinen als die kritischste Phase für die Gewährleistung von Gesundheit und Milchleistung der Hochleistungskuh angesehen (DRACKLEY, 2004). Eine umfangreiche Bestandsanalyse nordamerikanischer Milchkuhherden ergab, dass innerhalb der ersten 41 Laktationstage bereits 20% aller Kühe, die innerhalb der gesamten Laktation der Herde verlassen, abgehen (DRACKLEY, 2005). Zu Beginn der Laktation übersteigt die Nährstoffabgabe über die Milch die Nährstoffaufnahme über das Futter (BERTICS et al., 1992). Durch eine ansteigende Trockenmasseaufnahme wird diese katabole Stoffwechsellage erst 30 – 60 Tage p. p. behoben. Alle Maßnahmen der Fütterung und des Managements sollten daher auf die Erzielung einer hohen Trockenmasseaufnahme ausgerichtet sein. So kann einer erhöhten Fettmobilisation vorgebeugt, und das damit einhergehende Risiko von Ketose und Leberverfettung verringert werden. Neben der Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Grundfutter und hygienisch einwandfreies Wasser in ausreichenden Mengen als Basis einer hohen Trockenmasseaufnahme können zudem bestimmte Futterzusatzstoffe eingesetzt werden, um das Krankheitsrisiko weiter zu mindern und hohe Milchleistungen bei guter Tiergesundheit zu sichern.

Die in dieser Übersicht behandelten Futterzusätze und Maßnahmen sind bei weitem nicht vollständig und stellen lediglich einen kleinen Abriss über die häufig verwendeten beziehungsweise propagierten „Spezialitäten“ in der Fütterungspraxis von Hochleistungskühen dar.

2. VORAUSSETZUNGEN FÜR SPEZIELLE FUTTERMITTEL IN DER FRÜHLAKTATION

Der Einsatz spezieller Futtermittel zum Laktationsstart sollte nicht dazu dienen, Fehler in der Fütterung und im Management zu beheben, sondern unter sehr guten Rahmenbedingungen noch zusätzliche ökonomische Vorteile zu erreichen. Wichtig ist daher, dass die Kühe nach einer stressarmen Kalbung in optimaler Körperkondition ohne subklinische Milchfieberprobleme und adaptiert an alle wesentlichen Rationsbestandteile die Laktation beginnen. Eine weitere Voraussetzung ist eine hohe Grundfutterqualität und ein professionelles Stall- und Herdenmanagement.

2.1 Silagequalität

In den meisten Milchviehbetrieben nehmen Silagen in der Jahresfutterbilanz den größten Teil des Grundfutters ein. Der Gärverlauf bestimmt neben der Siliertgutqualität und der Siliertechnologie in starkem Maße die Silagequalität. Ein schneller pH-Wertabfall in der ersten Gärphase hemmt die Entwicklung von Enterobakterien und anderer Gärschädlinge. Die Verwendung geeigneter homofermentativer Laktobazillen zur Steuerung des Fermentationsprozesses senkt die Gärverluste und erhöht den Futterwert. Die Schmackhaftigkeit wird verbessert, indem die Bildung von Essig- und Propionsäure, biogenen Aminen und Ammoniak unterdrückt wird. Nach umfangreicher Literaturlauswertung fand EISNER (2007), dass mit dem Anstieg des Essigsäuregehaltes in Grassilagen um 1 g/kg TM die Silagetrockenmasseaufnahme um 129 g je Tag sinkt. Eine beschleunigte pH-Wertabsenkung durch Zusatz homofermentativer Milchsäurebakterien in Kombination mit Melasse führt bei eiweißreichem Grünfutter im Vergleich zu unbehandelten Kontrollen zu einer wirksamen Hemmung der Proteolyse und damit zu deutlich höheren Reinproteingehalten (KOFÄHL, 2008). Den Silageproduzenten stehen heute sichere, praxisbewährte und kostengünstige Systeme zur Steuerung des Gärprozesses bei Gräsern,

Leguminosen, Mais und Feuchtgetreide zur Verfügung (PIEPER et al., 2009). Mit der Erhöhung der Futteraufnahme aus Silagen steigt die Passagerate aus dem Pansen. Der Zellwandabbau wird dadurch reduziert. Dieser Effekt ist bei rohfasearmen, d. h. energiereichen Grobfuttermitteln jedoch wesentlich geringer als bei rohfaserreichen (FLACHOWSKY et al., 2004a). Hochverdauliche, schmackhafte, hygienisch und gärbilogisch einwandfreie Silagen zum Laktationsstart gewährleisten eine

- höhere Energieaufnahme,
- bessere Proteinversorgung,
- höhere Trockenmasseaufnahme der Gesamtration,
- höhere Syntheseraten von mikrobiellem Protein und Vitaminen sowie
- eine erhöhte Zufuhr strukturwirksamer Partikel.

2.2 Stall- und Herdenmanagement

Nach dem Abkalben sollte den Kühen zur Erhöhung der Futteraufnahme und zur Stabilisierung der Tiergesundheit ein überdurchschnittlicher Kuhkomfort zukommen, d. h., viel Platz mit hohem Liege-, Bewegungs-, Licht-, Futter- und Wasserkomfort (STAUFENBIEL et al., 2007). Der Futterkomfort besteht u.a. in einem Tier-Fressplatzverhältnis $\leq 1:1$, kurzen Wegen zum Futtertisch und mehrmaligem Futtervorlegen bzw. -ranschieben zu festgelegten Zeiten. Bei der Wasserversorgung ist neben den von HÄBICH und KAMPHUS (2010) gestellten Qualitätsanforderungen zu beachten, dass Kühe Tränkebecken und Kipptränken bevorzugen. Zwischen derartigen Tränkesystemen gibt es aber konstruktionsbedingt erhebliche hygienische Unterschiede (ZIEMS et al., 2004). Für die ungestörte Wasseraufnahme ist nicht die Länge des Tränkebeckens entscheidend, sondern die Anzahl und der Standort. Für 15 Kühe ist eine Tränkestelle bereitzustellen, wobei der Abstand vom Liegeplatz bis zur Tränke maximal 15 m beträgt. Kleine postpartale Transitgruppen ermöglichen eine gute Tierbeobachtung und haben, da sie als erste gemolken werden, keinen Wartestress vor dem Melken.

3. „SPEZIALITÄTEN“ IN DER FRÜHLAKTATION

3.1 Pansengeschütztes Protein

In der Frühaktation haben Kühe mit hohen Leistungen ein erhebliches Proteindefizit (VERITÉ, 2000). Die Möglichkeit, dieses Defizit über die Organspeicher auszugleichen, ist limitiert (BLUM, 2004). Die noch geringe Futteraufnahme begrenzt die Proteinaufnahme und die Bakterienproteinsynthese. Je kg fermentierbarer organischer Substanz werden im NRC (2001) 186 g Mikrobenprotein kalkuliert. Mit der Trockenmasseaufnahme steigt die Passagerate und gleichzeitig der Anteil an unabgebautem Protein (By-pass-Protein) (HUTJENS, 2002; SÜDEKUM und SHANNAK, 2000). In Rationen für den Laktationsstart wird im Gegensatz zu allen anderen Laktationsperioden nicht auf die realisierte, sondern auf eine erwartete Leistung gefüttert. Deshalb ist es notwendig, zur besseren Bedarfsdeckung den Anteil des nicht abbaubaren Proteins (UDP) am Gesamtprotein im Vergleich zur Hochaktation zu erhöhen. STAUFENBIEL et al. (2007) schlagen als Richtwert für Frischmelker einen UDP-Anteil von 34 – 38% und für die Hochaktation von 25 – 35% vor. Zwischen den Futtermitteln als auch innerhalb der Futtermittel bestehen erhebliche Differenzen im UDP-Gehalt und in der Aminosäurezusammensetzung der Proteine. Zur rationsabhängigen Aminosäurezusammensetzung des Mikrobenproteins und des UDP sowie zur Absorbierbarkeit und Verwertung der einzelnen Aminosäuren bestehen noch

Unsicherheiten und Wissenslücken (FLACHOWSKY et al., 2004b). Im deutschen Proteinbewertungssystem wird deshalb von einer konstanten Aminosäurezusammensetzung des UDP der jeweiligen Futtermittel unabhängig vom Proteinschutz ausgegangen. Für frischlaktierende Kühe mit hohen Leistungen ist die Kalkulation der Aminosäureversorgung auch deshalb erschwert, weil bisher kein ausreichendes Datenmaterial zur Nutzung der einzelnen Aminosäuren für die Gluconeogenese vorliegt. Um den Proteinabbau im Pansen zu reduzieren, gibt es eine Reihe von Maßnahmen zur Futterbehandlung:

- chemisch (Formaldehyd, Xylose)
- physikalisch (thermische, hydrothermische, hydrothermisch unter Druck)
- biologisch (Tannine, etherische Öle).

Auf dem deutschen Markt werden hauptsächlich getoastete Sojabohnen, chemisch oder physikalisch behandelte Soja- und Rapsextraktionsschrote, thermisch behandelte Lupinen, Ackerbohnen und Erbsen sowie hydrothermisch unter Druck behandelte Lupinen angeboten. Die praxisüblichen Mengen an pansengeschützten Proteinfuttermitteln liegen für frischlaktierende Milchkühe bei etwa 2 – 3 kg/Tier/Tag. Die Kosten für den Proteinschutz variieren je nach Behandlungsverfahren zwischen 0,07 und 0,08 €/kg. Die Futterkosten erhöhen sich somit um 0,15 – 0,22 €/Tier/Tag (Tabelle 2). Vor dem Hintergrund möglicher Preiszuschläge für GMO-frei erzeugte Milch, wird zunehmend der Einsatz alternativer Proteinfuttermittel zum Sojaextraktionsschrot untersucht. Erste Ergebnisse zeigen, dass in der Hochlaktation Sojaextraktionsschrot bei isoenergetischer und isonitrogener Rationsgestaltung durch thermisch oder hydrothermisch behandelte Lupinen oder Rapsextraktionsschrot ohne Leistungseinbußen ersetzt werden kann (ENGELHARD et al., 2005; KLUTH et al., 2005; PIEPER et al., 2005). Inwiefern diese Ergebnisse auf die Frühlaktation übertragbar sind ist bisher nicht geklärt. Vor dem Hintergrund jährlicher Exporte von GMO-freiem Rapsextraktionsschrot aus Deutschland und der möglichen Erhöhung der Anbaufläche von Körnerleguminosen von gegenwärtig circa 80.000 ha auf 1.000.000 ha wäre die Absicherung des Proteinbedarfs einer GMO-freien Milchproduktion in Deutschland möglich.

3.2 Propylenglykol und Glycerin

Zu Beginn der Laktation, wenn der Energiebedarf hoch und die Energieaufnahme zu niedrig sind, um den Bedarf zu decken, kann der Einsatz von glukoplastischen Substanzen sinnvoll sein. So kann der Abbau von Fettreserven und somit das Risiko der Leberverfettung verringert werden. Gleichzeitig steht mehr Oxalazetat für den oxidativen Abbau von Acetyl-CoA zur Verfügung, wodurch die Bildung von Ketonkörpern verhindert wird. Oxalazetat ist die eigentliche Schlüsselsubstanz im Stoffwechsel der Milchkuh, die einerseits für die Oxidation von Acetyl-CoA, andererseits für die Glukoneogenese erforderlich ist (Abbildung 1). Spezielle Fütterungsmaßnahmen sollten daher dahingehend ausgerichtet sein, die Bereitstellung von Oxalazetat im Stoffwechsel zu sichern. Die am häufigsten eingesetzten Substanzen sind Propylenglykol und Glycerin. Es muss jedoch hinsichtlich der Applikationsform unterschieden werden zwischen oralem Drench, bei dem hohe Dosen des Substrates innerhalb kurzer Zeit bereitstehen, und der Fütterung mit der totalen Mischration (TMR), woraus sich eine langsame Aufnahme über den gesamten Tag ergibt. Auch hinsichtlich der Fermentation und intermediären Verwertung dieser beiden Substanzen bestehen Unterschiede. Von den glucogenen Zusatzstoffen hat sich am besten Propylenglykol bewährt (DRACKLEY, 2005).

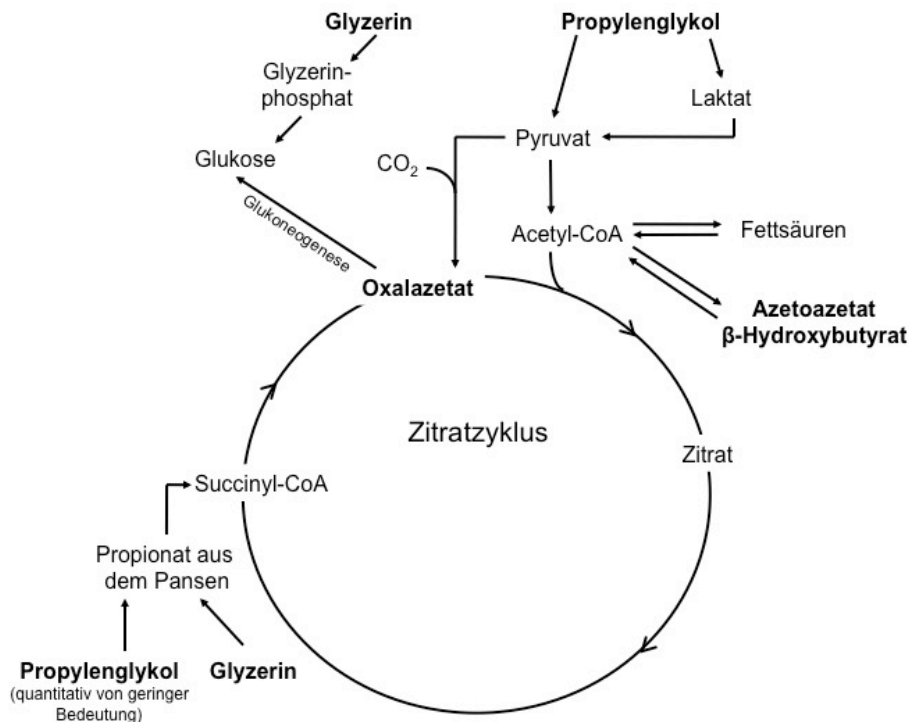


Abbildung 1. Schematische Darstellung der zentralen Rolle von Oxalazetat im Glukosestoffwechsel der Milchkuh, der Interaktion mit der Ketogenese und der Wirkmechanismen von Propylenglykol und Glyzerin (modifiziert nach NIELSEN und INGVARTSEN, 2004).

Figure 1. Schematic illustration of the central role of oxaloacetate in glucose metabolism of dairy cows, interaction with ketogenesis and modes of action of propylene glycol and glycerol (modified from NIELSEN and INGVARTSEN, 2004).

Propylenglykol

Propylenglykol (1,2-Propandiol) ist das gegenwärtig am häufigsten verwendete Futtermittel um das Auftreten der Ketose bei Hochleistungskühen zu vermeiden. Der energetische Futterwert von Propylenglykol wurde von SPIEKERS et al. (2004) mit 9,8 MJ NEL/kg angegeben. In einer umfangreichen Literaturstudie von NIELSEN und INGVARTSEN (2004) wurde die positive Wirkung von Propylenglykol auf den Gehalt an Ketonkörpern und nicht-veresterten freien Fettsäuren im Blut, die Milchleistung sowie Fruchtbarkeitsparameter diskutiert. Propylenglykol kann einerseits im Pansen in Laktat und Propionat umgewandelt werden (CZERKAWSKI and BRECKENRIDGE, 1973). Aufgrund des langsamen Abbaus von Propylenglykol im Pansen spielt dies quantitativ jedoch nur eine untergeordnete Rolle. Propylenglykol wird relativ schnell direkt aus dem Pansen aufgenommen (NIELSEN und INGVARTSEN, 2004). Intermediär wird Propylenglykol in Pyruvat und Laktat umgewandelt (RUDDICK, 1972). Bei oraler Gabe (Drench) wird der Insulinspiegel im Blut relativ schnell deutlich erhöht, wodurch die Fettmobilisation verringert wird. Drenchen wird in der Literatur bisher als Methode der Wahl empfohlen, da die Gabe mit der TMR als ineffektiv angesehen wird (GRUMMER, 2008). Dem stehen zahlreiche Studien gegenüber, die deutlich positive Wirkung von Propylenglykol in der TMR zeigten. Die Gabe von 200g Propylenglykol in der TMR senkte beispielsweise den Azetongehalt in der Milch signifikant (HÜNNINGER und STAUFENBIEL, 1999). Tabelle 1 gibt eine Übersicht über den Einfluss von Propylenglykol auf die tägliche Milchmenge in sieben Milchviehbetrieben über einen Zeitraum von jeweils drei Monaten post partum vor und nach der Gabe von 200-250g je Tier und Tag in der TMR.

Dabei wurde von allen Tieren, getrennt nach Laktationsmonaten, bis zum 90. Laktationstag die mittlere Milchleistung errechnet. Unabhängig von der Bestandsgröße konnte die Milchleistung nach Gabe von Propylenglykol im Mittel um 2,7 Liter je Tier und Tag gesteigert werden. Die Futteraufnahme wurde in diesen Untersuchungen nicht erfasst.

Tabelle 1. Milchleistungen vor und nach dem Einsatz von 200-250 ml Propylenglykol in 7 Milchviehbetrieben (STAUFENBIEL et al., 2002).

Table 1. Milk yields before and after the application of propylene glycol in 7 dairy herds (STAUFENBIEL et al., 2002).

Betrieb	Tiere n	Anzahl der Untersuchungen vor/nach ¹⁾	Ø Milchmenge der Tiere bis 3. Monat p.p. in kg (± Standardabweichung) über je 3 Monate		Differenz in kg
			vor Propylenglykol	nach Propylenglykol	
1	577	9/9	32,6 ± 1,9	35,0 ± 2,1	+ 2,4
2	1147	9/9	29,8 ± 1,1	31,6 ± 1,6	+ 1,8
3	370	9/9	27,2 ± 5,5	30,7 ± 4,2	+ 3,6
4	1336	9/9	30,8 ± 1,5	33,7 ± 1,6	+ 2,9
5	398	9/9	30,4 ± 2,7	31,9 ± 3,0	+ 1,5
6	1054	9/9	24,7 ± 2,2	27,8 ± 1,7	+ 3,1
7	419	9/9	29,2 ± 2,4	32,6 ± 2,9	+ 3,4
gesamt	5301	63/63	29,2 ± 3,6	31,9 ± 3,3	+ 2,7

¹⁾ Anzahl der Milchleistungsprüfungen vor und nach der Umstellung auf Fütterung mit Propylenglykol

Es kann für den Einsatz von Propylenglykol in der Früh-laktation festgehalten werden, dass beide Applikationsformen (Drench oder Einmischung in TMR) geeignet sind, die Glukoseversorgung zu verbessern und das Ausmaß der Fettmobilisation zu verringern. Hinsichtlich des Tierschutzes und des Arbeitsaufwandes sollte der Drench aber eher eine einmalige Maßnahme bei besonders gefährdeten Tieren bleiben. Die Wirkung von Propylenglykol als Bestandteil von TMR hat sich in zahlreichen Hochleistungsherden bestätigt. Für diese Einsatzform wurde zur Applikation eine Reihe technischer Möglichkeiten entwickelt (PIEPER, et al., 2005).

Glyzerin

Glyzerin kann als Substrat für die hepatische Glukoneogenese die Glukoseversorgung der Milchkuh verbessern. Erste Untersuchungen zum Einsatz von Glyzerin wurden bereits in den 50er und 70er Jahren durchgeführt (JOHNSON, 1955; FISHER et al., 1971; 1973). Die zunehmende Verfügbarkeit von Glyzerin aus der Biodieselproduktion führt nun, auch aufgrund des niedrigen Preises, zu einem verstärkten Einsatz bei Hochleistungskühen. In den letzten Jahren sind einige Studien zum Einsatz von Glyzerin bei Milchkühen durchgeführt worden (DE FRAIN et al., 2004; CHUNG et al., 2007; OSBORNE et al., 2008; DONKIN et al., 2009). Hinsichtlich der Milchleistung konnte in diesen Untersuchungen keine signifikante Leistungssteigerung festgestellt werden, jedoch wurden in den Untersuchungen von CHUNG et al. (2008) tendenziell höhere Milchleistungen bei Glyzeringabe im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt. In dieser Untersuchung wurden auch etwas niedrigere Gehalte an Ketonkörpern im Blutplasma im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt. LINKE et al. (2004) stellten höhere Glukose- und Insulingehalte im Blutplasma bei Gabe von 1 kg Glyzerin als Drench fest, während die Gabe der gleichen Menge über die TMR oder das Kraftfutter keinen Effekt zeigte. Im Gegensatz zum Propylenglykol wird Glyzerin im Pansen

relativ schnell abgebaut (CZERKAWSKI und BRECKENRIDGE, 1972; RÉMOND et al., 1993; BERGNER et al., 1995). Als Abbauprodukte entstehen hauptsächlich Propionat und zu geringeren Anteil auch Butyrat (CZERKAWSKI und BRECKENRIDGE, 1972; BERGNER et al., 1995; SCHRÖDER und SÜDEKUM, 1999). Glycerin ist in der Wirkungsweise eher vergleichbar mit leicht fermentierbaren Kohlenhydraten wie Stärke. Der energetische Futterwert von Glycerin wurde von SÜDEKUM und SCHRÖDER (2002) in Verdauungsversuchen mit Hammeln ermittelt und liegt demnach bei 8,3 MJ NEL in stärkereichen und 9,7 MJ NEL in stärkearmen Rationen. Der Orientierungswert des energetischen Futterwertes von Reinglycerin für Milchkühe wird mit 10,5 MJ NEL/kg angegeben (AUTORENKOLLEKTIV, 2009). In Untersuchungen von DONKIN et al. (2009) wurden bis zu 15% Glycerin als Substitut für Maisstärke in der Ration eingesetzt, ohne dass negative Effekte auf Milchleistung und Futteraufnahme festgestellt wurden. Der direkte Vergleich der Wirkung von Propylenglykol und Glycerin in der TMR auf Milchleistung und Stoffwechselfparameter bei Hochleistungskühen wurde von PIEPER et al. (2004) durchgeführt. Dabei konnte gezeigt werden, dass bei Einsatz von Propylenglykol in der 4. Woche *post partum* die Milchleistung und der Laktosegehalt signifikant höher und der Eiweißgehalt und der Gehalt an Ketonkörpern im Blutplasma signifikant niedriger waren als bei Gabe von Glycerin. Nach 7 Wochen wurden keine Unterschiede mehr festgestellt. Im Gegensatz dazu wurden von ENGELHARD et al. (2006) bei Verfütterung von 250 g Propylenglykol oder 310 g Glycerin keine Unterschiede in der Milchleistung festgestellt. Die Tiere der Glyceringruppe mit > 2 Laktationen hatten jedoch signifikant höhere Futteraufnahmen. Höhere Futteraufnahmen (0,5 kg TM/Tier/Tag) wurden auch von ALERT und FRÖHLICH (2008) bei Fütterung von Glycerin gegenüber Propylenglykol festgestellt. In diesen Untersuchungen lag jedoch die Milchleistung der Tiere, die Propylenglykol erhielten, um 1,4 kg/Tier/Tag höher als in der Glyceringruppe. Diese Ergebnisse zeigen, dass die erbrachten Milchleistungen höher sind als die, die bei Zugrundelegung des von SPIEKERS et al. (2004) ermittelten energetischen Futterwertes von Propylenglykol von 9,8 MJ NEL/kg zu erwarten wären. Zu beachten ist beim Einsatz von Glycerin, dass große Unterschiede hinsichtlich der Reinheit bestehen können (SCHRÖDER und SÜDEKUM, 1999). Des Weiteren sollte beachtet werden, dass die Viskosität von Rohglycerin (83,5%) bei Temperaturen unter 5 °C unter die Grenze der Fließ- und Pumpfähigkeit fällt. Eine Verdünnung des Glycerins mit Wasser auf 75% beziehungsweise 70% verschiebt diese Grenze auf -8 °C beziehungsweise -15 °C (PIEPER, B. und KORN, U., unveröffentlicht). Es bleibt festzuhalten, dass Propylenglykol und Glycerin zur Verringerung des Ketose- und Fettleberrisikos im peripartalen Zeitraum geeignet wären, jedoch hinsichtlich des Abbaus im Pansen, der Resorption, der intermediären Verwertung und der Wirkung auf andere Stoffwechselprozesse differenziert betrachtet werden müssen. Während Propylenglykol bei Gabe sowohl als Drench als auch über die TMR positive glucogene Wirkungen hat, sind diese beim Glycerin eher beim Drench zu erwarten. Die Einmischung von Glycerin in die TMR wäre aber eine geeignete Maßnahme, um die zu geringe Futteraufnahme nach der Kalbung zu steigern (ALERT und FRÖHLICH, 2008; Engelhard et al., 2006).

3.3 Pansengeschütztes Fett

Zur Erhöhung der Energiekonzentration in der Ration kann zu Beginn der Laktation Fett supplementiert werden (PALMQUIST und JENKINS, 1980; CHILLIARD et al., 1993; PALMQUIST, 1994). Aufgrund der bekannten negativen Effekte von Fetten auf die Mikroorganismen im Pansen sollten diese in geschützter Form eingesetzt werden. Häufig wird geschütztes Fett in Form von Kalziumseifen eingesetzt. Futterfett wird teilweise direkt in das Milchfett eingebaut und somit ein „Glukosespareffekt“ erreicht (VOIGT et al., 2005;

HAMMON et al., 2007). Glukose, die ansonsten zur Bildung von Milchfett benötigt würde, kann dann für die Synthese von Laktose genutzt werden. So wird üblicherweise eine Erhöhung der Milchmenge bei sinkendem Fettgehalt der Milch beobachtet (HAMMON et al., 2007).

Bei der Verfütterung von Ca-Seifen ist jedoch zu beachten, dass diese zu einer verringerten Futteraufnahmen führen können. Das würde dem Konzept der Maximierung der Futteraufnahme widersprechen. Aus Palmöl fraktionierte Futterfette haben diesen Nachteil nicht. BLUM und WITTMANN (2002) und ENGELHARD und GROENEVOLD (2005) stellten Untersuchungen vor, in denen ein pansenstabiles, über den Schmelzpunkt (>52 °C) fraktioniertes Palmfett eingesetzt wurde. In beiden Studien konnte die Milchleistung deutlich gesteigert werden. Zusätzlich wurde in der Studie von ENGELHARD und GROENEVOLD (2005) Propylenglykol in der TMR eingesetzt und eine additive Wirkung der Fettzulage auf die Milchleistung festgestellt. Eine derartige Kombination mit Propylenglykol ist zudem empfehlenswert, da durch die Fettfütterung allein auch der Gehalt an nicht-veresterten freien Fettsäuren und Ketonkörpern im Blut erhöht wird.

3.4 β -Carotin und Vitamin E

β -Carotin und Vitamin E haben im peripartalen Zeitraum eine große Bedeutung für die Tiergesundheit (SPEARS und WEISS, 2008; LEBLANC, 2004). Von den Carotinoiden ist β -Carotin die wichtigste Vorstufe des Vitamin A. Vom NRC (2001) wurde die Vitamin A-Aktivität für Rinder mit 1 mg β -Carotin = 400 IE Vitamin A definiert. Der Vitamin A-Bedarf für frischlaktierende Kühe wird vom NRC (2001) mit 75.000 IE pro Tag angegeben. Die GfE (2001) empfiehlt unabhängig vom Laktationsstadium für eine Milchleistung von 30 kg/Tag 85.000 IE/d. Neben der Absicherung des Vitamin-A-Bedarfes gibt es Ergebnisse, die auf Vitamin-A-unabhängige Wirkungen des β -Carotins hinweisen. Positive Effekte auf die Fruchtbarkeit und Eutergesundheit konnten in einer Reihe von Versuchen nicht bestätigt werden. Aufgrund der noch ungeklärten Zusammenhänge werden von der GfE (2001) aus Sicherheitsgründen für laktierende und trockenstehende Kühe 300 mg β -Carotin je Tier und Tag bzw. 15 mg/kg TM empfohlen.

Blattreiche Grünfütter enthalten die höchsten β -Carotingehalte (FLACHOWSKY, 1999). Etwa 90 % der Carotine bestehen aus β -Carotin. Die Gehalte nehmen mit fortschreitendem Vegetationsstadium ab (JEROCH et al., 2008). Daneben bestehen zwischen den Grünfütterarten größere Unterschiede. Anhand der verfügbaren Literatur fanden WILLIAMS et al. (1998) im Mittel für Grünfütter 196 mg, Trockengrün 159 mg, Silage 81 mg und Heu 36 mg β -Carotin/kg TM. Bei technisch zu heiß getrocknetem Grünfütter wird das β -Carotin bis zu 90% geschädigt. Die β -Carotingehalte in Silagen verringern sich mit sinkender Gärqualität, mit der Lagerzeit insbesondere bei gärbioologisch schlechten Silagen, in Gegenwart von Nitrit und unter aeroben Bedingungen (KALAC und MCDONALD, 1981). In Maissilagen liegt der Gehalt an β -Carotin im Bereich von 1 – 4 mg/kg TM (WEISS, 1998). Für Maissilagen in der Teigreife geben JEROCH et al. (1993) ein Carotingehalt von 10 mg/kg TM an. Im Kraftfütter ist der β -Carotingehalt mit 0 – 3 mg/kg TM sehr gering. Die Ergänzung der Frischmelkerration mit β -Carotin ist demnach sehr stark von der Art und der Qualität des Grundfütters sowie der Rationszusammensetzung abhängig.

Als Vitamin E wird eine Gruppe von 8 in der Natur vorkommenden Chromanverbindungen bezeichnet, von denen die biologisch wirksamste Form, das α -Tocopherol mit der

allgemeinen Vitamin-E-Bezeichnung gemeint ist (JEROCH et al., 2008). Eine IE Vitamin E entspricht per Definition 1 mg DL- α -Tocopherol (all-rac) (GfE, 2001). Die Versorgungsempfehlungen für laktierende Kühe werden von der GfE (2001) mit 500 mg und vom NRC (2001) mit 545 mg Vitamin E/Tag angegeben. Die Berater der Universität Illinois empfehlen 800 mg Vitamin E/Tier und Tag (HUTJENS, 2002). Im peripartalen Zeitraum können infolge der Immunsuppression, bei Einsatz von geschützten ungesättigten Fetten und/oder bei suboptimaler Selenversorgung zusätzlich Vitamin E-Gaben erforderlich sein (NRC, 2001). Im peripartalen Zeitraum sollte die Plasmakonzentration des Tocopherols mindestens 3 – 3,5 μ g/ml betragen. Die Vitamin E-Gehalte im Grünfutter liegen im Bereich von 120 – 330 mg/kg TM und im Kraftfutter zwischen 15 – 60 mg/kg TM (JEROCH et al., 1993). Die Verlustraten bei der Konservierung und Lagerung ähneln denen des β -Carotins. Je nach Grundfuttersituation kann die tägliche Aufnahme von Vitamin E bei frischlaktierenden Kühen zwischen 150 mg bis 2500 mg variieren. Aus mangelnder Kenntnis der Gehaltswerte von Frischmelkrationen und des tatsächlichen herdenbezogenen Bedarfes ist es sehr schnell möglich, dass eine Herde unökonomisch mit Vitamin E und β -Carotin über- oder unterversorgt wird.

3.5 Biotin und Niacin,

Biotin spielt unter anderem eine Rolle im Energiestoffwechsel und bei der Bildung der Hornsubstanz der Klauen. Gemäß GfE (2001) ist unter normalen Bedingungen eine zusätzliche Supplementation nicht erforderlich, da im Pansen ausreichend Biotin gebildet wird. Ob die Biosynthese im Pansen frischlaktierender Hochleistungskühe tatsächlich ausreicht, ist noch nicht hinreichend geklärt. FERREIRA et al. (2007) ermittelten durch Zugabe von 24 mg Biotin/Tier und Tag bei Hochleistungskühen eine Steigerung der täglichen Milchleistung von 41,8 auf 44,5 kg. Aus Sicherheitsgründen erscheint zunächst eine Biotinergänzung sinnvoll, wenn die Futteraufnahme bzw. die Pansenfermentation gestört sind.

Niacin ist ein Bestandteil der Coenzyme NAD und NADP und hat somit eine wichtige Funktion im Stoffwechsel. Es wird im Pansen ausreichend gebildet. Aus einer Literaturübersicht von NIEHOFF et al. (2009) kann keine generelle Empfehlung für den Niacineinsatz bei Frischmelkern abgeleitet werden. Im Zusammenhang mit der Verabreichung von Propylenglykol sind Niacingaben zum Laktationsstart nicht notwendig.

3.6 Organisch gebundene Spurenelemente und Lebendhefen

Zu den häufigsten angebotenen organisch gebundenen Spurenelementen gehören Kupfer, Zink und Selen. Wenngleich ihre relative Vorzüglichkeit gegenüber mineralischen Salzen vorhanden ist, sind die erzielten positiven Effekte widersprüchlich, so dass hier noch Forschungsbedarf besteht (FLACHOWSKY et al., 2004b). Frühere Untersuchungen an der eigenen Hochleistungsherde mit über 12.000 kg Milch/Tier und Jahr und neuere Herdenchecks in weiteren Hochleistungsbetrieben ergaben keine Notwendigkeit des Einsatzes organisch gebundener Spurenelemente, wenn die Rationen ausbalanciert sind und alle eingesetzten Futtermittel hohen Qualitätsansprüchen genügen.

Unterschiedliche Stämme von Lebendhefekulturen mit Lebendkeimzahlen von $1-2,5 \times 10^{11}$ /g werden von verschiedenen Herstellern am Markt platziert. Die Einsatzmengen variieren zwischen 1 – 8 g/Kuh und Tag. Die vorliegenden Resultate zur Fütterung von Hefekulturen sind indifferent. Für Frischmelker liegen keine ausreichenden Ergebnisse vor, die den Einsatz rechtfertigen.

4. ÖKONOMISCHE BETRACHTUNG

Die Notwendigkeit des Einsatzes von sogenannten Spezialitäten zum Laktationsbeginn ist von den eingesetzten Futtermitteln, dem Leistungs- und Gesundheitsstatus der Herde und der betriebswirtschaftlichen Zielstellung (Vision) des Milchproduzenten abhängig. Hohe Kosten verursachen pansengeschützte Proteinträger, Propylenglykol und pansengeschütztes Fett (Tab. 2). Die positiven Effekte dieser Zusätze wurden bei Herdenleistungen von 10.000 – 12.000 kg Milch/Kuh und Jahr, d. h. unter guten bis sehr guten Bedingungen nachgewiesen.

Die Wirkungen von geschützten Proteinträgern, Propylenglykol und pansengeschütztem Fett sind additiv. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis abzüglich der Futterkosten für die mehr produzierte Milch ist mit 1:2,5 relativ eng. Betrachtet man die Wirkung auf die Tiergesundheit, die Trockenmasseaufnahme und die Milchleistung über die gesamte Laktation, erweitert sich das Kosten-Nutzen-Verhältnis auf 1:5 bis 1:7. Mit Anstieg der Milchleistung in der Laktationsspitze um 1 kg/Tag erhöht sich die Leistung in der Gesamtlaktation um 200 – 300 kg. In Abhängigkeit von Einsatzzeit und Einsatzmenge ist es möglich, mit pansengeschützten Proteinträgern, Propylenglykol und pansengeschütztem Fett die Jahresleistung um 1000 bis 2000 kg/Kuh zu steigern.

Tabelle 2. Übersicht zum Einsatz ausgewählter Spezialitäten zum Laktationsstart
Table 2. Overview about selected specialties during early lactation

Spezialität	Einsatzzeit (p. p. in Tagen)	Einsatz- menge (g/d)	Wirkung		zusätzliche Kosten (€/Kuh und Tag)
			Milchmenge (kg/d)	Tier- gesundheit	
pansengeschützte proteinreiche Futtermittel	0 - 90 - 120	2000 - 3000	+2	+ ³⁾	0,15 – 0,22 ¹⁾
Propylenglykol	0 - 30 - 90	150 – 200	+2	++	0,15 ²⁾
Glycerin	0 - 30 - 150	250	(+1)	(+) ⁴⁾	0,05 ²⁾
pansengeschütztes Fett ⁵⁾	0 - 60 - 120	350 - 400	+2	+	0,20 ²⁾
β-Carotin	0 - 30 - 60	0,2	(+0,5)	+(+)	0,11
Biotin	0- 30 - 90	0,015	(+0,5)	+	0,03
Niacin	0- 30 - 60	10		+	0,11
Vitamin E	0 - 31 - 60	1		+	0,04
organische Spurenelemente Cu, Zn, Se	0 - 60 - 120	-	-	(+)	0,05
Hefen (lebend)	0 - 60 - 150	5			0,08

¹⁾ Zusätzliche Behandlungskosten für den Proteinschutz in Höhe von 0,07 – 0,08 €/kg Futtermittel

²⁾ Kosten für das Produkt abzüglich der Kosten für den energetischen Futterwert in Höhe von 0,02 €/MJ NEL.

³⁾ + Wirkung positiv

⁴⁾ () Die Wirkung ist abhängig von den eingesetzten Futtermitteln und der Trockenmasseaufnahme

⁵⁾ fraktioniertes Palmfett

Glyzerin wird in vielen Milchbetrieben verfüttert. Einerseits sind energiebezogen die gegenwärtigen Preisunterschiede zu Melasse sehr gering, zum anderen wird die Trockenmasseaufnahme bei minderer Grobfutterqualität oder bei Wechsel des Grundfutters, insbesondere von Silagepartien, verbessert. Der Zusatz von β -Carotin und Vitamin E ist in hohem Maße vom Gehalt in den Grundfuttermitteln abhängig. Der hohe Bedarf zu Beginn der Laktation muss auf jeden Fall gedeckt werden.

Positive ökonomische Effekte der Supplementation von Biotin, Niacin, organisch gebundenen Spurenelementen und Lebendhefen sind bei ausgewogener Rationsgestaltung bisher nicht erwiesen.

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Spezialitäten sollten primär nicht eingesetzt werden, Fehler in der Fütterung und im Management zu beheben, sondern unter sehr guten Bedingungen messbare ökonomische Vorteile erbringen. Alle Maßnahmen in der Früh-laktation sollten darauf ausgerichtet sein, eine hohe Milchleistung zu erreichen, um einen physiologischen Sog für eine hohe Futteraufnahme zu erzeugen. Zum anderen sind Kuhkomfort, Futterdarbietung und die Rationen so zu gestalten, dass eine hohe Futteraufnahme gewährleistet wird. Die Nutzung der Wechselbeziehung zwischen Trockenmasseaufnahme und Leistung führt zur höheren Passagerate im Pansen. Mit steigender Passagerate erhöht sich der Anteil an Durchflussprotein und unabgebauter Stärke am Duodenum. Eine hohe Trockenmasseaufnahme mit hohem Grobfutteranteil bedeutet eine Stabilisierung des ruminalen Milieus. Eine hohe Trockenmasseaufnahme ist der „Selbsthilfemechanismus“ der Hochleistungskuh. Es gilt diesen zum Laktationsstart schnellstmöglich in Gang zu setzen. Der Einsatz von pansengeschütztem Protein, Propylenglykol und pansengeschütztem Fett zum Laktationsbeginn sind bzgl. ihrer metabolischen Wirkungen sinnvoll und ökonomisch aus Sicht der Tiergesundheit und aufgrund der Effekte auf die Milchleistung über die gesamte Laktation gerechtfertigt. Der Bedarf an Vitaminen und β -Carotin ist bei der Rationsgestaltung abzusichern.

Zur Ergänzung der Frischmelkrationen mit Biotin, Niacin, organisch gebundenen Spurenelemente und Lebendhefen können noch keine generellen Empfehlungen gegeben werden. Da die Verabreichung aller Spezialitäten zum Laktationsstart in engem Zusammenhang zur Grundfutterqualität, zur verfütterten Gesamtration, zum Kuhkomfort und zum Management steht, haben diese Faktoren für die Ökonomie der Milchproduktion Priorität.

6. SCHRIFTTUM

ALERT, H.-J., FRÖHLICH, B. (2008): Propylenglykol bzw. Glyzerin als TMR-Bestandteil oder Futterabruflkomponente bei Milchkühen. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Fulda. Verband der Landwirtschaftskammern, 62-63.

AUTORENKOLLEKTIV (2009): Einsatz von Glyzerin in der Fütterung, DLG Arbeitskreis Futter und Fütterung, UFOP Praxisinformation.

BERGNER, H., KIJORA, C., CERESNAKOVA, Z., SZAKACS, J. (1995): In vitro Untersuchungen zum Glycerinumsatz durch Pansenmikroorganismen. Arch. Anim. Nutr. 48, 245-256

BERTICS, S.J., GRUMMER, R.R., CADORNIGA-VALINO, C., STODDARD, E.E. (1992): Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. J. Dairy Sci. 75, 1914-1922.

BLUM, R., WITTMANN, M. (2002): Einfluss des pansengeschützten Fettes „Bergafat T-300“ auf Milchleistung und Stoffwechselformparameter: Ergebnisse eines umfangreichen

- Milchviehfütterungsversuches. In: Tagungsbericht 6. Symposium: Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen (B. PIEPER/S. POPPE Hrsg.), 52-60.
- BLUM, J.W. (2004): Stoffwechsellleistungen der Milchdrüse des Rindes. Übers. Tierernährg. 32, 182-201.
- CHILLIARD, Y. (1993): Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A review. *J. Dairy Sci.* 76, 3897-3931.
- CHUNG, Y.-H., RICO, D.E., MARTINEZ, C.M., CASSIDY, T.W., NOIROT, V., AMES, A., VARGA, G.A. (2007): Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *J. Dairy Sci.* 90, 5682-5691.
- CZERKAWSKI, J.W., BRECKENRIDGE, G. (1972): Fermentation of various glycolytic intermediates and other compounds by rumen micro-organisms, with particular reference to methane production. *Br. J. Nutr.* 27, 131-146.
- DRACKLEY, J.K. (2004): Fütterung und Management der Milchkuh im peripartalen Zeitraum. Übers. Tierernährg. 32, 1-21
- DRACKLEY, J.K. (2005): Fütterung und Management der Milchkuh im peripartalen Zeitraum, In: Tagungsbericht 9. Symposium: Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen (B. PIEPER/S. POPPE/A. SCHRÖDER/U. KORN Hrsg.), 9-45, ISBN 978-3-00-019811-3
- DE FRAIN, J.M., HIPPEN, AR., KALSCHUR, K.F., JARDON, P.W. (2004): Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance, *J. Dairy Sci.* 87, 4197-4206
- DONKIN, S.S., KOSER, S.L., WHITE, H.M., DOANE, P.H., CECAVA, M.J. (2009): Feeding value of glycerol as a replacement for corn in rations fed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92, 5111-5119.
- EISNER, I. (2007): Statistische Analyse der Beziehungen zwischen Fermentationscharakteristika von Silagen und der Futteraufnahme sowie Milchleistung und Milchzusammensetzung von Kühen, Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- ENGELHARD, T., HELM, L., HARBORDT, M., KLUTH, H. (2005): Zum Einsatz hydrothermisch behandelter Lupinen und Extraktionsschrote in der Fütterung der Hochleistungskuh. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Fulda. Verband der Landwirtschaftskammern.
- ENGELHARD, T., MEYER, A., STAUFENBIEL, R., KANITZ, W. (2006): Vergleich des Einsatzes von Propylenglykol und Glycerin in Rationen für Hochleistungskühe. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Fulda. Verband der Landwirtschaftskammern, 26-29.
- ENGELHARD, T. und GROENEVOLD, J. (2005): Pansenstabiles Pflanzenfett in Rationen für Hochleistungskühe. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Fulda. Verband der Landwirtschaftskammern, 75-78.
- FERREIRA, G., WEISS, W.P., WILLETT, L.B. (2007): Changes in measures of biotin status do not reflect milk yield responses when dairy cows are fed supplemental biotin. *J. Dairy Sci.* 90, 1452-1459
- FISHER, L.J., ERFLE, J.D., LODGE, G.A., SAUER, F.D. (1973): Effects of propylene glycol or glycerol supplementation of the diet of dairy cows on feed intake, milk yield and composition and incidence of ketosis. *Can. J. Anim. Sci.*, 53, 289-296.
- FISHER, L.J., ERFLE, J.D., SAUER, F.D. (1971): Preliminary evaluation of the addition of glucogenic materials to the rations of lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.* 51, 721-727.

- FLACHOWSKY, G. (1999). Zur Vitaminversorgung von Milchkühen. Übers. Tierernährg., 27, 29-64.
- FLACHOWSKY, G., MEYER, U. und P. LEBZIEN. (2004a). Zur Fütterung von Hochleistungskühen. Übers. Tierernährg., 32, 103-147.
- FLACHOWSKY, G., MEYER, U. und P. LEBZIEN. (2004b). Zur Fütterung von Hochleistungskühen. Übers. Tierernährg., 32, 23-56.
- GfE (2001): Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder, DLG Verlag, Frankfurt/Main.
- GRUMMER, R.R. (2008): Nutritional and management strategies for the prevention of fatty liver in dairy cattle. *Vet. J.* 176, 10-20.
- HÄBICH und KAMPHUS, J. (2010): Übers. Tierernährg. diese Ausgabe
- HAMMON, H.M., METGES, C.C., JUNGHANS, P., BECKER, F., BELLMANN, O., SCHNEIDER, F., NÜRNBERG, G., DEBREUIL, P., LAPIERRE, H. (2007): Metabolic changes and net portal flux in dairy cows fed a ration containing rumen-protected fat as compared to a control diet. *J. Dairy Sci.* 91, 208-217.
- HÜNNINGER, F., STAUFENBIEL, R. (1999): Einsatz von Propylenglykol in der Milchviehfütterung. *Prakt. Tierarzt.* 80, 694-697.
- HUTJENS, M.F. (2002): Aktuelle Aspekte der Milchviehfütterung in den USA unter besonderer Berücksichtigung der neuen amerikanischen Fütterungsnormen, In: Tagungsbericht 6. Symposium: Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen (B. PIEPER/S. POPPE Hrsg.), 9-33.
- JOHNSON, R.B. (1955): The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *Cornell Vet.* 44, 6-21.
- JEROCH, H., FLACHOWSKY, G., WEISSBACH, F. (1993): Futtermittelkunde; Gustav Fischer Verlag Jena-Stuttgart, ISBN 3-334-00384-1
- JEROCH, H., DROCHNER, W., SIMON, O. (2008): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere; 2. Auflage; Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, ISBN 978-3-8252-8180-9
- KALAC, P., MCDONALD, P. (1981): A review of the changes in carotenes during ensiling of forages, *J. Sci. Food Agric.* 32, 767-772
- KLUTH, H., RODEHUTSCORD, M., ENGELHARD, T. (2005): Zum Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch Rapsextraktionsschrot in der Fütterung der Hochleistungskuh. *Züchtungskunde.* 77, 58-70.
- KOFAHL, A. (2008): Methodische Untersuchungen zur Beurteilung der proteolytischen Aktivität, der Proteolyse und der Desmolyse bei der Silierung eiweißreicher Grünfütterleguminosen, Dissertation Universität Rostock, urn:nbn:de:gbv:28-diss2009-0063-6.
- LEBLANC, S.J., HERDT, T.H., SEYMOUR, W.M., DUFFIELD, T.F., LESLIE, K.E. (2004): Peripartum serum Vitamin E, Retinol, and Beta-Carotene in dairy cattle and their associations with disease. *J. Dairy Sci.* 87, 609-619.
- LINKE, P.L., DE FRAIN, J.M., HIPPEN, A.R., JARDON, P.W. (2004): Ruminant and plasma responses in dairy cows to drenching or feeding glycerol. *J. Dairy Sci.* 87(Suppl.), 343. (Abstr.)
- NIEHOFF, I.-A., HÜTHER, L., LEBZIEN, P. (2009) Niacin for dairy cattle: a review. *Br. J. Nutr.*, 101, 5-19.
- NIELSEN, N.I. and INGVARTSEN, K.L. (2004): Propylene glycol for dairy cows, A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis, *Anim. Feed Sci. Technol.* 115, 191-213

- NRC (2001): National Research Council, Nutrient requirements of dairy cattle, 7th Edition. National Academy Press, Washington D.C.
- OGBORN, L., PARATTE, R., SMITH, K.L., JORDON, P.W., OVERTON, T.R. (2004): Effects of delivery of glycerol on performance of dairy cows during transition period, J. Dairy Sci. 87(Suppl.), 440. (Abstr.)
- OSBORNE, V.R., ODONGO, N.E., CANT, J.P., SWANSON, K.C., MCBRIDE, B.W. (2008): Effects of supplementing glycerol and soybean oil in drinking water on feed and water intake, energy balance, and production performance of periparturient dairy cows. J. Dairy Sci. 92, 698-707.
- PALMQUIST, D.L. (1994): The role of dietary fats in efficiency of ruminants. J. Nutr. 124, 1377S-1382S.
- PALMQUIST, D.L., JENKINS, T.C. (1980): Fat in lactation rations: Review. J. Dairy Sci. 63, 1-14.
- PIEPER, R., PIEPER, B., SCHRÖDER, A., FUCHS, E., RIESTOCK, H., BESCHOREN, W., STAUFENBIEL, R. (2004): Einfluss von Propylenglykol und Glycerin auf Milchleistung und Stoffwechselformparameter von Kühen mit hohen Leistungen. In: Tagungsbericht 8. Symposium: Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen (B. PIEPER/S. POPPE/A. SCHRÖDER Hrsg.), 111-120, ISBN 3-00-015977-0.
- PIEPER, R., STAUFENBIEL, R., GABEL, M., POPPE, S., SCHRÖDER, A., PIEPER, B. (2005): Propylenglykol – Ketoseprophylaxe bei Kühen mit hohen Milchleistungen, Neuruppin, ISBN 3-00-017255-6
- PIEPER, R., GABEL, M., OTT, E.M., PIEPER, B. (2005): Performance of lactating dairy cows fed raw or expanded lupin seeds. In: VAN SANTEN E., HILL, G.D. (Eds.) México, where old and new world lupins meet. Proceedings of the 11th International Lupin Conference, 4.-9. May Guadalajara Jalisco, Mexico. 195-197.
- PIEPER, B., PIEPER, R., KORN, U. (2009): A complete system for the production of high quality silages under various conditions. In: Proc. 15. Int. Silage Conf., Madison, WI, USA. 299-300. (Abstr.)
- RÉMOND, B., SOUDAY, E., JOUNAY, J.P. (1993): *In vitro* and *in vivo* fermentation of glycerol by rumen microbes. Anim. Feed Sci. Technol. 41, 121-132.
- RUDDICK, R.B. (1972): Toxicology, metabolism, and biochemistry of 1,2-Propanediol. Toxicol. Appl. Pharmacol. 21, 102-111.
- SCHRÖDER, A., SÜDEKUM, K.-H. (1999): Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In: New Horizons for an old Crop. Proc. 10th Int. Rapeseed Congr., Canberra, Australia.
- SPEARS, J.W., WEISS, P.W. (2008): Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. Vet. J. 176, 70-76.
- SPIEKERS, H., MENKE, A., GRÜNEWALD, K.-H. (2004): Untersuchungen zur energetischen Bewertung von Mischfutter mit Propylenglykol. 116. VDLUFA-Schriftenreihe, 60, 353-358.
- STAUFENBIEL, R., HÜNNINGER, F., PIEPER, B., POPPE, S., SCHRÖDER, A. (2002): Propylenglykol – Informationsblatt zum Einsatz in der Milchviehfütterung, 2. Auflage.
- STAUFENBIEL, R., GELFERT, C.-C., HOF, K., WESTPHAL, A., DAETZ, C. (2007): Einfluss verschiedener Varianten der Trockensteher- und Transitkuhfütterung auf die Tiergesundheit und die Leistung. In: Tagungsbericht 10. Symposium: Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen (B. PIEPER/S. POPPE/U. KORN/D. SPAAR Hrsg.), 11-76, ISBN 978-3-9813409-0-7.

- SÜDEKUM, K.H., SCHRÖDER, A. (2002): Effekte von Glycerin unterschiedlicher Reinheit auf die Energiegehalte von Glycerin und die Nährstoffverdaulichkeiten gemischter Rationen für Wiederkäuer. UFOP-Schriften. 17, 37-50.
- SÜDEKUM, K.-H., SHANNAK, S. (2000): Neue Erkenntnisse zur Bestimmung der Futterqualität. In: Tagungsbericht 4. Symposium: Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen (B. PIEPER/S. POPPE Hrsg.), 49-55.
- VERITÉ, R. (2000): Die Ernährung der Hochleistungskuh auf der Basis von Maissilage und Körnermais. In: Tagungsbericht 4. Symposium: Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen (B. PIEPER/S. POPPE Hrsg.), 32-48.
- VOIGT, J., GAAFAR, K., KANITZ, W., PRECHT, D., BECKER, F., SCHNEIDER, F., SPITSCHAK, M., SCHÖNHUSEN, U., JUNGHANS, P., ASCHENBACH, J.R., GÄBEL, G. (2005): Utilization of glucose and long-chain fatty acids in lactating dairy cows fed a fat-enriched diets. Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 112, 423-425.
- WEISS, W:P: (1998): Requirements of fat soluble vitamins for dairy cows: a review. J. Dairy Sci. 81, 2493-2501.
- WILLIAMS, P.E.V., BALLETT, N.; ROBERT, J.C. (1998): A review of the provision of vitamins for ruminants. In: Proceedings of the Proconference symposium of the Cornell nutrition conference 1998. Provision of vitamins and amino acids for ruminants, Rhône Poulenc Animal Nutrition, Antony, France, 7-37.
- ZIEMS, A., KORN, U., PIEPER, B. (2004): Mikrobiologie des Wassers in verschiedenen Kipptränken. In: Tagungsbericht 8. Symposium: Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen (B. PIEPER/S. POPPE/A. SCHRÖDER Hrsg.), 91-99, ISBN 3-00-015977-0.