

# **Einfluss von Propylenglykol und Glycerin auf Milchleistung und Stoffwechselfparameter von Kühen mit hohen Leistungen**

*Robert Pieper;  
Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie der Universität Rostock,  
Dr. Angela Schröder; Dr. Pieper TuP GmbH, Kiel/Wuthenow,  
Eckehard Fuchs, Hellmuth Riestock; Rhinmilch GmbH, Fehrbellin,  
Werner Beschoren; Spezialfutter Neuruppin,  
Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel;  
Klinik für Klautiere, Freie Universität Berlin,*

## **Zusammenfassung**

Fünfzig Holsteinkühe (19 Erstkalbs-, 31 Mehrkalbskühe) wurden nach der Abkalbung in zwei Gruppen zu je 25 Tieren eingeteilt, um den Effekt der Fütterung von 200 g/Tier und Tag Glycerin (**GLY**) oder 200 g/Tier und Tag Propylenglykol (**PG**) auf Milchleistung, Inhaltsstoffe, Stoffwechselfparameter im Blutserum und das Ketoserisiko von der Kalbung bis zum 52. Laktationstag zu untersuchen. Die Rationen waren in Energie- und Rohproteingehalt gleich (7,3 MJ NEL und 16,4 % XP) und setzten sich aus 39,8 % Maissilage, 27,7 % Grassilage und 32,5 % Krafftutter (Trockensubstanzbasis) zusammen. Die Ration wurde als totale Mischration vorgelegt. Die Milchmenge wurde täglich und die Inhaltsstoffe und Blutparameter nach 4 und 7 Wochen erfasst. Kühe, die die PG-Ration erhielten, hatten nach 4 Wochen signifikant ( $p < 0,05$ ) höhere Milchleistungen (40,3 vs. 36,9 kg), höhere Laktosegehalte (5,01 vs. 4,91 %), höhere Harnstoffgehalte (115 vs. 101 mg/l) und niedrigere Eiweißgehalte (2,90 vs. 3,06 %) sowie tendenziell höhere Milchleistungen (41,2 vs. 40,4 kg) und höhere Laktosegehalte (4,94 vs. 4,86 %) nach 7 Wochen als die Kühe, die die GLY-Ration erhielten. Die Kühe, die die GLY-Ration erhielten, hatten nach 4 Wochen signifikant ( $p < 0,05$ ) höhere Gehalte an Beta-Hydroxybutyrat (**BHB**) (838,0 vs. 568,0  $\mu\text{mol/l}$ ) und niedrigere Cholesteringehalte (4,2 vs. 4,8 mmol/l). Nach 7 Wochen hatten die Kühe, die die GLY-Ration erhielten, tendenziell höhere Gehalte an BHB (746,7 vs. 628,5  $\mu\text{mol/l}$ ) und niedrigere Gehalte an Cholesterin (5,2 vs. 5,9 mmol/l). Das Ketoserisiko im gesamten Versuchszeitraum, beurteilt anhand erhöhter Ketonkörpergehalte im Blutplasma ( $>900 \mu\text{mol/l}$ ), war bei Kühen, die die GLY-Ration erhielten zehnmal höher als für Kühe, die die PG-Ration erhielten (40,0 vs. 4,0 %). Die Ergebnisse zeigen, dass bei gleicher Aufwandmenge Glycerin im Vergleich zu Propylenglykol ungeeignet ist, die Ketose von Milchkühen effektiv zu verhindern und zu Leistungseinbußen zu Beginn der Laktation führt.

## Summary

Fifty dairy cows (nineteen primiparous, thirty-one multiparous) were blocked after calving in two groups of 25 cows to examine the effect of feeding 200 g/cows per day glycerol (GLY) or 200 g/cow per day propylene glycol (PG) on milk yield, composition, plasma metabolites and risk of ketosis from calving until 52 days in milk (DIM). The diets were isocaloric and isonitrogenous (7,3 MJ NEL and 16,4 % CP) and contained 39,8 % corn silage, 27,7 % grass silage and 32,5 % concentrate on a dry matter basis. The diets were offered as total mixed rations (TMR). Milk yield was detected daily and milk composition was detected and blood samples were collected after 4 and 7 weeks. Cows fed the PG-diet had significant ( $p < 0,05$ ) higher milk yields (40,3 vs. 36,9 kg), higher contents of lactose (4,94 vs. 4,86 %), urea (115 vs. 101 mg/l) and lower contents of protein after 4 weeks and tended to have higher milk yields (41,2 vs. 40,4 kg) and higher lactose contents (4,94 vs. 4,86 %) after 7 weeks than cows fed the GLY-diet. Feeding the GLY-diet led to significant ( $p < 0,05$ ) higher concentrations of beta-hydroxybutyrate (BHB) (838,0 vs. 568,0  $\mu\text{mol/l}$ ) and lower concentrations of cholesterol (4,2 vs. 4,8 mmol/l) in plasma after 4 weeks. After 7 weeks there was a tendency towards higher concentration of BHB (746,7 vs. 628,5  $\mu\text{mol/l}$ ) and lower concentrations of cholesterol (5,2 vs. 5,9 mmol/l) for cows fed the GLY-diet compared to the PG-diet. The risk of ketosis over the whole experimental time by concentration of ketone bodies in blood plasma ( $>900 \mu\text{mol/l}$ ) was ten times higher (40,0 vs. 4,0 %) for cows fed the GLY-diet than for cows fed the PG-diet. This indicates that – with same application rates – glycerol is unsuitable to prevent bovine ketosis compared to propylene glycol effectively and leads to losses in milk yield in early lactating dairy cows.

## Резюме

### Влияние пропиленгликоля и глицерина на удой и параметры обмена веществ высокоудойных коров .

50 коров голштинской породы ( 19 первой отъелы , 31 многоотъельная корова ) были после отела включены в две группы по 25 головам для изучения эффекта скармливания 200 г глицерина (GLY) / голову и день или 200 г пропиленгликоля (PG) / голову и день на удой , содержательные вещества , параметры обмена веществ в сыворотке крови и риска кетоза от отела до 52-го дня лактации . Рационы были одинаковыми по содержанию энергии и сырого протеина ( 7,3 МДЖ НЭЛ и 16,4 % ХР ) и состояли из кукурузного силоса ( 39,8 % ) , силоса из злаковых ( 27,7 % ) и концентрированного корма ( 32,5 % ) на основании сухой массы . Компоненты были предложены в totalmente смешанных рационах . Количество молока определялось ежедневно , содержательные вещества установились через 28 и 49 дней . Пробы крови были взяты в 30-й и 50-й день эксперимента .

Коровы , которые получили рацион с добавкой пропиленгликоля , имели через 28 дней достоверно (  $p < 0,05$  ) более высокий удой ( 40,3 и 38,9 кг ) , содержания лактозы ( 5,01 и 4,91 % ) , содержания мочевины ( 115 и 101 мг / л ) и более низкие содержания белка ( 2,90 и 3,06 % ) и в тенденции через 49 дней более высокий удой ( 41,2 и 40,4 кг ) , более высокие содержания лактозы ( 4,94 и 4,86 % ) , чем коровы , которые получили рационы с добавкой глицерина .

рационы с добавкой глицерина .

Коровы , которые получили рацион с добавкой глицерина имели через 30 дней досто – верно (  $p < 0,05$  ) более высокие содержания бета-гидроксибутирата ( ВОНВ) ( 838,0 и 568,0 мол / л ) и более низкие содержания холестерина ( 4,2 и 4,8 ммол / л ). Через 50 дней эти коровы имели в тенденции более высокие содержания бета-гидроксибутирата ( 746,7 и 628,5 мол / л ) и более низкие содержания холестерина ( 5,2 и 5,9 ммол / л ) . Риск кетоза в течение проведения опыта , оценен по повышенным содержаниям кето – новых веществ в кровяной плазме (  $> 900$  мол / л ) , был у коров , получившие рационы с глицерином , на 10 раз выше , чем у коров , получившие рационы с пропиленглико – лом ( 40,0 и 4,0 % ) . В тенденции более высокие содержания глутамат-дегидрогеназы ( GLDH) ( 51,6 и 39,1 Е / л и 84,7 и 53,0 Е / л ) через 30 и 50 дней указывают на более высокую нагрузку печени тех животных , которые получили рационы с глицерином . Результаты показывают , что при одинаковой норме расхода как пропиленглико глицерин непригоден для эффективного предупреждения кетоза . В начале лактации он вызывает депрессии продуктивности коров .

## Einleitung

Die Ketose der Hochleistungskuh ist eine krankhafte Anhäufung von Ketonkörpern infolge Energiemangels und tritt vor allem zu Beginn der Laktation auf. Die Ketonkörper werden über den Harn, die Milch und die Atemluft ausgeschieden. Neben der klinisch manifesten Ketose spielt die subklinische Ketose eine wichtige Rolle, da sie bei bis zu 30 % der Kühe zu Beginn der Laktation auftreten kann (GASTEINER, 2000). Sie führt bereits zur Verringerung der Futteraufnahme, der Milchleistung um bis zu 4 kg/ Tag und der Fruchtbarkeit (STAUFENBIEL, 1999; GEISHAUSER, 2000). Um ein Auftreten der subklinische Ketose zu verhindern, werden in der Praxis prophylaktisch glukoplastische Substanzen eingesetzt. In diesem Zusammenhang wird diskutiert, ob neben Propylenglykol auch Glycerin mit gleichen Aufwandmengen eingesetzt werden kann.

In Abb. 1 ist die Wirkung von Glycerin und Propylenglykol im intermediären Energiestoffwechsel und die Interaktion mit der Ketogenese schematisch dargestellt.

Glycerin wird über das Zwischenprodukt Glycerinphosphat einerseits in Glukose und andererseits in Pyruvat (Brenztraubensäure) umgewandelt. Auch Propylenglykol wird in Pyruvat umgewandelt. Hier spielt möglicherweise der Weg über Laktat (Milchsäure) eine wichtige Rolle. Aus Pyruvat wird unter Einfluss des Enzyms Pyruvat – Carboxylase Oxalazetat (Oxalessigsäure) gebildet. Diese Substanz ist rot hervorgehoben, weil sie im Energiestoffwechsel der Milchkuh die zentrale Substanz ist. Sie wird zum einen genutzt zur Glukoneogenese (Glukoseneubildung) und wird andererseits benötigt, um Azetyl – CoA (aktivierte Essigsäure) aus dem Körperfettabbau zur Energiegewinnung in den Zitratzyklus aufzunehmen. Es besteht somit eine Konkurrenz um die zentrale Substanz Oxalazetat. Ist nicht genügend Oxalazetat vorhanden, kann weniger Glukose gebildet werden. Gleichzeitig kann die aktivierte Essigsäure nicht im Zitratzyklus verstoffwechselt werden. Infolgedessen kommt es zur Anreicherung von Ketonkörpern (Azeton, Azetazetat,  $\beta$ -Hydroxybutyrat) und zur Ausbildung der Ketose. Dieser Effekt wird noch verstärkt, denn ein niedriger Glukosespiegel und Zitratkonzentration bewirken den verstärkten Abbau von Körperfett. Auch Propionat, das im Pansen aus Glycerin und Pro-

propylenglykol entstehen kann, kann über Succinyl-CoA in den Zitratzyklus aufgenommen für die Energiebereitstellung genutzt werden. Dies ist jedoch aufgrund komplexer Umsetzungsprozesse im Pansen schwer quantifizierbar und soll nur aufgrund der Vollständigkeit genannt werden. Somit sind sowohl Glycerin als auch Propylenglykol theoretisch geeignet die Ketose der Milchkuh zu verhindern.

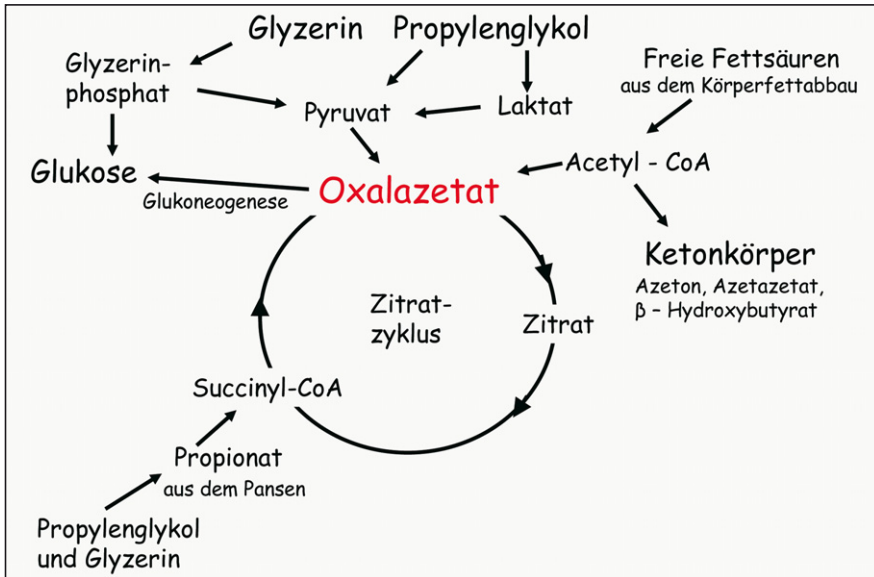


Abb. 1  
Metabolismus von Propylenglykol und die Interaktion mit der Ketogenese (modifiziert nach LÖFFLER und PETRIDES, 1998 und NIELSEN und INGVARSTEN, 2004)

Die Angaben aus der Literatur zum Einsatz von Glycerin zur Ketoseprophylaxe bei Milchkuhen relativieren jedoch diese Aussage. Nielsen und Ingvarsten (2004) stellten kürzlich in einer sehr umfangreiche Übersichtsarbeit heraus, dass Propylenglykol bereits bei Einsatzmengen von 200 g/Tag sehr gute antiketotische Eigenschaften (insbesondere Verringerung der Ketonkörperkonzentration in Blut und Milch) besitzt. Von STAUFENBIEL (1999, 2001) und ENGELHARD (2001) ist bekannt, dass bereits beim Einsatz von 250 g Propylenglykol/Tag Milchleistungssteigerungen zu erwarten sind. Der Effekt des Glycerins als Substanz mit antiketotischer Wirkung dagegen, wurde bereits von FISHER et al. (1973) angezweifelt. RÉMOND et al. (1991) kamen zu dem Schluss, dass Glycerin die Ketose nicht effektiv verhindern kann, wenn es mit 160 bis 610 g/Tier und Tag eingesetzt wird. OGBORN et al. (2004) fanden beim Glycerineinsatz von 3,8 % in der TM oder als Drench von 500 ml/Tag keinen Einfluss auf die Milchleistung und eine Verringerung der Futteraufnahme. Keinen Einfluss auf die Futter-

aufnahme fanden RÉMOND et al. (1991) und DEFRAIN et al. (2004). DEFRAIN et al. (2004) fütterten an drei Kuhgruppen 0,86 kg Maisstärke, 0,46 kg Maisstärke + 0,46 kg Glycerin oder 0,86 kg Glycerin und stellten keine leistungsfördernde Wirkung des Glycerins fest. Durch die Fütterung von Glycerin wurde zwar die Futteraufnahme in der Transitperiode erhöht, nach der Abkalbung jedoch die Anzeichen der Ketose (Glukosegehalt und  $\beta$ -Hydroxybutyrat im Blut) verstärkt (DEFRAIN et al., 2004). Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den zuvor getätigten Aussagen, dass beide Substanzen geeignet sind, die Ketose der Milchkuh zu verhindern. Ziel des vorliegenden Versuches war der direkte Vergleich von Glycerin und Propylenglykol zur Ketoseprophylaxe bei gleichen Aufwandmengen im postpartalen Zeitraum. Dabei sollten Mengen eingesetzt werden, die beim Propylenglykol als ausreichend dokumentiert wurden, um die Ketose bereits effektiv zu verhindern (STAUFENBIEL, 1999; ENGELHARD, 2001).

### Material und Methoden

Die Versuche wurden in der »Rhinmilch« GmbH in Fehrbellin mit 50 Holsteinkühen (19 Erstkalbs-, 31 Mehrkalbskühe), die in zwei gleiche Gruppen zu je 25 Tieren (Glycerin-Gruppe (GLY): 9 Erstkalbskühe, 16 Mehrkalbskühe; Propylenglykol-Gruppe (PG): 10 Erstkalbskühe, 15 Mehrkalbskühe) nach dem Zufallsprinzip eingeteilt wurden, über einen Zeitraum von 52 Tagen durchgeführt. Die Vorlaktationsleistung betrug 9852 kg (GLY, n=16) und 8936 kg (PG, n=15). Die Tiere wurden im Liegeboxen - Laufstall gehalten, erhielten eine totale Mischration und wurden dreimal täglich gemolken. Wasser stand ad libitum zur Verfügung. Die Rationszusammensetzung und -parameter sind in Tabelle 1 und 2 dargestellt.

Tab. 1 Rationen im Versuch (eingesetzte Menge/Tier/Tag)

Futtermittel	Glycerin kg TS	Propylenglykol kg TS
Grassilage	5,7	5,7
Maissilage	8,2	8,2
Maisschrot	2,2	2,2
deukalac UDP	2,0	2,0
Rapsexpeller	1,5	1,5
Propylenglykol	-	0,20
Glycerin	0,2	-
F – Lactal (Mineralfutter und pansengesetztes Fett)	0,85	0,85
gesamt	20,6	20,6

TS=Trockensubstanz

Tab. 2 Rationsparameter im Versuch

Parameter		Glycerin	Propylenglykol
Rohfaser	g/kg TS	160	160
Rohprotein	g/kg TS	164	164
Rohfett	g/kg TS	52	52
Stärke	g/kg TS	220	220
Zucker	g/kg TS	51	51
nXP	g/kg TS	166	166
RNB	g N/kg TS	-0,3	-0,3
NEL	MJ/kg TS	7,3	7,3
Ca	g/kg TS	7,2	7,2
P	g/kg TS	4,5	4,5

nXP = nutzbares Rohprotein am Duodenum; RNB = ruminale N-Bilanz; NEL = Nettoenergie Laktation

Beide Versuchsgruppen erhielten identische Rationen mit entweder 200 g Glycerin oder 200g Propylenglykol je Tier und Tag. Die Milchmenge wurde täglich, Inhaltstoffe in der 4. und 7. Versuchswoche erfasst. Einen Tag nach der Milchkontrolle wurde den Tieren Blut abgenommen, um die Konzentration einiger der physiologischen Parameter  $\beta$ -Hydroxybuttersäure, Cholesterin, Aspartat-Aminotransferase, Glutamat-Dehydrogenase, Glukose und Harnstoff zu bestimmen. Die statistische Auswertung erfolgte mit EXCEL und dem Programmpaket SPSS 11.0.

## Ergebnisse

In Tab. 3 sind Milchmenge und Inhaltstoffe in beiden Versuchswochen dargestellt.

Tab.3 Milchleistungen und Inhaltstoffe in der 4. und 7. Versuchswoche

Parameter	4. Versuchswoche		7. Versuchswoche	
	Glycerin	Propylenglykol	Glycerin	Propylenglykol
Milch kg	39,9 <sup>a</sup>	40,3 <sup>b</sup>	40,4	41,2
Fett %	3,83	3,80	3,51	3,50
Eiweiß %	3,06 <sup>a</sup>	2,90 <sup>b</sup>	3,02	3,08
Laktose %	4,91 <sup>a</sup>	5,01 <sup>b</sup>	4,86	4,94
Harnstoff mg/l	101 <sup>a</sup>	115 <sup>a</sup>	174	172

<sup>a,b</sup> signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ )

Nach 4 Versuchswochen waren die Milchleistung (40,3 vs 39,9 kg) sowie Laktose- und Harnstoffgehalte (5,01 vs. 4,91 % und 115 vs. 101 mg/l) in der Propylenglykolgruppe signifikant höher und der Eiweißgehalt (2,90 vs. 3,06 %) signifikant niedriger als in der Glycerin-Gruppe. Dies verdeutlicht eine bessere Energie- und Glukoseversorgung der Kühe in der Propylenglykolgruppe zu diesem Zeitpunkt. Nach 7. Versuchswochen waren die Unterschiede in Milchleistung und Laktosegehalt (41,2 vs. 40,4 und 4,94 vs. 4,86 %) am Tag der Milchkontrolle nicht mehr signifikant, deuten jedoch weiterhin eine bessere Energie- und Glukoseversorgung der Propylenglykolgruppe an. Alle anderen Parameter unterschieden sich zu diesem Zeitpunkt nur unwesentlich voneinander. In Tabelle 4 sind die Gehalte einiger physiologischer Parameter im Blut in der 4. Versuchswoche dargestellt.

Tab. 4 Physiologische Parameter im Blut in der 4. Versuchswoche

Parameter	Referenzbereich	Glycerin	Propylenglykol
Aspartat-Aminotransferase U/l	15 - 105	81,0	74,0
Glutamat-Dehydrogenase U/l	< 10,5	51,6	39,1
$\beta$ -Hydroxybuttersäure $\mu$ mol/l	bis 1000	838,0 <sup>a</sup>	568,0 <sup>b</sup>
Cholesterin mmol/l	1,9 - 4,5	4,2 <sup>a</sup>	4,8 <sup>b</sup>
Glukose mmol/l	2,6 - 4,2	3,5	3,6
Harnstoff mmol/l	2,2 - 7,8	2,3 <sup>a</sup>	3,2 <sup>b</sup>
Kühe mit erhöhtem Ketoserisiko	-	5	0

<sup>a,b</sup> signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) Werte oberhalb des Referenzbereiches sind rot markiert

Die Glycerin-Gruppe hatte signifikant höhere Gehalte an  $\beta$ -Hydroxybuttersäure (Ketonkörper) (838,0 vs. 568,0  $\mu$ mol/l) und signifikant niedrigere Cholesterin- und Harnstoffgehalte (4,2 vs. 4,8 mmol/l und 2,3 vs. 3,2 mmol/l), was die Vermutungen der unzureichenden Energieversorgung, die sich aus den Ergebnissen der Milchleistungsprüfung ergab, bestätigt. Andere Autoren fanden bei Verfütterung von Glycerin höhere Gehalte an Buttersäure im Pansen, was möglicherweise auch eine Ursache für die höheren Gehalte an  $\beta$ -Hydroxybuttersäure im Blut ist (RÉMOND et al., 1993; DEFRAIN et al., 2004). Zusätzlich deutet sich aufgrund der höheren Konzentrationen an Glutamat-Dehydrogenase im Blutplasma an, dass die Tiere, die Glycerin erhielten, einer höheren Leberbelastung ausgesetzt waren. Die Glutamat-Dehydrogenase ist ein Enzym dessen Konzentration im Blut bei höherer Belastung der Leber durch verstärkten Abbau von Körperfett ansteigt. Insgesamt hatten 5 Tiere in der Glycerin-Gruppe erhöhte Ketonkörpergehalte im Blutplasma ( $>900 \mu$ mol/l) und somit eine subklinische Ketose. In Tabelle 5 sind die Gehalte einiger physiologischer Parameter im Blut in der 7. Versuchswoche dargestellt.

Tab.5 physiologische Parameter im Blut in der 7. Versuchswoche

Parameter		Referenzbereich	Glyzerin	Propylenglykol
Aspartat-Aminotransferase	U/l	15 - 105	80,7	93,2
Glutamat-Dehydrogenase	U/l	< 10,5	84,7	53,0
$\beta$ -Hydroxybuttersäure	$\mu\text{mol/l}$	bis 1000	746,7	628,5
Cholesterin	mmol/l	1,9 - 4,5	5,2	5,9
Glukose	mmol/l	2,6 - 4,2	3,3	3,4
Harnstoff	mmol/l	2,2 - 7,8	3,3	3,4
Kühe mit erhöhtem Ketoserisiko		-	5	1

Werte oberhalb des Referenzbereiches sind rot markiert

Die Unterschiede zwischen den Gruppen waren aufgrund der großen Streuung nicht signifikant. Dennoch hatten die Tiere, die Glyzerin erhielten etwas höhere Gehalte an Glutamat-Dehydrogenase und  $\beta$ -Hydroxybutyrat als die Tiere, die Propylenglykol erhielten. Es fanden sich erneut 5 Tiere in der Glyzeringruppe mit erhöhtem Ketoserisiko und 1 Tier in der Propylenglykolgruppe. Insgesamt entwickelten somit 10 Tiere (40 %) eine subklinische Ketose. Es wurde auch eine kumulative Auswertung nach Tagen post partum vorgenommen (Abb. 2).

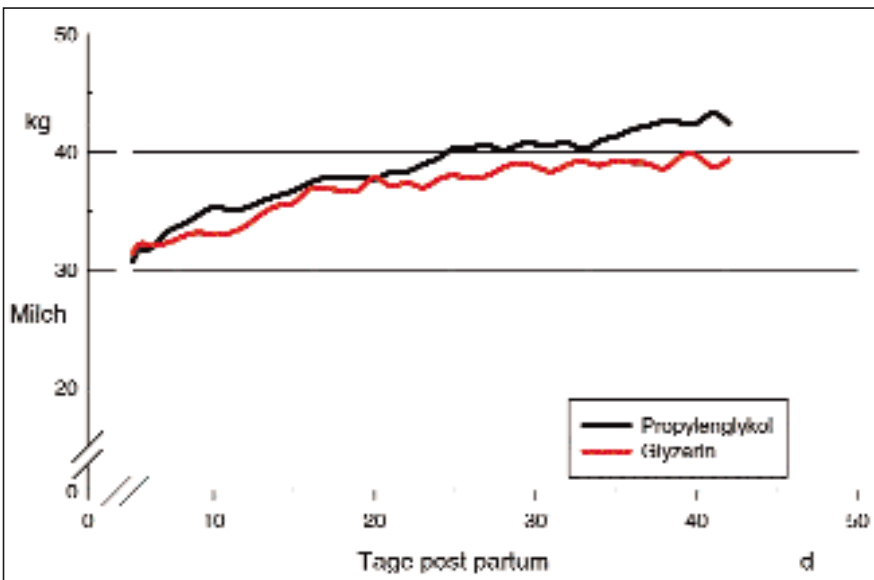


Abb. 2 Tägliche Milchmenge nach der Kalbung



Es ergaben sich über den gesamten Versuchszeitraum signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Obwohl die Tiere in der Glycerin-Gruppe in den ersten fünf Tagen höhere Milchleistungen hatten und die Milchleistung stärker stieg (nicht dargestellt), was möglicherweise auf die höhere Leistung in der vorhergegangenen Laktation zurückzuführen ist, wiesen die Tiere der Propylenglykol-Gruppe ab dem 6. Laktationstag bis zum Ende der Versuchsperiode höhere Milchleistungen auf. Das zeigt, dass die Energiebereitstellung mit der Ration in der Glycerin-Gruppe nicht ausreichend war, um den Bedarf der Tiere zu decken. Bei gleichen Aufwandmengen von 200 g/Tier und Tag erscheint demnach Glycerin ungeeignet, die Ketose der Milchkuh im Vergleich zu Propylenglykol effektiv zu verhindern. Zudem wurden die Tiere an der Ausschöpfung ihres Leistungspotentials gehindert und gaben weniger Milch als Tiere, die Propylenglykol erhielten. Da bei Verfütterung von Glycerin an monogastrische Tiere positive Effekte, wie Erhöhung der Futteraufnahme und höhere Glukosegehalte im Blut gefunden wurden (BERGNER und KIJORA, 1993a, 1993b), müssen die Ursachen für den ausbleibenden antiketotischen Effekt des Glycerins möglicherweise in den Umsetzungsprozessen im Pansen der Milchkühe gesucht werden.

#### Literatur

- Bergner, H. und C. Kijora (1993a):** Glycerin als Rationsbestandteil in der Fütterung von Mast Schweinen. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 1, 60
- Bergner, H. und C. Kijora (1993b):** Glycerin als Futterkomponente und 14C-Glycerinumsatz bei Ratten. Z. Ernährungswiss., 32, 270-281
- De Frain, J. M., A. R. Hippen, K. F. Kalscheur and P. W. Jardon (2004):** Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance, J. Dairy Sci. 87, 4197-4206
- Engelhard, T. (2001):** Untersuchungen zur Energieversorgung während der Vorbereitungs fütterung und in der Früh laktation. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, VLK, 23-26
- Fisher, L. J., J. D. Erfle, G. A. Lodge, and F. D. Sauer (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
- Gasteiner, J. (2000):** Ketose, die bedeutendste Stoffwechselerkrankung der Milchkuh, 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 11-18
- Geishauer, T., K. Leslie, T. Tenhag and A. Bashiri (2000):** Evaluation of eight cow-side tests in milk for detection of subclinical ketosis in dairy cows. J. Dairy Sci., 83, 296-299
- Löffler, G. und P. Petrides (1998):** Biochemie und Pathobiochemie, 6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York
- Nielsen, N. I. and K.L. Ingvarstsen (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
- Ogborn, L., R. Paratte, K. L. Smith, P. W. Jardon and T. R. Overton (2004):** Effects of delivery of glycerol on performance of dairy cows during transition period, J. Dairy Sci., 87, Suppl. 1, 440

**Rémond, B., J. Rouel and A. Ollier (1991):** Effect of glycerol supplementation of the diet of dairy cows on milk production and some digestive and metabolic parameters, *Ann. Zootech.* 40, 59-66

**Staufenbiel, R. (1999):** Die Stoffwechselüberwachung der Milchkuhherde als Mittel zur Stabilisierung von Leistung und Gesundheit, In: Pieper/Poppe, Tagungsbericht 3. Symposium: Fütterung und Management von Hochleistungskühen, 18 - 65

**Staufenbiel, R. (2001):** Erste Ergebnisse der Stoffwechselüberwachung von deutschen Hochleistungsherden in Großbetrieben aus der Sicht zweier Forschungsaufenthalte in den USA und Kanada, In: Pieper/Poppe, Tagungsbericht 5. Symposium: Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen, 50-90

## **Diskussion**

*Ludwig Probst aus Rheinland-Pfalz*

*Sie haben 200 g Propylenglykol gegen Glycerin ausgetauscht. Wurde auch die Qualität dieses Glycerins in Beziehung gesetzt zur Qualität des Propylenglykols? Soweit mir bekannt ist, gibt es gerade beim Glycerin sehr große Qualitätsunterschiede und damit natürlich auch in der Energiedichte.*

*Antwort*

*Glycerin verwendeten wir in USP-Qualität und haben das entsprechend berücksichtigt. Natürlich sind die theoretischen Energielieferungs- oder NEL-Gehalte unterschiedlich, aber das hat sich in der Ration so nicht mehr gezeigt. Vielleicht ist das damit beantwortet.*