

24. Mai 1993

Diss. ETH Nr. 10101

ETHICS ETH-BIB



00100003191844

**Einfluss
einer reduzierten Proteinversorgung auf den
Protein- und Energieumsatz von Milchkühen
bei Laktationsbeginn**

Abhandlung
zur Erlangung des Titels
Doktor der Technischen Wissenschaften
der

**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH**

vorgelegt von
Franz Sutter
Dipl.-Ing.agr. (Universität Hohenheim)
geboren am 22. Juni 1961
Lienheim, BRD

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. C. Wenk, Referent
Prof. Dr. D.E. Beaver, Korreferent

l. Wenk

Zürich 1993



CaTE

1. ZUSAMMENFASSUNGEN

1.1. Zusammenfassung

In einem Respirationsversuch mit Milchkühen wurde der Einfluss einer reduzierten Proteinzufuhr im Vergleich zu bedarfsgerechter Versorgung zu Beginn der Laktation auf die Milchleistung sowie auf den Energie- und Proteinstoffwechsel untersucht .

Als Versuchstiere standen 20 Tiere der Rasse Holstein Friesian zur Verfügung, die alle mindestens zwei abgeschlossene Laktationen aufwiesen. Während der letzten acht Wochen vor dem geplanten Abkalbetermin wurden alle Tiere nach den in der Schweiz angewandten Normen mit Protein und Energie versorgt. Für die Erhebungen während der ersten acht Wochen der nachfolgenden Laktation wurden eine Kontrollgruppe (K) mit Energie- und Proteinzufuhr (100 %) nach Norm sowie eine Versuchsgruppe (V) mit Energiezufuhr nach Norm und reduzierter Proteinzufuhr (75 %, Basis APD) gebildet.

Die Futterrationen bestanden aus Heu, Maiswürfeln (Ganzpflanze) und verschiedenen Kraftfuttermischungen, die sich aus Gerste, Mais, Weizen und Sojaextraktionsschrot zusammensetzten. Die Unterschiede in der Proteinversorgung wurden durch Variation des Sojaschrotanteils im Kraftfutter erzielt. Das Verhältnis Rauhfutter : Kraftfutter (65 : 35) blieb während des Versuchs konstant. Die Futterrationen wurden wöchentlich individuell aufgrund der aktuellen Milchleistung und des Körpergewichtes angepasst.

Das Erstellen kompletter Bilanzen wurde durch die kontinuierliche Erfassung der Futteraufnahme und der Milchleistung, sowie eine zeitweilige Messung der Kot- und Harnausscheidungen, wie auch der Sauerstoff-, Kohlendioxid- und Methangasmengen ermöglicht. Zusätzlich wurden den Tieren zweimal pro Woche Blutproben aus der Vena Jugularis zur Bestimmung verschiedener Hormone, Enzyme und Metaboliten entnommen.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Protein-Restriktion hatte keinen Einfluss auf die Lebendmasseverluste der Tiere (K: 37 kg; V: 36 kg) während den ersten acht Laktationswochen.
- Der Futterverzehr der mit Protein unterversorgten Kühe lag während der ganzen Versuchsperiode signifikant tiefer (K: 18.6 kg TS/Tag; V: 15.2 kg TS/Tag) als bei den normalversorgten Kühen.

- In der Verdaulichkeit der Trockensubstanz (K: 0.66; V: 0.66), der organischen Substanz (K: 0.68; V: 0.68), der Energie (K: 0.65; V: 0.65) und des Stickstoffs (K: 0.61; V: 0.59) waren keine statistisch absicherbaren Unterschiede feststellbar.
- Die Umsetzbarkeit der Energie zeigte zwischen den Behandlungsgruppen keinen Unterschied (K: 0.57; V: 0.57).
- Bedingt durch den tieferen Futterverzehr erreichten die Tiere in der Versuchsgruppe eine signifikant tiefere Aufnahme an umsetzbarer Energie (K: 193.7 MJ/Tag; V: 158.9 MJ/Tag) und Stickstoff (K: 436.3 g/Tag; V: 322.5 g/Tag) als die Tiere in der Kontrollgruppe.
- Die tägliche Milchleistung (K: 33 kg/Tag; V: 27 kg/Tag), die Ausscheidung an Milchfett (K: 1427 g/Tag; V: 1011 g/Tag) und Milchprotein (K: 1052 g/Tag; V: 835 g/Tag) sowie der Milchfettgehalt (K: 4.31 %; V: 3.79 %) waren bei der Proteinmangelgruppe signifikant tiefer. Nicht beeinflusst wurde der Milchprotein-gehalt (K: 3.17 %; V: 3.14 %). Ein im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant tieferer Harnstoffgehalt der Milch (K: 2.52 mmol/l; V: 1.99 mmol/l) konnte bei den Behandlungstieren festgestellt werden.
- Die Energie- und die N-Bilanz wurden durch die unterschiedliche Fütterung nicht beeinflusst. Alle Tiere mobilisierten während der ganzen Versuchsperiode Körperenergie in der Größenordnung von 60 MJ/Tag in der ersten Woche, abnehmend bis auf 20 MJ/Tag in der achten Woche (Gesamtdurchschnitt: K: 32 MJ/Tag; V: 27 MJ/Tag). Die N-Bilanzen waren in der ersten Woche negativ (K: -19 g/Tag; V: -53 g/Tag) und erreichten ab der zweiten Woche positive Werte (Gesamtdurchschnitt K: 15 g/Tag; V: 4.5 g/Tag).
- Für die Tiere in der Proteinmangelgruppe ergab sich eine signifikant tiefere Glucosekonzentration im Blutplasma als für die nach Norm gefütterten Tiere.
- Die Konzentration der Freien Fettsäuren im Plasma stieg bei allen Tieren nach der Geburt stark an und fiel dann nach der ersten Woche kontinuierlich bis zur achten Woche ab. Dabei zeigten die Tiere der Proteinmangelgruppe signifikant tiefere Werte als die Kontrolltiere.
- Nach dem Abkalben erhöhte sich die Konzentration an Ketonkörpern (β -Hydroxybutyrat und Acetoacetat) im Blut bei allen Kühen stark. Behandlungseinflüsse konnten nicht festgestellt werden.

- Die Harnstoffkonzentration im Plasma erreichte um den Geburtszeitpunkt die höchsten Werte und nahm im weiteren Verlauf langsam ab. Die Werte der Versuchstiergruppe waren signifikant tiefer als diejenigen der Kontrollgruppe.
- Für die Parameter Ammoniak, Gesamtprotein, Albumin und Kreatinin im Blutplasma waren keine Unterschiede feststellbar.
- Von den im Blut gemessenen Hormonen (Immunoreaktives Insulin, Schilddrüsenhormone T₃ und T₄) ergaben sich lediglich für T₃ statistisch gesicherte Unterschiede. Während des ganzen Versuchszeitraumes waren die T₃-Werte in der Versuchsgruppe tiefer als in der Kontrollgruppe.
- Bei den leberspezifischen Enzymen γ -Glutamyl-Transferase und Sorbit-Dehydrogenase resultierte für die mit Protein unterversorgten Kühe in den ersten drei bis vier Wochen nach dem Abkalben ein Anstieg. Statistisch absicherbar waren jedoch nur die Unterschiede für Sorbit-Dehydrogenase.

Die Ergebnisse dieses Versuches zeigen keine vermehrte Körperproteinmobilisation bei der mit Protein unterversorgten Tiergruppe. Um den Nährstoffmangel auszugleichen reagierten die Tiere mit einer verminderten Milchleistung.

1.2. Summary

The effect of a reduced protein supply on milk yield and on energy and protein metabolism in early lactating cows was examined in a respiratory experiment.

Twenty multiparous cows (Holstein-Friesian) with previous lactational yields of approximately 6500 kg milk (2nd lactation) were fed according to Swiss feeding standards prior to calving and acclimatised to all experimental procedures. At calving the cows were randomly allocated to either the control (K) or the treatment (V) group and fed energy according to the Swiss 'NEL' (Net Energy for Lactation) and protein to the Swiss 'APD' system (K) or 75 % of estimated absorbed protein requirements (V) until week eight of lactation, when the experiment was concluded.

The ration was based on hay, maize pellets (whole plant), and a concentrate (wheat, barley, maize meal and soyabean meal). Protein levels were varied by adjusting the amount of soya in the concentrate. Forage : concentrate ratio (65 : 35) was held constant for all cows, whilst levels of feeding were adjusted weekly for each cow in response to changes in milk output and bodyweight.

In order to estimate complete balances of nutrients and energy, feed intake and milk yield and composition were recorded daily whilst total faeces and urine output were determined over a five day period. Oxygen consumption and the output of carbon dioxide and methane were estimated by open circuit calorimetry. Furthermore, blood samples were taken from the Vena Jugularis twice a week and were analysed for various metabolites, hormones, and enzymes.

The results are summarized as follows:

- Protein depletion had no influence on body weight change of the animals
- Treatment cows consumed less feed during the whole experiment (K: 18.6 kg DM/d; V: 15.2 kg DM/d) than control cows.
- No differences were seen in digestibility of dry matter (K: 0.66; V: 0.66), of energy (K: 0.65; V: 0.65), of nitrogen (K: 0.61; V: 0.59), and of energy metabolisability (0.57).
- Total intake of metabolisable energy (K: 193.7 MJ/d; V: 158.9 MJ/d) and nitrogen (K: 436.3 g/d; T: 322.5 g/d) was reduced by the treatment group.

- Daily milk yield (K: 33 kg/d; V: 27 kg/d), output of milk fat (K: 1427 g/d; V: 1011 g/d) and milk protein (K: 1052 g/d; V: 835 g/d) was lower in the treatment group whilst milk protein content (K: 3.17 %; V: 3.14 %) was unaffected, although there was a reduction in milk fat content (K: 4.31 %; V: 3.79). In comparison to the control group milk urea was lower in the treatment group (K: 2.52 mmol/l; V: 1.99 mmol/l).
- There was no effect on the energy and nitrogen balance of the cows. They all lost body energy throughout the experiment ranging from 60 MJ/d in the first week to 20 MJ/d in week eight and no differences due to treatment were observed (K: 32 MJ/d; V: 27 MJ/d). N-balances were negative in the first week (K: -19 g/d; V: -53 g/d) but showed positive values from the second week on (Mean K: 15 g/d; V: 4.5 g/d).
- Treatment cows had a significantly lower blood glucose concentration compared with control cows.
- Plasma free fatty acid concentration increased after parturition for all cows, but decreased continuously after the first week until week eight. Values for the treatment cows were significantly lower than for control cows.
- After parturition, the concentration of ketone bodies in the blood (Beta-OH-butyrate and acetoacetate) increased in all cows, but no influence due to treatment was seen.
- Plasma urea concentration in the blood had the highest values at parturition and then decreased slowly until week eight of lactation. The values for the treatment group were significantly lower than for the control group.
- For ammonia, total protein, albumin and creatinin no differences could be measured in plasma.
- From the measured hormones in the blood plasma (insulin, thyroid hormones T₃ and T₄) only T₃ showed significant differences. For treatment cows T₃ was lower during the whole experiment.
- Treatment cows exhibited an increase in hepatic specific enzymes γ -glutamyl-transferase and sorbit-dehydrogenase in the first four weeks of lactation; yet differences were only significant for sorbit-dehydrogenase.

The results of the present experiment show that a reduced protein supply for early lactating cows did not to stimulate a sustained increase in body protein metabolism. Consequently the animals compromised the milk yield, but not body weight change.

1.3. Résumé

Au cours d'un essai en chambre respiratoire, nous avons examiné l'influence d'une réduction de l'apport en protéines au début de la lactation sur la production laitière, le métabolisme énergétique et protéique.

Nous avons utilisé 20 animaux de rase Holstein Friesan ayant accompli 2 lactations. Dès la huitième semaine a.p., les animaux ont été affouragés conformément aux normes suisse pour les protéines et l'énergie. A la mise-bas, les vaches étaient allotées pour les huit semaines suivantes en un groupe de contrôle (K) à niveau énergétique et protéique selon normes (100%) et en un groupe test (V) dont seul le niveau protéique était réduit (75%, base PAI).

La ration de base contenait du foin, des cubes de maïs plante entière et de divers concentrés; composés d'orge, maïs, blé et tourteaux de soja. La différenciation de l'apport protéique a été obtenue par variation de la part de tourteau de soja dans le concentré. La relation fourrage grossier : concentré (65 : 35) est restée constante. Les rations étaient adaptées individuellement et hebdomadairement en regard de la production laitière et du poids vif.

Pour l'établissement de bilans complets, l'ingestion fourragère et la production laitière ont constamment été enregistrés. Les déjections fécales et urinaires ainsi que la mesure des gaz respiratoires (oxygène, dioxyde de carbone et méthane) étaient recueillies par périodes. En outre, deux prises de sang hebdomadaires à la vena jugularis ont permis de déterminer diverses hormones, enzymes et métabolites.

Les résultats se résument ainsi:

- Durant tout l'essai, l'ingestion fourragère des animaux du groupe test était significativement inférieure à celle du groupe de contrôle (K: 18.6 kg MS/jour; V: 15.2 kg MS/jour).

- La restriction protéique n'a pas eu d'influences sur la perte de poids des animaux (K: 37 kg; V: 36 kg).
- Aucune différence significative n'a été enregistrée au niveau de la digestibilité apparente de la MS (K: 0.66; V: 0.66), de l'azote (K: 0.61; V: 0.59) et de l'énergie (K: 0.65; V: 0.65) ainsi qu' au niveau de la métabolisation énergétique (K: 0.57; V: 0.57).
- Une plus faible ingestion fourragère du groupe test s'est répercutée au niveau des valeurs en énergie métabolisable et azotées significativement inférieures (K: 193.7 vs 158.9 MJ/jour; respectivement K: 436.3 vs 322.5 g/jour)
- La production laitière quotidienne (K: 33 kg/jour; V: 27 kg/jour), l'excretion de graisse (K: 1427 vs 1011 g/jour) et de protéines (K: 1052 vs 835 g/jour) via le lait ainsi que sa teneur en matière grasse (K: 4.31%; V: 3.79 %) et en urée (K: 2.52 mmol/l; V: 1.99mmol/l) étaient significativement inférieure dans le groupe test. La teneur en protéine (K: 3.17%; V: 3.14%) n'a pas été influencée.
- Aucune influence n'a été constatée sur les bilans. Tous les animaux ont mobilisé de l'énergie corporelle d'un ordre de grandeur de 60 MJ/jour durant la première semaine, diminuant à 20 MJ/jour la huitième (moyenne globale K: 32 MJ/jour; V: 27 MJ/jour). Les bilans azotés étaient négatif au cours de la première semaine (K: -19 g/jour; V: -53 g/jour), puis ont atteint des valeurs positives (moyenne globale K: 15g/jour; V: 4.5 g/jour) dès la deuxième semaine.
- La concentration en glucose du plasma du groupe test était significativement inférieure à celle du groupe de contrôle.
- La concentration en acides gras libres du plasma a augmenté rapidement après parturition pour ensuite diminuer continuellement jusqu'à la huitième semaine p.p. Les animaux du groupe test présentaient des valeurs significativement inférieures à celles du groupe de contrôle.
- La concentration en corps cétoniques (Beta-OH-butyrate et acetoacetate) du sang p.p. a beaucoup augmenté. Aucune influence du traitement n'a pu être décelée.
- En période de parturition, la concentration en urée du plasma était au plus haut, puis diminuait lentement. Les valeurs du groupe test étaient significativement inférieures à celles du groupe de contrôle.

- Aucune différence n'a été constatée pour l'Ammoniaque, l'Albumine et la Créatinine du plasma.
- Concernant les hormones prises en considération (Insuline immunoréactive, thyroïdiennes T₃ et T₄), seule T₃ a présenté des différences significatives. Les valeurs T₃ étaient inférieures pour le groupe test par rapport au contrôle.
- Les animaux du groupe test présentaient durant les trois à quatre premières semaines p.p. une augmentation des concentrations en enzymes hépatiques γ -Glutamyl-Transferase et Sorbit-Dehydrogenase. Seule l'augmentation de ce dernier était assurée statistiquement.

Les résultats obtenus n'établissent aucune augmentation de la mobilisation de protéines corporelles chez les animaux sous-approvisionnés. Ceux-ci ont diminué leur production laitière afin d'égaliser le manco.