

Diss. ETH No. 14228

**Nutrient cycling in suckler beef systems including alpine
grazing: Breed and calving season effects and comparison
with other livestock system options**

A Dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of

Doctor of Natural Sciences

presented by

Beda L. Estermann

Dipl. Ing. Agr. ETH

born October 2, 1971

citizen of Hohenrain and Hildisrieden, LU

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. M Kreuzer, examiner
Prof. Dr. N. Künzi, co-examiner
Dr. F. Sutter, co-examiner

Zurich 2001

Summary

In the section 'best practises' of the polyproject 'PRIMALP-Sustainable Primary Production in the Alpine Region' search for sustainable livestock systems is the major intention. Completed projects with dairy cows revealed a serious decrease in milk performance and live weight as well as a high increase in nitrogen (N) excretion when dairy cows were brought to alpine pastures. In addition, mountain sites and less favoured areas are more and more grazed by suckler beef. However, experimental data on nutrient cycling and ecological harmful emission as methane and ammonia of suckler cows with calves are very scarce. Therefore, the search of ecologically sustainable suckler system using subalpine and alpine pastures as well as lowland facilities was performed in present study and systems were compared with dairy cow and heifer systems.

In a first lowland experiment in thirty-two suckler cows (16 Simmental, 16 Angus) with their Angus sired calves of different age (1, 4, 7 and 10 months) energy, N and phosphorus (P) turnover was measured. The cows and calves were fed ad libitum a mixture of grass silage, meadow hay and straw (1 : 0.7 : 0.3 on dry matter (DM) basis) and meadow hay, respectively. Calves of 10 mo of age received additional 2.6 kg DM/d of crushed barley. During measurements the animals were kept in groups of 4 × 2 except in the respiratory chambers (only cow with calf). With the use of alkane in slow-release capsules as indicator and with regressions individual data on faeces and urine volume, during group housing were obtained. Body weight (BW) of cows was similar between breeds (570 vs 558 kg), but dry matter intake (DMI) of Simmental cows was higher than of Angus cows (14.0 vs 12.3 kg/d). While dam breed had no influence on weight gain and forage DMI of calves the weight gain and forage DMI increased with age of calves from 0.84 to 1.17 kg/d and from 0 to 6.3 kg/d, respectively. Similarly, for suckler cows together with calves an increase with age in excretion of faecal N and P, of urinary N as well as in methane release (446 to 751 L/d) was measured. In contrast, urine N as proportion of total manure N and gaseous N loss from 8-week stored manure of calves decreased with age of calves. Energy expenditure (heat production) of

cows and calves together was significantly higher in the Simmental than in the Angus groups by 11 % on average, even when adjusted to similar DMI (4 %).

In a second experiment at lowland nutrient cycling of six Angus suckler cows with their purebred calves (1.2 kg weight gain/d) and of six Brown Swiss dairy cows (18 kg milk/d) was compared. Both cow groups were in 7th month of lactation and all animals were exclusively fed on grass. Individual excretory and feed intake data were obtained for group housed suckler cows and calves by markers (n-alkanes) and regressions, and for tethered dairy cows by quantitative measurements. Within this experiment a high accuracy of slow-release alkane capsules for intake estimation of grass-only diets was confirmed as the difference to known intake with the C₃₁:C₃₂ alkane ratio was only 0.19 kg/d (1 %). In dairy and beef cows DMI was equal (16 kg/d), whereas system DMI was higher in suckler beef (20 kg/d). N and energy retention relative to intake was higher in dairy cows than in suckler beef (21.6 to 6.1 % of N intake and 23.1 to 9.2 % of energy intake, respectively). Environmentally relevant excretions of total N, urine N and methane were higher in suckler beef than in dairy cows.

In a third experiment system differences between five Simmental dairy cows (20 kg milk/d) and five Angus suckler cows with calves (1.1 kg weight gain/d) were determined on alpine pasture (2000 m a.s.l.). This included measurements of DMI and N turnover using the alkane marker technique. In dairy cows and suckler beef forage DMI and N intake were equal with 16 and 0.30 kg/d, respectively. System N retention was higher in dairy cows with 25.7 % vs 9.2 % of N intake in suckler beef. Environmentally relevant excretions of total N and urine N were higher in suckler beef than in dairy cows.

A fourth experiment on subalpine and alpine pastures comprised totally twenty-four suckler cows (12 Simmental and 12 Angus) with Angus sired calves, either born in late autumn or late winter, and six Brown Swiss growing heifers. Herbage intake, N utilisation and P excretion were measured. The subsequent grazing of one subalpine (1000 m a.s.l) and two alpine pastures (first and secondary growth; 2000 m a.s.l) was performed over two alpine sojourns. DMI was determined with slow-release alkane

capsules and by mimicking selective grazing of cattle on pasture. While BW of all suckler cow groups remained constant on average, in calves and growing heifers an increase in BW was measured from subalpine to alpine pasture resulting in 1.05 and 0.55 kg weight gain/d, respectively. Weight gain during alpine sojourns was higher in Angus × Simmental and winter-born calves than in Angus and autumn-born calves. Pasture type had no influence on weight change of cows, calves and heifers. The *in vivo* digestibility of organic matter (OM) (73 %; cows only) and of neutral detergent fibre (NDF) (69 %) was similar between systems, but slightly increased (OM) and decreased (NDF) on alpine compared to subalpine pastures. Calf groups tended to select a diet richer in fibre and poorer in P, in contrast to heifers and cows. No selection for N or energy was found for all animal groups. From subalpine to alpine pastures DMI of cows, calves and heifers increased from 11.9 to 15.8, 1.1 to 3.5 and 5.9 to 9.8 kg/day, respectively. In all groups N intake was highest on alpine pastures with regrowth. Simmental cows consumed more herbage than Angus cows (15.8 and 13.0 kg DM/d), even when related to BW (2.8 and 2.4 % of BW), but no difference was measured for BW-corrected DMI between autumn and winter calving suckler cows (2.6 % of BW) as well as between the suckler system and growing heifers (on average 2.2 % of BW). For calves no clear trend in herbage consumption was measured between breed groups but calves born in autumn had higher DMI than calves born in winter (3.2 and 1.5 kg DM/d) even when related to BW (1.2 and 0.9 % of BW). In the suckler system, dam breed effects on N and P excretion and N utilisation were small when corrected for differences in weight gain. For suckler systems and growing heifers N excretion was highest and in turn N utilisation as well as faecal P excretion was lowest on regrowth pastures. Between suckler systems and heifers no differences were measured for urine and faecal N excretion when related to N intake. The lower weight gain of autumn-born calves increased N and P losses per unit of weight gain even when calculated for cows and calves together.

The lowland studies indicate a slightly better utilisation of energy, associated with slightly lower losses of methane, in purebred Angus systems compared to Simmental cows with Angus sired calves. However,

when related to unit of weight gain, most effects of dam breed and also of calf age disappeared. On alpine sites no clear dam breed effects for N efficiency and excretions were measured. In alpine grazing systems late-winter calving is advantageous in terms of excretion compared to late-autumn calving. The comparison of the suckler beef and the dairy system showed a greater efficiency of the dairy system both on lowland and at high altitude when fed high-quality grass. In this comparison potential differences in the number of heifers per cow needed for replacement of culled cows were neglected. Equal utilisation of N and excretion of N and P when related to intake or weight gain comparing suckler and heifer systems were found. This finding did not provide an advantage for one of these two systems, but results suggests that modifications of pasture management on alpine sites could be efficient to minimise harmful N emissions.

Zusammenfassung

Das Ziel des Teiles 'best practises' im Polyprojekt 'PRIMALP - Nachhaltige Primärproduktion am Beispiel des Alpenraumes' war es, nachhaltige Nutzungsalternativen für alpine Weiden zu bestimmen. In bereits abgeschlossenen Projekten mit Milchkühen fand man beträchtliche Milchleistungseinbussen und Körpergewichtsverluste, sowie einen hohen Anstieg in der Stickstoffausscheidung, wenn Milchkühe auf Alpweiden gebracht wurden. Auf solchen alpinen Weiden und auf anderen, wenig bevorzugten Standorten werden aber immer mehr Mutterkuhherden gehalten. Von Mutterkühen mit Kälbern gibt es jedoch fast keine experimentelle Daten bezüglich Nährstoffumsatz und ökologisch nachteiligen Emissionen wie Methan und Ammoniak. Deshalb wurde in diesem Projekt das ökologisch nachhaltige Mutterkuhsystem unter Einbezug von voralpinen und alpinen Weiden, sowie der Talstufe gesucht, und dieses mit Milchkühen und Aufzuchtrindern verglichen.

In einem ersten Experiment auf Talstufe wurde bei 32 Mutterkühen (16 Simmental, 16 Angus) mit ihren Kälbern (alle Angus als Vaterrasse), welche ein unterschiedliches Alter aufwiesen (1, 4, 7 und 10 Monate), der Energie-, der Stickstoff (N)- und der Phosphor- (P) Umsatz gemessen. Die Kühe und Kälber wurden ad libitum mit einer Mischration aus Grassilage, Wiesenheu und Stroh (1 : 0.7 : 0.3 auf Trockensubstanz-(TS)-Basis) beziehungsweise mit Wiesenheu gefüttert. Die 10-monatigen Kälber erhielten zusätzlich 2.6 kg TS/Tag gequetschte Gerste. Während den Messperioden wurden die Tiere in Gruppen von je vier Kühen und Kälbern, ausser in der Respirationskammer (nur Kuh und Kalb), in einem Laufstall gehalten. Mit Hilfe von Alkanen in Slow-Release-Kapseln als Indikator und mit Regressionen konnten bei Gruppenhaltung Daten bezüglich der individuellen Kot- und Urinmenge erhoben werden. Das Körpergewicht der Kühe war bei beiden Rassen ähnlich (570 vs 558 kg), aber die TS-Aufnahme der Simmentalkühe war höher als diejenige der Anguskühen (14.0 vs 12.3 kg/Tag). Während die Mutterrasse keinen Einfluss auf den Tageszuwachs und auf die Rauhfutteraufnahme der Kälber hatte, stieg mit dem Alter der Kälber der Tageszuwachs von 0.84 auf 1.17 kg/Tag und der Rauhfutterverzehr von 0 auf 6.3 kg/Tag an. Für Mutterkuh und Kalb zusammen wurde ebenfalls ein Anstieg in der Kot-N- und -P-, in der Harn-N Ausscheidung sowie in der Methanfreisetzung (446 bis 751 L/Tag) gemessen. Im Gegensatz dazu sank bei den Kälbern mit dem Alter der Harn-N-Anteil an der totalen N Ausscheidung sowie der gasförmige N-Verlust während 8-wöchiger Güllelagerung. Der Wärmeverlust von Kühen mit Kälbern war bei den Simmentalgruppen im Vergleich zu den Angusgruppen um durchschnittlich 11 % höher, auch wenn um den unterschiedlichen TS-Verzehr korrigiert wurde (4 %).

In einem zweiten Versuch auf Talstufe wurde der Nährstoffumsatz von sechs Angus-Mutterkühen zusammen mit ihren reinrassigen Kälbern (1.2 kg Tageszuwachs) und von sechs Braunvieh-Milchkühen (18 kg Milch/Tag) miteinander verglichen. Beide Kuhgruppen standen im siebten Laktationsmonat und alle Tiere wurden ausschliesslich mit Gras gefüttert. Individuelle Ausscheidungs- und Futteraufnahmedaten wurden von den in Gruppen gehaltenen Mutterkühen und Kälbern mit Markern (n-Alkane)

und mit Regressionen geschätzt, sowie von den angebundenen Milchkühen mittels quantitativer Messungen erhoben. Innerhalb dieses Experimentes konnte auch die Genauigkeit von Slow-Release-Alkan-Kapseln zur Schätzung der Futteraufnahme bei alleiniger Grasfütterung bestätigt werden, da die Differenz zwischen der bekannten und der mit dem Verhältnis $C_{31}:C_{32}$ geschätzten Futteraufnahme nur 0.19 kg/Tag (1 %) betrug. Bei Milch- und Mutterkühen war die TS-Aufnahme gleich hoch (16 kg/Tag), während die TS-Aufnahme im Mutterkuhsystem höher war (20 kg/Tag). Der Stickstoff- und Energieansatz war relativ zur Aufnahme bei den Milchkühen höher als im Mutterkuhsystem (21.6 zu 6.1 % von der N-Aufnahme, respektive 23.1 zu 9.2 % der Energieaufnahme). Die umweltrelevanten Ausscheidungen wie Gesamt-N, Urin-N und Methan waren im Mutterkuhsystem höher als bei den Milchkühen.

In einem dritten Experiment wurden auf einer alpinen Weide (2000 m ü.M.) die Differenzen zweier Systeme bestehend aus je fünf Simmental-Milchkühen (20 kg Milch/Tag) und Angus Mutterkühen mit Kälbern (1.1 kg Tageszuwachs) bestimmt. Dies beinhaltete Messungen des TS-Verzehrs und des N-Umsatzes mit Hilfe der Alkan-Marker-Technik. Bei Milchkühen und im Mutterkuhsystem waren der TS- und N-Verzehr mit 16 respektive 0.30 kg/Tag ähnlich. Der System-N-Ansatz war bei den Milchkühen mit 25.7 % gegenüber 9.2 % der N-Aufnahme im Mutterkuhsystem höher. Auch auf alpiner Weide waren die umweltrelevanten Ausscheidungen im Mutterkuhsystem höher als bei den Milchkühen.

Ein viertes Experiment auf voralpinen und alpinen Weiden umfasste total 24 Mutterkühe (12 Simmental und 12 Angus) mit ihren Kälbern (alle Angus als Vaterrasse), welche entweder im Spätherbst oder im Spätwinter geboren wurden, sowie sechs Braunvieh-Aufzuchtrinder. Die Futteraufnahme, die N-Verwertung und die P-Ausscheidung wurden bestimmt. Die aufeinanderfolgende Beweidung von einer voralpinen (1000 m ü.M.) und zwei alpinen Flächen (erster und zweiter Aufwuchs; 2000 m ü.M.) wurde während zwei Alpsaisons durchgeführt. Die TS-Aufnahme wurde mit Alkanmarkern von Slow-Release-Kapseln und der Nachahmung des selektiven Weidens der Tiere geschätzt. Während das durchschnittliche Körpergewicht der Mutterkuhgruppen konstant blieb, wurde bei den

Kälbern und Aufzuchtrindern ein Gewichtsanstieg von der voralpinen zur alpinen Weide gemessen, welcher einen durchschnittlichen Tageszuwachs von 1.05 respektive 0.55 kg bewirkte. Der Tageszuwachs während des Alpaufenthaltes war bei den Angus \times Simmental und bei den im Winter geborenen Kälbern leicht höher als bei den Angus und den im Herbst geborenen Kälbern. Der Weidetyp hatte keinen Einfluss auf die Gewichtsveränderung der Kühe, der Kälber und der Aufzuchtrinder. Die gemessene *in vivo*-Verdaulichkeit der organischen Substanz (OS) (73 %; nur Kühe) und der NDF (neutral detergent fibre) (69 %) war ähnlich zwischen den Systemen, aber stieg auf alpinen im Vergleich zu den subalpinen Weiden leicht an (OS) respektive sank leicht ab (NDF). Die Kälbergruppen selektierten im Gegensatz zu den Kühen und Aufzuchtrindern eher faserreicheres und P-ärmeres Futter. Eine Selektion nach N oder Energie wurde bei keiner Tiergruppe gefunden. Von der voralpinen zu den alpinen Weiden stieg der TS-Verzehr der Kühe, Kälber und Aufzuchtrinder von 11.9 auf 15.8, von 1.1 auf 3.5 respektive von 5.9 auf 9.8 kg/Tag an. Die N-Aufnahme war in allen Gruppen auf der alpinen Weide mit zweitem Aufwuchs am höchsten. Die Futteraufnahme der Simmentalkühe war im Vergleich zu den Anguskühen höher (15.8 und 13.0 kg/Tag), auch wenn sie auf das Körpergewicht bezogen wurde (2.8 und 2.4 % des Körpergewichtes). Es wurden jedoch keine Unterschiede für die mit dem Körpergewicht korrigierte Futteraufnahme zwischen den im Herbst und Winter abkalbenden Mutterkühen (2.6 % des Körpergewichtes), sowie zwischen Mutterkuhsystemen und Aufzuchtrindern (durchschnittlich 2.2 % des Körpergewichtes) gefunden. Zwischen den Rassengruppen wurde für die Kälber im Durchschnitt aller Weiden kein Unterschied in der Rauhfutteraufnahme gemessen. Die im Herbst geborenen Kälber hatten jedoch einen höheren TS-Verzehr als die im Winter geborenen (3.2 gegenüber 1.5 kg TS/Tag), auch wenn der TS-Verzehr auf das Körpergewicht bezogen wurde (1.2 gegenüber 0.9 % vom Körpergewicht). Wurden die Verzehrunterschiede korrigiert, waren im Mutterkuhsystem die Mutterrasseneffekte auf die N- und P-Ausscheidung und auf die N-Verwertung (höher im Simmentalsystem) nur noch gering. Auf der Weide mit zweitem Aufwuchs war für das Mutterkuhsystem sowie auch für die

Aufzuchtrinder die N-Ausscheidung am höchsten, jedoch N-Verwertung sowie Kot-P-Ausscheidung am tiefsten. Bezogen auf den Gewichtszuwachs wurde zwischen dem Mutterkuhsystem und den Aufzuchtrindern kein Unterschied bezüglich der Ausscheidung von Harn- und Kot-N gemessen. Der tiefere Tageszuwachs der im Herbst geborenen Kälber liess den N- und P-Verlust pro Einheit Gewichtszuwachs ansteigen, auch wenn er für Kühe und Kälber zusammen berechnet wurde.

Die Studien auf Talstufe zeigen eine leicht bessere Energie-Verwertung, zusammen mit einem leicht tieferen Methanverlust der Angustiere verglichen mit den Simmentaltieren. Die meisten Effekte von Rasse und Alter der Kälber verschwanden aber, wenn die Ausscheidungen auf den Zuwachs bezogen wurden. Auf alpinen Standorten wurden keine klare Effekte der Mutterrasse auf die N-Verwertung und auf die Ausscheidungen gemessen. In alpinen Weidesystemen ist die Winterabkalbung verglichen mit Herbstabkalbung bezogen auf die Ausscheidungen vorteilhafter. Der Vergleich von Mutterkuhsystemen mit Milchkühen ergab bei Verfütterung von qualitativ gutem Futter eine grössere Effizienz der Milchkühe sowohl auf Talstufe als auch auf alpinen Weiden. Bei diesem Vergleich wurde jedoch die mögliche Differenz der Anzahl Remonten, die gebraucht werden, um die aus der Produktion ausscheidenden Kühe zu ersetzen, nicht berücksichtigt. Eine ähnliche N-Verwertung und ähnliche N- und P-Ausscheidungen, bezogen auf Zuwachs oder Futteraufnahme wurden im Mutterkuhsystem und bei den Aufzuchtrindern gefunden. Diese Resultate deuten zudem an, dass Verbesserungen im Weidemanagement auf alpinen Standorten eine Minimierung der N-Emissionen bewirken könnten.