

Kapitel 1

Einleitung

Die Selektion auf hohe Milchleistungen pro Kuh und Laktation ist in den letzten Jahrzehnten weit vorangeschritten, so dass Milchleistungen von 10 000 kg keine Seltenheit mehr sind (FLACHOWSKY et al., 2004).

Die bei der Synthese der Milch entstehenden metabolischen Anforderungen verursachen wesentliche Umstellungen des Stoffwechsels bei Milchkühen im peripartalen Zeitraum. Während dieser Zeit steigt der Nährstoffbedarf drastisch an, kann aber häufig nicht über die Futtermittelaufnahme gedeckt werden. Somit ist die Energieaufnahme nach der Kalbung meist niedriger als der tatsächliche Bedarf, was jedoch in einem gewissen Umfang als physiologisch anzusehen ist (BELL, 1995).

Eine Strategie zur Aufrechterhaltung der Milchsynthese stellt die Mobilisation von Körperfett dar. Als regulative Maßnahme soll sie das entstandene Energiedefizit ausgleichen, um die Nährstoffversorgung der Nachkommen über die Produktion der Milch sicherzustellen. Dabei regulieren Adaptationsprozesse, die tierindividuell sehr verschieden sein können, die Gesamtheit des komplexen Stoffwechsels. Die Dauer und das Ausmaß der Produktion unterscheidet dabei die Hochleistungskuh von anderen Säugetieren (WEBSTER, 1995).

Das vermehrte Auftreten von Produktionskrankheiten und die gestiegene Abgangsrate lassen jedoch vermuten, dass sich die Tiere nur unzureichend anpassen können und/oder dass die Milchproduktion einen Punkt passiert hat, der eine Anpassung an

die metabolischen Belastungen nicht mehr gewährleistet. Eindeutig validierte Parameter zur Beurteilung des Adaptationsvermögens auf Tierebene fehlen jedoch, so dass hierfür die Ableitung von Einteilungskriterien wünschenswert ist.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollte der Einfluss einer unterschiedlichen energetischen Versorgung auf die Stoffwechselsituation von Milchkühen im peripartalen Zeitraum untersucht werden. Ziel war zunächst die Beschreibung der Fettmobilisation in diesem Zeitraum. Diese sollte in einem ersten Schritt mittels der geschätzten negativen Energiebilanz beschrieben werden. In einem zweiten Schritt sollte die Fettmobilisation von Seiten der metabolischen Parameter nicht veresterte Fettsäuren (NEFA), β -Hydroxybutyrat (BHB) und Body Condition Score (BCS) charakterisiert sowie deren Einfluss auf die Veränderung der endokrinen Parameter Leptin und insulinähnlichen Wachstumsfaktor-1 (IGF-1) sowie der Parameter des Gesundheitsstatus (Haptoglobin (Hp), Leukozyten (Leukos), neutrophile Granulozyten (PMNL), Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) und oxidative Belastung (ROS) erfasst werden. Weiterhin galt es, auf Grund der beschriebenen Faktoren und deren Veränderungen, das Adaptationsvermögen der Milchkuh im geburtsnahen Zeitraum zu bewerten.

Kapitel 2

Literaturüberblick

2.1 Stoffwechseleränderungen und das Adaptationsvermögen im peripartalen Zeitraum

„Lactation is by far the most energetically expensive component of reproduction“, (OFTEDAL, 1993).

Die Abhängigkeit der Nachkommen von der Nahrungsbereitstellung durch die Eltern findet in Säugetieren mit der Bereitstellung eines einzigartigen und hoch spezialisierten Futters, der Milch, ihren Höhepunkt (POND, 1977). Die Milchproduktion erhebt einen hohen metabolischen Anspruch an das Muttertier, welches zwei Bedürfnissen gerecht werden muss: ihren eigenen und denen ihrer Nachkommen. Es entsteht ein Konflikt zwischen dem Nachkommen und seinem Versuch, sich selbst den bestmöglichen Start in ein unabhängiges Leben zu verschaffen sowie den Aufwendungen der Mutter. Dieser Konflikt wird von VERNON und POND (1997) als „Wettkampf“ um Nährstoffe, die durch den Zugang zu Futter und durch gespeicherte und damit begrenzte Nährstoffressourcen des Muttertiers zur Verfügung stehen, bezeichnet.

Zur Sicherstellung einer ausreichenden Nährstoffversorgung ist die Laktation in der Natur oft an Zeiten großen Nährstoffüberflusses gekoppelt, so dass das Muttertier nicht zwischen seiner eigenen und der Zukunft seines Neugeborenen wählen muss. Eine weitere Strategie losgelöst von der mütterlichen Futteraufnahme, stellt das Fa-

sten während der Laktation dar. Hierbei werden zuvor gespeicherte Nährstoffe mobilisiert und damit Milch produziert. Voraussetzung hierfür ist, dass die gespeicherten Nährstoffe in Zusammensetzung und Aufkommen den Anspruch der Laktation decken können (OFTEDAL, 2000).

Pelzrobben (*Arctocephalus gazella*; 40 kg LM) produzieren während der sechstägigen Säugeperiode 3 kg Milch mit einem Energiegehalt von insgesamt 53 MJ, mit 1,1 kg Fett und 0,3 kg Protein. Das entspricht 19% des Körperfett- und 4% des Körperproteinanteils der Mutter. Damit kann der Heuler in kurzer Zeit umfangreiche subkutane Fettreserven anlegen. Der hohe Fettgehalt der abgesetzten Heuler von 330 bis 480 g/kg Körpergewicht dient der sich an die Säugeperiode anschließenden Fastenzeit von 1,5 bis 10 Wochen, bevor die Heuler selbst zu fischen beginnen (MUELBERT & BOWDEN, 1993). So erhöhen zum Beispiel die Nachkommen der Mantelrobbe (*Cystophora cristata*), die bereits nach 4 Tagen abgesetzt werden, in dieser Zeit ihren Fettgehalt pro Kilogramm Körpermasse um 300%.

Auch Schwarzbären (*Ursus americanus*), Braunbären (*Ursus arctos*) und Polarbären (*Ursus maritimus*) fasten während den ersten 2 bis 3 Monaten post partum (p.p.), in denen die Muttertiere weder Futter noch Wasser zu sich nehmen. Ebenso das größte Säugetier der Welt, der Blauwal (*Balaenoptera musculus*), ein Vertreter der Bartenwale (*Mysticeti*), fastet während der Aufzucht des Kalbes. In den Sommermonaten, die die Walkühe in arktischen Gewässern verbringen, verdoppeln sie annähernd ihr Körpergewicht (120 000 kg). Die Kälber werden nach der Migration in subtropischen Gewässern geboren und für 7 Monate gesäugt. In dieser Zeit transferieren insgesamt 40 000 kg Milch mit 16 000 kg Fett und 4 500 kg Protein von der Kuh ins Kalb, was bei einem angenommenen Körperfettgehalt von 400 g/kg einer Mobilisation von 1/3 der gesamten Körperfettmasse entspricht (OFTEDAL, 1993, 2000).

Fetteinlagerungen finden in unterschiedlichem Ausmaße in jedem Säugetier statt, so dass das Fettgewebe (VERNON & POND, 1997) und die Mobilisation von Fett aus dem Fettgewebe zur Deckung der „Kosten“ der Laktationsleistung eine wichtige und zentrale Rolle spielen, um dem Bedarf für die Milchsynthese gerecht zu werden (OFTEDAL, 1993); so auch in der domestizierten Milchkuh.

Die Umstellung der Milchkuh von der Gravidität zur Laktation wird als Transition Period (TP) bezeichnet, die nach GRUMMER (1995) und DRACKLEY (1999) den Zeitraum zwischen der 3. Woche ante partum (a.p.) und der 3. Woche post partum beschreibt.

Diese als kritisch anzusehende Zeit, die bedeutend für Gesundheit, Milchproduktion und Profitabilität der Kuh ist (DRACKLEY, 1999), ist gekennzeichnet durch hormonelle Veränderungen in Vorbereitung auf die bevorstehende Geburt und Laktation (GRUMMER, 1995) sowie durch hohe metabolische Anforderungen durch Fötus und Milchsynthese (BELL, 1995). Weiterhin ist sie gekennzeichnet durch eine verringerte Trockenmasseaufnahme, die bereits 3 Wochen vor der Kalbung reduziert ist und die unmittelbar vor und nach der Kalbung ein Ausmaß von 30% annehmen kann (GRUMMER et al., 1995).

Um dem Anspruch an die Umverteilung der energieliefernden Nährstoffe zu einem Zeitpunkt, in dem die Trockenmasseaufnahme und damit die Nährstoffbereitstellung gering ist, gerecht zu werden, bedarf es komplexer Adaptationen des Stoffwechsels der Kuh. Ist das Tier nicht in der Lage, seinen Energiestoffwechsel schnellstmöglich an den Bedarf für Syntheseprozesse anzupassen, wird einerseits die Produktionskapazität unterschritten und/oder die Empfänglichkeit für metabolische Störungen und Gesundheitsprobleme erhöht, so dass die TP prädisponierend für das Auftreten von zum Beispiel hypokalzämischer Gebärpause, Ketose, Retentio, sekundärer Metritis, Labmagenverlagerung und Mastitis ist (DRACKLEY, 1999).

Der um 75% gesteigerte Nährstoffbedarf gegen Ende der Trächtigkeit im Vergleich zu nicht trächtigen Tieren ist nicht nur durch die Entwicklung des Fötus begründet, sondern auch durch das Wachstum des Euters und der fötalen Membranen des graviden Uterus. Die größte Akkumulation der fötalen Masse erfolgt während der letzten beiden Monate der Gravidität und erfordert einen Nährstoffbedarf, der dem Bedarf für die Synthese von 3 bis 6 kg Milch pro Tag entspricht (BAUMAN & CURRIE, 1980). Mit Beginn der Laktation erhöhen sich die Nährstoffanforderungen, da der Energiebedarf des Euters mindestens um das 3-fache höher ist als der des graviden Uterus (BELL, 1995) (s. Abb. 2.1).

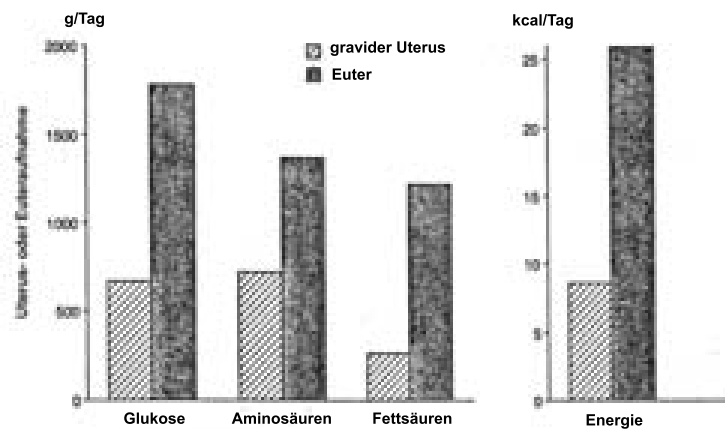


Abbildung 2.1: Vergleichende Darstellung der Aufnahme von spezifischen Nährstoffen und Energie, des graviden Uterus (250. Trächtigkeitstag) und des laktierenden Euters (4. Laktationstag) von Holstein Kühen. Darstellung modifiziert nach BELL (1995).

Die Adaptation von im Meer lebenden und während der Säugeperiode fastenden Tieren ist evolutionsbedingt an eine unterschiedliche Zusammensetzung der Milch gekoppelt. Die Milch der Meeressäuger ist gekennzeichnet durch einen geringen Laktosegehalt, was zwei Vorteile hat.

Zum einen ist der Wassergehalt durch die fehlende Laktose, den am stärksten osmotisch wirksamen Bestandteil der Milch (GÜRTLER & SCHWEIGERT, 2000), geringer und damit der Fettgehalt erhöht; zum anderen reduziert der Verzicht auf Laktose den energieraubenden Stoffwechselprozess der Gluconeogenese sowie die Degradation von Aminosäuren zur Produktion von Glucose. Letztere ist vor allem bei laktierenden Tieren, wie z.B. den Bären, von großer Bedeutung, die keinen Zugang zu Wasser haben und geringe Urinmengen absetzen (OFTEDAL, 1993, 2000).

Das maximal sekretierende Euter der Kuh hat einen Glucosebedarf, der bis zu 80% des totalen Glucoseumsatzes des Körpers entspricht (BAUMAN & CURRIE, 1980) und am 21. Tag p.p. ein Ausmaß von 2500 g/Tag erreicht (OVERTON, 1998). Die in den ersten Wochen p.p. reduzierte Futteraufnahme ermöglicht es nicht, ausreichend Glucose über den Dünndarm aufzunehmen, da der überwiegende Teil der Kohlenhy-

drate im Pansen fermentiert wird (BREVES & RODEHUTSCORD, 2000). Die wichtigsten Adaptationen des Glucosestoffwechsels an die Laktation liegen demnach in der Steigerung der Gluconeogenese (REYNOLDS et al., 2003) und der Abnahme der Glucoseoxidation im peripheren Gewebe (BENNINK et al., 1972). Die Hauptsubstrate der Gluconeogenese sind Propionat, Laktat, Aminosäuren und Glycerol (DRACKLEY et al., 2001; OVERTON & WALDRON, 2004). Das Propionatangebot und die Kapazität der Leber, Propionat via Gluconeogenese zu Glucose umzuwandeln, beträgt 50-60% und ist durch die geringe Trockenmasseaufnahme p. p. limiert (DRACKLEY et al., 2001). Die Gluconeogenese aus Aminosäuren spielt eine bedeutende Rolle zum Zeitpunkt der Geburt, wenn 20-30% der Gluconeogenese aus der Mobilisation der Aminosäuren aus dem labilen Pool der Skelettmuskulatur (BELL, 1995), der Haut und des viszeralen Gewebes gedeckt werden. Die Gluconeogenese aus Laktat spielt nur in der späten Trächtigkeit eine Rolle (BELL, 1995). Die Deckung des Glucosebedarfs aus Glycerol ist abhängig von der Mobilisation der Triglyceride (TG) und kann bei einer intensiven Abgabe von 3,2 kg TG/Tag, von den üblichen 2 bis 5% auf 15 bis 20% ansteigen. Nicht nur der Glucosebedarf, sondern auch der Bedarf an Amino- und Fettsäuren für die Milchsynthese ist während der Laktation im Vergleich zur Trächtigkeit erhöht (BELL, 1995).

Die Deckung des Nährstoff- und Energiebedarfs der Milchdrüse wird durch Anpassungen im Gesamtstoffwechsel erreicht, in dem die Umverteilung der Nährstoffe zu Gunsten der stark anabolen Stoffwechselprozesse der Milchdrüse und zu Ungunsten anderer Organe erfolgt, die dadurch katabole Stoffwechselprozesse aufweisen. Die Adaptation der Milchkuh ist daher in einer Zunahme der Gluconeogenese und einer verminderten Oxidation von Glucose sowie in einer gesteigerten Mobilisation und einer geringeren Synthese von Depotfett und Muskelprotein zu sehen (BELL, 1995; BLUM, 2004).

Die Umverteilung der energieliefernden Nährstoffe zeigt ihr größtes Ausmaß zu Beginn der Laktation. So ist bei einer angenommenen Laktationsleistung von 10 000 kg die Zunahme der Milchleistung in den ersten 2 bis 3 Wochen p.p. durch einen steilen Anstieg auf bis zu 40 kg täglich, gekennzeichnet, die in der 5. (REHAGE & KASKE, 2004) bis 7. (BREVES & RODEHUTSCORD, 2000) Woche ihr Maximum erreicht.

Bei diesen Leistungen beträgt die täglich über die Milchdrüse sezernierte Menge an MilCHFett, -protein, Laktose und Mineralstoffen 2; 1,6; 2,4 und 0,5 kg (FLACHOWSKY et al., 2004). Tägliche Futteraufnahmen von 25 bis 26 kg Trockenmasse (T) mit entsprechenden NEL (Netto-Energie-Laktation)-Konzentrationen sind hierfür erforderlich, die gleichzeitig jedoch als absolute Obergrenze anzusehen sind und ein optimales Management voraussetzen (BREVES & RODEHUTSCORD, 2000). Die Trockensubstanzaufnahme steigt nur allmählich an und erreicht erst in der 8. bis 12. Woche (REHAGE & KASKE, 2004) ihr Maximum, so dass T-Aufnahmen der oben genannten Größenordnung in den ersten 5 Wochen der Laktation kaum realisiert werden können.

Die maximale Futteraufnahmekapazität und damit die maximale Energieaufnahme ist einerseits limitiert durch die maximale Energiedichte in der Ration und andererseits durch die Verzehrsregulation der Kuh. Die Erhöhung der NEL-Konzentration zur Deckung des Energiebedarfs ist nur begrenzt möglich und zwar bis maximal 7,5 MJ NEL/kg T (BREVES & RODEHUTSCORD, 2000). Der wachsende Uterus und die damit einhergehende physikalische Kompression des Pansens wird von vielen Autoren als Ursache für die sinkende T-Aufnahme gesehen. Nach einer Übersichtsarbeit von INGVARTSEN & ANDERSEN (2000) wird die Abdominalhöhle mit Ausstoß der Frucht und Eihäute jedoch um 70 kg erleichtert, die einen sofortigen Anstieg der Futteraufnahme induzieren müsste, wenn allein der fehlende Raum für die geringere Futteraufnahme verantwortlich wäre. Nach Meinung dieser Autoren wird die Futteraufnahme durch eine große Anzahl unterschiedlicher Faktoren beeinflusst, die in Bezug zu Umwelteinflüssen wie dem Management, Rationsgestaltung und Aufstallung, sowie durch das Tier selbst zu sehen sind. Die Einflussfaktoren auf Tierebene sind wiederum hormoneller und metabolischer Art. Einen weiteren Einfluss auf die T-Aufnahme nimmt das Alter. So beträgt die Futteraufnahmekapazität erstmalig gebärender Tiere mit einem Erstkalbealter von 2 Jahren lediglich 80% der Kapazität altlaktierender Kühe (INGVARTSEN & ANDERSEN, 2000).

Die Energieaufnahme nach der Kalbung ist in der Regel niedriger als der Energiebedarf. Die Tiere befinden sich in einer negativen Energiebilanz (NEB), deren Berechnung auf dem Bedarf für Erhaltung bei gegebenem Körpergewicht und dem Bedarf für

Milchproduktion mit bestimmter Milchezusammensetzung beruht, der die Energieaufnahme über das Futter gegenübergestellt wird. Das Maximum der NEB ist zwischen dem 2. und 12. Tag p.p. erreicht und wird durchschnittlich erst 72 Tage nach der Kalbung ausgeglichen (DE VRIES et al., 1999). In dieser Zeit mobilisieren die Tiere Körperfettreserven. Die Mobilisation von Körperfett dient als regulative Maßnahme zum Ausgleich der negativen Energiebilanz (DRACKLEY, 2004a), die nach VERNON & POND (1997) in der Größenordnung von bis zu 1 kg Fett pro Tag liegt und nach MOE (1965) 33% der produzierten Milchmenge ausmacht. Nach BELL (1995) ist die NEB in gewissem Umfang als physiologisch anzusehen. Die Fähigkeit der Milchkuh, die NEB durch adaptative hormonell-metabolische Reaktionen zu bewältigen, ist individuell sehr unterschiedlich. Das Risiko, in der TP an nicht-infektiösen sowie infektiösen Produktionskrankheiten zu erkranken, besteht demnach nicht in der negativen Energiebilanz selbst, sondern in einer unzureichenden Adaptation an die NEB (REHAGE & KASKE, 2004) (s. Abb. 2.2), vorausgesetzt, die NEB bewegt sich in einem adäquaten Bereich. Bei der Komplexität der adaptiven Systeme der Kuh und der beteiligten Hormone und Metabolite erscheint es weniger sinnvoll, die Tiere mittels Kalkulation der NEB nach „angepasstem“ und „nicht angepasstem“ Status zu unterteilen (JORRITSMAN et al., 2003). Vielmehr sollte die NEB durch die metabolischen Veränderungen, die durch sie verursacht werden, beschrieben werden, die auf Tierebene erfasst werden können und die über den Grad der Adaptation informieren. Sogenannte Risikofaktoren beschreiben die biochemische und endokrinologische Situation sowie den Gesundheitsstatus der Kuh.