

# **1 Einleitung und Literaturübersicht**

Erfolgreiche Milchkuhhaltung in der modernen Landwirtschaft stellt eine große Herausforderung dar. Einerseits ist der Landwirt einem enormen Preisdruck ausgesetzt, andererseits immer höheren Anforderungen bezüglich Umwelt- und Tierschutz verpflichtet.

Auch die Ansprüche der heutigen Hochleistungsmilchkühe an Haltungsbedingungen und insbesondere an die Fütterung sind stark gestiegen. Es ist ungleich schwieriger geworden, diese Tiere derart zu halten und zu füttern, dass der Erhalt ihrer Gesundheit und somit ihrer Leistungsfähigkeit gewährleistet werden kann.

Fundiertes Wissen über Stoffwechselphysiologie und –regulation bildet die Basis einer Tierhaltung, die hohe Leistungen bei guter Tiergesundheit ermöglicht. Diese Arbeit hat es sich daher zum Ziel gesetzt, Grundlagenkenntnisse über die Bedeutung des Fettgewebes im Stoffwechsel der Milchkuh zu liefern und gleichzeitig eine etwaige Beeinflussbarkeit durch Supplementierung von konjugierten Linolsäuren zu untersuchen.

## **1.1 Stoffwechsel der Milchkuh im peripartalen Zeitraum**

In den letzten Jahrzehnten wurde in der Milchviehzucht stark auf hohe Milchleistung selektiert, und die Haltungsbedingungen für die Kühe wurden optimiert. Milchleistungen von 10 000 kg pro Kuh und Laktation sind so durchaus keine Seltenheit mehr (Flachowsky et al., 2004). Derartige Milchleistungen stellen höchste Anforderungen an den Metabolismus der Milchkuh. Im Zeitraum des Überganges vom Trockenstehen am Ende der Gravidität zur Laktation sind daher im Stoffwechsel der Kuh gravierende Umstellungen vonnöten. Dieser peripartale Zeitraum wird auch als Transition Period (TP) bezeichnet und umfasst nach Grummer (1995) und Drackley (1999) den Zeitraum 3 Wochen ante partum (a.p.) bis 3 Wochen post partum (p.p.).

Am Ende der Gravidität erfährt der Organismus der Kuh zunächst höher werdende Anforderungen des Conceptus, die einen deutlich gesteigerten Nährstoffbedarf gegenüber dem einer nicht trächtigen Kuh ergeben. In den letzten zwei Monaten der Gravidität hat die Kuh deshalb einen zusätzlichen Nährstoffbedarf, der dem für die Synthese von 3-6 kg Milch pro Tag entspricht (Bauman & Currie, 1980). Mit dem Einsetzen der Laktation erhöht sich der Nährstoffbedarf noch einmal drastisch. Innerhalb von vier Tagen nach der Kalbung

vervielfacht sich der Bedarf des laktierenden Euters an Glukose, Aminosäuren und Fettsäuren gegenüber dem Bedarf des graviden Uterus (Bell, 1995).

Um diesen stark steigenden energetischen Anforderungen gerecht zu werden, müsste die Kuh ihre Trockenmasseaufnahme ebenfalls deutlich erhöhen. Das Gegenteil ist jedoch der Fall. Die Trockenmasseaufnahme ist bereits vor der Kalbung signifikant reduziert, kann sich unmittelbar um den Geburtszeitraum um bis zu 30 % verringern (Grummer, 1995) und steigt auch p.p. nur allmählich wieder an (Rehage & Kaske, 2004). Somit ist die Energieaufnahme in der peripartalen Periode häufig niedriger als der Bedarf, was jedoch in gewissem Umfang als physiologisch anzusehen (Bell, 1995) und auch auf den vorgeburtlich stark erhöhten Östrogeneinfluss zurückzuführen ist (Breves, 2007).

Ein Maximum der Tagesmilchleistung wird zwischen der 7. und 14. Laktationswoche mit Werten von ca. 55 kg pro Tag erreicht, wobei sich in dieser Zeit die tägliche Trockenmassenaufnahme mit ca. 25 kg pro Tag am oberen Limit befindet. Unter diesen Bedingungen wäre eine Netto-Energie-Laktation (NEL)-Konzentration von 8,2 MJ/kg Trockenmasse nötig, was selbst bei optimaler Futterzusammensetzung kaum möglich ist (Breves, 2007). Folglich entsteht eine negative Energiebilanz, die unter Umständen bis zu zwölf Wochen andauern kann (Butler, 2003).

Bis zu 80 % des Glukoseumsatzes des Körpers entfallen in Zeiten der Hochlaktation auf das Euter (Bauman & Currie, 1980). Für 55 kg Milchleistung entspricht das einem Bedarf an 4 kg Glukose pro Tag (Breves & Rodehutsord, 2000).

Eine Besonderheit des Wiederkäuerstoffwechsels ist die Notwendigkeit, die gesamte in peripheren Geweben benötigte Glukose über Glukoneogenese in der Leber und zu einem geringeren Anteil in den Nieren gewinnen zu müssen (Bell & Bauman, 1997). Das Vormagensystem mit seiner fermentativ arbeitenden Flora ermöglicht es dem Wiederkäuer einerseits, effektiv Zellulose und andere hochpolymere Kohlehydrate zu nutzen und einen großen Teil seines Proteinbedarfes über die Verwertung des Mikrobenproteines zu decken. Andererseits jedoch wird auf diese Art und Weise auch der überwiegende Teil der mit dem Futter zugeführten Stärke in ihre Bestandteile zerlegt, bevor sie im Dünndarm resorbiert werden könnten (Breves & Rodehutsord, 2000).

Unter physiologischen Bedingungen erfolgt die Glukoseneubildung aus Propionat, weitere Substrate der Glukoneogenese sind Laktat, Aminosäuren und Glycerol. Auch für die

Gluconeogenese der Leber aus Propionat ist die begrenzte Futteraufnahme der limitierende Faktor. Steht in der Leber nicht ausreichend Propionat zur Verfügung, werden Aminosäuren aus dem Rohprotein des Futters bzw. der bakteriellen Proteinsynthese oder aus dem Abbau körpereigenen Eiweißes, insbesondere der Skelettmuskulatur (Bell, 1995), herangezogen. Des Weiteren wird aus Triglyceridabbau stammendes Glycerin zur Glukoneogenese genutzt (Drackley, 2004).

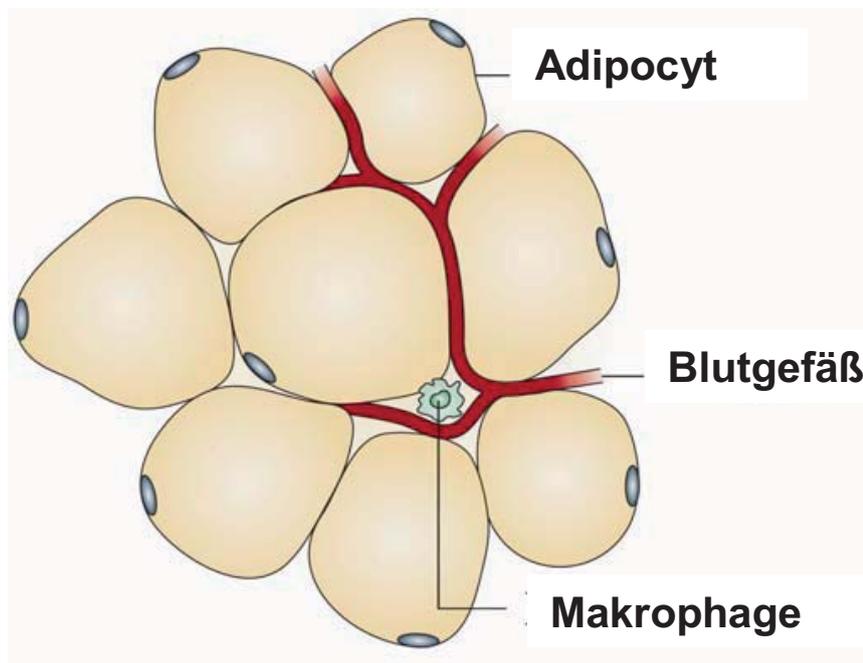
Die Möglichkeit, den Energiebedarf der Milchsynthese zu einem bedeutenden Teil aus der Mobilisation von Körperfettgewebe zu decken, besteht generell bei allen Säugetieren (Vernon & Pond, 1997).

Eine negative Energiebilanz in der TP führt auch bei der Milchkuh dazu, dass sie Körperfett mobilisiert, um dem Energiebedarf der Laktation gerecht werden zu können (Mc Namara, 1994), was den Verlust von bis zu 40 % der körpereigenen Fettreserven herbeiführt und gravierende Veränderungen verschiedenster metabolischer Parameter nach sich ziehen kann. Der peripartale Zeitraum ist neben den Veränderungen im Energiestoffwechsel gekennzeichnet durch komplexe hormonelle Adaptationen der Kuh im Hinblick auf Geburt und Einsetzen der Laktation (Grummer, 1995).

Die TP wird so zu einer kritischen Zeit, deren Verlauf bedeutend für Gesundheit, Milchproduktion und Profitabilität der Milchkuh ist. Die Trockenmasseaufnahme und damit die Nährstoffbereitstellung sind gering, während der Bedarf an Energie ständig steigt, was eine Umverteilung der vorhandenen energieliefernden Nährstoffe und somit eine komplexe Anpassung des Metabolismus der Kuh nötig werden lässt. Ist das Tier nicht in der Lage, in der Kürze der Zeit seinen Energiestoffwechsel an die Bedürfnisse der Syntheseprozesse anzupassen, können metabolische und gesundheitliche Störungen auftreten. Hierin liegen die Gründe für eine höhere Inzidenz zum Beispiel von hypokalzämischer Gebärfähigkeit, Ketose, Labmagenverlagerungen und Mastitis im peripartalen Zeitraum. Auch Retentio secundinarum und sekundäre Metritis können Folgen unzureichender Adaptation des Stoffwechsels in der TP sein (Drackley, 1999), ebenso wie Einbußen in der weiteren Fruchtbarkeitsleistung (Ferguson, 2005).

## 1.2 Fettgewebe und Adipokine

Fettgewebe wurde lange Zeit lediglich als Bindegewebe und Energiespeicher des Körpers angesehen. Untersuchungen der letzten Jahre ergaben jedoch einige weitere wichtige Funktionen des Fettes innerhalb des Körpers und stellen das Fettgewebe als endokrin und immunologisch aktives Gewebe dar (Kershaw et al., 2004). Weißes Fettgewebe besteht aus einer heterogenen Zellpopulation. Den größten Anteil haben die reifen Adipocyten, es finden sich jedoch auch Präadipocyten, Endothelzellen, Fibroblasten, Leukocyten und Makrophagen (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Schematische Darstellung des Fettgewebes (modifiziert nach Tilg & Moschen, 2006)

Fettgewebe sezerniert eine große Anzahl an Stoffen, die sowohl auf physiologische als auch auf pathophysiologische Prozesse Einfluss nehmen. Hierzu zählen sowohl die freien Fettsäuren als auch die Adipokine, das heißt Proteine, die auf autokrinem, parakrinem und endokrinem Wege die unterschiedlichsten Stoffwechselwege (Antuna-Puente et al., 2008) und auch das Immunsystem beeinflussen (Tilg & Moschen, 2006).

Der Begriff Adipokine beschreibt eine Gruppe von Faktoren, die zum größten Teil, wenn auch nicht ausschließlich, vom Fettgewebe sezerniert werden und die, neben zahlreichen anderen Funktionen, sowohl pro- als auch antiinflammatorisch wirken können. Tabelle 1 gibt eine Übersicht der wichtigsten Adipokine und ihrer Hauptfunktionen. Auch Adiponectin gehört zur Gruppe der Adipokine. Verschiedenste weitere Produkte des Fettgewebes wurden charakterisiert und den Adipokinen zugerechnet, einschließlich unterschiedlicher Cytokine und Chemokine wie zum Beispiel Interleukin 6 (IL6) (Tabelle 1). Expression, Sekretion und damit auch die Serumkonzentrationen der Adipokine korrelieren in der Regel positiv mit der Körperfettmasse. Adiponectin bildet die einzige bisher bekannte Ausnahme, die Konzentrationen von Adiponectin nehmen mit steigender Körperfettmasse ab (Nawrocki et al., 2004).