

1 Einleitung

Das Hauptaugenmerk in der modernen Rinderzucht ist auf eine Steigerung der Milchleistung ausgerichtet. Aufgrund ihrer niedrigen Heritabilität ist die züchterische Beeinflußbarkeit der Fruchtbarkeit gering (Hansen et al., 1983). Hohe Milchleistungen gehen mit einem verstärkten Energiedefizit in der Früh lactation einher, woraus eine verschärfte Konkurrenzsituation zwischen den von der wirtschaftlich zu haltenden Milchkuh geforderten Leistungen Milchproduktion, Reproduktion und Allgemeingesundheit resultiert. Der verbindende und limitierende Faktor zwischen diesen Anforderungen ist der Energiebedarf (Staufenbiel, 1992b). In der Folge sind bei Hochleistungskühen eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit sowie Mindererträge durch Fortpflanzungsstörungen zu beobachten. Mehrfach wurde auf den Zusammenhang zwischen hohen Leistungen und schlechten Reproduktionsergebnissen hingewiesen (Spalding et al., 1975; Stevenson u. Britt, 1979; Butler u. Smith, 1989). Allerdings ist ein gutes Management in der Lage, der leistungsbedingten Fruchtbarkeitsdepression effektiv entgegenzuwirken (Laben et al., 1982; Nebel u. McGilliard, 1993). Aufgrund der zentralen Bedeutung des Energiehaushaltes zeichnet sich ein erfolgreiches Management neben einer effizienteren Brunstbeobachtung auch durch die regelmäßig durchgeführte Konditionsbeurteilung aus.

Auch das Verhältnis zwischen Tierarzt und Landwirt ist von diesen erhöhten Anforderungen betroffen. Infolge des sich in den letzten Jahrzehnten stark wandelnden ökonomischen Umfeldes ist ein zunehmender Konzentrationsprozeß mit einer deutlichen Steigerung der Tierzahl pro Betrieb zu beobachten. Im Zuge der damit einhergehenden Aufstallung in großen Gruppen haben sich die Fütterungs- und Haltungsbedingungen grundlegend geändert. Diese Tatsache erfordert neben der Behandlung des Einzeltieres eine verstärkte Konzentration des tierärztlichen Interesses auf die Erhaltung und Förderung der Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Herde.

Unter Praxisbedingungen stellt die Konditionsbeurteilung ein geeignetes Maß zur Beurteilung des Energiestoffwechsels beim Einzeltier, vor allem aber auf Herdenbasis dar. Zumeist kommt die Methode des Body Condition Scoring (BCS) zum Einsatz. Dabei dient die regelmäßige Überprüfung der Körperkondition der Kontrolle des natürlichen Verlustes von Fettreserven in der Früh lactation und ermöglicht eine rechtzeitige Intervention, falls der Abbau die Zielgröße zu überschreiten droht. Weiterhin kann der Wiederaufbau der Energiereserven in der Mittel- und Spätlactation überwacht werden. So wird das Risiko einer Verfettung, vor allem von

Tieren niedriger Leistung bzw. einer Unterkonditionierung solcher Tiere höherer Leistung zum Trockenstellen minimiert. Eine exzessive Körperkondition zum Partus wurde schon früh als Risikofaktor für Gesundheitsprobleme bei Milchkühen (Morrow, 1976) und als ein die Futteraufnahme und Milchleistung negativ beeinflussender Faktor (Garnsworthy u. Topps, 1982) erkannt. Starke Körpermasseverluste wurden mit verminderter Reproduktionsfähigkeit und reduzierter Milchproduktion assoziiert (Garnsworthy u. Topps, 1982).

Mehrfach wurde darauf hingewiesen, daß die an sich hohe Effizienz der Konditionsbeurteilung bezüglich der Quantifizierung der Körperenergiereserven durch die fehlende Verfügbarkeit von Standardkurven für den gesamten Laktationsverlauf eingeschränkt wird (Wildman et al., 1982; Waltner et al., 1993; Gallo et al., 1996). Dabei würden spezifische Vorgaben bezüglich der Beziehungen zwischen der Kondition und unterschiedlichen Produktionsvariablen als Basis für Managemententscheidungen benötigt.

Wenn auch verschiedene Konditionsempfehlungen für bestimmte markante Laktationsabschnitte existieren, so sind diese doch vorwiegend für die Anwendung am Einzeltier bestimmt. Im Rahmen der Bestandsbetreuung ist hingegen eine konkrete Verlaufskurve für jeden Punkt der Laktation notwendig, um Abweichungen in der durchschnittlichen Konditionsentwicklung der Herde beurteilen zu können. Der Großteil der Studien bezieht sich zudem auf kleine Gruppen von Kühen in einer oder wenigen Herden, weshalb die Variabilität unter den Kühen, besonders was die Leistung angeht, limitiert ist (Gallo et al., 1996).

Die Ausprägung der Körperfettdepots kann mit hoher Präzision durch die ultrasonografische Rückenfettdickenmessung beurteilt werden. Gegenüber dem BCS zeichnet sich diese Methode durch ihre Objektivität und bessere quantitative Differenzierbarkeit aus.

Ziel der Arbeit ist es, den Einfluß verschiedener Variablen auf den Konditionsverlauf darzustellen. Weiterhin sollen allgemein anwendbare Referenzwerte für jenen Konditionsbereich vorgelegt werden, der eine hohe Leistung mit guter Fruchtbarkeit und stabiler Gesundheitslage in Einklang zu bringen vermag. Schließlich sollen bereits vorhandene Konditionsempfehlungen sowie die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Konditionsbeurteilung diskutiert werden. Zu diesem Zweck wurde in großen Milchviehbeständen bei vorwiegend schwarzbunten Kühen mittels Ultraschall die Rückenfettdicke gemessen und zu den jeweiligen Milchleistungs-, Fruchtbarkeits- und Gesundheitsdaten in Beziehung gesetzt.

2 Literaturübersicht

2.1 Der Energiestoffwechsel der Milchkuh

2.1.1 Früh- und Mittellaktation

Für die auf hohe Leistung gezüchtete Milchkuh entsteht in den ersten Wochen post partum (p.p.) unausweichlich ein Konflikt zwischen begrenztem Trockensubstanzaufnahmevermögen und sprunghaft steigendem Energiebedarf für Erhaltung und Leistung (Butler u. Smith, 1989; Domecq et al., 1997a). Die im Vergleich zur Futteraufnahme wesentlich stärkere züchterische Beeinflussbarkeit der Milchleistung (Leuthold u. Reinecke, 1987; Oldham et al., 1994) hat diese Kluft noch vergrößert. Bezüglich des Futteraufnahmevermögens sind gravierende Zuchtfortschritte bei weiterer ausschließlicher Selektion auf hohe Milchmengen nicht zu erwarten (Leuthold et al., 1988).

Bei einer Leistung von 35 kg pro Tag benötigt die Kuh dreimal mehr Energie für die Milchproduktion als für die Erhaltung (Butler u. Smith, 1989), wobei erschwerend hinzukommt, daß die Milchleistung ihren Höhepunkt vor der maximalen Futteraufnahme erreicht (Lucy et al., 1991a). Während die Spitzenmilchleistung zwischen der 3. und 7. Woche post partum erreicht wird (Staufenbiel et al., 1989a; Staples et al., 1990; Nebel u. McGilliard, 1993), steuert die Trockensubstanzaufnahme verzögert, etwa 5 bis 11 Wochen p.p. (Staufenbiel et al., 1989a), teilweise erst nach bis zu 16 Wochen (Coppock et al., 1974), ihrem Höhepunkt zu.

Die Folge ist das Abgleiten der Milchkuh in eine Phase der negativen Energiebilanz, wobei unter Energiebilanz die auf der Nettoenergie basierende Aufrechnung der Energieaufnahme gegen den Energiebedarf für Erhaltung und Leistung verstanden wird (Staufenbiel et al., 1989a; Lucy et al., 1991a). Mindestens 80% (Villa-Godoy et al., 1988; Domecq et al., 1997a) bis zu 92% (Coppock et al., 1974) aller Milchkühe durchlaufen in der Früh- und Mittellaktation eine solche Phase negativer Energiebilanz. Dauer und Betrag jedoch sind individuell variabel (Butler et al., 1981). Die Höhe des Defizites kann bis zu -63 MJ/Tag erreichen (Lucy et al., 1991a), in einzelnen Fällen fiel die Bilanz sogar auf -115 MJ/Tag (Bergmann et al., 1999).

In der Früh- und Mittellaktation erlaubt die Mobilisation körpereigener Energiereserven der Milchkuh, das Mißverhältnis zwischen Energieaufnahme über das Futter und Energieabgabe über die Milch auszugleichen (Butler u. Smith, 1989; Gearhart et al., 1990). Energetisch ermöglicht diese Einschmelzung von Körperreserven über 30 Prozent der Milchproduktion im ersten

Laktationsmonat (Bauman u. Currie, 1980; Bines u. Hart, 1982), wobei der Abbau so lange voranschreitet, bis die Milchleistung auf unter 80 Prozent des Maximalwertes gefallen ist (Bauman u. Currie, 1980). Die Dauer der negativen Energiebilanz mit Mobilisation von Körperreserven wird durchschnittlich mit etwa 8 Wochen (Boisclair et al., 1986; Berghorn et al., 1988; Staples et al., 1990, Domecq et al., 1997a) angegeben, bei Variation der Angaben von 5 Wochen (Stevenson u. Britt, 1979) bis zu 14 Wochen (Gallo et al., 1996). Nach Untersuchungen von Pedron et al. (1993) ist der Zeitpunkt der Bilanzumkehr abhängig vom Body Condition Score (BCS) zum Kalbezeitpunkt und verschiebt sich von 10 Wochen bei BCS 3,0 auf 12 Wochen bei BCS 4,0. Als Richtwert kann gelten, daß in der Früh-laktation ungefähr 10% der Körpermasse abgebaut werden (Staufenbiel et al., 1987).

Die Früh-laktation ist nicht nur in Bezug auf die Milchleistung eine kritische Phase, hier werden der Kuh auch bedeutende Fruchtbarkeitsleistungen abverlangt. Die Puerperalphase mit Rückbildung und Reinigung des Uterus ist ebenso zu bewältigen wie das Wiederanlaufen der Ovar-tätigkeit und nach Besamung die erneute Konzeption (Staufenbiel et al., 1991). Weiterhin ist die Kuh in der Puerperalphase aufgrund des hochgradig belasteten Stoffwechsels anfällig für die Entstehung von Krankheiten (Schilling, 1976). Daraus ergibt sich, daß die von der wirtschaftlich zu haltenden Kuh geforderten Leistungen Milchproduktion, Fruchtbarkeit und Gesundheit sowie bei Jungkühen zusätzlich das Wachstum in einer Konkurrenzbeziehung zueinander stehen (Schilling, 1976; Staufenbiel et al., 1991). Allen Leistungen gemeinsam ist der Bedarf an Energie, weshalb der Energie- und Fettstoffwechsel ein geeignetes Maß ist, um die Umsetzbarkeit der an die Kuh gestellten Forderungen zu beurteilen (Staufenbiel et al., 1991).

Der energetische Mangelzustand führt zu einer kompensatorischen Reaktion, auch als Homeo-rhese bezeichnet (Bauman u. Currie, 1980), in die das Fettgewebe (verstärkte Lipolyse), die Leber (verstärkte Glukoneogenese und Glykogenolyse), die Muskulatur (Mobilisation von Proteinreserven), der Knochen (Mineralmobilisation) und der Gastrointestinaltrakt (erhöhte Kapazität und Aktivität) einbezogen werden (Lucy et al., 1991a).

Mit der Mobilisation von 50 bis 60 kg Fett in der Früh-laktation (Smith u. McNamara, 1990) bildet das Fettgewebe quantitativ gesehen das wichtigste Energiespeichersystem (Pedron et al., 1993). Körperprotein und Leberglykogen spielen eine untergeordnete Rolle (Soderholm et al., 1986; Staufenbiel et al., 1991). Dementsprechend fanden Holter et al. (1990) eine Unabhängigkeit der Körperproteinbilanz sowohl vom Laktationsstadium als auch von der Körperkondition. Obwohl der Proteinabbau lediglich den Energiebedarf für eine relativ geringe

Milchmenge zu decken vermag, ist er doch von erheblicher Bedeutung für die Glukoneogenese aus Aminosäuren (Rossow et al., 1994).

Das Fettgewebe bietet einen geeigneten Maßstab für die Beurteilung des Energiehaushaltes der Milchkuh, da das mobilisierte Körperfett näherungsweise dem fehlenden Energiebetrag für Milchproduktion und Erhaltung entspricht (Waltner et al., 1993). Da die Körperkondition eine Funktion von Energieaufnahme, Synthese und Mobilisation von Körperfett sowie Synthese und Abgabe von Milchfett über die Zeit darstellt, reflektiert sie die Integration dieser Effekte auf den Energiestatus der Milchkuh.

Die metabolischen Anpassungsprozesse und der Wechsel zur katabolen Stoffwechsellage beginnen etwa 30 Tage ante partum (a.p.) und steigern sich dramatisch nach der Kalbung (McNamara, 1991). Diese Adaptationen betreffen nicht isolierte biochemische Prozesse, sondern umfassen eine weitgehende Neuorganisation der zellulären Struktur und Funktion der Adipozyten. Als Resultat dessen kommt es zu einer Abnahme der Veresterung von Fettsäuren und somit der Lipogenese bei gleichzeitig verstärkter Lipolyse mit Freisetzung von freien Fettsäuren (FFS) und Glyzerol (Pedron et al., 1993).

Die Ansprechbarkeit der lipolytischen Systeme für Hormone und Neurotransmitter nimmt in der Früh- und Mittellaktation mit steigender Leistung zu (McNamara, 1991). Neben einer Abnahme der Insulinrezeptordichte am Adipozyten erhöht sich die Reaktivität der Gewebe auf Catecholamine, die an β -adrenerge Rezeptoren binden und eine Erhöhung der Konzentration des zyklischen Adenosinmonophosphates (cAMP) bewirken. Die Folge ist eine Aktivitätssteigerung der cAMP-abhängigen Proteinkinase mit verstärkter Phosphorylierung der Hormon-Sensitiven Lipase (HSL), welche eine Steigerung der Lipolyserate bewirkt (McNamara, 1991). Ihre Aktivität erreicht oft das fünffache präpartaler Werte um den 60. Laktationstag, fällt danach bis zum 120. Tag auf den zweifachen Wert, weist aber häufig noch bis zum 240. Tag p.p. erhöhte Spiegel auf (Smith u. McNamara, 1990; McNamara, 1991).

Parallel zum Anstieg der Lipolyserate kommt es ab 30 bis 15 Tagen a.p. zu einer Abnahme der Lipogenese (McNamara, 1991), unter anderem durch eine reduzierte Aufnahme von Lipiden in die Fettzelle über die Lipoproteinlipase (LPL) (Shirley et al., 1973). Die Reveresterungsrate erreicht ihren Tiefpunkt etwa 30 Tage p.p. (Metz u. Van den Bergh, 1977; McNamara u. Hillers, 1986a) und mit ihr der Nettoflux von FFS aus dem Fettgewebe sein Maximum. Bezüglich des Wiederanstieges der Lipogenese wird als Zeitpunkt das Erreichen der energetischen Nullbilanz (McNamara, 1991) bzw. etwa der 60. Laktationstag (McNamara u.

Hillers, 1986a) genannt, wobei die Syntheserate in der Spätlaktation auf das 10 bis 40-fache präpartaler Werte ansteigt (McNamara u. Hillers, 1986a).

Die Lipolyse jedoch bleibt weit über diesen Zeitraum hinaus erhöht, da sie weiterhin unter hormonaler Kontrolle über cAMP stimuliert wird. Hierbei besteht eine starke Korrelation zwischen der Lipolyserate, repräsentiert durch die Konzentration an FFS, und der Höhe der negativen Energiebilanz (McNamara, 1991). Als kontrollierende Mediatoren werden vermindertes Insulin, erhöhtes Somatotropin, Adrenalin, Noradrenalin und Schilddrüsenhormone genannt. Weiteren Einfluß haben die Konzentrationen der bei der Lipolyse anfallenden Metaboliten selbst, Glukagon, Prolaktin, Östrogen, Progesteron, Glukokortikoide und eventuell Adenosin (McNamara, 1991). Die Selektion auf hohe Leistung hat zu einer Erhöhung der Blutkonzentrationen von Somatotropin und Prolaktin bei gleichzeitiger Abnahme derer von Insulin geführt (Nebel u. McGilliard, 1993). Da Lipidsynthese und Lipidmobilisation reziproke Vorgänge im Adipozyten darstellen, beeinflussen die meisten Mediatoren sowohl anabole als auch katabole Prozesse sowie durch Modulation der Rezeptorenzahl ihre Wirksamkeit gegenseitig (Bauman u. Currie, 1980). Gemeinsam resultieren die verschiedenen Wirkungen jeweils in einer akuten oder chronischen Veränderung der intrazellulären cAMP-Konzentration (McNamara, 1991).

Die Komplexität der Regulation zeigt, daß der Metabolismus des Fettgewebes im Zeitraum zwischen 30 und 180 Tagen p.p. höchst variabel und stark abhängig von Energieaufnahme und -abgabe ist (McNamara, 1991). Das Ergebnis ist jedoch stets ein vermindertes Insulin:Glukagon-Verhältnis in der Frühaktation mit niedrigen Blutglukosespiegeln und einem unterschiedlich starken Anstieg der FFS im Blut. Die Höhe dieses Anstieges ist von entscheidender Bedeutung für die Entstehung metabolischer, reproduktiver und infektiöser Störungen in der Frühaktation (Dyk et al., 1995; Rukkwamsuk et al., 1999).

Das morphologische Substrat der beschriebenen Verschiebungen zwischen Lipolyse und Lipogenese ist die Adipozytengröße, welche in der Frühaktation in Abhängigkeit von der Energiebilanz um bis zu 63% abnimmt und mit der Regeneration der Körperfettreserven wieder zunimmt (Smith u. McNamara, 1990). Die Wiederherstellung der ursprünglichen Größe erfolgt in Abhängigkeit von der Energieverfügbarkeit und der genetisch determinierten Leistungsfähigkeit zwischen dem 120. und 240. Laktationstag (McNamara, 1991).

Die Lipogeneserate ist in hohem Maße von der Energieaufnahme abhängig, während der Energieverlust über die Milch ebenfalls, allerdings in geringerem Maße, von Bedeutung ist (McNamara, 1991). Laut Villa-Godoy et al. (1988) wird auch die Energiebilanz selbst stärker

durch die Energieaufnahme beeinflusst als durch die Milchleistung weshalb der Futteraufnahme größte Bedeutung beizumessen ist. So kann schon die Optimierung von Futtermanagement und -hygiene durch Förderung einer maximalen und gleichmäßigen Trockensubstanzaufnahme zu einer Verminderung des postpartalen Krankheitsrisikos beitragen (Cameron et al., 1998).

In der Trockenperiode angelegte exzessive Körperfettreserven beeinflussen die Futteraufnahme in der Frühlaktation negativ und führen zu einer verstärkten Ausprägung der negativen Energiebilanz (Garnsworthy u. Topps, 1982; Bines u. Morant, 1983; Villa-Godoy et al., 1990; Ferguson u. Sniffen, 1991b; Rukkwamsuk et al., 1999). Dieser Effekt kann sich bis zur 20. Laktationswoche auswirken (Garnsworthy u. Jones, 1987), bedingt durch den depressiven Effekt einer intensiven Lipolyserate auf die Futteraufnahme (Staufenbiel et al., 1991). Andere Untersucher konnten jedoch keine Beziehungen zwischen der postpartalen Futteraufnahme und der Kondition zum Kalbezeitpunkt feststellen (Fronk et al., 1980; Johnson u. Otterby, 1981; Boisclair et al., 1986).

Für eine Interaktion zwischen Kondition und Futteraufnahme spricht der stärkere Verlust an Fettgewebe bei Kühen höherer Konditionsnoten (Holter et al., 1990; Pedron et al., 1993) sowie höhere FFS-Konzentrationen in Verbindung mit niedrigeren Insulinkonzentrationen bei diesen Tieren. Die genauen Ursachen für den zurückgehenden Appetit sind nicht bekannt (Rukkwamsuk et al., 1999). Vermutlich wird die Futteraufnahme unter anderem durch die Konzentrationen bestimmter Metaboliten, besonders derer von Acetat im Pansen und Propionat in der Leber, reguliert. Weniger fette Tiere tolerieren offensichtlich höhere Konzentrationen dieser Metaboliten und weisen gleichzeitig höhere Utilisationsraten bei höheren postprandialen Insulinspiegeln auf (Bines u. Morant, 1983). Neuerdings wird Leptin, ein von Adipozyten synthetisiertes 16-kDa-Protein, als regulatorische Komponente diskutiert (Houseknecht et al., 1998).

Im Gegensatz zur Futteraufnahme sind die Glukosekonzentrationen weitgehend unabhängig vom BCS zum Kalbezeitpunkt, was auf die Tendenz der Kuh einen relativ konstanten Blutglukosespiegel aufrechtzuerhalten zurückgeführt werden kann (Pedron et al., 1993).

2.1.2 Spätlaktation

Manager leistungsbetonter Herden sind sich in der Regel der Notwendigkeit bewußt, die Energiereserven der Kuh vor dem Trockenstellen und der neuen Laktation wieder in ausreichendem Maße aufzufüllen. Dieses Bewußtsein kann dazu führen, daß einige Kühe zum Zeitpunkt des Trockenstellens überkonditioniert sind (Gearhart et al., 1990).

Die Verwendung hochenergetischer Futtermittel in Milchkuhrationen hat sich in den letzten Jahren durchgesetzt, größere Tierzahlen und die Entwicklung von Totalen Mischrationen (TMR) ermöglichten die Fütterung von Kühen in großen Gruppen. Unter diesen Bedingungen wurde die Verfütterung von Rationen hoher Energiedichte oft in die Spätlaktation und Trockenperiode ausgedehnt, was in einer Überkonditionierung zum Partus resultierte (Fronk et al., 1980). Auf dieser Grundlage zeigten Boisclair et al. (1986), daß Kühe nicht in der Lage waren, ihre Energieaufnahme zu regulieren, wenn ihnen hochenergetische Futtermittel angeboten wurden.

Fehlende Futterrestriktion bei sinkender Milchproduktion prädisponiert Kühe ebenso zur Verfettung wie eine verlängerte Trockenperiode aufgrund von geringer Laktationsleistung in der Spätlaktation oder Fertilitätsproblemen in der Frühaktation (Morrow, 1976; Gearhart et al., 1990). Durch regelmäßige Konditionsbeurteilung sollte bereits in der Spätlaktation eine exzessive Lipogenese erkannt und kontrolliert werden, um Stoffwechselstörungen im peripartalen Zeitraum vorzubeugen (Wildman et al., 1982).

2.1.3 Trockenperiode

In den ersten 7 Monaten hat der Fetus lediglich etwa 40% seiner Geburtsmasse erreicht (Bauman u. Currie, 1980). Während der Energiebedarf für Erhaltung und Gravidität im letzten Trächtigkeitsmonat um 23% ansteigt (Moe u. Tyrrell, 1972), nimmt gleichzeitig die Futteraufnahme um etwa 30% ab (Bertics et al., 1992; Grummer, 1993). Außerdem ist zu beobachten, daß der energetische Wirkungsgrad für den Zuwachs der Konzeptionsprodukte nur etwa 25% beträgt im Vergleich zu 50-60% für die nichtreproduktive Körpermassezunahme und 75% für die Erhaltung (Moe u. Tyrrell, 1972). Somit ist die Effektivität des Körpermasseaufbaus, also der Bildung von Energiereserven bei laktierenden Kühen größer als in der Trockenperiode (Wildman et al., 1982; Gearhart et al., 1990). Dieser sollte deshalb zum Zeitpunkt des

Trockenstellens weitgehend abgeschlossen sein. Generell wird eine Trockenphase von mindestens 50 (Sørensen u. Enevoldsen, 1991) bis 60 (Bauman u. Currie, 1980) Tagen gefordert.

Aus einer intensiven Fütterung in der Trockenphase mit der Intention reichlich Nährstoffreserven anzulegen, resultieren Störungen im intermediären Stoffwechsel, die durch übermäßige Bildung von Ketonkörpern und durch Überfunktion der Nebennierenrinde gekennzeichnet sind. Diese Vorgänge sind ursächlich für eine Verzögerung der Rückbildung des Uterus und des Wiedereinsetzens der zyklischen Ovaraktivität sowie ein vermehrtes Auftreten von Follikelzysten, Stillbrünstigkeit und Azyklie anzusehen (Schilling, 1976). Dementsprechend wurde für die Trockenphase eine energierestrictive Fütterung von etwa 50MJ NEL/Tag, ab 3 Wochen a.p. ansteigend auf 56 MJ NEL/Tag, gefordert (Meyer et al., 1993). Bei einer Trockensubstanzaufnahme von 10-11 kg bzw. 9-10 kg (Meyer et al., 1993) entspricht dies einer vom National Research Council (NRC, 1989) empfohlenen Energiedichte der Ration von 5,2 MJ NEL/kg TS in der frühen Trockenphase, ab drei Wochen a.p. ansteigend auf 6,0 MJ NEL/kg TS bei drei kg Konzentratfutter.

Neuere Untersuchungen weisen darauf hin, daß diese Werte den Energiebedarf in der Spätträchtigkeit unterschätzen (Grummer, 1993; Cameron et al., 1998; Vandehaar et al., 1999). Demnach verursacht eine unzureichende Energieaufnahme bereits a.p. die Mobilisation von Körperfettreserven mit einem Anstieg der FFS im Plasma und in ausgeprägten Fällen einer Leberverfettung (Grummer, 1993). Diese wiederum verringert die glukogene Kapazität der Hepatozyten (Cadorniga-Valino et al., 1997) und prädisponiert die Kuh für das Auftreten postpartaler metabolischer Krankheiten. Weiterhin stellt ein erhöhter FFS-Spiegel einen Risikofaktor für das Auftreten von Wehenschwäche, Nachgeburtsverhaltung, Ketose, Labmagenverlagerung und Mastitis im peripartalen Zeitraum dar (Dyk et al., 1995; Vandehaar et al., 1999). Eine Erhöhung der Energiedichte in den letzten drei Wochen a.p. auf 6,7 bis 6,9 MJ NEL/kg TS bewirkt eine gesteigerte Futterraufnahme und Zunahme der Rückenfettdicke (RFD) bei geringerer Ausprägung der negativen Energiebilanz (Cameron et al., 1998; Vandehaar et al., 1999). Gleichzeitig werden der plasmatische FFS-Spiegel und der Triglyceridgehalt der Leber zum Kalbezeitpunkt gesenkt (Vandehaar et al., 1999) sowie die Inzidenz peripartaler Erkrankungen vermindert (Cameron et al., 1998). Die Zeit bis zur ersten Ovulation, die Milchleistung und die postpartale Konditionsänderung werden durch die energiedichtere Ration nicht beeinflusst (Vandehaar et al., 1999).

Zu bedenken bleibt, daß energiedichte Rationen unter bestimmten Bedingungen die Futteraufnahme auch negativ beeinflussen können (Coppock et al., 1972; NRC, 1989). In jedem Fall dürfen hochenergetische Rationen nicht wesentlich früher als 25 Tage a.p. gefüttert werden (Grummer et al., 1995, Grum et al., 1996), da dies die Wahrscheinlichkeit einer Leberlipidose erhöht (Vandehaar et al., 1999). Der optimale Zeitpunkt ist noch zu ermitteln. Um ein Verfetten der Kühe durch energiedichte Rationen zu vermeiden, kann eine geringere Kondition zum Trockenstellen anvisiert und eine mäßige Zunahme in der Trockenperiode toleriert werden (Vandehaar et al., 1999). Bei zum Trockenstellen aufgrund hoher Leistung unterkonditionierten Kühen ist eine entsprechende Zunahme überdies notwendig, um peripartale Gesundheitsstörungen zu vermeiden und eine hohe Milchleistung zu ermöglichen (Grum et al., 1996; Domecq et al., 1997a). Andere Studien berichten von einem Anstieg der Ketoseinzidenz bedingt durch eine Zunahme der Kühe in der Trockenperiode (Correa et al., 1990). Hier muß jedoch stets in die Überlegungen einbezogen werden, ob es sich um überkonditionierte Tiere handelt (Grum et al., 1996). Eine Überkonditionierung der Trockensteher ist in jedem Fall zu vermeiden, da dies zu einem vermehrten postpartalen Fettabbau bei erhöhten Leberfettgehalten und verstärkter Inzidenz peripartaler Erkrankungen führt (Fronk et al., 1980). Ebenso zu unterlassen ist eine Korrekturfütterung nach unten, die zum Zeitpunkt des Trockenstellens überkonditionierte Kühe in eine angemessene Kondition zum Kalbezeitpunkt bringen soll. Solche Tiere, die in der Trockenperiode an Kondition verlieren, reagieren mit erhöhter Sterblichkeit und postpartalen Komplikationen (Gearhart et al., 1990). Idealerweise sollen BCS zum Trockenstellen und Kalbezeitpunkt gleich sein (Wildman et al., 1982; Edmonson et al., 1989; NRC, 1989; Gearhart et al., 1990; Staufenbiel et al., 1991).

2.2 Methoden der Konditionsbeurteilung

Die Konditionsbeurteilung beruht auf einer subjektiven Bewertung des durch die Energiebilanz geprägten äußeren Erscheinungsbildes. Eine exakte Bestimmung der Energiebilanz ist nur mit Hilfe der Kalorimetrie in Stoffwechselkammern möglich (van Es u. Boekholt, 1987). Ebenfalls hohen Informationsgehalt besitzt die Ermittlung der Körperzusammensetzung über die Gesamtkörperwasserbestimmung mit Phenazon[®] bzw. Deuteriumoxid (Andrew et al., 1995; Klawuhn u. Staufenbiel, 1997b). Diese Verfahren sind jedoch unter Praxisbedingungen nicht einsetzbar. In der Bestandsbetreuung stehen zur Beurteilung der Dynamik der Körperenergie-depots grundsätzlich drei Methoden zur Verfügung, nämlich die Lebendmasse-Wägung, die Messung der Rückenfettdicke (RFD) und das Body Condition Scoring (BCS).

2.2.1 Lebendmasse-Wägung

Die Betrachtung der Lebendmasse bringt den Vorteil mit sich, Masseveränderungen sowohl der Protein- als auch der Fettreserven erfassen zu können. Andererseits ist diese Methode mit den folgenden Nachteilen behaftet (Moe u. Tyrrell, 1972; Boisclair et al., 1986; Ruegg, 1991; Staufenbiel et al., 1993):

Die relativen Anteile von Protein, Fett und Wasser und somit auch der Energiegehalt pro kg Lebendmasse verändern sich sowohl beim wachsenden als auch beim adulten Rind und unterliegen somit einer großen Variation. Wird Körpersubstanz abgebaut, so kann, besonders in der Früh-laktation, ein partieller Masseersatz durch Wassereinlagerung in das Gewebe erfolgen. Infolgedessen kann die mobilisierte Fettmenge größer sein als der meßbare Verlust an Lebendmasse. Andererseits kann auch eine Energieeinlagerung unter Wasserverdrängung stattfinden, was für die Mittel- und Spät-laktation von Bedeutung ist. Überdies wird die Aussage der Lebendmasse-Wägung durch veränderliche Füllungszustände des Verdauungsapparates, wechselnde Organmassen sowie durch das sich ändernde Gewicht der Konzeptionsprodukte verfälscht. Somit erlaubt dieses Verfahren keine objektive Aussage über die Mobilisation bzw. die Einlagerung von Energie. Darüber hinaus muß ihr Wert immer in Relation zur Rahmengröße gesehen werden, da ansonsten beispielsweise ein großes, mageres nicht von einem kleinen, verfetteten Tier zu unterscheiden wäre.

Unter Praxisbedingungen findet man demzufolge keine oder nur sehr geringe Korrelationen sowohl zwischen der Körperkonditionsnote (BCS) und dem Körpergewicht (Wildman et al.; 1982) als auch zwischen der Lebendmasseänderung und der Entwicklung der Kondition (Ferguson et al., 1991a).

2.2.2 Messung der Rückenfettdicke

Als Rückenfettdicke (RFD) wird die Stärke der subkutanen Fettauflage bezeichnet, die von der Haut und der direkt dem M. gluteus medius bzw. M. longissimus dorsi aufliegenden Fascia trunci profunda begrenzt wird (Staufenbiel, 1997). Im Bereich der Meßtechnik stehen drei Verfahren zur Verfügung: Die elektrische Nadelsondenmethode, die mechanische Nadelsondenmethode und die Ultraschallmethode. Die Nadelsondenmethode, insbesondere die mechanische, verbindet den Vorteil eines geringen gerätetechnischen Aufwandes mit einer hohen Meßgenauigkeit. Gleichzeitig besteht jedoch der erhebliche Nachteil der Notwendigkeit des Durchstechens der Haut (Staufenbiel, 1992b).

Die Ultraschallmethode zeichnet sich dadurch aus, daß sie mit einem geringen Zeitaufwand für das Einzeltier verbunden, nicht invasiv und schnell erlernbar ist. Zum Einsatz kommen B-Bild-Geräte mit Linearscanner (5,0 bis 7,5 MHz) bei direkter Ankopplung des Schallkopfes an die Hautoberfläche unter Verwendung von verdünntem Alkohol (Cimbal, 1990). Dabei werden die ausgesandten Schallwellen an Grenzflächen, in diesem Falle zwischen Fettgewebe, Faszie und Muskulatur, reflektiert (Houghton u. Turlington, 1992).

Nach Prüfung der gesamten Rückenregion hat sich laut Staufenbiel (1992b) für die Messung der sakrale Meßpunkt bewährt, welcher sich auf der Verbindungslinie zwischen dem dorsalen Teil des Tuber ischiadicum und dem oberen Bereich des Tuber coxae befindet, und zwar zwischen dem caudalen Viertel und dem caudalen Fünftel der Gesamtstrecke. Diesem Befund entsprechend fanden auch Domecq et al. (1995) die höchsten Übereinstimmungen zwischen BCS und RFD im Kruppenbereich, nämlich zwischen Hüft- und Sitzbeinhöcker etwa zwei bis drei Zentimeter oberhalb des Trochanter major femoris. Da sich dabei die entsprechenden Meßwerte beider Seiten weitgehend deckten, wurde die Untersuchung jeweils einer Körperseite pro Tier als ausreichend angesehen.

Als mögliche Fehlerquellen bei der Messung kommen die Positionierung des Schallkopfes und dessen Winkel im Bezug zur Körperoberfläche sowie die Dicke des Haarkleides in Betracht

(Faulkner et al., 1990; Houghton u. Turlington, 1992). Domecq et al. (1995) geben weiterhin zu bedenken, daß die subkutane Fettauflage an einer bestimmten Stelle nicht uniform ist.

Bezüglich der Aussagekraft der Methode ergaben sich zwischen Ultraschallmessungen und Schlachtbefunden an Fleischrindern hohe Übereinstimmungen (Faulkner et al., 1990; Houghton u. Turlington, 1992). Weiterhin wurden zwischen der RFD und dem relativen Körperfettgehalt hochsignifikante Korrelationen gefunden ($r = 0,9$), wobei weder der Füllungszustand des Verdauungstraktes noch die Konzeptionsprodukte oder die Rahmengröße den Wert beeinflussen (Staufenbiel, 1992b). Neben Unterschieden in der individuellen Fettverteilung im Tierkörper zeigte sich jedoch, daß Tiere mit einer niedrigen Lebendmasse bei gleichem Meßwert über einen höheren relativen Körperfettgehalt verfügten (Staufenbiel, 1992b).

Nach Untersuchungen von Staufenbiel et al. (1993) entspricht 1 mm RFD-Änderung einer Zu- bzw. Abnahme des Körperfettgehaltes um ca. 0,75% und damit absolut etwa 5 kg Körperfett bzw. 200 MJ Nettoenergie. Somit ist eine objektive Maßzahl gefunden, die als einzelner Wert unabhängig von Alter, Laktationszahl und Rahmengröße die Kondition der Kuh widerspiegelt. Eine Ausnahme stellen lediglich Kühe in sehr schlechter Kondition dar. Da bei solchen Tieren die Proteinmobilisation an Bedeutung zunimmt, welche durch die RFD-Messung nicht erfaßt wird, besitzt in diesen Fällen die Lebendmasse-Wägung die bessere Aussagekraft und kann hier ergänzend herangezogen werden (Staufenbiel et al., 1993).

2.2.3 Body Condition Scoring

Die Methode des Body Condition Scoring (BCS) basiert auf einer subjektiven Schätzung der metabolisierbaren Energiereserven im Fettgewebe. Deren Ermittlung erfolgt durch visuelle und/oder palpatorische Bewertung des Tierkörpers an vorgegebenen Stellen, wobei das Urteil neben dem Fettansatz auch durch die Bemuskelung geprägt wird (Staufenbiel et al., 1991).

Ursprünglich für die Beurteilung von Mutterschafen entwickelt (Jefferies, 1961), wurde das BCS an die Anwendung beim Fleisch- (Lowman et al., 1976) und später beim Milchrind (Mulvany, 1981) adaptiert. Im Laufe der Zeit entstanden daraus zahlreiche regional unterschiedliche Methoden und Techniken. Die Benotungen bewegten sich dabei je nach System zwischen 0 und 12, wobei generell niedrige Scores magere und hohe Scores verfettete Tiere repräsentierten (Edmonson et al., 1989). In den USA hat sich schließlich die Bewertung nach einem 5-Punkte-Schema durchgesetzt, welches nach mehrmaliger Modifikation in seiner aktuellen Form weltweite Verbreitung gefunden hat.

Bei dem von Wildman et al. (1982) entwickelten Verfahren wurden Rücken und Hinterviertel einer subjektiven palpatorischen und visuellen Beurteilung unterzogen. Einbezogen wurden thorakale und lumbale Wirbelsäule, Dornfortsätze der Lendenwirbel, Schwanzwurzel, Kreuzbein und Sitzbeinhöcker. Die Bewertung erfolgte durch Vergabe der Konditionsnoten eins (kachektisch) bis fünf (stark verfettet).

Edmonson et al. (1989) griffen dieses System auf, propagierten aufgrund einfacherer Durchführbarkeit aber eine aus Australien und Neuseeland übernommene, rein visuelle Beurteilung. Dabei wurden acht verschiedene Körperregionen untersucht und getrennt bewertet, wobei die markanten Körperstellen von den Spinal- und Transversalfortsätze der Lenden- und Schwanzwirbel, den Hüfthöckern, den Sitzbeinhöckern und der Fossa ischiorectalis gebildet wurden. Die Bewertungsskala erstreckte sich ebenfalls von eins bis fünf.

Ferguson et al. (1994) untersuchten und analysierten diese beiden Methoden und schlugen ein einheitliches Verfahren vor, das zur Klärung und Erweiterung der Einsetzbarkeit der Methode entscheidend beitrug (Domecq et al., 1995). Dieses System basierte auf der Beurteilung von sieben verschiedenen Körperregionen, wobei sowohl visuelle als auch palpatorische Bewertungen erlaubt waren. Die Bonitur erfolgte auf einer Skala von eins bis fünf, wobei jede Konditionsnote nochmals in halbe Punkte, für die Konditionsnoten 2,5 bis 4,0 auch in Viertelpunkte unterteilt wurde. Aufgrund der subjektiven Natur des BCS wurden von Beratungsverbänden und Industrie Diagramme, Tafeln und Bilder entwickelt, um spezifische Charakteristika der Konditionsnoten zu definieren und so für Vergleichbarkeit zu sorgen.

Auf dieser Grundlage basieren auch die in den letzten Jahren im deutschsprachigen Raum propagierten Methoden des BCS (Heuwieser u. Bergmann, 1996). Dabei wird vom erfahrenen Untersucher visuell, vom Anfänger und zur Eigenkontrolle auch palpatorisch beurteilt.

Unabhängig vom gewählten Verfahren waren Subjektivität, Wiederholbarkeit und Genauigkeit des BCS Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Studien in Großbritannien untersuchten die Beziehung zwischen BCS und per Ultraschalluntersuchung gemessener subkutaner Fettdicke an der neunten bis elften Rippe (Neilson et al., 1983; Garnsworthy u. Jones, 1987), wobei Korrelationen von 0,59 bis 0,81 gefunden wurden. Die Beurteilung der Fettauflage im Rippenbereich spielt jedoch bei den gängigen BCS keine Rolle.

Aus diesem Grund analysierten Domecq et al. (1995) die Beziehungen zwischen BCS und Ultraschallbildern der Fettauflage an solchen Stellen, die beim BCS von Bedeutung sind, nämlich der Lendenwirbel-, Kruppen- und Schwanzwurzelregion. Diese Untersuchungen bescheinigten dem BCS eine hinreichende Genauigkeit, denn die Beziehung zwischen BCS und

Ultraschallbefunden war über die gesamte Studie und unabhängig vom Untersucher statistisch signifikant. Zu beachten ist allerdings, daß die Quantifizierbarkeit von Konditionsänderungen nicht geprüft wurde und daß lediglich 50 Kühe eines Betriebes in die Analyse gingen.

Die Kontinuität und Wiederholbarkeit des BCS bei einzelnen und zwischen verschiedenen scorenden Personen ermittelten Edmonson et al. (1989) und fanden eine hohe Übereinstimmung. Die Variabilität der Ergebnisse war bei Verwendung der von ihnen entwickelten Konditionskarte weitgehend unabhängig vom Grad der Erfahrung des Schätzers, befähigte also auch den Anfänger, mit ausreichender Präzision zu scoren.

Bezüglich der von verschiedenen Untersuchern ermittelten BCS-Werte beschrieben Ferguson et al. (1994) Korrelationen zwischen 0,76 und 0,86, wobei sich hier eine Abhängigkeit der Schätzgenauigkeit vom Trainingszustand herausstellte. In 58 bis 67% der Fälle stimmten die Beobachtungen überein, in 21 bis 34% ergaben sich Abweichungen von 0,25 Einheiten. Schwächen zeigte das System hinsichtlich der Beurteilung der Konditionsdynamik. Veränderungen von 0,25 Einheiten bei zwei aufeinanderfolgenden Bewertungen konnten von gleichen Untersuchern nicht sicher erkannt werden.

Gearhart et al. (1990) bescheinigten dem BCS sogar eine Übereinstimmung der Ergebnisse von 94 bis 97% bei einzelnen bzw. verschiedenen Untersuchern. Wie bei sämtlichen Angaben zum BCS ist dabei jedoch zu berücksichtigen, auf welcher Grundlage diese Aussagen basieren. In der genannten Studie wurde eine Abweichung von einer Dritteinheit auf einer 5-Punkte-Skala nach oben oder unten noch als Übereinstimmung bezeichnet. Legt man die in Tab.1 dargestellten Fakten zugrunde, so kommt man zu dem Ergebnis, daß eine solche Betrachtungsweise eine maximale Abweichung von sechs bis sieben Millimetern RFD toleriert.

2.2.4 Vergleich und Anwendbarkeit der verschiedenen Methoden

Da beim Body Condition Scoring der Beurteilungsmaßstab im wesentlichen durch die Ausprägung der sichtbaren Fettdepots bestimmt wird, werden enge Korrelationen zwischen der Konditionsnote und der subkutanen Fettauflage und somit auch der Rückenfettdicke gefunden (Gresham et al., 1986; Garnsworthy u. Jones, 1987).

Laut Otto et al. (1991) ist ein BCS-Verlust von einer Einheit mit einem durchschnittlichen Lebendmasseverlust von 56 kg gleichzusetzen. Geht man unter Berücksichtigung der generellen Nachteile der Lebendmassewägung davon aus, daß der überwiegende Anteil der Masseabnahme durch die Mobilisation von Körperfett bedingt ist, läßt sich das BCS-System zu

der RFD-Messung in Beziehung setzen. Da 1mm RFD mit einem Äquivalent von etwa 5 kg Körperfett korrespondiert (Klawuhn u. Staufenbiel, 1997a), entspricht eine BCS-Einheit ungefähr 10 mm RFD (vgl. Tab.1).

Tab.1: Beurteilung der Körperkondition verbal, mittels BCS und RFD (Staufenbiel, 1997)

Verbal	BCS	RFD (mm)	Körperfettgehalt (kg)
kachektisch	1,0	< 5	< 50
sehr schlecht	1,5	5	50
schlecht	2,0	10	76
mäßig	2,5	15	98
gut	3,0	20	122
sehr gut	3,5	25	146
fett	4,0	30	170
verfettet	4,5	35	194
adipös	5,0	> 35	> 194

Insbesondere unter Laufstallbedingungen liegt der Vorteil des BCS in der einfachen Methodik und hohen Praktikabilität. Somit stellt das Verfahren ein geeignetes Werkzeug dar, um im Rahmen des Herdenmanagements den Versorgungsstatus der Kühe einer Herde zu bestimmen (Hady et al., 1994b). Domecq et al. (1997b) empfehlen die routinemäßige Kontrolle zum Trockenstellen, zum Partus und in der Früh-laktation, während Heuwieser und Bergmann (1996) generell fünf Bewertungen pro Laktation vorschlagen: Beim Abkalben, jeweils einmal in der frühen, mittleren und späten Laktation sowie beim Trockenstellen.

Im Rahmen der Bestandsbetreuung erwies sich laut Hady et al. (1994a) eine Beurteilung in 30-tägigen Intervallen als sinnvoll. Um die Dynamik der Körperreserven beurteilen zu können, wurden die Tiere entsprechend ihres Laktationsstadiums in zehn jeweils 30 Melktage umfassende Gruppen bzw. in frühe und späte Trockensteher eingeteilt und entsprechende Gruppenmittelwerte gebildet. Um präzise und signifikante Mittelwerte für eine bestimmtes Intervall zu erhalten, war bei einer Herdengröße von 372 Kühen das Scoren knapp der Hälfte aller Tiere ausreichend. Lediglich in der Phase des stärksten Fettabbaus (Gruppe bis 30 Tage p.p.) sollte die Anzahl der untersuchten Tiere aufgrund der größeren Variation höher liegen.

Um die Vergleichbarkeit von BCS-Befunden zu erhöhen, schlugen Staufenbiel et al. (1993) die regelmäßige Durchführung paralleler RFD-Messungen zur Überprüfung der Schätzgenauigkeit

vor. Gleichzeitig wird anstatt der Beurteilung mittels Konditionsnoten die konkrete Schätzung der RFD in mm empfohlen, da so eine bessere Differenzierung zwischen den Kühen möglich ist und eine nach oben offene Skala zur Verfügung steht.

Nach Löschner u. Staufenbiel (1996) besteht bei der subjektiven Konditionsschätzung generell die Gefahr einer Überbewertung in der Früh lactation, bei Jungkühen und mageren Tieren unter 15 mm RFD. Im Gegensatz dazu wird in der Trockenperiode, bei Altkühen und fetten Tieren mit mehr als 30 mm RFD die Körperkondition vorwiegend unterschätzt. Aufgrund der unterschiedlichen Bemuskelung bei den verschiedenen Rassen besteht bei Holstein-Friesian-Tieren die Gefahr der Unterschätzung im Vergleich zu einer Überschätzung beispielsweise bei Fleckviehkühen (Staufenbiel, 1997).

Die Vorzüge der RFD-Messung liegen in der Objektivität und quantitativen Differenzierbarkeit, die eine Vergleichbarkeit der Meßwerte zwischen verschiedenen Untersuchern, Betrieben und Rassen gewährleistet. Dies ist insbesondere bei der Beurteilung von Konditionsveränderungen, also für die Schätzung von Lipolyse- und Lipogeneseraten von Bedeutung (Staufenbiel, 1997).

Die Kombination regelmäßiger Ultraschallmessungen im Rahmen der tierärztlichen Herdenbetreuung mit Training und anschließender fortlaufender visueller Beurteilung durch das Betriebsmanagement verbindet die Vorzüge des geringen Arbeitsaufwandes beim BCS mit der objektiven Aussagekraft der RFD-Messung.

2.3 Kondition und Milchleistung

Eine unerläßliche Eigenschaft der Hochleistungskuh ist ihre Fähigkeit, in der Früh lactation in relativ kurzer Zeit umfangreiche Körperreserven mobilisieren zu können, während die Nährstoffzufuhr für den erhöhten Bedarf unzureichend ist (Wilson et al., 1988; Gallo et al., 1996). Der plötzlich einsetzende dramatische Anstieg des Energiebedarfes nach der Kalbung verlangt von der Kuh eine drastische Umstellung der Nährstoffpartitionierung (Bauman u. Currie, 1980). Für die Umverteilung der Energiereserven sind im Rahmen der endokrinen Regulation insbesondere höhere Konzentrationen von Wachstumshormon und Glukagon bei sinkenden Spiegeln von Insulin und Thyroxin verantwortlich (Sejrsen u. Neimann-Sørensen, 1982). Ist die Kuh nicht in der Lage, ihren Metabolismus schnell in Richtung Milchsynthese umzustellen, wird sie ihre Leistungsfähigkeit nicht voll ausschöpfen können und eine erhöhte Anfälligkeit für metabolische Störungen und Krankheiten entwickeln.

Die bei der Lipolyse freigesetzten Fettsäuren werden für die Milchfettsynthese herangezogen und dienen gleichzeitig als Energiesubstrat für die verschiedenen Gewebe (Staufenbiel et al., 1987). Eine direkte Verwertung der FFS im Eutergewebe erfolgt jedoch nur in geringer Menge, der Großteil passiert zuvor die Leber, um in Lipoproteinen und Chylomikronen wieder freigesetzt zu werden. Dabei entfernt die Leber etwa 25% der FFS aus dem Kreislauf, der Rest wird im ganzen Körper als Energiequelle genutzt (Sejrsen u. Neimann-Sørensen, 1982).

Die Milchmengenleistung hängt von der synthetisierten Laktosemenge ab, was sich in dem relativ konstanten Laktosegehalt der Milch widerspiegelt (Jacobi et al., 1987). Bis zu 85% der gesamten verfügbaren Glukose werden vom Euter für die Laktosesynthese aufgenommen (Sejrsen u. Neimann-Sørensen, 1982). Im Gegensatz zu anderen Geweben ist die Glukoseaufnahme dort nicht vom Insulinspiegel, sondern lediglich vom Konzentrationsgradienten zwischen Blut und Eutergewebe abhängig. Daraus resultiert ein starker Glukoseentzug, der wiederum die Lipolyse fördert und zu einer vermehrten Anflutung von Ketonkörpern und FFS führt (Staufenbiel et al., 1987).

Durch eine intensive Lipolyse und Ketogenese kann das Fettgewebe zwar einen hohen Milchfettgehalt ermöglichen, zur Aufrechterhaltung der Glukosehomöostase kann es jedoch nur indirekt beitragen. Während es zu einer dramatischen Steigerung der Glukoneogenese in der Leber kommt, nimmt simultan die Glukoseoxidation in den anderen Geweben ab. Statt dessen werden dort vermehrt Fettsäuren und Ketonkörper als Energiequellen genutzt (Sejrsen u. Neimann-Sørensen, 1982), wodurch sich in der Folge die Verfügbarkeit glukoplastischer

Verbindungen erhöht (Staufenbiel et al., 1989b). In dieser Weise vermag die Lipolyse neben der relativ unbedeutenden Bereitstellung von Glycerin indirekt die Glukoneogenese zu steigern.

Bezüglich der Glukoseversorgung ist der Wiederkäuer fast ausschließlich von der Glukoneogenese in der Leber abhängig, da der Großteil an Kohlenhydraten im Pansen zu FFS, vor allem zu Azetat, Propionat und Butyrat, fermentiert wird (Sejrsen u. Neimann-Sørensen, 1982). Nur die Propionsäure kann für die Glukoneogenese herangezogen werden und vermag etwa 50% des Glukosebedarfes in der Frühlaktation zu decken, das übrige Quantum wird vorwiegend durch glukoplastische Aminosäuren aus dem Proteinabbau realisiert (Hofmann, 1992). Weitere Substrate der Glukoneogenese sind Laktat und Glycerol, während Azetat und Butyrat nicht für die Glukosesynthese herangezogen werden können (Sejrsen u. Neimann-Sørensen, 1982).

Durch eine Erhöhung des Konzentratfutteranteiles der Ration kommt es häufig zu einem Rückgang des Milchfettgehaltes. Als ursächlich sind Veränderungen in der Pansenfermentation, die zu einem Absinken des Azetat:Propionat-Verhältnisses führen, anzusehen. Während Azetat die Milchfettsynthese stimuliert und die Körperfettsynthese hemmt, gelten für Propionat entgegengesetzte Verhältnisse (Sejrsen u. Neimann-Sørensen, 1982).

Unterschiedliche Serumkonzentrationen von Insulin und Wachstumshormon vermitteln die genannten Wirkungen. Die Insulinsekretion wird durch Propionat stimuliert und durch Azetat inhibiert, während die Ausschüttung von Wachstumshormon durch hohe Konzentratgehalte und durch Propionatinfusionen gehemmt werden kann. Aus dem Anstieg des Serumgehaltes von Insulin bei Abnahme dessen von Wachstumshormon resultiert eine erhöhte Aufnahme und Utilisation von Nährstoffen in den peripheren Geweben bei reduzierter Fettmobilisation und Milchsynthese. Gleichzeitig steigert Insulin die anabolen Effekte des Wachstumshormons (Sejrsen u. Neimann-Sørensen, 1982).

2.3.1 Milchmenge

Die Voraussetzungen für eine hohe Milchleistung werden bereits in der Trockenperiode geschaffen. In einer von Domecq et al. (1997a) untersuchten Hochleistungsherde ging eine Konditionszunahme der Trockensteher um bis zu eine BCS-Einheit mit einer Steigerung der Milchleistung einher, während Konditionsverluste in der Trockenperiode und Überkonditionierung zum Trockenstellen die Leistung verminderten. Eine Trockenperiode von 50 bis 60 Tagen

(Bauman u. Currie, 1980; Sørensen u. Enevoldsen, 1991; Domecq et al., 1997a) und eine Kondition zum Kalbezeitpunkt von 3,0 bis 4,0 (vgl. Tab.2) werden als optimal angesehen.

Unter der Voraussetzung angemessener postpartaler Fütterung fanden andere Untersucher keine Beziehungen zwischen der präpartalen Energieversorgung und der nachfolgenden Milchleistung oder Milchkurve (Boisclair et al., 1986).

Milchkühe, die in höherer Kondition kalben, verfügen über adäquate Fettreserven, um eine hohe Milchproduktion in der Früh lactation zu unterstützen (Boisclair et al., 1986). Andererseits geht eine Überkonditionierung mit einer geringeren Futteraufnahme und dadurch mit einer stärker ausgeprägten negativen Energiebilanz bei umfangreicheren Körpermasseverlusten einher (Garnsworthy u. Jones, 1987; Staufienbiel et al., 1991). In der Folge kommt es schließlich zu Leistungseinbußen und einer erhöhten Krankheitsanfälligkeit (Morrow, 1976; Fronk et al., 1980; Gearhart et al., 1990; Rossow et al., 1994). Diese Zusammenhänge werden durch Untersuchungen von Waltner et al. (1993) verdeutlicht. Bei einer Steigerung der Kondition zum Partus von 2,0 auf 3,0 erhöhte sich die Milchleistung deutlich, ein zusätzlicher Anstieg von 3,0 auf 4,0 brachte nur geringfügige Verbesserungen. Jede weitere Zunahme führte schließlich zu einer deutlichen Abnahme der Milchproduktion.

Mit Steigerung des individuellen Leistungsvermögens hat sich die Inzidenz von Kühen mit exzessiven Körperfettreserven vermindert. Daher ist das Augenmerk eher in Richtung einer ausreichenden Wiederauffüllung der Depots zu richten (Waltner et al., 1993). Bei diesen Hochleistungstieren ist die Gefahr der Verfettung in der Trockenperiode gering, und dementsprechend kommt es zu einem parallelen Anstieg der Milchleistung mit steigenden Konditionsnoten zum Partus (Domecq et al., 1997a). Dabei können die Fettreserven zum Kalbezeitpunkt als der limitierende Faktor für die Ausschöpfung des Leistungspotentials angesehen werden (Waltner et al., 1993).

Besondere Bedeutung ist der postpartalen Fütterung beizumessen. Eine hochenergetische, ausgewogene TMR kann die negativen Effekte einer präpartalen Verfettung minimieren (Boisclair et al., 1986). Laut Ruegg (1991) ist sogar bei angemessener Fütterung die Gesamtlaktationsleistung unabhängig von der Kondition zum Partus. Demnach produzieren Kühe in niedriger Kondition mehr Milch aus der notwendigerweise hochenergetischen Ration und sind deshalb als biologisch effizienter anzusehen. Kühe in hoher Kondition tolerieren hingegen Rationen geringerer Energiedichte bei verstärkter Mobilisation von Körperreserven (Ruegg, 1991). Dies verdeutlicht die Bedeutung des Fettgewebes als energetischem Puffer.

Dem entspricht auch die Tatsache, daß eine höhere Kalbekondition weder die absolute noch die FCM-Leistung zu erhöhen vermochte, wenn in der Früh-laktation hochenergetische TMR gefüttert wurden. Bei der Verwendung konventioneller, niederenergetischer Rationen kam jedoch der leistungsfördernde Effekt des Fettgewebes zum Tragen (Boisclair et al., 1986).

Rukkamsuk et al. (2000) fanden ebenfalls keine Unterschiede in der Milchleistung bei während der Trockenperiode restriktiv bzw. intensiv gefütterten und somit zum Partus unterschiedlich konditionierten Tieren. Allerdings wiesen die fetteren Kühe höhere FFS-Spiegel im Serum und höhere Leberfettgehalte auf. Dies deutet darauf hin, daß die Lipolyse bei den restriktiv gefütterten Tieren moderater ablief und mit weniger starken Stoffwechselbelastungen einherging.

Neben der Kondition selbst ist die Fähigkeit zu einer effizienten Nährstoffpartitionierung von größter Wichtigkeit. Wildman et al. (1982) fanden bei abnehmender Leistung einen Anstieg der über die Gesamtlaktation bestimmten BCS-Mittelwerte. Aus dieser Tatsache wurde geschlossen, daß entweder Kühe niedriger Leistung nicht in der Lage waren, ihre Körperfettreserven effizient zu mobilisieren und für die Milchproduktion einzusetzen, oder daß sie von Natur aus schlechtere Milchproduzenten waren und deshalb mit größerer Effizienz Körperfettgewebe ansetzten. Dafür spricht auch, daß diese Tiere über die Laktation hinweg an Kondition gewannen, Energie also offensichtlich besser in Körperfettgewebe als in Milch umwandelten.

Untersuchungen von Lowman et al. (1976) zeigten, daß Kühe in schlechter Kondition zwar eine niedrigere Spitzenleistung, dafür aber eine etwas bessere Persistenz als besser konditionierte Tiere aufwiesen. In einer Studie von Wildman et al. (1982) gingen geringere Gesamt-BCS-Mittelwerte mit einem verminderten Durchhaltevermögen einher. Demgegenüber konnten andere Untersucher keinen Zusammenhang zwischen der Körperkondition zum Kalbezeitpunkt und der Persistenz feststellen (Markusfeld, 1997; Boisclair et al., 1986). Von allen Komponenten der Laktationskurve war hier lediglich die Spitzenleistung der primiparen Tiere mit der Körperkondition gekoppelt.

Die Konditionsänderung im ersten Laktationsmonat hat einen stärkeren Einfluß auf die Milchleistung als die Kondition zum Partus selbst (Staufenbiel et al., 1989b; Domecq et al., 1997a). Je höher allerdings die Kondition zum Kalbezeitpunkt ist, desto größer ist auch der Verlust an Körpermasse in der Früh-laktation (Fronk et al., 1980; Holter et al., 1990; Pedron et al., 1993; Heuer et al., 1999). Gut ausgebildete Fettdepots und die sich daraus ergebende hohe

Lipolyserate unterstützen zwar eine hohe Milchleistung, jedoch auf Kosten einer längeren Günstzeit bei gleichzeitig labilerer Gesundheit (Staufenbiel et al., 1991).

In einer Studie von Waltner et al. (1993) war ein moderater Konditionsverlust von 0,5 bis 1,5 Einheiten mit einer erhöhten Milchleistung gekoppelt, während höhere Abbauraten zu Leistungseinbußen führten. Demgegenüber stieg in Hochleistungsherden, in denen überkonditionierte Tiere eine Ausnahme darstellen, die Milchleistung mit zunehmendem BCS-Verlust kontinuierlich an (Domecq et al., 1997a). Pedron et al. (1993) betrachteten ausschließlich gut konditionierte Kühe, die mit einem BCS von 3,0 bis 4,0 kalbten. Bei diesen Tieren erhöhte ein stärkerer Abbau von Fettreserven sowohl die Spitzen- als auch die Gesamtmilchleistung, ohne negative Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit.

Nicht nur der Betrag sondern auch die Dauer des Fettabbaus erhöhen sich mit zunehmender Leistung. So bauten Tiere hoher Produktivität im Vergleich doppelt soviel Fett ab wie Kühe niedriger Leistung und erreichten gleichzeitig ihre minimale Kondition erst im 4. Laktationsmonat und somit einen Monat später (Gallo et al., 1996). Dementsprechend verzögerte sich auch der Wiederaufbau der Fettreserven, so daß Hochleistungstiere ihre Maximalkondition erst nach 390 im Vergleich zu 290 Tagen erreichten.

2.3.2 Milchinhaltsstoffe

Mit ansteigenden Fettreserven zum Kalbezeitpunkt erhöht sich die Mobilisationsrate für die Milchfettsynthese (Boisclair et al., 1986; Pedron et al., 1993; Heuer et al., 1999) und mit ihr steigen Urinketonspiegel und Körpermasseverlust (Holter et al., 1990).

Kühe, die in schlechter Kondition kalbten, wiesen niedrigere Fettgehalte und somit niedrigere FCM-Leistungen bei unveränderten Proteingehalten auf (Holter et al., 1990). Boisclair et al. (1986) zufolge gingen stärkere Konditionsverluste in der Früh-laktation mit einer Erhöhung des Milchfettgehaltes und einer Senkung des Milchproteingehaltes einher. Die höhere Milchleistung der besser konditionierten Tiere war nicht länger signifikant, nachdem auf Inhaltsstoffe korrigiert worden war. Markusfeld et al. (1997) fanden neben einem höheren Milchfettgehalt auch leicht erhöhte Proteingehalte und Gesamtlaktationsleistungen bei besser konditionierten Tieren. Eine energierestrictive Fütterung in der Früh-laktation mit verstärkter Lipolyse verminderte die Milchleistung bei erhöhten Milchfettgehalten (Smith u. McNamara, 1990).

In Untersuchungen von Heuer et al. (1999) nahm mit zunehmender Ausprägung der negativen Energiebilanz der Milchfettgehalt zu und gleichzeitig der Milchproteingehalt ab. Ein Fett:Protein-Quotient über 1,5 war hier mit einer höheren Milchleistung bei gleichzeitiger Zunahme peripartaler Krankheiten und schlechterer reproduktiver Leistungsfähigkeit verbunden. De Vries u. Veerkamp (2000) weisen darauf hin, daß eine stark negative Energiebilanz lediglich zu Laktationsbeginn mit erhöhten Milchfettgehalten einhergeht. Bereits in den ersten Wochen p.p. sinken diese auf unterdurchschnittliche Werte. Demnach kann nicht der Milchfettgehalt selbst, sondern dessen Rückgang in der Früh-laktation als Indikator für die Energieversorgung der Milchkuh herangezogen werden.

Die Zusammensetzung des Milchfettes ist laut Pedron et al. (1993) abhängig von der Kondition zum Kalbezeitpunkt und reflektiert die verschiedenartige Utilisation von Körperfettreserven. Je geringer die Fettreserven einer Kuh ausgeprägt sind, desto höher ist die Konzentration an kurzkettigen FS, die ein Syntheseprodukt aus Azetat ruminalen Ursprungs darstellen. Gleichzeitig verringert sich die Konzentration an langkettigen, ungesättigten FS, welche hauptsächlich dem Körperfett entstammen. Bei Nutzung der Körperfettdepots zur Milchleistungssteigerung verschiebt sich das FS-Verhältnis in Richtung der langkettigen Fettsäuren, insbesondere die Gehalte an Ölsäure und FFS im Milchfett nehmen zu. Damit verschlechtern sich sowohl die guten diätetischen Eigenschaften des Milchfettes für die menschliche Ernährung als auch die industriellen Verarbeitungseigenschaften der Rohmilch (Staufenbiel et al., 1989b).

Die relative Masse der Körperreserven kann demnach als der dominierende Faktor angesehen werden, der die Zusammensetzung der Milchinhaltsstoffe bestimmt (Wilson et al., 1988).

2.4 Kondition und Fruchtbarkeit

In der frühen postpartalen Periode genießt die Milchleistung Priorität gegenüber den reproduktiven Funktionen (Villa-Godoy et al., 1990). Für die Aufrechterhaltung der Laktation, notwendig um das Überleben des Neugeborenen zu sichern, wird die zeitliche Verzögerung der erneuten Konzeption in Kauf genommen. Diese Rangordnung der Ereignisse resultiert unter Berücksichtigung des Zeitrahmens in einer Ineffizienz des Reproduktionssystems und wird unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten als inakzeptabel betrachtet (Staples et al., 1990).

Energetische Unter- bzw. Überversorgung führen zu erhöhten Stoffwechselbelastungen und zu einer Verringerung der Konzeptionsrate bei Milchkühen (Klug et al., 1989). Nachgeburtserhaltungen, eitriges Genitalkatarrhe, Brunstlosigkeit oder Stillbrünstigkeit, verzögerte Ovulationen und Ovarialzysten werden als Reaktionen auf energetische Unterversorgung beschrieben (Schilling, 1976; Imakawa et al., 1987; Butler u. Smith, 1989; Schillo, 1992).

In die Phase der negativen Energiebilanz fällt die Wiederherstellung der Funktionen der Hypothalamus-Hypophysen-Ovar-Achse im Anschluß an Trächtigkeit und Kalbung (Malven, 1984), mit einer Reihe von Veränderungen, an deren Ende die Reinitiation der zyklischen Ovaraktivität steht. Diverse Studien belegen, daß die Konzeptionsrate laktierender Kühe von der Anzahl der vor der Insemination abgelaufenen ovulatorischen Zyklen abhängig ist (Fernandes et al., 1978; Butler u. Smith, 1989; Schillo, 1992). Deren möglichst frühzeitiges Wiedereinsetzen post partum ist also ein entscheidender Schritt in Richtung eines hohen Erstbesamungserfolges, zumal eine einmal initiierte Zyklusaktivität sich unbeeinflusst von der Energiebilanz kontinuierlich fortzusetzen scheint (Butler u. Smith, 1989; Lucy et al., 1991a).

2.4.1 Funktionelle Zusammenhänge

Es wurde gezeigt, daß eine energierestrictive Fütterung bei Rindern die pulsatile Freisetzung des **luteotropen Hormons (LH)** hemmt (Imakawa et al., 1987). Während Follikelwachstum und Östrogensekretion in der Früh-laktation von der Verfügbarkeit an Follikel-Stimulierendem Hormon (FSH) abhängig sind (Stevenson u. Britt, 1979), ist eine hochfrequente pulsatile LH-Freisetzung für die Endphase der ovariellen Follikelreifung und folglich für die Induktion von Brunst und Ovulation erforderlich (Lamming et al., 1982; Schillo, 1992). Demnach existiert hier ein direkter Einfluß auf das postpartale anöstrische Intervall (Stevenson u. Britt, 1979; Malven, 1984). Aufgrund dessen wird die neuroendokrine Kontrolle der LH-Freisetzung als

einer der wichtigsten Mechanismen der Interaktion zwischen Energiestatus und Fruchtbarkeitsaktivität der Milchkuh angesehen (Schillo, 1992).

Bei den meisten Kühen nimmt die Pulsfrequenz der hypophysären LH-Sekretion in den ersten zwei bis drei Wochen p.p. zu (Echternkamp u. Hansel, 1973; Edgerton u. Hafs, 1973; Fernandes et al., 1978). Ursache hierfür ist einerseits der verminderte hemmende Einfluß von Östradiol, dessen Konzentration innerhalb von vier bis acht Tagen p.p. von präpartalen Spitzen- auf Basalwerte zurückgeht (Stevenson u. Britt, 1979; Schillo, 1992). Im gleichen Zug verlieren sich die hemmenden Wirkungen von Saugstimulus und Progesteron (Lamming et al., 1982; Schillo, 1992). Ein weiterer Grund ist in dem Wiederansprechen der LH-produzierenden Zellen im Hypophysenvorderlappen (HVL) auf Gonadotropin-Releasing Hormon (GnRH) ab etwa 10 Tagen p.p zu sehen. (Fernandes et al., 1978). Am Ovar führt die Wirkung von LH zur Selektion und Ovulation eines dominanten Follikels zwischen dem 15. und 25. Tag p.p. (Stevenson u. Britt, 1979; Lamming et al., 1982). Dieser ideale Verlauf wird durch die Höhe und Dauer der negativen Energiebilanz p.p. beeinflusst (Lucy et al., 1991a). Eine stark negative Energiebilanz dämpft Betrag und Frequenz der pulsatilen LH-Sekretion (Imakawa et al., 1987; Lucy et al., 1991b) und verzögert somit die Ovulation.

Auch Butler und Smith (1989) sehen in der Wiedererlangung eines normalen LH-Pulses den Schlüsselfaktor für die ovarielle Follikelreifung und die Initiation der postpartalen Zyklusaktivität. Neben Saugen und vergleichbaren Stimuli werden Unterernährung bzw. eine negative Energiebilanz als die wesentlichen hemmenden Einflüsse auf die LH-Sekretion identifiziert. Zurek et al. (1995) bezeichnen die Dynamik der Energiebilanz post partum als den dominierenden Faktor für die Inhibition der Ovaritätigkeit.

Durch das Hypothalamus-Hypophysensystem besteht eine funktionelle Kopplung der Regulation von Energiestoffwechsel und Sexualfunktionen. Das ovulationsauslösende Luteotrope Hormon (LH) und das die Nebennierenrinde stimulierende Adrenocorticotrope Hormon (ACTH) werden in denselben Zellen des Hypophysenvorderlappens (HVL) gebildet und können in ihrer Synthese konkurrieren (Schilling, 1976). In Energiemangelsituationen ist von einer Hemmung der Synthese gonadotroper Hormone gegenüber dem ACTH auszugehen (Butler u. Smith, 1989), da die Mobilisation der Energiedepots unter Mitwirkung der Glucocorticoide vonstatten geht (Schilling, 1976). Die von Schilling (1976) beschriebenen erhöhten Glucocorticoidwerte bei gestörten Fortpflanzungsprozessen sind als Ausdruck dieser Konkurrenzsituation zu werten. Ursächlich wird dafür eine verminderte Freisetzung von Gonadotropin-Releasing Hormon (GnRH) aus dem Hypothalamus verantwortlich gemacht.

Demgegenüber wird eine verminderte Ansprechbarkeit der Hypophyse für GnRH als unwahrscheinlich angesehen (Imakawa et al., 1987; Schillo, 1992), da deren Rezeptorendichte von der Energiesituation unbeeinflusst bleibt (Tatman et al., 1990). In Übereinstimmung damit zeigte sich bezüglich der Sensitivität der Hypophyse für GnRH keine unmittelbare Abhängigkeit von der postpartalen Energiebilanz (Bergmann et al., 1999).

Weiterhin scheint die Fähigkeit des Östradiols, den präovulatorischen LH-Peak auszulösen, durch die postpartale Energiesituation der Kuh beeinflusst zu werden (Schillo, 1992). In Energiemangelsituationen ist der LH-Peak später zu beobachten und weist niedrigere Amplituden auf. Zusätzlich wird eine Verminderung der Ansprechbarkeit des Ovars für LH diskutiert (Schillo, 1992).

Da der Ernährungszustand den intermediären Stoffwechsel beeinflusst, wird angenommen, daß die LH-Sekretion durch im Blut zirkulierende Botenstoffe (Hormone und/oder Metaboliten), die den metabolischen Status reflektieren, gesteuert wird. Laut Schillo (1992) sind solche Signale die Blutkonzentrationen von Insulin, bestimmten Aminosäuren und FFS. Generell werden Perioden der Unterernährung von abnehmender pankreatischer Insulinsekretion, erhöhten FFS-Konzentrationen sowie von Veränderungen der Blutkonzentrationen verschiedener Aminosäuren begleitet. Pedron et al. (1993) fanden die höchsten FFS-Konzentrationen und die niedrigsten Insulinwerte bei jenen Kühen, die mit den höchsten Konditionsnoten kalbten und die größte Menge subkutanen Fettgewebes abbauten.

Insulin wird als ein die LH-Freisetzung steuerndes ernährungsphysiologisches Signal angesehen, da es direkt proportional zur Futteraufnahme bei Wiederkäuern ist (Basset et al., 1971) und die Blut-Hirn-Schranke passieren kann (Van Houten et al., 1979). Die plasmatische Insulinkonzentration fällt mit zunehmendem Betrag der negativen Energiebilanz und ist negativ mit der Länge des postpartalen anöstrischen Intervalls assoziiert (Lucy et al., 1991a). Durch Transport über die Zerebrospinalflüssigkeit kann Insulin auf hypothalamischer Ebene wirken, wobei aufgrund der dort nachgewiesenen Insulinrezeptoren (Van Houten et al., 1979) eine direkte Wirkung von Insulin auf die GnRH-Ausschüttung angenommen wird (Lucy et al., 1991a). Insulin scheint außerdem unmittelbar am Ovargewebe Wirkungen entfalten zu können, die denen der hypophysären Gonadotropine ähneln (Butler u. Smith, 1989; Lucy et al., 1991a). Genannt werden hier direkte Effekte auf steroidogene Enzyme, Modulation der Gonadotropinrezeptorendichte, synergistische Effekte mit anderen Gonadotropinen sowie eine

unspezifische Erhöhung der Zellvitalität (Butler u. Smith, 1989). Desweiteren wird ein mitogener Effekt des Insulins auf die folliculäre Proliferation diskutiert (Lucy et al., 1991a). Insgesamt kann daraus geschlossen werden, daß eine von der Ausprägung der negativen Energiebilanz abhängige niedrigere Insulinverfügbarkeit in der Frühlaktation am ovariellen Follikel für eine geringere Ansprechbarkeit auf gonadotropine Stimulation sorgt.

Ebenfalls hemmende Wirkung auf die GnRH- und LH-Freisetzung wird den durch die Mobilisation von Körperfettreserven entstehenden **Ketonkörpern** zugesprochen (Butler u. Smith, 1989). Durch seine regulative Funktion auf den Fettstoffwechsel spielt das Insulin auch hier eine indirekte Rolle.

Da die in Phasen verstärkter Lipolyse vermehrt freigesetzten **freien Fettsäuren** in die Ovarien einzudringen imstande sind (Rabiee et al., 1997), wird deren direkter Einfluß auf das Fruchtbarkeitsgeschehen diskutiert (Rukkwamsuk et al., 2000).

Hinsichtlich bestimmter **Aminosäuren** wird besonders dem Tyrosin eine positive Beeinflussung der reproduktiven Aktivität durch Steigerung der LH-Sekretion zugesprochen (Schillo, 1992). Grundlage hierfür ist vermutlich eine gesteigerte Synthese von cholaminergen Neurotransmittern, die die GnRH-Freisetzung stimulieren. Die Verfügbarkeit von Tyrosin erhöht sich mit Abnehmen der Verstoffwechslung von Aminosäuren für die Glukoneogenese und Milchsynthese und somit mit rückläufiger negativer Energiebilanz (Zurek et al., 1995).

Eine weitere Hypothese beschreibt die direkte Abhängigkeit der die pulsatile LH-Freisetzung steuernden Neurone von der Verfügbarkeit **oxidierbarer Metaboliten** (Schillo, 1992) und damit einen direkten Zusammenhang zur Höhe des Energiedefizites.

Als weiterer parakriner inhibitorischer Faktor auf das GnRH-Pulssystem und somit die LH-Freisetzung werden **neuroendokrine Opiode**, vor allem β -Endorphin, genannt (Butler u. Smith, 1989). Deren Ausschüttung wird unter anderem durch die gesteigerte Futteraufnahme post partum erhöht.

Die plasmatische Konzentration an **Insuline-like growth factor I** korreliert mit der LH-Pulsfrequenz (Zurek et al., 1995) und wird als weiterer Mediator in der Regelung der Hypothalamus-Hypophysen-Funktion diskutiert (Ryan et al., 1994).

Schließlich ist die regulative Funktion des Gelbkörpers und dessen **Progesteron**-Sekretion zu berücksichtigen, welche mit drei die Fruchtbarkeit beeinflussenden Ereignissen assoziiert ist: Ausprägung der Brunst, Trächtigkeit und embryonale Überlebensrate (Villa-Godoy et al., 1988). Bei Kühen mit erheblicher negativer Energiebilanz p.p. (< -13 MJ) wurde zwar eine normale Lebensdauer, jedoch eine reduzierte Funktion des zweiten und dritten postpartalen Corpus luteum (C.l.) beobachtet (Villa-Godoy et al., 1988). Die energetische Situation in der Frühlaktation zeigt demnach einen verzögerten Einfluß (Staples et al., 1990). Die damit einhergehende Reduktion der totalen und maximalen Progesteronausschüttung erklärt sich durch eine gehemmte luteale Entwicklung und/oder verminderte sekretorische Aktivität der Lutealzellen bei Energiemangel. Das Fehlen einer Beeinflussbarkeit des ersten C.l. wird durch dessen ohnehin limitierte Funktion, den verzögerten Einfluß der negativen Energiebilanz und das Vorhandensein anderer modulierender Effekte während der ersten Lutealphase begründet (Villa-Godoy et al., 1988; Staples et al., 1990).

Progesteron, welches über Pregnenolon aus Cholesterin entsteht, gehört als Gestagen in die Gruppe der Steroidhormone. Es besitzt somit fettlösliche Eigenschaften, aufgrund derer eine Bindung an die Lipoproteine des Blutes und eine Aufnahme und Speicherung in Fettzellen möglich ist (Burke et al., 1998). Als alternativer Mechanismus wird eine erhöhte hepatische Progesteron-Clearance bei fetten Tieren diskutiert (Burke et al., 1998). Auf der anderen Seite ist bei Tieren mit starken Fettreserven eine Erhöhung der Serumkonzentration an Gesamt-Cholesterin, welches das Substrat für die Progesteronsynthese im C.l. darstellt, zu beobachten (Ryan et al., 1994). Folglich besteht ein Zusammenhang zwischen der Körperkondition und der Progesteronkonzentration, wobei die Summe der genannten Effekte die Verfügbarkeit freien Progesterons im Blut bestimmt.

In der Lutealphase senkt Progesteron durch Wirkung am Hypothalamus, eventuell auch direkt an der Hypophyse, die Frequenz der GnRH-Ausschüttung. Solange ein in ausreichender Menge Progesteron produzierendes C.l. vorhanden ist, wird jede Ovulation verhindert (Karg, 1995). Ist die Progesteronkonzentration jedoch zu gering, so kann es aufgrund des unzureichenden negativen Feedback zu einem vorzeitigen LH-Peak mit verfrühter Ovulation kommen (Burke et al., 1998). Durch Beeinflussung der hypothalamischen GnRH-Sekretion und damit der Gonadotropinfreisetzung haben Höhe und Dauer der negativen Energiebilanz überdies einen direkten negativen Einfluß auf die Progesteronkonzentration. Auf diese Weise wird neben der Ausprägung der Brunsterscheinungen auch die Unterstützung des Uterus in der Frühträchtigkeit beeinflusst (Nebel u. McGilliard, 1993).

2.4.2 Praktische Auswirkungen und wirtschaftliche Bedeutung

Das **postpartale anovulatorische Intervall** als der entscheidende wirtschaftliche Faktor im Reproduktionsgeschehen steht in direkter Beziehung sowohl zum Betrag als auch zur Dauer der negativen Energiebilanz (Butler et al., 1981). Dabei beeinflusst die Energiebilanz die folliculäre Größenentwicklung in der frühen postpartalen Periode und in der Folge auch den Ovulationszeitpunkt (Lucy et al., 1991a). Nach dem 25. Laktationstag besteht weder ein Einfluß auf die Größe noch die Anzahl der Follikel (Lucy et al., 1991a).

Markusfeld (1997) zeigte, daß solche Tiere, die entweder mit unterdurchschnittlichen Körperfettreserven kalbten ($BCS < 3,5$) oder in der Trockenperiode an Kondition verloren hatten, vermehrt von Ovarinaktivität betroffen waren und längere Gützeiten aufwiesen. Die Tatsache, daß die Fruchtbarkeitsindizes lediglich in den ersten drei Monaten p.p. von der Kondition beeinflusst wurden, wies darauf hin, daß die reduzierte Fruchtbarkeit hauptsächlich auf ein verzögertes Einsetzen der Ovaraktivität zurückzuführen war.

Bei der Auswertung von Schlachtbefunden zeigte sich, daß Kühe mit einer Konditionsnote von 4 signifikant mehr große Follikel aufwiesen als solche der Noten 1, 3, und 5, also zu fette oder magere Tiere (Dominguez, 1995). Weiterhin stellte sich heraus, daß sich bei Kühen in schlechter Kondition insgesamt weniger Follikel entwickelten und daß die erste Ovulation bei Kühen mit besserer Energieversorgung früher auftrat. Bezüglich der Oozytenmorphologie wiesen wiederum Kühe mit der Konditionsnote 4 den größten Anteil physiologischer Oozyten auf.

Die erste Ovulation wird im Mittel zwischen dem zehnten (Butler et al., 1981) und dem fünfzehnten (Zurek et al., 1995) Tag nach Erreichen der maximalen negativen Energiebilanz und in der Nähe der Spitzenmilchleistung beobachtet. Noch immer im negativen Bereich ist die Energiebilanz hier bereits rückläufig in Richtung Nullpunkt (Butler et al., 1981; Berghorn et al., 1988; Zurek et al., 1995). Berghorn et al. (1988) beobachteten das Auftreten der ersten Ovulation durchschnittlich 25 ± 4 Tage vor dem Erreichen des Bilanzausgleiches.

Lucy et al. (1991a) beobachteten bei Tieren mit weniger stark ausgeprägtem Energiedefizit eine höhere **Ovulationsrate**. Dieses bei Schweinen und Schafen unter der Bezeichnung „Flushing“ bekannte Phänomen, konnten Maurasse et al. (1985) bei Färsen in entsprechender Weise nicht nachweisen. Lucy et al. (1991a) jedoch folgern aus ihren Untersuchungen, daß unter bestimmten physiologischen Bedingungen die Ovulationsrate durch die Energiebilanz beeinflusst wird, wobei dieser Effekt lediglich in den ersten 25 Laktationstagen von Bedeutung

ist. Die Ursache besteht demnach in der Unfähigkeit, andere Follikel neben dem dominanten zu kontrollieren, was zu Abweichungen in der Ovulationsrate führen kann.

Wildman et al. (1982) stellten fest, daß sowohl die Höhe der durchschnittlichen Körperkondition zum Partus als auch die Ausprägung des Konditionsverlustes in der Früh-laktation positiv mit der Länge der **Güstzeit** assoziiert sind. Demgegenüber fanden Pedron et al. (1993) zwar einen Einfluß des BCS-Verlustes auf die **Rastzeit**, nicht aber auf die Anzahl der notwendigen Besamungen oder die Güstzeit. Hier wurde vermutet, daß die Energiebilanz, repräsentiert durch den Konditionsverlust, durch Beeinflussung der Follikelgröße lediglich den Zeitraum bis zur ersten Ovulation bestimmt. Nach Initiation der Follikelzyklen beeinflusst die Energiebilanz weder Wachstum und Anzahl der Follikel noch die Ovaraktivität im allgemeinen.

Nach Studien von Domecq et al. (1997b) ist insbesondere die **Konzeptionsrate** negativ mit dem Betrag und der Dauer der negativen Energiebilanz in der Früh-laktation assoziiert. Als Maßzahl, welche die zeitlichen Veränderungen der Energiebilanz integriert, wird der Erstbesamungserfolg favorisiert. Für Tiere, die im ersten Monat p.p. eine BCS-Einheit einbüßten, verringerte sich die Konzeptionsrate nach Erstbesamung um 25% gegenüber solchen, die weniger Kondition verloren. Laut Ferguson (1992) kann sich für eine Kuh, die zwischen Partus und Erstbesamung einen Punkt verliert, der Besamungserfolg sogar auf die Hälfte reduzieren. Andere Studien fanden keinen Zusammenhang zwischen dem BCS-Verlust bis zur Erstbesamung und der Anzahl Besamungen pro Trächtigkeit (Waltner et al., 1993; Ruegg u. Milton, 1995).

Die Ausprägung der **Brunsterscheinungen** wird mit zunehmendem Ausmaß des Energiedefizites negativ beeinflusst (Berghorn et al., 1988). Bei überkonditionierten Tieren und bei negativer Energiebilanz verzögert sich der Beginn des Diöstrus. Der Besamungszeitpunkt ist dann schwieriger zu bestimmen, was zu reduzierten Fruchtbarkeitsergebnissen führt (Villa-Godoy et al., 1990). Auf der anderen Seite zeigen Kühe mit zu geringer Kondition zum Kalbezeitpunkt später unregelmäßige Zyklen und niedrigere Trächtigkeitsraten (Waltner et al., 1993).

Eine Überkonditionierung zum Zeitpunkt des Trockenstellens führt laut Gearhart et al. (1990) zu einem vermehrten Auftreten von **Ovarialzysten**. Demgegenüber konnten Waltner et al. (1993) keine Beziehungen zwischen der Kondition zum Kalbezeitpunkt und der Inzidenz zystischer Ovarien herstellen.

Staples et al. (1990) zufolge ist der wesentliche Faktor zur Erlangung einer normalen zyklischen Aktivität das Vermögen der Kuh, die **Futteraufnahme** p.p. ausreichend schnell zu erhöhen. Dementsprechend steigerten Kühe mit normaler Zyklusaktivität ihre Futteraufnahme von 2% des Körpergewichtes in der ersten Woche p.p. auf 3% am 25. Laktationstag. Jene Tiere hingegen, die einen entsprechenden Wert erst 2 Wochen später erreichten, waren noch 63 Tage p.p. anöstrisch und erreichten niemals den Maximalwert von 3,5% der ersten Gruppe. Aufgrund ihrer geringeren Futteraufnahme und trotz der geringeren Milchleistung verloren die anöstrischen Tiere etwa 50% mehr Körpergewicht als jene mit ovarieller Aktivität, wobei sich der Körpermasseverlust in den ersten zwei Wochen p.p. am stärksten auf die Ovaraktivität auswirkte. Die Höhe der negativen Energiebilanz war bei diesen Kühen im Mittel um -6,3 MJ pro Tag stärker ausgeprägt. Ein starkes Energiedefizit in der Früh-laktation kann sich durch einen Verzögerungseffekt noch Wochen später bemerkbar machen, beispielsweise durch niedrigere Konzeptionsraten (Staples et al., 1990).

Fruchtbarkeitsstörungen jeglicher Art führen durch eine zeitliche Verzögerung der Konzeption zu einer Verlängerung der Güstzeit, gleich welcher Ursache sie sind. Dies hat für den Betrieb weitreichende wirtschaftliche Folgen (Berchtold, 1995):

◆ Reduktion der täglichen Milchleistung

Da die Kuh länger güst bleibt, verlängert sich automatisch die Periode der Spätlaktation und somit die Phase niedriger Milchleistung. Bei einem Anstieg der Zwischenkalbezeit von 365 auf 395 Tage wird ein Minderertrag von 130 kg Milch pro Jahr angegeben.

◆ Geringerer Kälberanteil

Geht man von einer Zwischenkalbezeit von 365 Tagen aus, beträgt der Wertzuwachs täglich $1/365$ des Wertes eines neugeborenen Kalbes, abzüglich 5% für zu erwartende perinatale Verluste. Dieser Betrag entspricht täglich etwa dem Erlös für 2 Liter Milch.

◆ Remontierungskosten

Scheidet eine Kuh vorzeitig aus, so deckt der zu erwartende Schlachterlös lediglich die Hälfte der Kosten für deren Ersatz.

◆ Tierarztkosten

Durch Sterilitätsbehandlungen entstehen dem Betrieb nicht unerhebliche Kosten, welche pro Tier und Jahr dem Erlös von 35 bis 85 Litern Milch entsprechen.

◆ Besamungskosten

Ein weiterer Faktor sind die bei wiederholten Besamungen anfallenden Kosten, wobei in der Regel bei jeder vierten Besamung wieder die volle Besamungsgebühr zu entrichten ist.

Die genannten Kostenfaktoren fallen natürlich um so stärker ins Gewicht, je länger die Kuh güst bleibt und je länger demzufolge die Zwischenkalbezeit ist. Bereits Ende der siebziger Jahre wurden die so verursachten Verluste geschätzt und lagen in der Größenordnung eines Erlöses von fünf bis zwölf Litern Milch pro Tag (Berchtold, 1995).

2.5 Kondition und Gesundheit

Unter dem Namen „fat cow syndrome“ ist ein auf verfettete Kühe im peripartalen Zeitraum begrenztes Krankheitsbild bekannt, das seine Ursache in einer energetischen Überversorgung in der Spätlaktation und Trockenperiode hat (Morrow, 1976). Nach dem Kalben zeigen diese überkonditionierten Kühe eine erhöhte Anfälligkeit für metabolische Störungen wie Hypokalzämische Gebärparasen und Ketosen, für Indigestionen und Labmagenverlagerungen, für Infektionen wie Mastitiden und Salmonellosen sowie für Fertilitätsprobleme. Auch wenn sich die Tiere erholen, treten oft Verzögerungen im Einsetzen der zyklischen Ovarfunktion ein, weiterhin wird die erneute Konzeption durch Nachgeburtsverhaltungen oder Endometritiden verzögert (Morrow, 1976; Rossow et al., 1994).

Die Auswirkungen dieses auch als Lipomobilisationssyndrom bezeichneten Krankheitskomplexes sind primär auf eine fettige Degeneration der Leber zurückzuführen. Diese und die aus ihr resultierenden Krankheiten werden im folgenden näher beschrieben.

2.5.1 Leberverfettung

Bedingt durch eine exzessive Fettmobilisation bei für Erhaltung und Milchleistung unzureichender Energieaufnahme, erhöht sich die Konzentration plasmatischer freier Fettsäuren (FFS) im peripartalen Zeitraum (Grummer, 1993). Die zirkulierenden FFS werden zum großen Teil von der Leber aufgenommen und entweder zu Triglyceriden (TG) synthetisiert oder zu Acetyl-CoenzymA (Acetyl-CoA) abgebaut (Rukkwamsuk et al., 1999). Während die präpartal absinkende Futteraufnahme und der Geburtsstreß in Verbindung mit erhöhten Adrenalin- und Noradrenalinkonzentrationen zum Kalbezeitpunkt die FFS-Konzentration zusätzlich erhöhen, fördern der Anstieg (plazentalen) Östrogens und der Progesteronabfall vermutlich die TG-Synthese und -Speicherung in der Leber (Grummer, 1993). Dabei erhöhen sich die hepatische Fettsäureaufnahme, Veresterung und TG-Speicherung proportional zur FFS-Konzentration im Plasma (Grummer, 1993; Grum et al., 1996). Diese steigt in den letzten zwei Wochen a.p. auf den vierfachen Wert an (Grummer, 1993).

Eine Leberverfettung entwickelt sich in dem Fall, in dem die TG-Syntheserate der Leber die Summe von TG-Hydrolyserate und TG-Export als very low density lipoprotein (VLDL) übersteigt (Gerloff et al., 1986). Dieser VLDL-Export ist beim Wiederkäuer ein vergleichsweise langsamer Vorgang und damit ein Hauptfaktor in der Entstehung der Fettleber (Bertics et al.,

1992; Grummer, 1993). Bedingt durch die verstärkte Lipolyse und die damit einhergehende Erhöhung der FFS-Konzentration weisen zum Kalbezeitpunkt überkonditionierte Kühe in der ersten Laktationswoche um das zwei- bis dreifache erhöhte Leberfettgehalte auf (Fronk et al., 1980; Grummer, 1993).

Die wichtigsten Auswirkungen der Leberverfettung auf den Gesundheitszustand der Milchkuh sind neben einer reduzierten Glukoneogeneserate (Cadorniga-Valino et al., 1997) die verringerte Abbaurate sowohl von Endotoxinen als auch von Hormonen (Rukkwamsuk et al., 1999).

2.5.2 Ketose

Auch die Ketose tritt in Phasen erhöhter FFS-Konzentrationen auf, wobei die Empfänglichkeit bei überkonditionierten Tieren im Zeitraum starker Milchsekretion mit niedrigen Blutglukose- und Insulinspiegeln am größten ist (Rukkwamsuk et al., 1999). Während die Leberverfettung meistens bereits einen Tag nach der Geburt auftritt, ist die Ketoseinzidenz um drei Wochen p.p. am höchsten (Foster, 1988). Dabei steigt die Ketoseanfälligkeit mit zunehmendem Triglycerid:Glykogen-Verhältnis in der Leber und somit massiv, wenn die Kuh zuvor eine Fettleber entwickelt hatte (Fronk et al., 1980; Grummer, 1993). Der Grund hierfür liegt in einer direkten Beeinflussung des Kohlenhydratstoffwechsels durch die verminderte glukogene Aktivität der Fettleber (Cadorniga-Valino et al., 1997). Infolgedessen kommt es zu einer verminderten Verfügbarkeit von Oxalacetat, weshalb das in der Leber aus FFS entstehende Acetyl-CoA in immer geringerer Menge zu Zitrat kondensiert und in den Zitronensäurezyklus eingeschleust werden kann (Rukkwamsuk et al., 1999). Statt dessen wird es zu Azetoacetat, der Ausgangssubstanz der Ketonkörper Azeton, β -Hydroxybutyrat und Isopropanol umgewandelt (Goff u. Horst, 1997). Diese Ketonkörper sammeln sich vermehrt im Blut an (Azetonämie) und werden sowohl mit Milch und Harn (Azetonurie) als auch mit der Atemluft und dem Schweiß ausgeschieden. Das entstehende Krankheitsbild der Ketose zeichnet sich durch Hypoglykämie, Azetonämie, Hyperlipidämie und Blutazidose aus (Dämmrich u. Loppnow, 1990). Nach der Einteilung von Kronfeld (1982) wird diese Form als primäre spontane Ketose durch überstürzte Lipolyse bezeichnet.

Der reduzierte Glukose-Output der Leber führt zu niedrigen Blutglukosespiegeln, verminderter Insulinsekretion und somit weiter gesteigerter Lipolyse, hepatischer FS-Aufnahme und Ketogenese (Grummer, 1993). Die Milchkuh gerät in einen Circulus vitiosus, der durch die bei ketotischer Stoffwechsellage zusätzlich reduzierte Futteraufnahme noch verschärft wird. Eine

maximale Futteraufnahme im peripartalen Zeitraum kann die Ausprägung der Leberverfettung und die Inzidenz der Ketose verringern. Hinzu kommen unterstützende Maßnahmen wie die Fütterung von Propylenglykol, Natriumpropionat, Niacin oder Fett (Grummer, 1993).

Dabei ist jedoch eine Überkonditionierung der Trockensteher unbedingt zu vermeiden, da diese p.p. mehr Fett abbauen, weniger Trockensubstanz aufnehmen und höhere plasmatische FFS-Gehalte sowie höhere Leberfettgehalte aufweisen (Fronk et al., 1980; Bertics et al., 1992). In diesem Zusammenhang ist der Körperkondition als wichtigem Indikator der präpartalen Futteraufnahme bereits lange vor der Trockenperiode Aufmerksamkeit zu schenken (Grummer, 1993), denn von der Überkonditionierung sind vor allem Tiere mit einer niedrigen Leistung in der Spätlaktation und jene mit einer verlängerten Trockenperiode betroffen (Markusfeld, 1985).

2.5.3 Labmagenverlagerung

Die Labmagenverlagerung (Dislocatio abomasi, DA) ist eine häufig vorkommende, multifaktorielle Erkrankung in leistungsstarken Milchviehherden. Dabei kann die Fütterung, besonders in der Trockenperiode, als einer der wichtigsten und gleichzeitig bestkontrollierbaren Faktoren angesehen werden (Cameron et al., 1998).

Eine Überkonditionierung a.p., die mit einem verstärkten peripartalen Energiedefizit, aber auch mit erhöhtem Geburtsstreß einhergeht, führt über eine exzessive Fettmobilisierung zu einer reduzierten Endotoxinbindung im Blut bei gleichzeitig stark verminderter Ausscheidung durch die Leber. Endotoxineffekte bewirken eine gestörte Labmagenentleerung, die schließlich zur Dislokation führen kann (Fürll u. Krüger, 1998). Dieser Vorgang wird durch die aufgrund geringerer Trockensubstanzaufnahme verminderte Pansenfüllung unterstützt.

Signifikante Beziehungen bestehen zwischen einer präpartal auftretenden negativen Energiebilanz und erhöhter DA-Inzidenz post partum. Eine Abnahme der Labmagenmotilität wird als der Schlüsselfaktor in der Entstehung der Verlagerung angesehen (Cameron et al., 1998), wobei vor allem die den Muskeltonus senkende Wirkung der Ketonkörper zu betonen ist (Staufenbiel et al., 1987).

Eine oft gleichzeitig vorkommende, durch die erhöhten FFS-Konzentrationen im Plasma verursachte Leberverfettung beschleunigt das Krankheitsgeschehen, vermutlich durch eine die Labmagenentleerung hemmende, verzögerte Glukose-Clearance (van Meirhaeghe et al., 1988). Ist das Tier bereits an einer Ketose erkrankt, so sind Trockensubstanzaufnahme und

Pansenfüllung weiter reduziert bei gleichzeitig herabgesetzter Vor- und Labmagenmotilität (Cameron et al., 1998). Es ist jedoch zu beachten, daß eine ketotische Stoffwechsellage nicht nur ein Risikofaktor für sondern auch eine Konsequenz von Labmagenverlagerungen sein kann (Erb u. Grohn, 1988).

Um die präpartal auftretende negative Energiebilanz zu mindern bzw. zu vermeiden, schlagen Cameron et al. (1998) für die Trockenperiode Rationen von höherer Energiedichte als üblicherweise empfohlen vor, jedoch mit maximal 6,9 MJ NEL pro kg Trockensubstanz. Rationen von darüber hinausgehendem Energiegehalt erhöhen die DA-Inzidenz durch eine abnehmende Futteraufnahme. Verantwortlich hierfür sind vermutlich der in der Spätgestation erhöhte und die Konzentrataufnahme hemmende Östrogenspiegel sowie ein durch subklinische Pansenazidose verminderter Appetit.

Sowohl eine Verfettung in der Trockenperiode als auch überstürzte Lipolyse in der Früh-laktation führen zu einer Erhöhung der DA-Inzidenz (Fürll u. Krüger, 1998). Färsen mit späterer DA wiesen weiterhin zu 50% Mastitiden sowie zu 30% Retentio secundinarum auf, was auf zumindest teilweise gemeinsame Ursachen hinweist.

2.5.4 Mastitis

Das Auftreten einer Leberverfettung im peripartalen Zeitraum beeinflusst die Proteinproduktion negativ, was zu einer verminderten Immunkompetenz mit geringerer Anzahl an zirkulierenden Neutrophilen Granulozyten führt (Morrow et al., 1979; Gerloff et al., 1986). Hohe Konzentrationen an FFS im Blut beeinflussen die Immunantwort vermutlich direkt durch eine Verminderung der Synthesefunktionen und der chemotaktischen Fähigkeiten von Leukozyten (Rukkamsuk et al., 1999). Die Immunsuppression nimmt mit stärker ausgeprägter negativer Energiebilanz zu (Goff u. Horst, 1997; Heuer et al., 1999). Dementsprechend sind sowohl eine Überkonditionierung in der Trockenperiode als auch ein übermäßiger Fettabbau in der Früh-laktation prädisponierende Faktoren für das Auftreten von Mastitiden (Fürll u. Krüger, 1998).

2.5.5 Puerperalstörungen

Durch eine Überfütterung a.p. und die dadurch reduzierte postpartale Futteraufnahme kommt es zu einer verstärkten Belastung des Energiestoffwechsels mit erhöhter Aktivität der Nebennierenrinde. Dies ist eine Ursache für die unmittelbar p.p. deutlich abfallenden Blutphosphorspiegel, die den Muskeltonus beeinträchtigen (Lotthammer, 1995). Der in der Frühlaktation auftretende Anstieg von Ketonkörpern im Blut führt zu einer weiteren Senkung des Muskeltonus und fördert damit insbesondere eine Uterusatonie mit den damit verbundenen Involutionsstörungen sowie das Auftreten von Krankheiten wie der Retentio secundinarum (Staufenbiel et al., 1987). Hinzu kommt eine durch Leberschädigungen bedingte Beeinträchtigung der immunologischen Abwehrmechanismen (Gerloff et al., 1986) und damit eine verzögerte Regeneration des Endometriums mit dem Auftreten von Endometritiden und eitrigen Genitalkatarrhen (Schilling, 1976; Markusfeld, 1985; Butler u. Smith, 1989).

Weitere Gründe für eine erhöhte Inzidenz sowohl von Nachgeburtsverhaltungen als auch von Endometritiden sind Unterkonditionierung zum Trockenstellen, Konditionsverluste in der Trockenperiode und Unterkonditionierung zum Kalbezeitpunkt (Markusfeld et al., 1997).

2.5.6 Hypokalzämische Gebärparese

Für Milchkühe, die zum Kalbezeitpunkt überkonditioniert sind, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, an Hypokalzämie oder Milchfieber zu erkranken (Morrow, 1976; Fronk et al., 1980). Als ursächlich wird die Tatsache angesehen, daß durch die verminderte postpartale Futteraufnahme dieser Tiere die Kalziumversorgung gerade zu jener Zeit beeinträchtigt wird, in der ein sprunghaft ansteigender Bedarf entsteht (Rukkamsuk et al., 1999).

2.5.7 Klauenerkrankungen

Milchkühe, die zum Trockenstellen oder zum Partus überkonditioniert sind, zeigen ein gehäuftes Auftreten von Klauenproblemen (Gearhart et al., 1990). Diese Tiere sind generell übergewichtig und somit prädisponiert für Klauenerkrankungen, die auf eine vermehrte Belastung des Bewegungsapparates zurückzuführen sind. Jedoch sind auch unterkonditionierte Kühe verstärkt betroffen, was einerseits durch den negativen Effekt der Klauenerkrankungen

auf die Futteraufnahme erklärt werden kann. Andererseits steigern hohe Leistungen, die mit einem entsprechenden Energiebedarf und niedriger Kondition einhergehen, gleichzeitig die Inzidenz von Klauenerkrankungen. So gehen stark ausgeprägte negative Energiebilanzen, die bezüglich der Milchhaltsstoffe zu Fett:Protein-Quotienten über 1,5 führen, mit einem erhöhten Lahmheitsrisiko einher (Heuer et al., 1999). Berücksichtigt werden muß allerdings, daß Hochleistungskühe mit hohem Energiebedarf aufgrund niedrigerer Merzungsraten auch bei Erkrankungen des Bewegungsapparates länger im Bestand bleiben (Gearhart et al., 1990) und so das Bild verfälschen können.

2.6 Die optimale Kondition

Die Körperkondition stellt sich als dynamische Variable dar, welche in direkter Beziehung zum physiologischen Zyklus der Milchkuh steht (Gallo et al., 1996) und somit als deutliche Funktion des Laktationsstadiums anzusehen ist (Waltner et al., 1993). Diese Funktion wird auch als Lebendmasse-Energie-Zyklus bezeichnet (Staufenbiel, 1997). Die zuvor dargestellten Verhältnisse verdeutlichen den Konflikt zwischen der milchleistungsfördernden Wirkung des Fettgewebes einerseits und der potentiell krankmachenden sowie die Fruchtbarkeitsleistung beeinträchtigenden Wirkung exzessiver Fettreserven bzw. einer überstürzten Lipolyse auf der anderen Seite. Dabei ist die ideale Körperkondition jene, die zu jedem Zeitpunkt der Laktation die maximale Milchleistung, minimale Gesundheits- und Reproduktionsstörungen sowie eine maximale ökonomische Rendite ermöglicht (Gearhart et al., 1990). Ziel muß es also sein, den energetischen Puffereffekt des Fettgewebes optimal auszunutzen und gleichzeitig die durch überhöhte Lipolyse bedingte negative Beeinflussung von Fruchtbarkeit und Gesundheit zu minimieren (Staufenbiel et al., 1991). In Tab.2 sind verschiedene Literaturangaben zum Optimalbereich der Körperkondition gegenübergestellt. Hierbei ist zu beachten, daß sich einerseits die untersuchten Tierpopulationen bei Beschränkung auf jeweils einen oder wenige Betriebe unterschieden und andererseits verschiedene Methoden der Konditionsbeurteilung zum Einsatz kamen.

Ein Ziel dieser Arbeit war die Überprüfung und Korrektur der im Rahmen der Bestandsbetreuung bisher vielfach eingesetzten Konditionskurve nach Staufenbiel (1997). Diese Kurve war vor etwa zehn Jahren am Schwarzbunten Milchrind ermittelt und mit Zunahme des HF-Anteiles in der Population zunehmend in Frage gestellt worden.

Tab.2: Angaben über konditionelle Optimalbereiche

Laktationsstadium	RFD (mm)	BCS	Quelle
Trockenstellen	22,5 (20-25)		Staufenbiel, 1997
Kalbung	25 (20-30)		
100 Tage p.p.	12,5 (10-15)		
200 Tage p.p.	17,5 (15-20)		
Trockenstellen		3,5	Heuwieser u. Bergmann, 1996 ¹
Kalbung		3,5	
Hochlaktation		2,75-3,0 (Min. 2,5)	
Trockenstellen		3,5-4,0	Parker, 1989 ¹
Kalbung		3,5-4,0	
100 Tage p.p.		2,5-3,0	
200 Tage p.p.		3,0-3,5	
Trockenstellen		3,0-3,5	Hady et al., 1994b ¹
Kalbung		3,0-3,5	
100 Tage p.p.		2,5-3,0	
200 Tage p.p.		3,0-3,5	
Kalbung		7,2	Holter et al., 1990 ²

¹ 5-Punkte-Skala ² 9-Punkte-Skala