

## 2 LITERATURÜBERSICHT

### 2.1 Energiestoffwechsel der Milchkuh

Aufgrund der Tatsache, dass die Milchleistung der Kuh ihren Höhepunkt vor ihrer maximalen Futterraufnahme erreicht (Abb. 1) (STAUFBENBIEL *et al.*, 1989a; STAPLES *et al.*, 1990; LUCY *et al.*, 1991; NEBEL u. MCGILLIARD, 1993), sind die Tiere in der frühen Phase der Laktation auf ihre gespeicherten Energiereserven angewiesen; sie befinden sich in einer Phase der negativen Energiebilanz. Laut VILLA-GODOY *et al.* (1988) und DOMEQ *et al.* (1997a) durchlaufen bis zu 80 % der Kühe in der Frühaktation eine solche Phase der negativen Energiebilanz. COPPOCK *et al.* (1974) fanden vor 30 Jahren sogar einen Prozentsatz von 92 %. Für die auf hohe Leistung gezüchtete Milchkuh entsteht in den ersten Wochen post partum unausweichlich ein Konflikt zwischen begrenztem Trockensubstanzaufnahmevermögen und sprunghaft steigendem Energiebedarf für Erhaltung und Leistung (BUTLER u. SMITH, 1989; DOMEQ *et al.*, 1997a).

Die mit dem Futter aufgenommene Energie und das mobilisierte Körperfettgewebe entsprechen annäherungsweise dem verbrauchten Energiebetrag für die Milchproduktion und dem notwendigen Energieverbrauch für den Energiestoffwechsel (WALTNER *et al.*, 1993, STAUFBENBIEL *et al.*, 1991). Da die Milchkuh durch ihre steigende Milchleistung mehr Energie verbraucht als sie über das Futter aufnehmen kann, liefert das Fettgewebe als Beurteilungskriterium für den Energiehaushalt einer Milchkuh wertvolle Informationen über ihre Stoffwechsellage (STAUFBENBIEL *et al.*, 1991). Ausgehend von der Trockensteherkondition bauten alle Tiere etwa 10 mm Fettgewebe bis zu ihrem konditionellen Tiefpunkt ab, Erstlaktierende nur geringfügig weniger (SCHRÖDER, 2000).

Der Umfang des Auf- bzw. Abbaus von Körperfett wird durch die Nettoenergiebilanz bestimmt. Sie ist das Verhältnis von Energieaufnahme zu -abgabe und in hohem Maße von der Höhe der Milchproduktion abhängig. Da Kühe bis zum sechsten Lebensjahr wachsen (STAUFBENBIEL *et al.*, 1987), ist zusätzlich der Energiebedarf für den daraus resultierenden Körpermassenansatz zu berücksichtigen. Mit zunehmender Laktationszahl rückt die Bedeutung des Körperwachstums immer stärker in den Hintergrund. Dementsprechend bewegen sich

jüngere Tiere generell auf einem niedrigeren konditionellen Niveau als ältere (SCHRÖDER, 2000). Erstlaktierende sind nicht in der Lage bis zum Trockenstellen ausreichende Fettreserven für die kommende Laktation anzulegen und sind somit in der zweiten Laktation im Durchschnitt unterkonditioniert (SCHRÖDER, 2000).

Bei Tieren mit mehr als zwei Laktationen rückt die Körperrahmenezunahme, also das Wachstum, gegenüber der steigenden Milchleistung in den Hintergrund. Solche Kühe erreichen den konditionellen Tiefpunkt gegenüber jüngeren später, wobei sich gleichzeitig das Tal der Konditionskurve länger ausdehnt (SCHRÖDER, 2000). WALTNER *et al.* (1993) beobachteten in einer Studie, dass die Minimalkondition bei Kühen der ersten und zweiten Laktation nach zwei Monaten, bei älteren Tieren jedoch erst nach vier Monaten erreicht wurde. Gleichzeitig stieg mit zunehmendem Alter der Betrag der BCS-Verluste. SCHRÖDER (2000) konnte diese Beobachtungen in seiner Studie nicht machen. Hier stieg die mittlere maximale Abbaurate mit zunehmendem Alter um 0,02 mm pro Tag. Auch VILLAGODOY *et al.* (1988) beobachteten keinen Effekt des Alters auf die Energiebilanz.

Multipare Tiere tendieren dazu, gegen Ende der Laktation ihre ursprüngliche Kondition zu übertreffen und verdeutlichen somit das erhöhte Risiko einer Überkonditionierung älterer Tiere in der Spätlaktation (GALLO *et al.*, 1996; SCHRÖDER, 2000).

PEDRON *et al.* (1993) zeigten, dass die Konditionsänderung in der Frühaktation abhängig von der maximalen Milchproduktion ist und diese mit zunehmender Laktationszahl ansteigt.

### **2.1.1 Lebendmasse-Energie-Zyklus**

Die Milchkuh durchläuft von einem Laktationszyklus zum nächsten einen dynamischen Auf- und Abbau ihrer Fettreserven.

Nach dem Kalben steigt die Milchleistung sehr schnell an, bis sie in der vierten bis siebten Laktationswoche ihr Maximum erreicht (Abb. 2). Die Kuh ist in diesem Zeitraum jedoch nicht in der Lage ihren stetigen Energieverlust durch die Futteraufnahme auszugleichen.

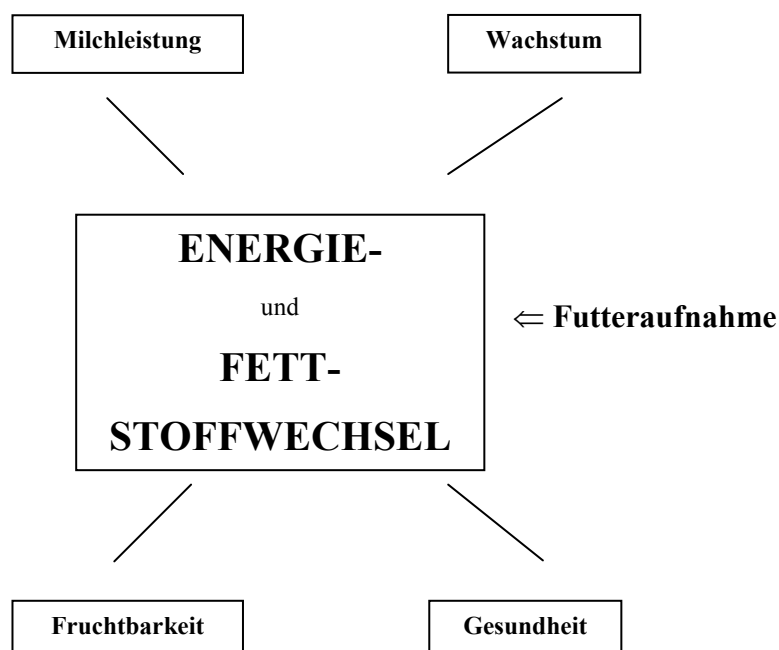


Abb. 1: Zentrale Stellung des Energie- und Fettstoffwechsels als methodisches Konzept zur komplexen Betrachtung der verschiedenen Leistungen einschließlich der Gesundheit des Rindes (STAUFENBIEL *et al.*, 1991).

Die Futteraufnahme steigt erst in der 8. bis 11. Woche post partum auf ihren Höchstwert an (Abb. 2). Dies hat zur Folge, dass der Energiebedarf für die erbrachte Milchleistung und den Erhaltungsstoffwechsel nicht über die Energieaufnahme über das Futter gedeckt werden kann. Somit kommt die Kuh in der Früh-laktation in eine Phase der negativen Energiebilanz, in der sie das entstehende Energiedefizit durch Nutzung eigener Körpersubstanz als zusätzliche Energiequelle kompensiert (BUTLER u. SMITH, 1989; GERHART *et al.*, 1990). Dies spiegelt sich in einem Rückgang der Lebendmasse mit einem Tiefpunkt fünf bis zehn Wochen post partum wider (Abb. 2). Die verbrauchten Energiereserven müssen regeneriert werden, damit sie für die nächste Laktation erneut zur Verfügung stehen. Dies geschieht nach Eintritt in die positive Energiebilanz infolge der abfallenden Milchleistungskurve insbesondere im letzten Laktationsdrittel. Die wichtigste Körperenergiereserve bildet hierbei das Fettgewebe.

Es vollzieht sich so ein charakteristischer Wechsel zwischen der Mobilisation von Fettreserven (Lipolyse) in der Frühlaktation und ihrem Wiederaufbau (Lipogenese) in der Spätlaktation (STAUFENBIEL, 1993). Hierdurch erhöht die Milchkuh die Energiebereitstellung aus dem verzehrten Futter und ermöglicht so überhaupt erst Höchstleistung. Diese Dynamik des Fettgewebes ist mit Hilfe der Ultraschalltechnik messbar- und objektivierbar.

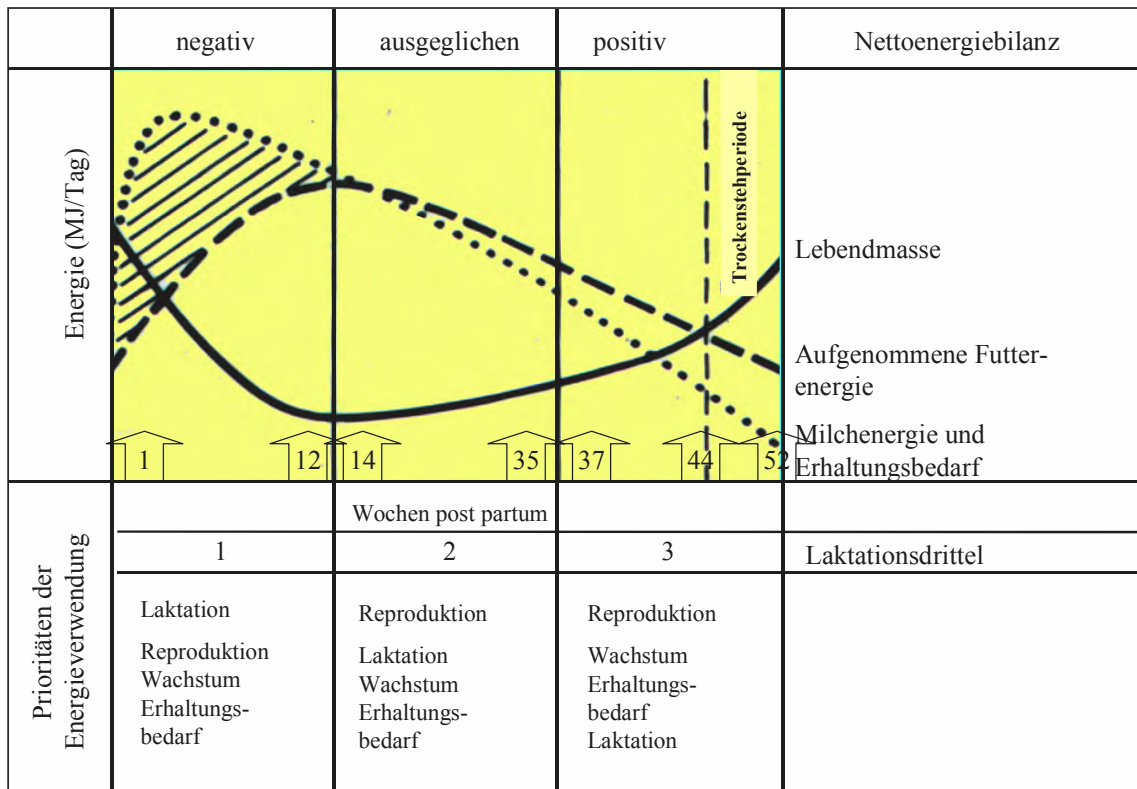


Abb. 2: Lebendmasse-Energie-Zyklus (STAUFENBIEL, 1993).

## 2.1.2 Optimale Körperkondition in den verschiedenen Laktationsstadien

### 2.1.2.1 TROCKENSTEHPHASE

Die Trockenstehphase erfüllt eine wichtige Aufgabe in der Vorbereitung der Milchkuh auf die neue Laktation. Die Hauptwachstumsphase des Feten (STAUFBIEBL, 1993) und tiefgreifende Umbauprozesse im Euter finden in dieser Regenerationsperiode statt. Zum Trockenstellen, ca. 8 Wochen ante partum, sollten die Kühe über eine Rückenfettdicke zwischen 20 und 25 mm (STAUFBIEBL, 1993) bzw. 19 - 27 mm (SCHRÖDER, 2000) verfügen. SCHRÖDER (2000) fand in seiner Studie, dass die durchschnittliche Kondition der Trockensteher in den verschiedenen Leistungsgruppen durchweg zwischen 22 und 23 mm RFD lag und so im Gegensatz zu früher durchgeführten Studien keine auffallenden konditionellen Differenzen zwischen der Kondition als Trockensteher und als Frischabkalber bestanden.

Die Kühe sollten in der Trockenstehphase ihre Anfangskondition beibehalten und weder Rückenfettdicke aufbauen noch verlieren. Nach STAUFBIEBL *et al.* (1991, 1993) hat eine nicht bedarfsgerechte Energieversorgung in der Trockenstehperiode einen Abbau von Körperfett und damit negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit und einen signifikant erhöhten Leberfettgehalt zur Folge. Eine Abnahme von mehr als 1 mm pro Woche in den letzten 2 bis 3 Wochen ante partum hat einen langfristig depressiven Einfluss auf die Futteraufnahme in der Früh-laktation (STAUFBIEBL *et al.* 1991). Dementsprechend darf, unabhängig vom Konditionszustand zum Trockenstellen, ein Fettabbau in dieser Periode und insbesondere während der letzten 2 bis 3 Wochen ante partum nicht zugelassen werden. So sollten diese Tiere mit einem geringgradig positiven Energieniveau versorgt werden, wobei zugleich ein geringer Fettansatz zugelassen wird (STAUFBIEBL, 1993). Obwohl nach allgemeiner Auffassung die Kondition zum Trockenstellen und zum Partus gleich sein sollte (WILDMAN *et al.*, 1982; EDMONSON *et al.*, 1989; GEARHART *et al.*, 1990; STAUFBIEBL *et al.*, 1991), ist bei Hochleistungstieren, die in der Spätlaktation unterkonditioniert sind, eine moderate Zunahme in der Trockenstehperiode notwendig. Auf diese Weise werden peripartale Gesundheitsstörungen vermieden und hohe Milchleistungen ermöglicht (GRUM *et al.*, 1996; DOMEQ *et al.*, 1997a). Eine im Gegensatz dazu beschriebene erhöhte Krankheitsanfälligkeit bei Konditionszunahmen in der Trockenstehperiode (FRONK *et al.*, 1980; CORREA *et al.*, 1990) dürfte vorwiegend bei überkonditionierten Tieren von Bedeutung sein (GRUM *et al.*, 1996).

Stärkere Zunahmen oder Konditionsverlust in der Trockenstehphase sowie Überkonditionierung zum Zeitpunkt des Trockenstellens gingen mit einer Abnahme der Milchmenge einher (DOMECQ *et al.* 1997a). Demgegenüber fanden BOISCLAIR *et al.* (1986) bei Verfütterung einer hochenergetischen TMR in der Frühlaktation keinen Einfluss der präpartalen Überversorgung auf die Milchproduktion. Laut SCHRÖDER (2000) hat die Kondition in der Trockenstehperiode einen untergeordneten Einfluss auf die Milchleistung. Andere Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass das Fettgewebe eine milchleistungsfördernde Wirkung hat, bei erhöhter Lipolyse jedoch nachteilig auf die Leistung wirkt (BOISCLAIR *et al.*, 1986; STAUFENBIEL *et al.*, 1991; WALTNER *et al.*, 1993; DOMECQ *et al.*, 1997a).

#### 2.1.2.2 TRANSITPERIODE POST PARTUM UND FRÜHLAKTATION

Der Einfluss der Kalbekondition und die Kondition in der Frühlaktation ist in diversen Studien untersucht worden. Demnach gelten gut ausgebildete Fettdepots als leistungsfördernd (STAUFENBIEL *et al.*, 1992; PEDRON *et al.*, 1993; WALTNER *et al.*, 1993; MARKUSFELD *et al.*, 1997; DOMECQ *et al.*, 1997a), während eine Überkonditionierung zu Leistungseinbußen und einem erhöhten Krankheitsrisiko führt (MORROW, 1976; STAUFENBIEL *et al.*, 1987; GEARHART *et al.*, 1990; WALTNER *et al.*, 1993). RUEGG (1991) sieht keinen Zusammenhang zwischen Milchleistung und der Kalbekondition, solange die postpartale Fütterung angemessen und gut ausbalanciert ist.

Der Schwerpunkt der Konditionsbeurteilung in der Frühlaktation liegt in der Erkennung und Vermeidung einer überstürzten postpartalen Lipolyserate. Ziel sollte eine langsam einsetzende Lipolyse zu Laktationsbeginn sein, die sich über die Frühlaktation protrahiert fortsetzt und durch Bereitstellung von vornehmlich freien Fettsäuren den Energiestoffwechsel und die Milchfettsynthese stabilisiert und unterstützt (STAUFENBIEL *et al.*, 1991 u. 1993). Wird die Verwertungshöhe an freien Fettsäuren, bedingt durch die starke katabole Stoffwechsellage, überschritten, bedeutet dies eine erhöhte Fettsäurekonzentration im Blut. Infolge dessen kommt es zu einer Steigerung der Ketogenese und des Leberfettgehaltes, was wiederum eine

Depression der Futteraufnahme bewirkt (STAUFENBIEL *et al.*, 1991; LOTTHAMMER, 1979a), aber förderlich für die Milchproduktion ist (SCHRÖDER, 2000). STAUFENBIEL (1993) und ROSSOW *et al.* (1989) legten als Richtwert für den maximalen Fettabbau in den ersten beiden Laktationswochen eine Abnahme der RFD von 3 mm fest, was einer Mobilisation von bis zu 1 kg Körperfett pro Tag entspricht. Im Verlauf der ersten 8 Laktationswochen dürfen die Kühe, abhängig von ihrer Ausgangskondition, bis zu 15 mm Rückenfett abbauen, sollten aber mit ihrem Gesamtkonditionszustand nicht unter 15 mm Rückenfettdicke fallen. Laut STAUFENBIEL (1993) neigen Kühe, die 15 mm RFD unterschreiten, zu Fruchtbarkeitsproblemen und zu schlechten Konzeptionsergebnissen.

SCHRÖDER (2000) fand in seiner Studie, dass der konditionelle Tiefpunkt bei den leistungsstärksten Tieren erst nach dem 100 bis 110 Melktag erreicht wurde. Bei den niederproduktiven Herdenmitgliedern war dies im Durchschnitt 40 Tage eher der Fall. Gleichzeitig beobachtete er auch eine Zunahme des Fettabbaus mit steigender Leistung. Die Hochleistungstiere erreichten eine Minimalkondition von 11,5 mm RFD und bauten insgesamt 10,3 mm ab (SCHRÖDER, 2000). Er beobachtete weiterhin, dass die Milchleistung in der Früh-laktation durch stärker ausgeprägte Fettreserven gefördert wird.

### **2.1.3 Methoden der Konditionsbeurteilung**

Die Konditionsbeurteilung wird für die Bestimmung der Energiebilanz der Hochleistungskühe in heutiger Zeit zu einem wichtigen Teil der Bestandsbetreuung. Sie beruht auf einer subjektiven Beurteilung des äußeren Erscheinungsbildes einer Kuh. Im Laufe der letzten Jahre sind mehrere Verfahren zur Beurteilung der Dynamik der Körperenergie-depots entwickelt und in der Praxis getestet worden. Eine exakte Bestimmung der Energiebilanz ist nur mit Hilfe der Kalorimetrie in Stoffwechselkammern möglich (VAN ES u. BOEKHOLT, 1987). Eine ebenfalls sehr genaue Methode der Bestimmung des Fettgehaltes bzw. als Maß für den Energiestoffwechsel mit einem Korrelationsfaktor von bis zu 0,94, ist die Ermittlung der Körperzusammensetzung über die Gesamtkörperwasserbestimmung mit Phenazon® (KLAWUHN u. STAUFENBIEL, 1997).

Für die Anwendung in der Praxis stehen drei Methoden zur Verfügung: die Lebendmassewägung, die Rückenfettdickenmessung (RFD) und das *Body Condition Scoring* (BCS). Die beiden letzten Verfahren weisen entschieden bessere Korrelationen zum Körperenergiegehalt der Kuh auf als die Lebendmassewägung.

#### 2.1.3.1 LEBENDMASSEWÄGUNG

Die Lebendmassewägung hat den Vorteil, dass sie sowohl Änderungen der Protein- als auch der Fettreserven erfasst. Jedoch verfälschen Änderungen des Füllungszustandes des Gastrointestinaltrakts wie auch Gewichtsänderungen des sich entwickelnden Feten den Messwert (BOISCLAIR *et al.*, 1986; RUEGG, 1991; STAUFENBIEL *et al.*, 1993). Des Weiteren muss das Gewicht immer in Relation zur Rahmengröße gesehen werden, wie auch die relativen Anteile von Fett und Protein immer nur als Summe und nicht als Einzelwerte dargestellt werden können. Beim wachsenden Tier treten somit erhebliche Unterschiede im Bezug auf den Protein- und Fettansatz in Bezug zum erwachsenen Tier auf. Damit erlaubt das Verfahren keine objektive Aussage über den Energiegehalt bzw. die Energieänderung, da der Energiegehalt je kg Lebendmasse bzw. Lebendmasseänderung außerordentlich variabel ist.

#### 2.1.3.2 BODY CONDITION SCORING

Ein weiteres Verfahren zur Abschätzung der Energieversorgung von Milchkühen ist die Methode des *Body Condition Scoring* (BCS). Es wird meist nach einem Beurteilungsschema, das von EDMONSON *et al.* (1989) entwickelt wurde, durchgeführt. Es handelt sich hierbei um ein in Viertelschritte unterteiltes Indexsystem mit einer Bewertungsskala von 1 bis 5; den Index 1 erhalten sehr magere, den Index 5 stark verfettete Kühe (METZNER *et al.*, 1993). Die Bewertung erfolgt durch Adspektion und Palpation an acht verschiedenen Körperpartien der Lendenwirbelsäule, des Schwanzansatzes und des Beckens der Kuh. Es wird der Grad der



Abdeckung der Knochenvorsprünge mit Fett- und Muskelgewebe bestimmt. Im Verlauf eines Reproduktionszyklus sollte die Kondition eines Einzeltieres nicht mehr als 1 Indexpunkt schwanken (LALMAN *et al.*, 1997; DE KRUIF, 1998; MOREIRA *et al.*, 2000). Das *Body Condition Scoring* wird einerseits als wertvolle, praxisnahe, schnell erlernbare und kostengünstige Methode für das Management von Milchviehherden bewertet (RUEGG 1991; HEUWIESER u. MANNSFELD 1992; METZNER *et al.* 1993; HADY *et al.* 1994; DOMEQ *et al.* 1997b), andererseits aber wegen seiner bedeutenden Abhängigkeit von den subjektiven Fähigkeiten seiner Anwender auch kritisch betrachtet (STAUFBIEL *et al.*, 1991). FERGUSON *et al.* (1994) bestimmten Korrelationsfaktoren zwischen 0,76 und 0,86 für die von verschiedenen Untersuchern ermittelten BCS - Werte, wobei die Schätzgenauigkeit abhängig vom Trainingszustand war. In 21-34 % der Fälle ergaben sich Abweichungen von 0,25 Einheiten. Die Konditionsdynamik konnte hingegen in zwei aufeinanderfolgenden Bewertungen mit Veränderungen von 0,25 Einheiten von den gleichen Untersuchern nicht sicher erkannt werden. Eine vergleichbare hohe Übereinstimmung ließ sich in der Untersuchung von KLEIBÖHMER *et al.* (1998) nicht finden. Hier wurde die Schätzgenauigkeit mit Hilfe von 15 Landwirten in 3 verschiedenen Betrieben ermittelt, wobei für jede Kuh vorab ein „Goldstandard“ von zwei erfahrenen Beurteilern ermittelt wurde. 84 % der Beurteilungen wichen um einen Viertelpunkt vom Goldstandard ab, wobei der Faktor „Kuh“ einen nicht unbedeutenden Einfluss auf das Ergebnis hatte. Es stellte sich heraus, dass einzelne Kühe schwierig zu beurteilen sind, gerade dann, wenn die zu beurteilenden Körperstellen erhebliche Unterschiede hinsichtlich Muskel- und Fettauflagerung aufweisen.

### 2.1.3.3 RÜCKENFETTDICKENMESSUNG

Eine weitere Methode zur Beurteilung der Kondition basiert auf der mit Ultraschall gemessenen Rückenfettdicke (RFD). Es handelt sich um eine objektive Meßmethode, die recht genau den Körperfettgehalt wiedergibt (STAUFBIEL, 1999). Zwischen Körperfettgehalt und Rückenfettdicke wurden für alle untersuchten Tiergruppen Korrelationen zwischen 0,80 und 0,87 ermittelt. Pro Millimeter Rückenfettdicke ändert sich der Körperfettgehalt um rund 5 kg

(KLAUWUHN u. STAUFENBIEL, 1997), wobei weder der Füllungszustand des Gastrointestinaltraktes noch die Konzeptionsprodukte oder die Rahmengröße den Wert beeinflussen (STAUFENBIEL, 1992). Die Rückenfettdickenmessung basiert auf der Methode von STAUFENBIEL (1997). Der Messpunkt liegt auf der Verbindungslinie zwischen dem oberen Bereich des *Tuber ischiadicum* und dem oberen Bereich des *Tuber coxae*, etwa eine Handbreit kranial des *Tuber ischiadicum*. Für die Messung der RFD 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 Aufwands mit einer hohen Messgenauigkeit. Nachteilig ist jedoch die Notwendigkeit, die Haut zu durchstechen und der zeitliche Aufwand (STAUFENBIEL, 1992). Die Ultraschallmethode hingegen ist mit einem geringen zeitlichen Aufwand für das Einzeltier verbunden, nicht invasiv und schnell erlernbar. Mit Hilfe der B-Bild-Technik und der Verwendung eines Linearscanners mit einem Schallkopf im Bereich von 5 MHz bis 7,5 MHz sowie die unmittelbare Ankopplung des Schallkopfes mit 96 % Alkohol an die behaarte Haut (CIMBAL, 1990), sind auswertbare Sonogramme erstellbar. Gemessen wird die Haut und das darunterliegende Fettgewebe bis zur *Fascia trunci profunda*, welche auf dem Ultraschallbild deutlich zu identifizieren ist. Sämtliche RFD-Angaben werden in Millimeter angegeben und beinhalten neben der Fettdicke auch die Hautdicke.

Die Positionierung des Schallkopfes und dessen Winkel im Bezug zur Körperoberfläche kann eine mögliche Fehlerquelle bei der Messung darstellen (FAULKNER *et al.*, 1990; HOUGHTON u. TURLINGTON, 1992). Weiterhin weisen DOMECQ *et al.* (1995) darauf hin, dass die subkutane Fettschicht an bestimmten Stellen hin und wieder nicht uniform ist, sondern erheblichen Schwankungen unterliegt, was gerade bei fetten Tieren der Fall ist. Bei Kühen in sehr schlechter Kondition kann die RFD-Messung jedoch keine genauen Werte liefern, da bei diesen Tieren die Fettreserven schon gänzlich aufgebraucht und die Proteinmobilisation dominiert, welche mit der RFD-Messung nicht erfasst werden kann. Hier wiederum besitzt die Lebensmassewägung die bessere Aussagekraft und kann ergänzend herangezogen werden (STAUFENBIEL *et al.*, 1993).

## 2.2 Fruchtbarkeit der Milchkuh

### 2.2.1 Allgemeine Aspekte

Die Fruchtbarkeit wird in der Nutztiermedizin definiert als das Vermögen des Tieres „rechtzeitig tragend zu werden“. Es sollen „gesunde und lebensfähige Nachkommen bis ins hohe Alter erbracht werden“ (BENESCH, 1957).

Beim nichttragenden Rind kommt es mit mehr oder weniger konstanter Periodizität das ganze Jahr über zu einem Wechsel zwischen Paarungsbereitschaft und Ablehnung des Sexualpartners. Das Milchrind ist demnach ganzjährig polyöstrisch. Die Dauer des Sexualzyklus beträgt im Durchschnitt  $21 \pm 3$  Tage, wobei die Hauptbrunst, also die Zeit der Kopulationsbereitschaft, 18 Stunden dauert (GRUNERT u. BERCHTHOLD, 1995). Neuere Studien sprechen bei 50 % der Tiere von einer Brunstdauer von höchstens acht Stunden (NEBEL, 1999). Die Ovulation erfolgt nach Beendigung der aktiven Brunst. Der Sexualzyklus wird durch wechselnde Konzentrationen verschiedener Hormone im Blut reguliert. Eingeleitet wird das Zyklusgeschehen durch das aus den Neuronen des Hypothalamus freigesetzte GnRH. Das GnRH bewirkt im Hypophysenvorderlappen die Freisetzung von FSH und LH. Diese beiden Sexualhormone wirken direkt auf die Rezeptoren der Ovarien. FSH induziert das Follikelwachstum bis hin zum sogenannten Graafschen Follikel. Dieser produziert Östrogene, welche die Brunstsymptome und eine Steigerung der LH-Sekretion auslösen. Die Befruchtung erfolgt im Eileiter. Die Zygote erreicht die Gebärmutter etwa am 5. Tag. Die auf die Ovulation folgende Gelbkörper- oder Progesteronphase dauert etwa bis zum 16. und 17. Zyklustag an. In dieser Zeit herrschen eine wenig frequente Ausschüttung von LH und eine sich alle vier bis fünf Tage wiederholende Erhöhung der FSH-Freisetzung vor. Diese Hormonsituation bewirkt eine wellenförmige Anbildung von Follikeln, die während der Lutealphase wieder atresieren. Erst nach der Luteolyse, die durch einen Anstieg der  $\text{PGF}_{2\alpha}$ -Konzentration aus dem Endometrium bewirkt wird (THATCHER *et al.*, 1997), kann ein Follikel unter FSH-Stimulierung zum präovulatorischen Graafschen Follikel ausdifferenzieren. Dieser Follikel kommt schließlich durch einen Anstieg der LH-Konzentration, dem sogenannten „LH-Peak“,

zur Ovulation und der Zyklus wird gestartet (DÖCKE, 1994; GRUNERT u. BERCHTHOLD, 1995; KANITZ *et al.*, 2003). LH bewirkt nun die Lutenisierung des Gelbkörpers.

Um der Zielvorstellung gerecht zu werden, dass jede Kuh pro Jahr ein Kalb zur Welt bringt, hat die Kuh, nach einer Trächtigkeitsdauer von ca. 285 Tagen, noch 80 Tage Zeit für die Aktivierung des Zyklus und eine erneute Trächtigkeit. Sie muss in dieser Zeit eine enorme energetische Leistung für die steigende Milchmenge, die Uterusrückbildung und die Rückkehr zu den hormonalen Mechanismen für den Ovarzyklus vollbringen (RAE, 1992). Allgemein sollten Rinder zum Zeitpunkt ihrer Erstbesamung ein Gewicht von 400 bis 420 kg und ein Alter zwischen 13 und 15 Monaten aufweisen. Unter Praxisbedingungen sollte die RZ zwischen 60 und 78 Tagen liegen. Daraus resultiert eine anzustrebende ZTZ von 85 bis 115 Tagen (ROSSOW, 2003a). Nach de KRUIF *et al.*(1998) sollten in Betrieben mit guter Herdenfruchtbarkeit 75 % der Tiere eine ZTZ von weniger als 115 Tagen aufweisen. Mehr als 60 % der Tiere einer Herde sollten nach der ersten Besamung konzipieren, damit im Herdendurchschnitt die Anzahl der Besamungen pro Konzeption unter 1,5 liegt.

### **2.2.2 Einfluss der Energiebilanz auf die Fruchtbarkeit**

Milchkühe sind in der Früh-laktation nicht in der Lage, ihren Energiebedarf für die Milchleistung einschließlich des Erhaltungsbedarf über das aufgenommene Futter zu decken und geraten in den ersten 5 bis 15 Wochen nach dem Kalben in eine Phase der negativen Energiebilanz (NEB). Die NEB, ein potentialer Faktor für Unfruchtbarkeit, wird primär durch die Futteraufnahme und nicht durch die Milchleistung beeinflusst (VILLA-GODOY *et al.*, 1988; SPICER *et al.*, 1990; NEBEL u. MCGILLARD, 1993; LUCY *et al.*, 1991). Da der Energiebedarf durch eine Kombination von Futteraufnahme und Mobilisation von Körperreserven gedeckt wird, muss das Futteraufnahmevermögen schnellst möglich gesteigert werden (NEBEL u. MCGILLARD, 1993). Der Grad der negativen Energiebilanz korreliert in der frühen postpartalen Periode mit dem Leistungsniveau und den Tagen bis zur ersten Ovulation (CANFIELD u. BUTLER, 1990; BUTLER *et al.*, 1981; DUCKER *et al.*, 1985). Mit Zunahme der negativen Energiebilanz steigt die Zwischentragezeit und die Zwischenkalbezeit an (SCHRÖDER, 2000). CANFIELD u. BUTLER (1990) fanden in ihrer Studie eine hohe Korrelation

zwischen den Tagen bis zum Erreichen des Nadir und den Tagen bis zur ersten Ovulation, gemessen an der Entwicklung des Fettgewebes mit Hilfe der BCS - Bestimmungsmethode. Sie schlossen daraus, dass die erste Ovulation erst nach dem Durchschreiten des energetischen Tiefpunktes auftritt. Ihre Studie belegt, dass die erste Ovulation frühestens 7 Tagen nach dem Durchschreiten des Nadir der NEB auftrat. Diese Beobachtung entspricht der von BUTLER *et al.* (1981), die ein Intervall von 10 Tagen zwischen dem Erreichen des Nadir und der ersten Ovulation feststellten. Bei CANFIELD *et al.* (1990) fand der energetische Tiefpunkt im Durchschnitt am Tag 28 post partum und die erste Ovulation am 29. Tag nach der Kalbung statt. In der Studie von BUTLER u. SMITH (1990) und REIST *et al.* (2003) erreichte die negative Energiebilanz bereits in der 1. – 2. Woche post partum ihren Wendepunkt. Die Energiebilanz war hier zwar noch negativ, aber bereits auf dem Weg zum Ausgleich (ZURECK *et al.*, 1995; BUTLER u. SMITH, 1989; CANFIELD *et al.*, 1990). So ist eine schnelle Rückkehr zu einer physiologischen Zyklusaktivität post partum von der Höhe des Energiedefizits abhängig (BUTLER *et al.*, 1981; BUTLER u. SMITH, 1989; LUCY *et al.*, 1991). Auch RUEGG (1991) beobachtete, dass Kühe, die schnell in eine positive Energiebilanz gleiten, bessere Fruchtbarkeitsergebnisse erzielen.

Energiebilanz und -bedarf wechseln im Laufe der Laktation. In der Periode um die Kalbung führen eine energetische Überversorgung oder eine Unterversorgung zu negativen Folgen für den Gesundheitszustand der Milchkuh (GELFERT *et al.*, 2003). Die Tatsache, dass eine stark ausgeprägte negative Energiebilanz in der Früh-laktation mit einer erhöhten Mobilisationsrate von Körperfettgewebe zu Stoffwechselstörungen und damit zu verschlechterten Fruchtbarkeitsergebnissen führt, gilt als erwiesen (BUTLER *et al.*, 1981; BERGHORN *et al.*, 1988; VILLA-GODOY *et al.*, 1988; BUTLER u. SMITH, 1989; STAPLES *et al.*, 1990; STAUFENBIEL *et al.*, 1991; LUCY *et al.*, 1991; SCHILLO, 1992; NEBEL u. MCGILLIARD, 1993; STAPLES *et al.*, 1995; FERGUSON, 1996; MACMILLAN *et al.*, 1996; MARKUSFELD *et al.*, 1997; DOMEcq *et al.*, 1997b). Auch EVANS (2003) beobachtete, dass Tiere, die länger brauchen, um ihre Energiebilanz auszugleichen, auch eine längere Zeit bis zur ersten Ovulation benötigen. Dieser Effekt wird durch ein verspätetes Wiedereinsetzen der Ovartätigkeit erklärt, die durch eine zu geringe Freisetzung an LH verursacht wird (ZUREK *et al.*, 1995). Hieraus resultiert eine verminderte Anzahl von Östruszyklen vor der Belegung, was einen negativen Einfluss auf die Fruchtbarkeit und die Konzeptionsrate zur Folge hat (THATCHER u. WILCOK, 1973; VILLA-

GODOY *et al.*, 1988; BUTLER u. SMITH, 1989). Nach LALMAN (1997) ist eine positive EB für eine prompte Befruchtung der Eizelle mit Einnistung derselben in den Uterus unabdingbar. CANFIELD *et al.* (1990) postulierten, dass die Hypophysen - Ovar - Achse ihre volle Aktivität erst wiedererlangt, wenn der Tiefpunkt der NEB durchschritten ist. Um diese These zu beweisen zeigten sie, dass der Tiefpunkt der negativen Energiebilanz durchschnittlich 15 Tage post partum erreicht wurde. Das Auftreten der ersten Ovulation fand durchschnittlich 14 Tage nach dem Nadir statt. Außerdem stieg, nach Durchschreitung der energetischen Talsohle, die LH-Pulsfrequenz und die basale LH-Konzentration an. STAPLES *et al.* (1990) beobachteten, dass die erste Ovulation durchschnittlich am Tag 25 post partum stattfand, egal in welchem Stadium der Energiebilanz sich die Tiere befanden. In einer anderen Studie stieg die LH-Pulsfrequenz bereits zum Zeitpunkt des Nadir an (CANFIELD u BUTLER, 1990). Dieses Ergebnis stimmt mit dem von BERGMANN (1998) überein. Dieser führte eine Studie mit drei Versuchsgruppen durch, in der Tiere jeder Gruppe zu unterschiedlichen Zeitpunkt der negativen Energiebilanz GnRH appliziert wurde. Gruppe 1 erhielt GnRH zum Zeitpunkt des Nadir; Gruppe 2 wurde GnRH nach 30 % Energieausgleich verabreicht und Gruppe 3 erhielt GnRH nach 60 % Energieausgleich. Er fand, dass die Menge LH, die nach der GnRH-Applikation freigesetzt wurde, bei der Gruppe mit der negativsten Energiebilanz am größten war. Er vermutete, dass LH in der Hypophyse gespeichert sein könnte und dass die Kapazität des Speicherpools mit entschärfter Energiemangelsituation durch vorherige geringe LH-Freisetzungen abnimmt und deshalb in den Gruppen 2 und 3 geringere Werte erreicht wurden. Diese Studie belegt, dass die Hypophyse auch zum Zeitpunkt des Nadir für GnRH sensibel und nicht wie vermutet refraktär ist (CANFIELD u. BUTLER, 1991). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass in der Studie von BERGMANN (1998) die Menge des applizierten GnRH die physiologische Konzentration bei weitem übersteigt.

Zwei Wege werden für den Einfluss der EB auf den Ovulationszyklus verantwortlich gemacht. Zum einen die Modulation der pulsatilen LH-Sekretion und zum anderen die Änderung der Ansprechbarkeit des Ovars auf LH (CANFIELD u. BUTLER, 1991). SPICER *et al.* (1990) beobachteten, dass die Progesteronkonzentration im Serum während des Diöstrus im ersten und zweiten Östruszyklus in Kühen mit positiver Energiebilanz signifikant höher war als in Kühen mit NEB. Diese herabgesetzte Progesteronkonzentration bei Kühen in NEB tritt bei limitierter Funktion des Gelbkörpers auf und könnte ein Grund für eine herabgesetzte

Konzeptionsrate sein. Auch VILLA-GODOY *et al.* (1988) beobachteten, dass das Intervall bis zum Erreichen des energetischen Tiefpunktes wie auch dessen Schweregrad eine verringerte Ausschüttung von Progesteron bewirkten. Hierfür war laut de VRIES u. VEERKAMP (2000) eine verminderte Lutealfunktion verantwortlich, die sich mitunter bis zum zweiten und dritten Zyklus fortsetzte.

Die Energiebilanz beeinflusst und modifiziert in den ersten 25 Tagen post partum die durchschnittliche Anzahl der Follikeln bei Kühen (LUCY *et al.*, 1991). Sobald die Energiebilanz zunimmt, sinkt die durchschnittliche Anzahl kleiner Follikel (Klasse 1: 3-5 mm Follikel und Klasse 2: 6-9 mm Follikel), während die durchschnittliche Anzahl großer Follikel (Klasse 3: 10-15 mm) zunimmt. DOMINGUEZ (1995) machte an Schlachtkühen die Beobachtung, dass Tiere mit positiver Energiebilanz vermehrt Follikel der Größe 10-15 mm aufwiesen und die Anzahl kleiner Follikel sehr niedrig war. Mit Einsetzen der zyklischen Aktivität konnten keine Beziehungen mehr zwischen der Energiebilanz und der Anzahl oder Größe der Follikel beobachtet werden (LUCY *et al.*, 1991). Es wurde auch nur eine geringe Beziehung zwischen der Energiebilanz und den Tagen bis zur ersten Ovulation festgestellt ( $r^2 = 0,10$ ). Andere Autoren konnten keine Korrelation zwischen der Energiebilanz und den Tagen bis zur ersten Ovulation feststellen (VILLA-GODOY *et al.*, 1988; CANFIELD *et al.*, 1990; SPICER *et al.*, 1990). Das Ausmaß der negativen Energiebilanz beeinflusst die Fruchtbarkeit weniger als die Geschwindigkeit, mit welcher der Nadir erreicht wird (CANFIELD u. BUTLER, 1990).

Verbindungen zwischen Energiebilanz und den äußerlichen Brunsterscheinungen wurden von einigen Autoren beschrieben (VILLA-GODOY *et al.*, 1988; SPICER *et al.*, 1990; BERGHORN *et al.*, 1988). Während der ersten Ovulation zeigten 60 % der Kühe in positiver Energiebilanz Brunsterscheinungen, verglichen mit nur 16,7 % der Kühe mit NEB (SPICER *et al.*, 1990). Nach SCHRÖDER (2000) werden die äußeren und aktiven Brunsterscheinungen noch nach der Bilanzumkehr negativ beeinflusst. Die Auswirkungen starker Energiedefizite setzen sich so noch weit über den Zeitpunkt der ersten Ovulation fort. Die negative Energiebilanz kann nicht gänzlich verhindert werden, jedoch kann die Stärke und Dauer und damit auch das Fruchtbarkeitsgeschehen durch gutes Management beeinflusst werden (NEBEL u. MCGILLARD, 1993; EVANS, 2003). Fruchtbarkeitsstörungen sind nach Minderleistung laut FEUCKER (2004) mit 20 % zweithäufigste Abgangsursache.

### 2.2.3 Energiebilanz und endokrine Steuerung der Fruchtbarkeit

Während der NEB in der Früh lactation verringert der schnelle Anstieg im Glukosebedarf für die Milchlaktoseproduktion die Plasmakonzentrationen von Glukose und Insulin (HART *et al.*, 1978). Der hieraus resultierende relative Insulinmangel steigert die Lipolyse und das Hungergefühl (KASSER *et al.*, 1985), was mit einer gesteigerten  $\beta$ -Endorphin Ausschüttung einhergeht (BAILE *et al.*, 1981). Ein direkter Zusammenhang der NEB und den Opioiden auf die Ovaraktivität wurde angenommen, als DYER *et al.* (1985) eine Beeinträchtigung der LH-Sekretion in fastenden ovariectomierten Ratten feststellte, die durch die Gabe des Opioidantagonisten Naloxon aufgehoben wurde. Der Effekt des Fastens war eine Reduktion der LH-Puls-Amplitude und der LH-Freisetzung. Durch Naloxon konnte dieser Effekt verhindert werden. Weitere Autoren entdeckten ebenfalls die Fähigkeit des Morphins, die GnRH-Ausschüttung zu hemmen und schlossen daraus, dass über hypophysäre Opiatrezeptoren die Fruchtbarkeit gehemmt werden kann (KESNER *et al.*, 1986; BLANK *et al.*, 1986; BUTLER u. SMITH, 1989; CANFIELD u. BUTLER, 1991). Laut BLANK *et al.* (1986) üben Opiatpeptide über spezifische Opiat-Bindestellen einen direkt inhibitorischen Effekt im Vorderhypophysenlappen auf die LH-Ausschüttung aus.

Das GnRH System und das LH-Pulsmuster könnten laut HAWKINS u. BIEBUYCK (1979) auch direkt durch einen niedrigen Insulinspiegel und durch den erhöhten Ketonkörpergehalt als Folge der in der Früh lactation stattfindenden Fettmobilisation unterdrückt werden und die Ovarfunktion beeinträchtigen. BUTLER u. SMITH (1989) gehen davon aus, dass der mit der NEB zusammenhängende Anstieg der Opioide und der Mangel an Insulin hauptsächlich für die Regulation des LH-Impulses verantwortlich ist. Sie schlossen daraus, dass die Normalisierung des LH-Musters der Schlüsselfaktor für eine normal verlaufende Follikelentwicklung und der Beginn der postpartalen Ovaraktivität ist. Weiterhin beobachteten sie in Energiemangelsituationen eine herabgesetzte Ovarreaktion auf Gonadotropine und begründeten diese mit einer verringerten LH-Rezeptordichte.

Laut FERNANDES *et al.* (1978) führte eine zehntägige GnRH-Applikation nach der Kalbung erst am 10. Tag post partum zu einer LH - Ausschüttung.



HANZEN (1986) beobachtete eine geradlinige Steigerung der pulsatilen LH- und GnRH-Ausschüttung und der Hypophysensensitivität nach dem Kalben. Er beschrieb eine erhöhte LH-Konzentration und eine bessere Ansprechbarkeit der Hypophyse auf GnRH bei Tieren, die eine gute Kondition beibehielten.

EVANS (2003) beschrieb, dass die NEB den Insulingehalt und die Konzentration an IGF-I im Blut verringert und dadurch der Gehalt an nicht veresterten Fettsäuren im Blut erhöht wird. Als Folge verlangsamt sich das Follikelwachstum und die Gelbkörperrückbildung.

IGF-I verbessert die LH- und FSH-induzierte Steroidgenese. Es besteht eine hohe Korrelation zwischen IGF-I und der EB, so dass sich die Ansprechbarkeit des Ovars verbessert, wenn die EB steigt, weil gleichzeitig auch die IGF-I-Konzentration ansteigt (SPICER *et al.*, 1990; GONG u. WEBB, 1997; WILDE, 2001). CANFIELD u. BUTLER (1991) nehmen an, dass eine herabgesetzte Ovarsensitivität für LH für die Wiederaufnahme der postpartalen Ovaraktivität verantwortlich ist, da die Ovulation bei laktierenden Kühen später eintritt als bei Kühen, die nur einmal nach dem Kalben gemolken wurden, wobei kein Unterschied in der LH-Pulsfrequenz bestand.

Laut Untersuchungen von KANITZ *et al.* (2003) haben Insulin und IGF-I eine direkte Wirkung auf das Follikelwachstum. Außerdem beeinflusst IGF-I die Anzahl der Follikel, Reifung und Qualität des dominanten Follikels sowie die Entwicklung und Qualität des Eis. Dabei ist die IGF-I-Wirkung abhängig von der Insulinkonzentration im Blut. Hochleistungstiere haben eine verringerte Insulin- und IGF-I-Konzentration, die nicht ausreichend für eine optimale Stimulation des Follikelwachstums ist. Durch den Insulin- und Glukosemangel wird über Botenstoffe im Zentralnervensystem ein Zustand von „metabolischem Stress“ an den Hypothalamus vermittelt. Infolge dessen werden GnRH und die nachfolgenden Gonadotropine FSH und LH reduziert synthetisiert und sezerniert.

LH- und IGF-I-Sekretion sind vor und nach der Ovariectomie in Kühen mit guter Kondition höher als bei denjenigen in schlechter Kondition. Östradiol bewirkt eine Reduktion der LH-Puls-Frequenz in präpubertären Rindern, anöstrischen Kühen und ovariectomierten Kühen. Verminderte Plasmakonzentrationen an Glukose, Insulin und IGF-I bewirken eine Absenkung der LH-Puls-Frequenz. Ovarien zyklischer Kühe produzieren Östradiol, das die Sekretion von

IGF-I in der Leber steigert und damit zu einem vermehrten Follikelwachstum beiträgt (RICHARDS *et al.*, 1991).

Kühe in positiver Energiebilanz post partum haben eine größere Konzentration von IGF-I und eine stärkere Lutealphase mit vermehrter Progesteronausschüttung als Tiere, die sich in NEB befinden. Ein Anstieg an IGF-I-Konzentration geht mit einem Anstieg der Progesteronkonzentration im Plasma einher. Mit steigender Milchleistung sinkt die IGF-I-Konzentration. Außerdem geht die NEB mit einem verminderten Blutglukosespiegel und erhöhten Konzentrationen von FFS und Ketonkörpern einher (SPICER *et al.*, 1990). Der daraus resultierende IGF-I-Mangel reduziert die Effektivität des FSH. Bei anhaltender Dauer der NEB sinkt die LH-Pulsfrequenz ab, die Ovulation verzögert sich oder bleibt ganz aus und der Follikel entartet zystisch.

Weitere Botenstoffe für den Energiemangel sind das von den Fettzellen produzierte Leptin und das für die Synthese und Sekretion der Milch verantwortliche Hormon Prolactin. Letzteres weist unter Hochleistungsbedingungen erhöhte Konzentrationen auf und hemmt die Sekretion von GnRH und damit nachfolgend auch die FSH- und LH-Ausschüttung (KANITZ *et al.*, 2003). Der Prolaktinanstieg bis etwa 8 Wochen post partum bewirkt das Auftreten von stillen Brunsten (EDGERTON u. HAFS, 1972). Der Plasmaspiegel an Leptin hingegen korreliert mit dem Körperfettanteil und bewirkt eine Körpermassenreduktion durch Verminderung der Futteraufnahme und Erhöhung des Energieumsatzes (DÖCKE, 1994).

Ein Energiemangel verringert die LH-Sekretion und damit die Ovaraktivität (STEVENSON u. BRITT, 1979; LUCY *et al.*, 1991; ZUREK *et al.*, 1995). Erst nach Überwindung des Nadir der NEB steigt der Plasma-LH-Spiegel wieder an (MCMILLAN *et al.*, 1996) und eine Gewichtszunahme von 1 kg LM erhöht die Plasma-Progesteron-Konzentration um 0,03 ng/ml.

Laut Untersuchungen von JORRITSMA *et al.* (2003) ist die Fähigkeit zur Adaptation an die Energiemangelsituation in der Früh-laktation ein beeinflussender Faktor für die Fruchtbarkeitslage. Die Adaptation spiegelt sich in den Konzentrationen von Glukose, FFS und Insulin im Blut und dem Gehalt an Triacylglyceriden in der Leber wider. Bei Nichtadaptation bewirken hohe Triacylglyceridwerte in der Leber ein verlängertes Intervall zwischen Kalbung und erster Brunst und zwischen Kalbung und Trächtigkeit. Es konnte

außerdem gezeigt werden, dass eine Nichtadaptation mit niedrigen Konzentrationen von Glukose und Insulin im Blut sowie erhöhter Lipolyseintensität und erhöhter Anflutung von FFS die Leber zusammenfällt. Letztendlich konnte dargestellt werden, dass die Apoptoserate der Blastozysten häufiger bei den nichtadaptierten Tieren erhöht war, was als Frühresorption bekannt ist. ANDERSEN *et al.* (2003) kamen zu dem Ergebnis, dass bei Tieren, die eine hohe Energiediät erhielten, der Lebergehalt an TAG niedriger war als bei den Tieren, die mit niedriger Futterenergie versorgt wurden.

In einer Studie von REIST *et al.* (2003) wurden in den ersten 10 Wochen post partum zwei Gruppen unterschiedlich hoher Konzentratfütterung unterzogen (30 % und 50 %). Es konnte gezeigt werden, dass Tiere mit der energieärmeren Fütterung einem höheren metabolischen Stress in Form von verringerten Gehalten an Glukose, Leptin, Insulin, IGF-I und T3 ausgesetzt waren. Erniedrigte Milchprotein- und Laktosegehalte, aber auch erhöhte Konzentrationen an freien Fettsäuren,  $\beta$ -Hydroxybuttersäure, Milchaceton und ein schnellerer Konditionsverlust waren auffällige Merkmale bei den restriktiv gefütterten Tieren. Die Leptinkonzentration war positiv mit der EB, des Insulins und des IGF-I und negativ mit der Gesamt-Trockensubstanzaufnahme und dem T3 korreliert.

#### **2.2.4 Einfluss der Körperkondition auf die Fruchtbarkeit**

Um der Kuh eine gute Milchleistung kombiniert mit einer guten Fruchtbarkeitsleistung zu ermöglichen, ist ein optimaler Konditionszustand am Ende der Laktation anzustreben, der durch einen Fettaufbau im letzten Laktationsdrittel zu realisieren ist (LÖSCHNER u. STAUFENBIEL, 1996). Der Abbau von Fettgewebe sollte in den ersten Laktationswochen 3 mm RFD pro Woche nicht übersteigen (ROSSOW *et al.*, 2003b). In einer Studie von LÖSCHNER u. STAUFENBIEL (1996) konnten die Autoren zeigen, dass Kühe, die ihre Fettreserven während der Früh-laktation verhalten mobilisierten und einen relativ guten Konditionszustand bewahrten, eine bessere Fruchtbarkeit aufwiesen als Tiere mit schlechterer Kondition und schneller Mobilisation. Laut SCHRÖDER (2000) darf die durchschnittliche Kondition nicht unter  $13,6 \pm 5,4$  fallen, um eine Zwischentragezeiten unter 85 Tagen und

damit ein Abkalbeintervall von 365 Tagen zu erreichen. Tiere, die bis zum 170. Tag eine Kondition unterhalb dieses Grenzwertes besaßen, wiesen die längsten Zwischentragezeiten auf. MANSFELD *et al.* (2000) und LOEFFLER *et al.* (1999b) zeigten, dass bei den Tieren, deren Körperkondition im ersten Laktationsmonat unter einen BCS von 2,5 fiel, die Milchleistung und Fruchtbarkeit deutlich herabgesetzt waren. In Bezug auf ihre Fruchtbarkeitsleistung fielen die Tiere negativ auf, die nach 45 Laktationstagen noch einen BCS  $< 2$  hatten (SURIYASATHAPORON *et al.*, 1998), was mit einem verzögerten Auftreten der zyklischen Ovarialtätigkeit begründet wird (MARKUSFELD *et al.*, 1997). Kühe in schlechter Kondition und niedriger Futterenergie ante partum kommen später in Brunst (BAISHYA *et al.*, 1982; RICHARDS *et al.*, 1986), haben ein verlängertes Kalbeintervall (PRYCE *et al.*, 2002) und eine verlängerte Zwischentragezeit (MÖSENFECHEL *et al.*, 2000). Auch in der Arbeit von MOREIRA *et al.* (2000) konnten die Autoren zeigen, dass ein Synchronisationsprogramm bei Tieren mit einem BCS  $< 2,5$  schlechteren Erfolg zeigte als bei Tieren mit einem höheren BCS-Index. In der Studie von BURKE *et al.* (1998) kamen Tiere mit geringer Kondition nach 17 Tagen post partum das erste Mal in Brunst, während bei Tieren in einer besseren Kondition der erste Östrus bereits 10 Tage post partum ablief. Nach den Autoren beruht dieser Unterschied auf einem steigenden Plasma-Progesteron-Gehalt bei zunehmender Kondition und dadurch auf eine bessere Trächtigkeits- und Abkalberate. Denn etwa 85 % der Kühe tragen bis zum 16. Tag nach der Besamung einen lebensfähigen Embryo. 50 % der Kühe kamen jedoch nach der 3. Trächtigkeitswoche in eine erneute Brunst. Rund 30 % der Embryoverluste sind zu diesem Zeitpunkt auf einen unzureichenden Schutz des Embryos vor der Luteolyse und damit eines Progesteronabfalls zurückzuführen (MANN, 2002). Nach DOMINGUEZ (1995) sind Abweichungen von der Konditionsnote 4,0 sowohl nach unten als auch nach oben mit einem negativen Einfluss auf die Fruchtbarkeit verbunden. Er stellte fest, dass die Anzahl und die Qualität der Follikel durch eine schlechte Kondition negativ beeinflusst werden.

Ein übermäßiger Fettansatz zum Partus hat durch eine verstärkt einsetzende Lipolyse post partum und damit einerhergehender vermehrter Belastung des Stoffwechsels negative Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit (FRONK *et al.*, 1980; TREACHER *et al.*, 1986; ROSSOW *et al.*, 1989; GEARHART *et al.*, 1990; STAUFENBIEL *et al.*, 1991; RUEGG, 1991; HEUER *et al.*, 1999). Das wirkt sich in einer gehäuften Anzahl von Ovarialzysten und sterilitätsbedingten Abgängen aus (MORROW *et al.*, 1979; GEARHART *et al.*, 1990; MÖSENFECHEL *et al.*, 2000;

ROSSOW, 2003b) und geht mit einem verzögerten Wiedereinsetzen der zyklischen Ovaraktivität einher (BUTLER *et al.*, 1981; BERGHORN *et al.*, 1988; VILLA-GODOY *et al.*, 1988; BUTLER u. SMITH, 1989; STAPLES *et al.*, 1990; LUCY *et al.*, 1991; SCHILLO, 1992; NEBEL u. MCGILLIARD, 1993; MARKUSFELD *et al.*, 1997; DOMEQ *et al.*, 1997b). Die Wahrscheinlichkeit für eine erneute Trächtigkeit sinkt (LOEFFLER *et al.*, 1999a).

Im Gegensatz dazu hat laut BUTLER u. SMITH (1989) eine moderate Überkonditionierung zum Kalbezeitpunkt keine negativen Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit. Von vielen Autoren wird indes die Geschwindigkeit, mit der sich die Konditionsänderung in den ersten Laktationswochen vollzieht, als prädisponierender Faktor für eine gestörte Fruchtbarkeit gesehen (ROSSOW *et al.*, 1989; GERHART *et al.*, 1990; STAPLES *et al.*, 1990; RUEGG, 1991; STAUFENBIEL *et al.*, 1991; FERGUSON, 1994; SURIYASATHAPORN *et al.*, 1998; MANSFELD *et al.*, 2000; SCHRÖDER, 2000). So liegt die Erstbesamungskonzeptionsrate bei Tieren, die 0,5 – 1 BCS Punkt Körperkondition im Laufe der ersten Laktationswochen verlieren bei 53 %, während sie bei Kühen, die mehr als 1 BCS Punkt mobilisieren, bei nur noch 17 % liegt (DOMEQ *et al.*, 1997b). In einer Studie von LALMAN *et al.* (1997) verlängerte sich die ZTZ um 29 Tage bei einem Körperkonditionsverlust von mehr als 1 BCS-Punkt. In einer anderen Studie hatten die Kühe, die in der Trockenstehphase die niedrigste Durchschnittskondition als auch die geringsten Zunahmen aufwiesen, die kürzesten Rastzeiten. Längere Rastzeiten hingegen waren mit dem stärksten absoluten Abbau von Fettgewebe und den höchsten Abbauraten in der Früh-laktation verbunden (SCHRÖDER, 2000). In einer Studie von ROSSOW *et al.* (1989) konzipierten die Kühe erst mit Wiederanstieg der Körperkondition bzw. mit Beendigung der Rückenfettmobilisation (STAUFENBIEL *et al.*, 1989b). Eine Studie von KANITZ *et al.* (2003) unterstreicht diese Beobachtung. Hier tritt im Mittel eine Trächtigkeit erst nach Beendigung des Körperfettabbaus ein, was bedeutet, dass die Chance einer erfolgreichen Besamung mit dem Übergang in die positive Energiebilanz deutlich zunimmt.

RUEGG u. MILTON (1995) hingegen konnten in ihrer Studie keinen statistisch signifikanten Zusammenhang von Kondition und Konditionsverlust auf verschiedene Fruchtbarkeitsparameter (ZTZ, BI, Tage bis zum 1. Östrus) feststellen. Nach Meinung von MÖSENFECHEL *et al.* (2000) wiederum beeinflusst der momentan vorhandene Körperfettanteil die Fruchtbarkeit wesentlich mehr als das Ausmaß der postpartalen Fettmobilisation. Sie sind der

Ansicht, dass die Kuh für eine normale Zyklusaktivität und eine gute Fruchtbarkeit einen minimalen Fettanteil braucht.

SCHRÖDER (2000) fand, dass die Kondition in der frühen Trockenstehphase keinen Einfluss auf die Fruchtbarkeit hat. Hingegen ist die Kondition zum Kalben der wichtigste Faktor, der die frühe Rückkehr zur Ovartätigkeit beeinflusst (RICHARDS *et al.*, 1986).

### 2.2.5 Einfluss der Milchleistung auf die Fruchtbarkeit

Die Beziehungen zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit werden von vielen Autoren kontrovers diskutiert. Mit der über Jahrzehnte gestiegenen Milchleistung (Tab. 1 u. Abb. 3) hat der Besamungserfolg entsprechend deutlich abgenommen (EVANS, 2003).

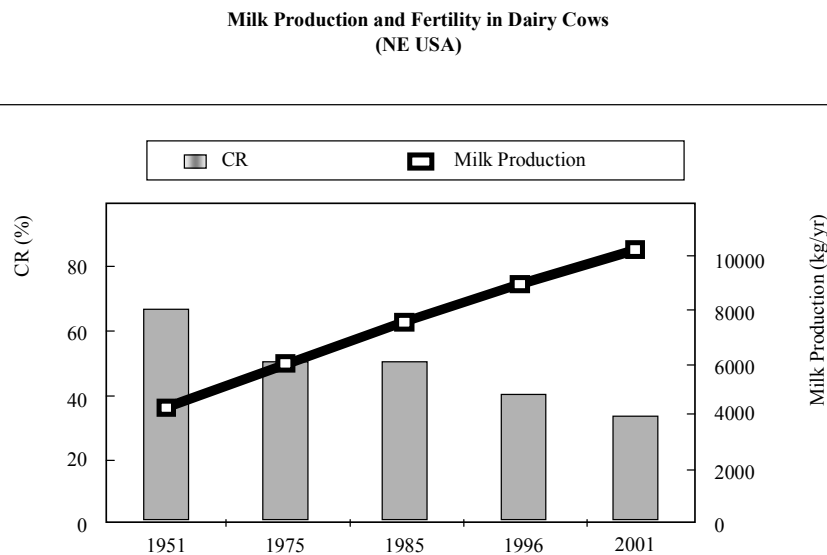


Abb. 3: Milchleistung und Fruchtbarkeit bei Milchkühen in den USA in den Jahren 1951 bis 2001 (BUTLER, 2003).

Tab. 1: Beziehung zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit (EVANS, 2003).

Jahr	Milchleistung	Trächtigkeitsrate
1955	4000 kg/Jahr/Kuh	60 %
1997	9500 kg/Jahr/Kuh	40 %

LOTTHAMMER (1979a) konnte bereits in den 70er Jahren anhand einer mehrjährigen Befunddokumentation eine negative Beziehung zwischen der 90-Tage-Milchleistung und der Gesundheit und Fruchtbarkeit nachweisen. Mit steigender Milchleistung nahmen die Behinderungen von Stoffwechsel- und Fruchtbarkeitsstörungen nicht linear, sondern mit dem Quadrat der Milchleistung zu (LOTTHAMMER, 1979a). Ein Grund dafür ist, dass das Euter nach der Kalbung eine Stoffwechselfriorität gegenüber den anderen Organen und Geweben besitzt (COLLIER *et al.*, 1984) und durch die hormonelle Steuerung wird die verfügbare Energie zugunsten der Milchproduktion und zu Ungunsten der Fruchtbarkeit verwandt. Stärke und Dauer dieser energetischen Konkurrenz sind umweltbedingt und stark von dem individuellen Anpassungsvermögen des Tieres an die Umwelt geprägt. So stellen hohe Laktationsleistungen und gute Fruchtbarkeit bei Hochleistungstieren einen Zielkonflikt dar (BUTLER, 1998 u. 1999; JORRITSMA *et al.*, 2003; BECKER *et al.*, 2003), was sich auch an dem sinkenden mittleren Herdenalter bemerkbar macht (SPIEKERS u. POTTHAST, 2004). Eine Abnahme reproduktiver Leistungen wurde abhängig von der Milchleistungshöhe nur bei Kühen beobachtet. Bei erstmals besamten Tiere bzw. Rindern konnten keine Fruchtbarkeitseinbußen beobachtet werden (CANFIELD u. BUTLER, 1991). Diese negative Entwicklung schritt mit einer weiteren Leistungssteigerung der Kühe voran (JAHNKE, 2002). Laut BERGER *et al.* (1981) besteht eine genetische Korrelation zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit, so dass eine hohe Leistung mit verlängerter Rastzeit und Zwischentragezeit und größerem Portionsaufwand vergesellschaftet ist. PRYCE *et al.* (2002) fanden einen Korrelationsfaktor von  $r = 0,67$  zwischen der Milchleistung und einem verlängerten Kalbeintervall (KI). LOTTHAMMER (1979a) seinerseits fand, dass bei einer Steigerung des Zuchtwertes für Milchmenge um 100 kg sich nur ein geringer Abfall des Zuchtwertes für die Fruchtbarkeit (0,4 - 1,3 %) ergab. In derselben Studie wiesen immerhin 6 % der untersuchten Bullen einen positiven Zuchtwert für Milchmenge und Fruchtbarkeit auf. Hiermit zeigte er, dass die Kopplung einer positiven Vererbung in beiden Leistungsmerkmalen möglich ist. Auch SCHRÖDER (2000) fand in seinen Untersuchungen Betriebe, deren Kühe eine hohe Milchleistung und gute Fruchtbarkeits-

ergebnisse aufwiesen. SCHRÖDER u. STAUFENBIEL (2003) konnten zeigen, dass eine hohe Herdenleistung nicht auf Kosten der Fruchtbarkeit und ohne massiven Körpermasseverlust erreicht werden kann. Ein effizientes Herdenmanagement kann Fruchtbarkeitsdepressionen ausgleichen.

Laut VILLA-GODOY *et al.* (1988) wird die Fruchtbarkeit nicht von der Leistung beeinflusst, hingegen ist ein spontanes kalorisches Defizit ein potenter Grund für Unfruchtbarkeit. Bezüglich der Trächtigkeitsraten in North Carolina wurde kein Unterschied bei Leistungen zwischen 7500 und 12000 kg/(Kuh\*Jahr) festgestellt. In drei weiteren Studien erzielten Herden mit höheren Leistungen sogar einen besseren Erstbesamungserfolg bzw. bessere Trächtigkeitsergebnisse (DOMECQ *et al.*, 1997b; RÖXSTROM *et al.*, 2001; EVANS, 2003). ZUREK (1995) zeigte, dass Tiere, die in effizienter Weise ihre Nährstoffe in Richtung Milchsynthese partitionieren können, gleichzeitig besser gerüstet sind, um ihre reproduktiven Funktionen zu regenerieren. SHANKS *et al.* (1979) erklären die besseren Fruchtbarkeitsergebnisse bei Kühen mit hoher Milchproduktion mit deren allgemein besserem Gesundheitszustand. Aber auch das Management leistungsbetonter Herden spielt eine große Rolle bei der Realisierung hoher Milchleistung. Gute Herdenmanager sind offenbar in der Lage, die leistungsbedingte Fruchtbarkeitsdepression allein durch eine wesentlich effektivere Brunstbeobachtung zu neutralisieren (LABEN *et al.*, 1982; NEBEL u. MCGILLARD, 1993). Manager leistungsbetonter Herden zeigen gewöhnlich eine höhere Sensitivität dafür, der Milchkuh zum Trockenstellen das Anlegen ausreichender Fettreserven für die nächste Laktation zu ermöglichen (GEARHART *et al.*, 1990) und achten gleichzeitig auf gute Haltung (Kuhkomfort) und Fütterung in den verschiedenen Laktationsstadien (ROSSOW, 2003a). Diese sorgfältige Beobachtung der Herde mit einer sorgfältigen Konditionsüberwachung führt zu hohen Milchleistungen und aufgrund besserer Brunstbeobachtung zu kürzeren Zwischentragezeiten (LABEN *et al.*, 1982) und um 29 % bessere Besamungsindizes (EICKER *et al.*, 1996). Die Autoren kamen deshalb auch zu dem Schluss, dass die Milchleistung nur einen minimalen Einfluss auf die Fruchtbarkeit hat (MARTIN u. MORTON, 2000). Auch von HILLERS *et al.* (1984) wurde beobachtet, dass die Konzeptionen aus Erstbesamungen nicht durch die Leistung beeinflusst wurden. Sie räumten aber ein, dass höhere Leistungen mit verlängerten Rastzeiten einhergehen.



Zu einem gegenteiligen Ergebnis kamen NEBEL u. MCGILLARD (1993) und MACMILLAN *et al.* (1996) in ihrer Studie. Sie beobachteten, dass hohe Leistungen zwangsläufig mit verminderter Fruchtbarkeit einhergehen. FERGUSON (1988) konnte bei leistungsstärkeren Tieren eine signifikant niedrigere Konzeptionsrate nur feststellen, wenn die Besamung vor dem 100. Laktationstag stattfand. GRÖHN *et al.* (1990) beobachteten, dass eine hohe Herdendurchschnittsleistung in der vorherigen Laktation Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit in Form eines erhöhten Risikos für Schweregeburten, Nachgeburtsverhaltungen und Metritis hat. Ebenso hat eine steigende Milchleistung ein erhöhtes individuelles Risiko für Nachgeburtsverhaltung, Metritis, Stillbrünstigkeit, Zysten und Aborte zur Folge, nicht zuletzt durch den vermehrten Stress hochlaktierender Tiere (MARION u. GIER, 1968). Eine Steigerung der Melkfrequenz von zweimal täglich auf dreimal täglich senkte die Konzeptionsrate (FERGUSON, 1994). Diese Beobachtung geht mit der von ANDERSEN *et al.* (2003) konform. Die Erhöhung der Melkfrequenz von zweimal auf dreimal täglichen Milchentzug bedeutet zwar eine Leistungssteigerung, aber gleichzeitig besteht ein erhöhtes Risiko für eine Leberlipidose, unabhängig von der zugeführten Menge an Energie oder Konzentratfutter.

Einige Autoren sehen den Grund für die negative Beziehung zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit in erster Linie in einer Verlängerung des postpartalen anöstrischen Intervalls (WHITMORE *et al.*, 1974; STEVENSON u. BRITT, 1979; HANZEN, 1986), damit einhergehend verlängerte Rastzeiten (MACMILLAN *et al.*, 1996) und verminderte Konzeptionsraten (SPALDING *et al.*, 1975; BUTLER u. SMITH, 1989), sowie das häufige Auftreten von Follikelzysten, Stillbrünstigkeit und unregelmäßigen Ovulationen (SCHILLING, 1976; MARION u. GIER, 1968) und Nachgeburtsverhaltungen (WHITMORE *et al.*, 1974). Ursache für diese negativen Auswirkungen sind eine verminderte GnRH- und LH-Ausschüttung und eine abnehmende Insulinverfügbarkeit (STEVENSON u. BRITT, 1979; NEBEL u. MCGILLARD, 1993) sowie die bei höherer Leistung deutlich geringer ausgeprägten Brunstsymptome (HARRISON, 1990). Die Effekte von Milchleistung auf die Fruchtbarkeit waren bei den Tieren am gravierendsten, die unterfüttert wurden, oder Erstlaktierenden, die exzessiv Körpermasse verloren (FERGUSON, 1994). Der Autor kam deshalb zu dem Schluss, dass der Körperkonditionsverlust und nicht Leistung per se eine negative Auswirkung auf die Fruchtbarkeit hat. Eine Leistungssteigerung um 768 kg verlängert das Kalbeintervall um 4,5 Tage und verringert den BCS um 0,41 Punkte (PRYCE *et al.*, 2002). In einer früheren

Studie machten sie die Beobachtung, dass Kühe mit einem großen genetischen Potential für hohe Milchleistung dünner waren und mehr Kondition verloren als Durchschnittskühe. Die Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit waren bei den Hochleistungskühen bei Verlust eines BCS - Punktes weitaus gravierender als bei niederproduzierenden Tieren (PRYCE *et al.*, 2001). Energetische Unter- bzw. Überversorgung führen aufgrund der angespannten Stoffwechsellage zu einer herabgesetzten Infektionsabwehr und Konzeptionsbereitschaft von Milchkühen (KLUG *et al.*, 1989). EIKER *et al.* (1995) geben zu bedenken, dass Milchleistung ein Zuchtentscheidungsfaktor ist und dass Tiere mit niedriger Leistung und langer ZTZ schneller geschlachtet werden und damit nicht mehr in die Statistik eingehen, im Gegensatz zu Tiere mit hoher Leistung und langer ZTZ.

Einige Autoren beobachteten, dass nicht ausschließlich die Milchleistung, sondern auch die Leistungssteigerung und die Konzentration der Milchinhaltsstoffe schlechtere Fruchtbarkeitsergebnisse zur Folge hatten (DUCKER u. MORANT, 1984). Färsen mit hoher Milchfettleistung und damit niedriger Energiebilanz brauchten länger bis zur ersten Ovulation (DUCKER *et al.*, 1985). DE VRIES u. VEERKAMP (2000) entdeckten Korrelationen von  $r = 0,60$  zwischen dem energetischen Tiefpunkt und dem Abfall der Milchfettprozentage in den ersten 26 Laktationstagen. Sie bringen dies mit einem späteren Einsetzen der Lutealfunktion in Verbindung. ZUREK (1995) betrachtet die Milchfettgehalte als einen hilfreichen Indikator für den Energiestatus der Fütterung, der mit der Dauer der postpartalen Anovulation korreliert. GRIEVE *et al.* (1986) zeigten, dass die EB negativ mit dem Milchfettgehalt korreliert ist, der F/E-Quotient jedoch der beste Indikator für den Energiestatus der Milchkuh ist. REKSEN *et al.* (2002) konnten keinen Zusammenhang zwischen F/E-Quotient und Fruchtbarkeit finden. Dagegen stellten sich in ihrer Studie die Milchlaktose- und Milchacetonwerte als gute Indikatoren für die Energiebilanz und die Wiederaufnahme der Gelbkörperfunktion in der Anfangsphase der Laktation heraus. DUCKER u. MORANT (1984) fanden in ihrer Studie, dass Färsen mit hohem Milchfettanteil und damit niedriger EB in den ersten fünf Laktationswochen länger für die erste Ovulation nach dem Kalben brauchten ( $P < 0,05$ ). Außerdem zeigten die Autoren, dass eine steigende Milchleistung um den Besamungspunkt mit reduzierter Fruchtbarkeitsleistung einhergeht und es fördernd und ökonomischer war, die Tiere nach dem Milchpeak zu besamen. Eine hohe FCM hatte in einer Studie von FERGUSON (1994) eine geringe Konzeptionsrate zur Folge.

Der Milcheiweißgehalt ist streng energieabhängig. Wiederkäuer decken ihren Proteinbedarf zu 60 – 90 % durch die Syntheseleistung der Pansenflora, wobei die Eiweißsyntheseleistung fast ausschließlich vom Energieangebot bestimmt wird (LOTTHAMMER, 1981; KIRCHGESSNER *et al.*, 1984; SPIEKERS u. POTTHAST, 2004). Der Milcheiweißgehalt kann so als zuverlässiger Indikator des Energieversorgungsniveaus betrachtet werden. Werte unter 3,2 % sind als Ausdruck einer Energiemangelsituation anzusehen (SPIEKERS u. POTTHAST, 2004). Niedrige Milcheiweißgehalte sind auch typisch für ein vermehrtes Auftreten von stiller Brunst (ROSSOW, 2003b).

#### **2.2.6 Einfluss von Krankheiten auf die Fruchtbarkeit**

Krankheiten wie Schweregeburten, Nachgeburtsverhaltungen, Uterusinfektionen, Fettleber, Milchfieber, Ketose und Lahmheiten im geburtsnahen Zeitraum haben einen negativen Einfluss auf das Fortpflanzungsgeschehen. Neben einer negativen Energiebilanz stören Hitzestress und jedwede Art von Krankheit die Follikelentwicklung in dem peripartalen Zeitraum (EVANS, 2003). Ein wesentlicher Faktor für die schnelle Wiederbelegung nach der Trächtigkeit ist die physiologische Rückbildung des Uterus in seine normale, nichtträchtige Größe. Schweregeburten, Nachgeburtsverhaltungen und Metritiden beeinflussen die normale Rückbildung negativ und führen damit zu verlängerten Rast- und Zwischentragezeiten (GRUNDERT u. BERCHTHOLT, 1995; EVANS, 2003). Die verzögerte Rückbildung und die postpartale Immunsuppression erleichtert das Haften von Infektionserregern. Kühe mit Kalbeschwierigkeiten benötigen im Schnitt acht Tage länger, um den Zyklus zu starten und weisen oft einen abnormen Zyklusverlauf auf, der dann zu weiteren Verzögerungen bis zu 23 Tagen führt (DOBSON u. ESSELMONT, 2002). Lahmheiten verlängern die ZTZ um bis zu 100 Tage.

Für Labmagenverlagerung, Milchfieber und Mastitiden wie auch für Ketose und Metritis gibt es eine klare Altersabhängigkeit. Ältere Tiere sind eher gefährdet als jüngere. Gerade die Stoffwechselstörungen wirken sich stark auf die Lebergesundheit aus (LOTTHAMMER, 1981). Von größter Bedeutung sind Erkrankungen wie die Azidose, Ketose und Gebärparese. Dies

sind Krankheitsgeschehen, die mit langzeitigen Auswirkungen auf den Gesundheitszustand der Kuh verbunden sind. Eine Ketose in der vorhergegangenen Laktation erhöht das Risiko für das Auftreten einer Ketose in der Folgelaktation und ebenso das Risiko für das Auftreten einer linkseitigen Labmagenverlagerung (EVANS, 2003). Konditionell gesehen zeigten magere, besonders aber verfettete Tiere ein deutlich erhöhtes Erkrankungs- und Abgangsrisiko (RUEGG, 1991). Kühe, die keine Stoffwechselstörungen hatten, nahmen mehr Futter auf als solche, die an Stoffwechselstörungen erkrankt waren, was sich auf die Dauer und Intensität der negativen Energiebilanz auswirkt (EVANS, 2003). RUEGG u. MILTON (1995) und WALTNER *et al.* (1993) hingegen fanden keinen Zusammenhang zwischen der Körperkondition und dem Auftreten von Fruchtbarkeitsstörungen wie die Nachgeburtverhaltungen, Metritiden, Dystokien und Ovarialzysten.

### **2.2.7 Einfluss der Fütterung auf die Fruchtbarkeit**

Mit der zunehmenden Leistungssteigerung in den Milchrinderbeständen ist das Problem der bestandsweise auftretenden Fruchtbarkeitsstörungen immer größer geworden. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass mit steigendem Leistungsniveau Fehler im Bereich der Fütterung noch stärkere Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit haben (SPIEKERS u. POTTHAST, 2004). Beim Rind sind etwa 80 % der Fruchtbarkeitsprobleme umweltbedingt (LOTTHAMMER, 1974). Den Haupteinfluss haben das Betreuungspersonal bzw. der Betriebsleiter (LOTTHAMMER, 1974; NEBEL u. MCGILLIARD, 1993). An zweiter Stelle der umweltbedingten Einflüsse dürfte die Ernährung, insbesondere Fütterungsfehler in der Hochträchtigkeit und Hochlaktation der Rinder und damit die Stoffwechsel- und Leberbelastung stehen (LOTTHAMMER, 1979a; CHASE *et al.*, 1992). ROSSOW (2003a) hält die unzureichende Energieversorgung in der Früh-laktation für die mit Abstand bedeutendste Ursache für Fortpflanzungsstörungen. Um eine wiederkäuergerechte Ernährung sicherzustellen, muss der Rohfaseranteil an der Futtermischung 18-20 % ausmachen. 60 % der Gesamtration sollten als strukturierte Rohfaser angeboten werden (SPIEKERS u. POTTHAST, 2004). Überhöhte Anteile leichtverdaulicher Kohlenhydrate auf Kosten des

Rohfaseranteils in der Ration verursachen subklinische und klinisch apparente Pansenazidosen mit Inappetenz, herabgesetzter Pansenmotilität und Diarrhoe (DIRKSEN *et al.*, 2002). Für eine gute Gesundheit und Fruchtbarkeit ist ein ungestörter Stoffwechsel die Voraussetzung.

Besonders die Frühlaktation ist als eine kritische biologische Phase mit den höchsten Leistungsanforderungen anzusehen. In dieser Periode erreicht die Kuh ihre maximale Futteraufnahmekapazität (8.-11. Woche p.p.) später als das Maximum der Milchleistung (4 bis 7 Woche p.p.). Es besteht für mehrere Wochen ein Energiebedarf, der nicht durch die Futteraufnahme gedeckt werden kann (LOTTHAMMER, 1979a; BAILE *et al.*, 1981; STAUFENBIEL *et al.*, 1989a). Dieses zeitlich begrenzte Energiedefizit kann aufgrund weiterer Faktoren unphysiologisch verlängert oder vertieft sein. So sinkt mit zunehmender Rückenfettdicke die Futteraufnahme, insbesondere der Grobfutterverzehr, da große Fettreserven die gastrointestinale Kapazität verringern (BAILE *et al.*, 1981). ANDERSEN *et al.* (2003) zeigten in ihrer Studie, dass ein hoher Energiegehalt in der TMR im Vergleich zu einem niedrigen die Gefahr einer Leberlipidose in der Frühlaktation erhöhte. Sie wiesen darauf hin, dass verschiedene Energiekonzentrationen im Futter die Energieaufnahme und die Mobilisation in der Frühlaktation beeinflussen und dass der Lebergehalt an Triacylglyceriden bei Tieren, denen eine hohe Energiediät gefüttert wurde, niedriger war als bei den Tieren, die mit niedriger Futterenergie versorgt wurden.

Die Fruchtbarkeitslage verschlechterte sich sowohl bei zu mageren als auch bei zu fetten Kühen (STAUFENBIEL, 1993). In der peripartalen Periode nimmt die Fütterung eine Schlüsselstellung ein, wobei ein individuelles Futterverhalten durchaus eine Rolle spielt (BAILE *et al.*, 1981). In anderen Studien wurde gezeigt, dass eine zu hohe Nährstoffversorgung in der Hochträchtigkeit sich stark negativ auf das Stoffwechselgeschehen und die Futteraufnahme nach dem Abkalben auswirkt und bis zur 3. Woche nach dem Abkalben anhält. Dies spiegelt sich im Gesundheits- und Fruchtbarkeitsgeschehen in diesem Zeitraum wider (COPPOCK *et al.*, 1974; LOTTHAMMER, 1974 u. 1979b). Diese Tiere leiden vermehrt an einem gestörten Puerperium. Beginnend mit herabgesetzten Uteruskontraktionen, mit der Folge verzögerter Uterusinvolution, unterbleibt die physiologische Reinigung des Uterus, es kommt zu Nachgeburtsverhaltungen, Genitalkatarrhen, Follikelzysten und Gebärparese. Das Anlaufen der Eierstocksfunktion war deutlich verzögert, belegt durch eine hohe Prozentzahl

von Anaphrodisie (SCHILLING, 1976). Hierdurch sind später auch die Konzeptionsraten beeinträchtigt (LOTTHAMMER, 1979b).

Tiere mit exzessiven Körperfettreserven zum Kalbezeitpunkt laufen Gefahr, diese zu schnell zu mobilisieren, was einen erhöhten Gehalt an zirkulierenden FFS zur Folge hat. Dieses Übermaß wiederum wirkt sich negativ auf die Futteraufnahme aus (GARNSWORTHY u. TOPPS, 1982; STAUFENBIEL *et al.*, 1991; RUKKWAMSUK *et al.*, 1999) und damit letzten Endes auf die Gesundheit und Fruchtbarkeit. In einem Versuch von BECKER *et al.* (2003) konnte die Fruchtbarkeit durch eine Anfütterung geschützter freier Fettsäuren nicht verbessert werden. Die Autoren stellten die These auf, dass Hochleistungstiere eine zusätzliche Energiezufuhr zur Verbesserung ihrer reproduktiven Leistung oder aber zur Steigerung ihrer Milchleistung verwenden.

Laut CANFIELD *et al.* (1990) hat der Energiegehalt der Futtermittel wenig Einfluss auf die durchschnittliche Energiebilanz, die Tage bis zum Erreichen des Tiefpunktes und die Tage bis zur ersten Ovulation und Besamung. Sie stellten fest, dass die Konzeptionsrate nach Erstbesamung für Tiere niedriger war, die mit eiweißreicher und gleichzeitig energieärmer Diät gefüttert wurden. Begründet ist dies durch einen zu hohen Gehalt an Ammoniak, das beim Abbau von Eiweiß im Pansen anfällt und eine Schädigung der Leber zur Folge hat. Dies wirkt sich letztlich negativ auf die Fruchtbarkeit aus (LOTTHAMMER, 1979b). Nach einer Studie von EVANS (2003) wird durch eine gute Proteinversorgung die Plazenta nach der Geburt besser abgestoßen. HANZEN (1986) konnte eine Abhängigkeit für das Anlaufen des Zyklus von der Fütterung vor und nach dem Kalben beobachten. In seiner Studie beeinflussten Über- und Unterfütterung die Ovaraktivität post partum deutlich. Bei einer Steigerung des Futterenergielevels verringerte sich der Zeitraum bis zur ersten Ovulation (STAPLES *et al.*, 1990; LALMAN *et al.*, 1997). In einer Studie von DUCKER *et al.* (1985) führte ein hoher Fütterungslevel während der Laktation zu einer erhöhten Embryonalsterblichkeit. STAPLES *et al.* (1990) zeigten, dass die Tiere, die weniger fraßen, eine verminderte Milchproduktion, einen erhöhten Körpergewichtsverlust und ein verlängertes anöstrisches Intervall durchliefen.

DUCKER u. MORANT (1984) sehen zwei Wege, wie das Fütterungsmanagement in den ersten Wochen nach der Kalbung verbessert werden kann. Zum einen könnte eine Extrafütterung zu Laktationsbeginn die Milchleistungssteigerung bis zum Peak nach vorn verschieben, so dass

um den Besamungszeitpunkt der Leistungsspeak bereits überwunden ist; zum anderen, wenn nicht die Milchleistung durch die Fütterung beeinflusst wird, wird dafür der Gewichtsverlust reduziert. Beides trägt zu verbesserter Fruchtbarkeit bei. In einer weiteren Studie konnten DUCKER *et al.* (1985) ihre Vorjahresergebnisse bestätigen. Die Futterzusammensetzung und die Art der Futterbereitstellung kann die Fruchtbarkeitsleistung um den Besamungszeitpunkt beeinflussen. Sie erklären die schlechteren Fruchtbarkeitsergebnisse magerer Kühe gegenüber den anderen mit einer vermehrten Stressbelastung und einer Unterlegenheit im Wettkampf um die besten Futterplätze.

Laut den Ergebnissen von BOISCLAIR *et al.* (1986) sind Kühe nicht in der Lage, ihre Energieaufnahme zu regulieren, wenn ihnen eine hochenergetische TMR angeboten wird. Diese Tatsache verdeutlicht die erhöhte Gefahr der Verfettung niederproduktiver Tiere, vor allem wenn in der Spätlaktation eine Energierestriktion der TMR ausbleibt oder ein enges Raufutter/Konzentratfutter-Verhältnis vorherrscht (COPPOCK *et al.*, 1974). Tiere mit einer geringen Leistung sind offensichtlich nicht in der Lage, die angebotene Energie in Milch zu konvertieren, sondern neigen dazu, den Überschuss im Fettgewebe zu speichern, was die produktive Ineffizienz dieser Tiere verdeutlicht. Eine Korrekturfütterung in der Trockenstehperiode sollte vermieden werden, da dies mit einem erhöhten Risiko des Auftretens von Leberverfettung, Ketose und Puerperalerkrankungen einhergeht (GEARHART *et al.*, 1990). LOTHAMMER (1979a) macht insbesondere die Leberschäden, hervorgerufen durch eine inadequate Fütterung, für spätere Fruchtbarkeitsstörungen verantwortlich.

Die unausgewogene Fütterung von Mengen- und Spurenelementen beeinträchtigt ebenfalls die Fruchtbarkeit (LOTHAMMER, 1979b; KIRCHGESSNER, 1997; GELFERT u. STAUFENBIEL, 1998; LEHWENICH, 1999; EVANS, 2003). Eine Überversorgung mit Phosphor hat eine Beeinträchtigung der Spurenelementresorption, und hier besonders des Mangans, zur Folge. Des Weiteren treten bei Phosphorüberschuss vermehrt Genitalkatarrhe, unregelmäßige Zyklen und Stillbrunst auf. Ebenso steht ein Phosphormangel mit Fortpflanzungsstörungen in Verbindung (HARTMANN u. MEYER, 1994, LOTHAMMER, 1979b). Die wichtigsten Folgen eines Manganmangels sind Genitalkatarrhe und Stillbrünstigkeit (KIRCHGESSNER, 1997; GELFERT u. STAUFENBIEL, 1998; LOTHAMMER, 1979b). Kalzium hat eine bedeutende Rolle für die Uteruskontraktion und erleichtert somit den Nachgeburtsabgang (EVANS, 2003; LOTHAMMER, 1979b). Beim Kalium liegt in der Regel ein mehr oder weniger starker

Überschuss vor, der sich auf die Fertilität umso nachteiliger auswirkt, je schlechter die Na-Versorgung ist. Das K/Na-Verhältnis sollte in der Gesamtration nicht über 10:1 liegen. Als Fertilitätsstörungen treten dabei unregelmäßige Zyklen, Langbrunst und teilweise Ovarialzysten sowie Genitalkatarrhe und damit schlechte Befruchtungsergebnisse auf (LOTTHAMMER, 1985). Bei Kupfermangel treten häufig Ovarialzysten und ein Rückgang der Konzeptionsrate auf, während Kühe für eine Kupfervergiftung weniger anfällig sind (GELFERT u. STAUFENBIEL, 1998). Ein Mangel an Vitamin-E und Selen steht mit Nachgeburtsverhaltungen, Mastitiden, Fruchtbarkeitsstörungen und einer allgemeinen Schwächung des Immunsystems in Verbindung (JUKOLA *et al.*, 1996, LEHWENICH, 1999; SPIEKERS u. POTTHAST, 2004).

### **2.2.8 Ökonomische Aspekte des Fruchtbarkeitsmanagements**

Die ökonomischen Auswirkungen schlechter Fruchtbarkeit werden häufig unterschätzt. Bei einer ZTZ über 85 Tage kann laut PLATEN (2002) grundsätzlich von 3,75 € Mehrkosten je Tag ausgegangen werden. Außerdem sinkt die Leistung, bei je 10 Tagen verlängerter ZTZ über 85 Tage hinaus, um ca. 0,5 l/Tag ab. Damit lohnt es sich wirtschaftlich gesehen, eine Kuh zu einem früheren Zeitpunkt in eine Trächtigkeit zu bringen. JAHNKE (2002) kam in ihrer betriebswirtschaftlichen Analyse zu dem Ergebnis, dass eine Trächtigkeit in der frühen Laktation zum vorzeitigen Abfall der Laktationskurve führt und damit zu Ertragseinbußen. Trächtigkeiten zu einem späteren Zeitpunkt in der Laktation sind nach ihren Ergebnissen mit einer höheren Persistenz der Milchmenge verbunden. Wirtschaftlich gesehen sollte eine Kuh, mit einer durchschnittlichen Leistung von etwa 6500 kg Milch, eine ZTZ von 105 Tagen nicht überschreiten. Für jeden Tag verlängerter ZTZ darüber hinaus ermittelte JAHNKE (2002) einen niedrigeren Reinertrag von 0,48 €. Eine Kuh mit durchschnittlich 7700 kg Milch sollte demnach eine ZTZ von 105 bis maximal 125 Tagen nicht überschreiten. Jede tägliche Verlängerung darüber hinaus würde einem niedrigeren Reinertrag von 0,30 € entsprechen. Bei Hochleistungskühen kann anhand der kalkulierten Reinerträge davon ausgegangen werden, dass ZTZ im Bereich 125 bis 145 Tagen keine negativen Auswirkungen auf das



betriebswirtschaftliche Ergebnis haben. Jedoch solle eine ZTZ von maximal 125 Tagen eingehalten werden, um die Laktationsperiode nicht unnötig zu verlängern.

In PLATENS (2003) Berechnung kostet ein Besamungsaufwand von 2,1 Besamungen pro Kuh je Kuh 7,50 € mehr. Ein Besamungsaufwand von 1,8 hingegen wird mit 42 € je Kuh beziffert.

Des Weiteren sind Fruchtbarkeitsstörungen und Unfruchtbarkeit die Hauptgründe für Kuhabgänge. Jede wegen Sterilität gemerzte Kuh verursacht laut FEUCKER (2004) einen Kosten-Mehraufwand von etwa 55 €.

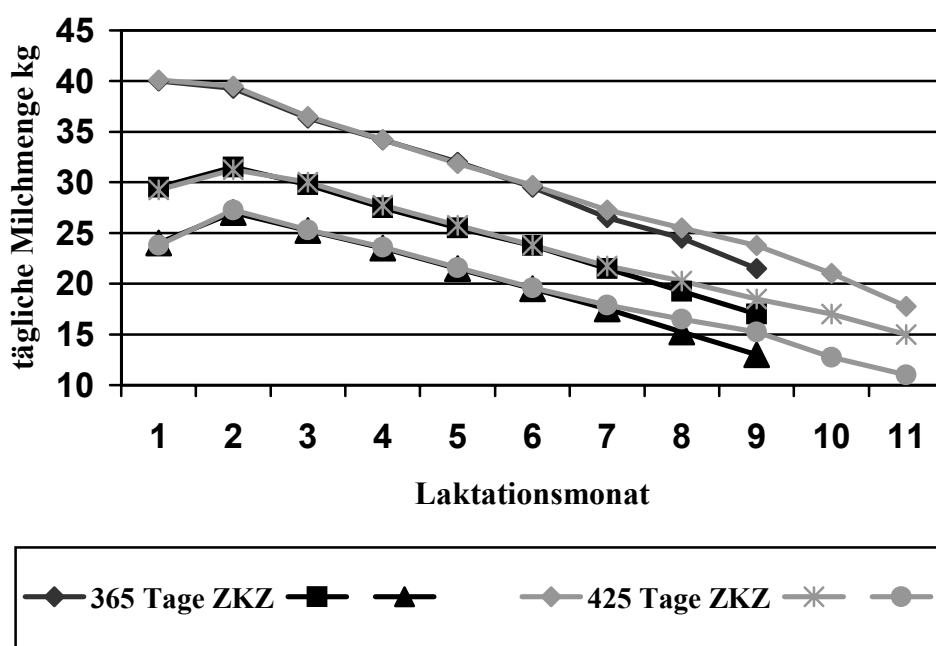


Abb. 4: Laktationsverlauf für die Milchmenge bei unterschiedlichen Zwischenkalbezeiten und Leistungsgruppen. Bei den jeweils oberen Kurven handelt es sich um Milchmenge der Tiere mit einer ZKZ von 425 Tagen (JAHNKE, 2002).

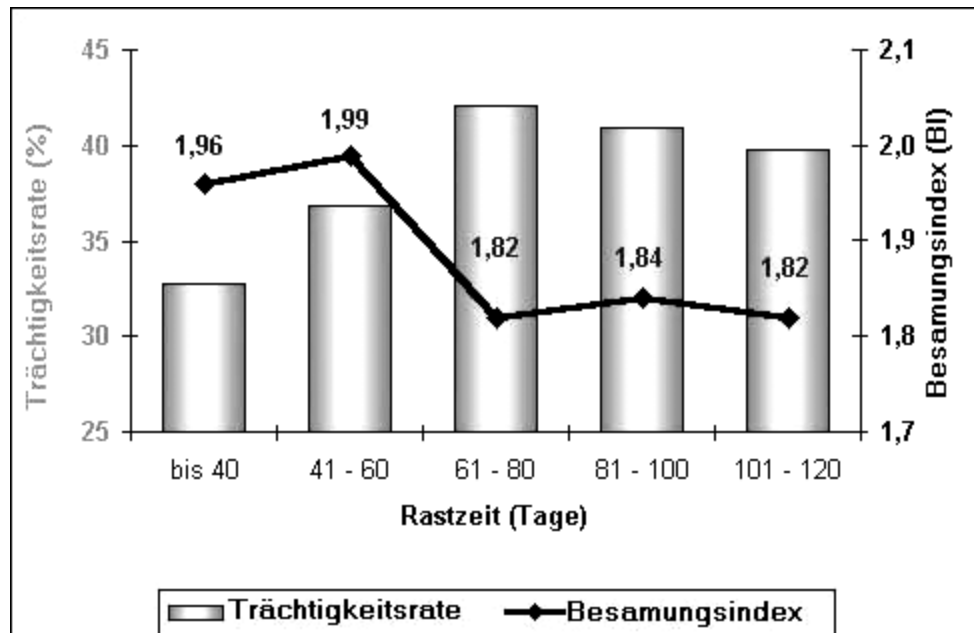


Abb. 5: Trächtigkeitsrate und Besamungsindex in Abhängigkeit von der Rastzeit nach JAHNKE (2002).

Aus den Kurven (Abb. 4 u. 6) wird ersichtlich, dass sich eine verlängerte ZTZ auf einem hohen Milchleistungsniveau wesentlich positiver auf den betrieblichen Gewinn auswirkt als auf einem niedrigen Milchleistungsniveau.

Laut JAHNKE (2002) führt eine Verlängerung der Rastzeit um einen Zyklus von etwa 41 bis 60 Tage auf 61 bis 80 Tage zu einem deutlich höheren Besamungserfolg und damit niedrigeren Besamungskosten (Abb. 5). Die Rastzeitverlängerung bewirkte damit eine Verlängerung der Zwischentragezeit um nur 12 statt erwarteter 20 Tage. Gezielt längere Rastzeiten sind laut PLATEN u. KÜCHENMEISTER (2002) bei Kühen mit Milchleistungen unter 7000 kg jedoch zu vermeiden, da die eingesparten Besamungskosten oftmals durch den Nachteil einer längeren ZKZ nicht ausgeglichen werden.

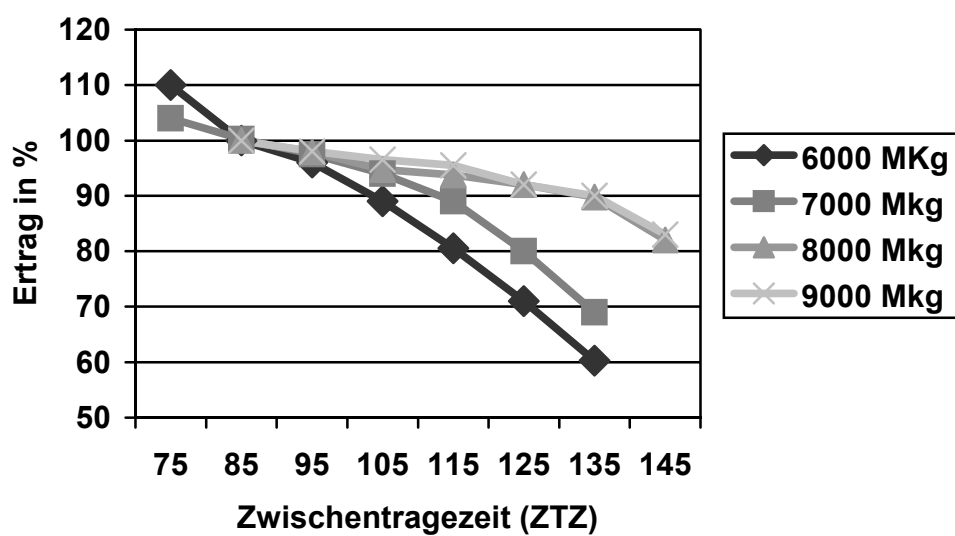


Abb. 6: Erträge in % in Abhängigkeit von der ZTZ (FEUCKER, 2004).