

1. Einleitung

Die Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Milchproduktion haben sich in den letzten Jahrzehnten stark gewandelt. Leistungsmerkmale der Milchkühe wurden intensiv züchterisch bearbeitet. Dies führte zu einer erheblichen Steigerung des Milchleistungsniveaus der Tiere. Außerdem musste, um Milch rentabel erzeugen zu können, die Anzahl der Tiere in den Herden aufgestockt werden.

Da sich die Milchleistung pro Laktation nicht beliebig steigern lässt und die Laktation erst nach Trächtigkeit und Kalbung einsetzt, werden fruchtbare Tiere benötigt, die regelmäßig, alle 12 bis 14 Monate kalben. Die Fruchtbarkeit und die damit im Zusammenhang stehende Reproduktionsleistung der Tiere sind wesentliche limitierende Faktoren der Milchleistung.

Da das Leistungspotential der Tiere nur durch optimale Fütterung und Haltung ausgeschöpft werden kann, wurden parallel zu der züchterischen Bearbeitung der Leistungsmerkmale Haltung und Fütterung des Milchviehs optimiert.

Professionell geführte Betriebe haben Kontrollmechanismen geschaffen, die die Erfolgsfaktoren einer wirtschaftlichen Milchproduktion transparent machen. So wird unter anderen die Körperkondition der Tiere in den verschiedenen Abschnitten der Laktation als Indikator zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Fütterung herangezogen.

In der vorliegenden Arbeit wird der Einfluss der Körperkondition von Milchkühen zu verschiedenen Zeitpunkten während des Reproduktionszyklus, auf das Einsetzen des Sexualzyklus, die Höhe der Progesteronspiegel in der Milch das Auftreten von Brunsterscheinungen post partum und auf verschiedene Fruchtbarkeitskennzahlen unter Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse sowie des Alters der Tiere untersucht.

2. Schrifttum

2.1. Körperkondition bei Milchkühen

2.1.1. Verfahren zur Konditionsbeurteilung

In den letzten Jahrzehnten ist die Laktationsleistung der Milchkühe erheblich gestiegen (BUTLER u. SMITH 1989, STAUFENBIEL et al. 1991, BRITT 1995 b). Die durchschnittliche Milchmenge lag in Deutschland um die Jahrhundertwende unter 2000 kg/Kuh/Jahr. In der heutigen Zeit sind Herdendurchschnittsleistungen von über 9000 kg/Kuh/Jahr keine Seltenheit. Kühe und Färsen mit einer hohen Milchleistung zu Beginn der Laktation sind nicht in der Lage, ihren täglichen Energiebedarf durch die Futterraufnahme zu decken (HEUWIESER u. MANSFELD 1992, METZNER et al. 1993, STAUFENBIEL et al. 1993, GALLO et al. 1996, VEERKAMP u. BROTHERSTONE 1997). Sie können die Milchproduktion nur über die Mobilisierung körpereigener Energiereserven aufrechterhalten (COPPOCK 1985, VILLAGODOY et al. 1988, SALTMAN 1990, STAUFENBIEL et al. 1991, PEDRON et al. 1993, WALTNER et al. 1993, BRITT 1995 a). Die wichtigste Energiereserve ist das Körperfett (PEDRON et al. 1993, STAUFENBIEL et al. 1992). Körperprotein und Leberglykogen sind aufgrund der geringen zur Verfügung stehenden Menge als Energiereserven während der Laktation zu vernachlässigen (STAUFENBIEL et al. 1992).

Zur Beurteilung der Körperfettreserven bei Milchkühen wurden die im Folgenden beschriebenen Methoden entwickelt:

2.1.1.1. Ermittlung des Körpergewichtes

Da das Körpergewicht von der Rahmengröße der Tiere, einer stark variierenden Menge im Verdauungstrakt und bei tragenden Tieren vom Gewicht des Uterus samt Inhalt abhängig ist, können aufgrund der Bestimmung des Körpergewichtes nur ungenaue Aussagen über die Körperfettreserven der Tiere gemacht werden (RUEGG 1991, STAUFENBIEL et al. 1992, GIBB u. IVINGS 1993, BRITT 1995 a, ENEVOLDSEN u. KRISTENSEN 1997).

ENEVOLDSEN und KRISTENSEN (1997) beschreiben die Abhängigkeit des Körpergewichtes von der Hüfthöhe, der Beckenbreite und der Körperkondition. Aus diesen drei Parametern wurden Modelle zur Schätzung des Körpergewichtes der Tiere entwickelt.

DEEGEN und YOUNG (1979) konnten nachweisen, dass sich während der Trächtigkeit das Gesamt-Körperwasser von durchschnittlich 74,8 % auf 79,6 % des Körpergewichtes erhöht. Sie kommen zu dem Schluss, dass das Körpergewicht zur Beurteilung der Energiebilanz bei Wiederkäuern ungeeignet ist.

2.1.1.2. Messung der Rückenfettdicke

Zur Beurteilung des Körperfettansatzes wurden Verfahren zur Messung der Rückenfettdicke entwickelt (ROSSOW et al. 1985, BRETHOUR 1991, BULLOCK et al. 1991, STAUFENBIEL et al. 1992).

Die Anwendung der Ultraschalltechnik zur Erfassung der Rückenfettdicke ist, bedingt durch die Struktur und die Zusammensetzung des Rinderfettgewebes, nur eingeschränkt möglich (BULLOCK et al. 1991, STAUFENBIEL et al. 1992). Nach Untersuchungsergebnissen von BRETHOUR (1991) und PERKINS et al. (1992) wird mit zunehmender Dicke des Fettgewebes die tatsächliche Gewebedicke unterschätzt.

ROSSOW et al. (1985) entwickelten eine invasive Methode (elektrische Nadelsondenmethode), um die Rückenfettdicke zu messen. Auf der Verbindungslinie zwischen Tuber coxae und Tuber ischiadicum, eine Handbreit kaudal des Tuber ischiadicum wird eine an der Spitze leitfähige Elektrode senkrecht durch die Kutis und Subkutis in Richtung Muskulatur vorgeschoben. Beim Erreichen der Muskulatur sind Muskelkontraktionen wahrnehmbar. Die Einstichtiefe stellt den Messwert der Rückenfettdicke dar.

Eine weitere invasive Methode (mechanische Nadelsondenmethode) zur Messung der Rückenfettdicke wird von KLAUHN (1992) und STAUFENBIEL et al. (1992) beschrieben.

Eine abgestumpfte graduierte Nadel mit einer beweglichen Polystyrolscheibe wird an der oben beschriebenen Einstichstelle durch die perforierte Haut bis auf die Muskulatur vorgeschoben.

Die die Muskulatur bedeckende Faszie setzt der Nadelspitze einen deutlichen Widerstand entgegen. Die Stellung der Polystyrolscheibe auf der Nadel zeigt beim Herausziehen direkt den Messwert plus Hautdicke an. Zur Durchführung dieser Messungen ist es notwendig, einen Teil der Tiere zu sedieren (LÖSCHNER 1994).

Dennoch werden diese invasiven Methoden zur Beurteilung des Körperfettgehaltes als einfach durchführbare und für Routineuntersuchungen geeignete Verfahren beschrieben (ROSSOW et al. 1985, BAUER 1990, STAUFENBIEL et al. 1990, STAUFENBIEL et al. 1992). Sie konnten sich aber aufgrund der entstehenden Kosten und der Notwendigkeit, die Tiere zu fixieren, nicht durchsetzen (HEUWIESER u. MANSFELD 1992, METZNER et al. 1993, KLEIBÖHMER et al. 1998).

2.1.1.3. Körperkonditionsbeurteilung (BCS)

Bei der Körperkonditionsbeurteilung (engl. body condition scoring) werden die Körperfettreserven indirekt, über die Einstufung der Körperkondition mittels eines Punktesystems bestimmt (WILDMAN et al. 1982, SALTMAN 1988, EDMONSON et al. 1989, RUEGG 1991, METZNER et al. 1993). Eine Abhängigkeit der Körperkondition vom Rahmen und vom Gewicht der Tiere konnte nicht nachgewiesen werden (WILDMAN et al. 1982). Die subkutane Fettdicke, gemessen mit Ultraschall, ist hoch mit dem Körperkonditionsindex korreliert (FERGUSON et al. 1994, SCHÄFERS et al. 2002).

Außerdem kann mit Hilfe der Körperkondition die Leistungsfähigkeit der Fütterung indirekt beurteilt werden (NOORDHUIZEN et al. 1985, METZNER et al. 1993, BRITT 1995a, RUEGG u. MILTON 1995, KLEIBÖHMER et al. 1998). Sie ist ein wertvolles Hilfsmittel in der Herdenbetreuung (HEUWIESER 1991, METZNER et al. 1993, HADY et al. 1994).

Das Prinzip der Methode besteht in der Palpation und Adspektion von acht definierten Körperregionen (WILDMAN et al. 1982, EDMONSON et al. 1989). Jeder Körperregion wird ein Wert auf einer Skala zugeordnet. Die Skala reicht von 1 (kachektisch, hochgradig abgemagert) bis 5 (adipös, hochgradig verfettet). Zwischen den Punkten werden zusätzlich Viertelpunkte oder Plus/Minus vergeben. Aus diesen Einzelergebnissen wird ein Mittelwert gebildet, der den Konditionswert des Tieres darstellt (EDMONSON et al. 1989, METZNER et al. 1993). Geübte Untersucher können bei eindeutiger visueller Einstufung der Körperregionen auf die Palpation verzichten (HEUWIESER u. MANSFELD 1992, METZNER et al. 1993).

Skalen von 1-8 (EARLE 1976), 1-6 (LASSO et al. 1982), 1-10 (RUTTER u. RANDEL 1986) und 0-100 (PENNINGTON et al. 1986) konnten sich nicht durchsetzen. In der Literatur wird von den meisten Autoren eine 5-Punkte-Skala mit einer Viertelpunkt-Unterteilung verwendet (EDMONSON et al. 1989, HEUWIESER u. MANSFELD 1992, METZNER et al. 1993).

Über die erforderliche Anzahl der Konditionsbeurteilungen der Tiere im Verlauf eines Reproduktionszyklus werden in der Literatur unterschiedliche Angaben gemacht. SALTMAN (1988) fordert eine viermalige Einstufung der Tiere (kurz nach dem Abkalben, kurz vor der Laktationsspitze, nach der Laktationsspitze und zum Trockenstellen). HEUWIESER und MANSFELD (1992) empfehlen ebenfalls eine mindestens viermalige Erfassung der Körperkondition (frühe Laktation, mittlere Laktation, späte Laktation und während des Trockenstehens). HADY et al. (1994) und MANSFELD et al. (2000) empfehlen einen 30-tägigen Rhythmus der Körperkonditionsbeurteilung.

Außer dem Fettansatz hat auch die Ausbildung der Muskulatur einen Einfluss auf die Körperkondition der Tiere. Konditionsänderungen beruhen immer auf Veränderungen beider Komponenten (REID et al. 1986).

Obwohl es sich um eine subjektive Methode handelt, gibt es nur geringe Unterschiede in der Bewertung der Tiere durch verschiedene Untersucher (FERGUSON et al. 1994, HADY et al. 1994, KLEIBÖHMER et al. 1998). Für die Praxis verfügt sie über eine ausreichende Genauigkeit (EDMONSON et al. 1989, FERGUSON et al. 1994, HADY et al. 1994, KLEIBÖHMER et al. 1998). Wird die Konditionsbeurteilung von mehreren erfahrenen Beurteilern durchgeführt sind 58,1 % der Konditionsnoten identisch, 32,6 % der Konditionsnoten weichen um einen Viertelpunkt voneinander ab und 9,3 % der Körperkonditionsnoten weisen Unterschiede von mehr als einen Viertelpunkt auf (FERGUSON et al. 1994). In Untersuchungen von KLEIBÖHMER et al. (1998) sind 84 % der Beurteilungsergebnisse von mehreren Beurteilern identisch oder mit einer Abweichung von einen Viertelpunkt.

WALTNER et al. (1993) beschreiben die Körperkonditionsbeurteilung als eine anerkannte schnelle und billige Methode zur Beurteilung der Körperfettreserven. Von anderen Autoren wird die Genauigkeit der subjektiven Beurteilung der Körperkondition in Frage gestellt und die Einbeziehung von objektiv zu überprüfenden Parametern gefordert (ROSSOW et al. 1989, STAUFENBIEL et al. 1991, KLAWUHN 1992).

2.1.2. Verlauf der Körperkondition während eines Reproduktionszyklus

Die negative Energiebilanz in der Früh- und Hochlaktation führt zu einer Abnahme der Körperkondition (GEARHART et al. 1990, STAUFENBIEL et al. 1992, WALTNER et al. 1993, HADY et al. 1994, RUEGG u. MILTON 1995, GALLO et al. 1996). Die geringsten Körperkonditionswerte werden während der Hochlaktation (bei 30 bis 40 Laktationstagen) erreicht

(METZNER et al. 1993). Etwa nach 100 Laktationstagen beginnt die tägliche Milchleistung zu sinken. Die Energiebilanz wird positiv. Die Tiere füllen ihre Fettdepots auf und die Körperkonditionswerte steigen an (WILDMAN et al. 1982, METZNER et al. 1993, MACMILLAN et al. 1996, GALLO et al. 1996).

Eine begrenzte Abnahme der Körperfettreserven während der Hochlaktation kann bei Tieren mit hoher täglicher Milchleistung nicht vermieden werden (METZNER et al. 1992). Verlieren die Tiere mehr als einen ganzen Punkt auf der Konditionsskala, so hat dieses einen negativen Einfluss auf die Milchleistung und auf die Fruchtbarkeit (HEUWIESER u. MANSFELD 1992, WALTNER et al. 1993).

Die Veränderungen der Rückenfettdicke während eines Reproduktionszyklus wurden von STAUFENBIEL et al. (1989) beschrieben. Etwa 14 Tage ante partum bis 4-6 Wochen post partum vollzieht sich ein Abbau der Rückenfettdicke in der Größenordnung von etwa 1 mm pro Woche. Nach 6-8 Wochen post partum vermindert sich die Abnahme der Rückenfettdicke auf etwa 0,25 mm pro Woche. Anschließend ist keine weitere Abnahme zu beobachten, und ab der 12. Woche post partum beginnt die Zunahme der Rückenfettdicke.

Nach METZNER et al. (1993) liegt die angestrebte Körperkonditionsnote zum Zeitpunkt der Kalbung bei 3,5 (3,25 bis 3,75). Bei stark überkonditionierten Tieren ist die Trockenmasseaufnahme post partum verringert (WILDMAN et al. 1982, BRONSCH 1985, BOISCLAIR et al. 1987, METZNER et al. 1993). Sie neigen zu Schweregeburten und das Risiko einer Stoffwechselerkrankung post partum ist erhöht (STAUFENBIEL et al. 1992). In der Phase der Hochlaktation sollte die Abnahme der Körperkondition nicht mehr als einen Körperkonditionspunkt betragen und weniger als einen halben Punkt in den ersten 30 Tagen post partum (HEUWIESER u. MANSFELD 1992, METZNER 1993). In diesem Zeitraum wird eine Konditionsnote von 3,00 (2,5 bis 3,25) angestrebt (HEUWIESER u. MANSFELD 1992). Im weiteren Verlauf der Laktation bis zum Trockenstehen wird ein Anstieg der Körperkondition bis zu einem Wert um 3,5 (3,25 bis 3,75) angestrebt. Während des Trockenstehens sollte keine weitere Konditionszunahme erfolgen, da sonst die Gefahr von postpartalen Stoffwechselerkrankungen deutlich erhöht ist (GEARHART et al. 1990, HEUWIESER u. MANSFELD 1992, METZNER et al. 1993). Auch sollten die Tiere während des Trockenstehens nicht an Körperkondition verlieren, da sonst gehäuft Geburtsstörungen auftreten (GEARHART et al. 1990).

2.1.3. Faktoren, die den Körperkonditionsverlauf beeinflussen

2.1.3.1. Fütterung

Zu Laktationsbeginn und während der Hochlaktation kann der Energiebedarf der Tiere auch mit sehr energiedichten Rationen (Energiegehalt zwischen 6,5 und 7,5 MJ NEL/kg Trockenmasse) nicht vollständig gedeckt werden (HELLER u. POTTHAST 1997). In der Laktationsspitze, zum Beispiel bei einer täglichen Milchleistung von 40 kg, kann die negative Energiebilanz je nach Trockenmasseaufnahme eine Größenordnung von 42-63 MJ NEL täglich erreichen. Diese Menge entspricht etwa 1 bis 2 kg Körpersubstanz (MEYER 1997).

Der limitierende Faktor ist das begrenzte Futteraufnahmevermögen der Tiere. Die Milchleistung steigt zu Laktationsbeginn schneller als die Trockenmasseaufnahme (BRONSCH 1985, SALTMAN 1988, HEUWIESER u. MANSFELD 1992, STAPLES et al. 1995). Die Tiere geraten in eine Phase negativer Energiebilanz, die bei Hochleistungskühen selbst unter optimalen Fütterungsbedingungen erst nach 8-10 Wochen ausgeglichen werden kann (HEUWIESER u. MANSFELD 1992). Die maximale Trockenmasseaufnahme wird von den Tieren erst 8-10 Wochen nach dem Laktationsgipfel erreicht (COPPOCK 1985, BAUER 1990).

Um die Futteraufnahmekapazität der Tiere voll ausnutzen zu können, muß ihnen mehrmals täglich schmackhaftes Grundfutter einer guten Qualität vorgelegt werden (HEUWIESER u. MANSFELD 1992, HELLER u. POTTHAST 1997). Sofern keine TMR gefüttert wird ist die Kraftfuttermenge über den Tag zu verteilen (METZNER et al. 1993, HELLER u. POTTHAST 1997).

Bei der Zusammenstellung von Fütterungsgruppen ist es sinnvoll, die Körperkonditionsbeurteilung als Kriterium zu nutzen (PERKINS et al. 1987, METZNER et al. 1992, UPHAM 1993, KLEIBÖHMER et al. 1998).

2.1.3.2. Milchleistung

Tiere mit einer hohen Laktationsleistung haben einen höheren Verlust an Körperkondition als Tiere mit einer geringen Laktationsleistung (PERKINS et al. 1987, RUEGG u. MILTON 1995, GALLO et al. 1996, VEERKAMP u. BROTHERSTONE 1997). Sie erreichen die minimale

Körperkondition später (ca. 4 Monate post partum), und der Konditionsverlust ist bis zu zweimal größer als bei Kühen mit einer geringen Milchleistung (GALLO et al. 1996).

Bei Kühen auf einem mittleren Milchleistungsniveau verlaufen die Konditionsänderungen während eines Reproduktionszyklus bei einer adäquaten Fütterung unabhängig von der Milchleistung (RUEGG et al 1992).

Die Abhängigkeit der Körperkondition von dem Laktationsabschnitt, in dem die Tiere sich befinden, ist größer als von der produzierten Milchmenge (WALTNER et al. 1993).

2.1.3.3. Alter der Tiere

Die Höhe und Dauer des Verlustes an Körperkondition ist abhängig von der Laktationsnummer (WALTNER et al. 1993, GALLO et al. 1996).

Die Laktationskurve verläuft in der ersten Laktation flacher als in den folgenden Laktationen. Aus diesem Grund verlieren Färsen weniger Körperkondition als mehrkalbige Kühe (WALTNER et al. 1993, GALLO et al. 1996). In Untersuchungen von RUEGG und MILTON (1995) wurde ein Konditionsverlust von 0,73 Punkten für Färsen und ein Konditionsverlust von 0,83 Punkten bei mehrkalbigen Kühen während der Hochlaktation nachgewiesen. Da die Färsen in der ersten Laktation sich noch im Wachstum befinden, benötigen sie eine längere Zeit als mehrkalbige Tiere um Körperfettreserven anzulegen (GALLO et al. 1996).

Auch WALTNER et al. (1993) beschreiben eine Abhängigkeit des Verlaufs der Körperkondition von der Laktationsnummer. In ihren Untersuchungen verlaufen die Körperkonditionen der ersten und der zweiten Laktation ähnlich. Erst ab der dritten Laktation wird ein höherer Verlust an Körperkondition bei gleicher Fütterung und gleicher Laktationsleistung ermittelt.

2.1.3.4. Körperfettreserven zum Zeitpunkt der Kalbung

Die Körperkondition zur Kalbung hat einen großen Einfluss auf die Dauer und auf die Höhe des Konditionsverlustes während der Hochlaktation (RUEGG u. MILTON 1995, MACMILLAN et al. 1996) und auf das Trockenmasseaufnahmevermögen (GARNSWORTHY u. JONES 1987). Tiere mit einer zu hohen Körperkonditionsnote zur Kalbung nehmen in den ersten Laktationswochen deutlich weniger Trockenmasse auf und erfahren einen höheren und länger andauernden Verlust an Körperkondition als Tiere mit der angestrebten Konditionsnote zum

Zeitpunkt der Abkalbung (FRONK et al. 1980, GARNSWORTHY u. JONES 1987, RUEGG u. MILTON 1995).

Im Vergleich zwischen fetten und mageren Kühen zum Zeitpunkt der Kalbung konnten REID et al. (1986) keinen Unterschied der in der Früh-laktation mobilisierten Körperfettmenge nachweisen. Es zeigte sich aber, dass Tiere mit größeren Körperfettreserven mehr Muskelmasse verlieren, und dass sie mehr Fett in die Leber einlagern. Er kommt zu dem Ergebnis, dass die Tiere unterschiedlich auf die metabolischen Anforderungen der Früh-laktation reagieren, und dass fettere Kühe nach der Kalbung anfällig für Stoffwechsel- und Klauenerkrankungen sind. Außerdem zeigen andere Untersuchungen das verfettete Tiere mit einer hohen Körperkonditionsnote zur Kalbung eine geringere Milchleistung, eine geringere Futteraufnahme und schlechtere Reproduktionsleistungen haben (WILDMAN et al. 1982, NOORDHUIZEN et al. 1985, GARNSWORTHY u. JONES 1987, MOORE et al. 1992) und vermehrt zu Schweregeburten und Nachgeburtshaltungen neigen (STAUFENBIEL et al. 1992).

Dennoch müssen die Tiere zur Kalbung über Körperfettreserven verfügen, um ihr Milchleistungspotential ausschöpfen zu können (HEUWIESER u. MANSFELD 1992, STAUFENBIEL et al. 1992, METZNER et al. 1993, WALTNER et al. 1993).

2.1.4. Problematik der negativen Energiebilanz bei Milchkühen

Die Energiebilanz ist definiert als die Differenz zwischen der mit dem Futter aufgenommenen und der für die Erhaltung und die Milchproduktion benötigten Nettoenergie (CANIFIELD u. BUTLER 1990, LUCY et al. 1991). Tiere mit hoher Leistung verbrauchen während der Hoch-laktation mehr Energie für die Milchproduktion als sie mit dem Futter aufnehmen können (COPPOCK 1985, HEUWIESER u. MANSFELD 1992, STAUFENBIEL et al. 1992, METZNER et al. 1993, GALLO et al. 1996).

Höhe und Dauer der negativen Energiebilanz sind abhängig von der Körperkondition zur Kalbung, der Laktationsnummer, dem Produktionsniveau, der Fütterung und Umwelteinflüssen (MACMILLAN et al. 1996). Weiterhin führt Macmillan et al. (1996) aus, dass das Ausmaß der negativen Energiebilanz schwer zu bestimmen ist und dass sie nicht proportional zu der täglich produzierten Milchmengen steigt, sondern eher von der Trockenmasseaufnahme der Tiere beeinflusst wird.

Tiere, die sich länger in der Phase negativer Energiebilanz befinden, produzieren weniger Milch, verlieren mehr Körpergewicht und benötigen längere Zeit, um wieder in Brunst zu kommen (STAPLES et al. 1990).

Die Ausprägung der Phase negativer Energiebilanz in Größe und Dauer negativen Einfluss auf die Reproduktionsleistung der Kühe (BUTLER et al. 1981, COPPOCK 1985, STAPLES et al. 1990, VILLA-GODOY et al. 1990).

2.1.5. Konditionsbeurteilung als Maßstab der Energiebilanz

Die Beurteilung der Körperkondition ermöglicht eine indirekte quantifizierte Beurteilung der Fütterung in Abhängigkeit vom Laktationsstand (METZNER et al. 1993). Als praxisnahe Methode hat die Beurteilung der Körperkondition eine wesentliche Bedeutung zur Abschätzung der Energiebilanz erlangt (OTTO et al. 1991, BRITT 1995 a, HEUWIESER u. MANSFELD 1995, FERGUSON 1996, KLEIBÖHMER et al. 1998).

Tiere mit einer ausgeprägten negativen Energiebilanz sind gezwungen, relativ viel Körperfett zu mobilisieren, um die Milchproduktion aufrecht zu erhalten und verlieren entsprechend an Körperkondition (COPPOCK 1985, VILLA-GODOY et al. 1988, SALTMAN 1988, STAUFENBIEL et al. 1992, PEDRON et al. 1993, WALTNER et al. 1993, BRITT 1995 a). Befinden sich die Tiere in einer positiven Energiebilanz sind sie in der Lage, Körperfettreserven anzulegen und entsprechend an Körperkondition zuzulegen (WILDMAN et al. 1982, BRONSCH 1985, BOISCLAIR et al. 1987, METZNER et al. 1993, GALLO et al. 1996, MACMILLAN et al. 1996).

2.2. Reproduktionszyklus bei Milchkühen

2.2.1. Die endokrine Steuerung des Reproduktionszyklus beim weiblichen Rind

Die Reproduktionsleistung der Milchkühe hat großen Einfluss auf den zu erwirtschaftenden Gewinn in der Milchviehhaltung (MIHM u. ROCHE 1995, FERGUSON 1996). Eine Zwischenkalbezeit von 12-13 Monaten ist anzustreben (SCHMIDT 1989).

Die Steuerung des Sexualzyklus des weiblichen Rindes ist ein komplexes System mit verschiedenen Steuerungszentren, die sich gegenseitig beeinflussen (GRUNERT et al. 1982, BRITT 1995 a).

Die Frequenz des pulsierenden Gonatropin Releasing Hormon (GnRH)-Freisetzung aus dem Hypothalamus bestimmt über die Ausschüttung von Follikel stimulierendem Hormon (FSH) den Beginn der Brunst und ist an der Regulation des Follikelwachstums des folgenden Zyklus beteiligt (BUTLER u. SMITH 1989, CANIFIELD u. BUTLER 1990, BRITT 1995a). Unter dem Einfluss von Progesteron sinkt die GnRH-Freisetzung, um im Proöstrus der nächsten Brunst wieder anzusteigen (BRITT 1995 a).

Das Zielorgan des GnRH ist der Hypophysen-Vorderlappen, aus dem das luteinisierende Hormon (LH) und FSH freigesetzt werden. Die Empfindlichkeit der Hypophyse auf das GnRH ist im Verlauf des Zyklus unter dem Einfluss verschiedener Hormone unterschiedlich. Progesteron verringert die LH- und FSH-Ausschüttung. Östrogen erhöht die Ausschüttung der Gonadotropine (BRITT 1995 a).

Die Follikel werden in drei Gruppen eingeteilt; kleine Follikel ($\varnothing < 3$ mm), mittlere Follikel (\varnothing 3-7 mm) und ein bis zwei große, dominante Follikel (\varnothing 28 mm), die im Gegensatz zu den anderen Follikeln beständig wachsen (KNOPF et al 1989). In den Granulosazellen des dominanten Follikels wird ein Großteil des in den Ovarien produzierten Östrogen gebildet. Dominante Follikel können mehr Gonadotropine (LH und FSH) binden als die kleineren Follikel und sie verhindern das Wachstum der anderen Follikel. Androgenvorläufer werden in den Thekazellen der Follikel gebildet. Durch FSH wird ein Enzym aktiviert, das Androgen in Östrogen wandelt (BRITT 1995 a).

Der größte Teil des Inhibin und Aktivin, produziert in den Ovarien, entsteht in den Follikeln (BURGER u. IGARASHI 1988, BRITT 1995 a, THATCHER et al. 1996, HULSHOF et al. 1997).

Die Entwicklung der Follikel wird durch metabolische Hormone, wie Somatotropin und Insulin, beeinflusst. Der insulin-like growth factor 1 (IGF 1) wird von den Granulosazellen des Follikels in Abhängigkeit von Somatotropin produziert (HAMMOND et al. 1988, THATCHER et al. 1996). Während ausgeglichener bzw. positiver Energiebilanz besteht zwischen den beiden Hormonen eine positive Beziehung, die sich während einer Phase mit negativer Energiebilanz umkehrt. Der IGF 1-Spiegel sinkt, obwohl der Somatotropinspiegel steigt (HAMMOND et al. 1988, VANDEHAAR et al. 1995).

Insulin bindet über Rezeptoren an die Granulosazellen der Follikel und beeinflusst, über noch unbekannte Mechanismen, die Reaktion der Zellen auf FSH (LUCY et al. 1991, BRITT 1995 a).

In jedem Zyklus entstehen zwei bis drei Follikelwellen mit jeweils dominanten Follikeln (TAYLOR u. RAJAMAHENDRAN 1991). Der dominante Follikel der letzten Follikelwelle des Zyklus kommt zur Ovulation, da vorher der hohe Progesteronspiegel des Gelbkörpers die LH-Ausschüttung aus der Hypophyse blockiert (KNOPF et al. 1988).

Das Signal, welches die Ovulation auslöst, ist der LH-Peak zu Beginn der Brunst. Sofort wird von dem zur Ovulation kommenden Follikel die Östrogenproduktion eingestellt, und die Luteinisierung beginnt (Butler u. SMITH 1989, BRITT 1995 a). Der Follikel entwickelt sich zum Gelbkörper. Aus den Granulosazellen und die Thekazellen entstehen die großen und kleinen Lutealzellen, die zusammen den größten Anteil des Gelbkörpers ausmachen (BRITT 1995 a). Zwei bis vier Tage nach Brunstbeginn kann im peripheren Blut ein Anstieg des Progesteronspiegels nachgewiesen werden. Dieser Anstieg hält etwa bis zur Mitte des Zyklus an und erreicht ein Plateau, das bis zur Luteolyse (ca. 18. Zyklustag) von dem Gelbkörper aufrecht gehalten wird (BRITT 1995 a).

Die Luteolyse wird vom im Uterus gebildeten und pulsierend freigesetzten Prostaglandin $F_{2\alpha}$ ausgelöst (HANSEL u. DOWD 1986, BRITT 1995 a). Über Oxytocin aus dem Hypophysenhinterlappen wird der Uterus weiter stimuliert, Prostaglandin zu produzieren, was wiederum zu einem Anstieg der Oxytocin-Ausschüttung führt. Diese Kaskade läuft, bis die Luteolyse vollständig abgeschlossen ist (BRITT 1995 a).

Der bovine Embryo produziert in der frühen Trächtigkeitsphase Proteine (wie z.B. bovine trophoblast protein 1), die die Prostaglandinausschüttung des Uterus reduzieren und so den Gelbkörper in Funktion lassen (BRITT 1995 a).

2.2.2 Einsetzen des ovariellen Zyklus nach der Kalbung

Gesunde Kühe kommen ca. 2 bis 4 Wochen nach der Kalbung wieder in Brunst (BRITT 1995 b). Bei den meisten Tieren lässt sich etwa 3 Wochen post partum eine Ovulation durch den der Ovulation folgenden Anstieg der peripheren Progesteronkonzentration nachweisen (MASILO et al. 1992, SCHOPPER et al. 1993, BRITT 1995 c, DARWASH et al. 1997). SCHOPPER et al. (1993) konnten in ihren Untersuchungen die erste Ovulation post partum nach $23 \pm 9,4$ Tagen nachweisen. Die erste Brunst wurde von ihnen erst nach durchschnittlich $40,2 \pm 26,4$ Tagen

beobachtet. BUTLER et al. (1981) geben die Zeitspanne von der Kalbung bis zur ersten Brunst im Mittel mit 36 Tagen an.

Die deutliche Verlängerung der postpartalen Anöstrie gegenüber der postpartalen Azyklie ist auf ein gehäuftes Auftreten stiller Brunsten zu Beginn der zyklischen Ovaraktivität zurückzuführen (PENNINGTON et al. 1986, STAPLES et al. 1990, SCHOPPER et al. 1993, BRITT 1995 b, MIHM u. ROCHE 1995, STAPLES et al. 1995). In den folgenden Brunsten werden die Brunsterscheinungen der Kühe deutlicher und die Brunsterkennungsrate steigt bis zum dritten Zyklus post partum, um dann auf einem konstanten Niveau zu bleiben (BRITT 1995 b, STAPLES et al. 1995).

Die Brunstbeobachtung und die Brunsterkennung sind wesentliche Grundvoraussetzungen für eine befriedigende Reproduktionsleistung der Tiere (BALL 1982, SCHOPPER et al. 1993, FERGUSON 1996). Bei weniger als 10 % der Tiere, die 6 Wochen post partum nicht in Brunst gesehen wurden, konnten keine Funktionskörper auf den Ovarien nachgewiesen werden (MIHM u. ROCHE 1995).

Mehrere Untersuchungen im Zusammenhang mit der ersten Brunst bzw. der ersten Ovulation post partum benutzen die Veränderungen der Progesteronspiegel im peripheren Blut (STAPLES et al. 1990, MASILO et al. 1992, BRITT 1995 c, STAPLES et al. 1995, ZUREK et al. 1995) oder in der Milch (BALL 1982, PETERS u. SCHNEIDER 1992, SCHOPPER et al. 1993, ARNSTADT u. FUSCHINI 1994, STEVENSON u. PURSLEY 1994 b, DARWASH et al. 1997) um eine Ovulation nachzuweisen. Progesteronkonzentrationen von über 3 ng/ml Milch werden als Nachweis für einen sezernierenden Gelbkörper genutzt (DARWASH et al. 1997). Eine kurze Zeitspanne zwischen Kalbung und Einsetzen der Gelbkörperaktivität, nachgewiesen durch die periphere Progesteronkonzentration, korreliert hoch mit einer guten Reproduktionsleistung der Tiere (DARWASH et al. 1997).

Untersuchungen über das Brunstverhalten bei nicht laktierenden Rindern zeigen, dass die Ausprägung der Brunstsymptome durch Körperkondition und negative Energiebilanz nicht beeinflusst werden (VILLA-GODOY et al. 1990). Dagegen kann PENNINGTON et al. (1986) einen positiven Einfluss der Körperkondition und der Tage post partum auf die Ausprägung der Brunsterscheinungen nachweisen.

Der Zyklus nach der ersten Ovulation hat im Mittel eine Länge von 17 Tagen und ist damit deutlich verkürzt (BRITT 1995 c, MIHM u. ROCHE 1995, STAPLES et al. 1995). Die Zykluslänge steigt in den folgenden Zyklen. Der dritte Zyklus post partum erreicht die physiologische Länge (BALL 1982, GRUNERT et al. 1982, BRITT 1995 c). Die Ursachen der verkürzten Zyklus-

len werden von BRITT (1995 c) in dem aus der ersten Ovulation post partum stammenden, in seiner Funktion eingeschränkten Gelbkörper und in der früheren Prostaglandin-Sekretion des Uterus gesehen.

Es besteht ein rassespezifischer Unterschied in der Zeitspanne zwischen Kalbung und erster Brunst (BRITT 1995 c, MASILO et al. 1992). Es zeigte sich in Untersuchungen von BRITT (1995 c), dass Jersey-Kühe im Vergleich zu Holstein Friesian (HF) Kühen einige Tage eher die erste Brunst post partum zeigen.

Auch in einem Vergleich der Rassen Holstein Friesian, Angus und Simmentaler wurden rasse-typische Unterschiede nachgewiesen. In dieser Versuchsanordnung haben die HF-Tiere, obwohl sie geringere Körperkonditionsnoten und eine höhere Milchleistung aufweisen, die wenigsten Tage bis zur ersten Ovulation post partum (im Mittel 20 Tage, ± 3 Tage) benötigt (MASILO et al. 1992).

Oft werden die Tiere 40-50 Tage post partum in Brunst gesehen, dann aber erst wieder 100 Tage post partum. BRITT (1995 b) erklärt dieses Phänomen mit der Reifungsdauer der Follikel von 60-80 Tagen, deren Anbildungs- und Reifephase genau in die Phase maximaler negativer Energiebilanz fällt.

Follikel, die in der Phase einer negativen Energiebilanz angebildet werden, sind weniger funktionstüchtig und, die daraus entstehenden Gelbkörper produzieren weniger Progesteron (BRITT 1995 b, VANDEHAAR et al. 1995).

2.2.3. Einfluß der Energiebilanz auf das Einsetzen des Sexualzyklus nach der Kalbung

Die negative Energiebilanz und die damit verbundene Mobilisation von Körpersubstanz zu Laktationsbeginn und während der Hochlaktation hat einen negativen Einfluss auf die Fruchtbarkeit der Milchkühe (BUTLER u. SMITH 1989, STAPLES et al. 1990, RUEGG 1991, LUCY et al. 1991, METZNER et al. 1993, HEUWIESER et al. 1995, STAPLES et al. 1995, ZUREK et al. 1995, MACMILLAN et al. 1996, FERGUSON 1996). Der massive Abbau von Körpersubstanz ist häufig mit einer verminderten Reproduktionsleistung der Tiere verbunden (HEUWIESER u. MANSFELD 1992).

Die Kühe kommen etwa 10 Tage nachdem sie den Maximalwert der negativen Energiebilanz überschritten haben, in Brunst (BUTLER u. SMITH 1989, STAPLES et al. 1995, ZUREK et al. 1995).

Kühe mit einem verzögerten Brunstbeginn post partum (erste Brunst >40 Tage p.p.) und Kühe ohne Brunsterscheinungen post partum weisen eine größere negative Energiebilanz auf, verlieren mehr Körpersubstanz, nehmen weniger Futter auf und haben eine geringere Milchleistung als Kühe mit einem frühen Brunstbeginn post partum (erste Brunst <40 Tage p.p.) (STAPLES et al. 1990, LUCY et al. 1991).

Kühe mit einer Körperkondition $\geq 3,5$ zum Zeitpunkt der Kalbung und Kühe mit einem Konditionsverlust $> 0,75$ Punkten auf einer 5 Punkteskala haben eine verlängerte Günstzeit (RUEGG et al. 1992).

BUTLER und SMITH (1989) teilten 93 Tiere fünf Wochen post partum in Abhängigkeit vom Körperkonditionsverlust in drei Gruppen ein (a: $< 0,5$ Punkte, b: 0,5 bis 1,0 Punkte, c: $> 1,0$ Punkte Verlust). Bei Tieren mit hohem Konditionsverlust vergingen mehr Tage bis zur ersten Ovulation (a: 27 Tage, b: 31 Tage, c: 42 Tage), bis zur ersten beobachteten Brunst (a: 48 Tage, b: 41 Tage, c: 62 Tage) und bis zur ersten Besamung (a: 68 Tage, b: 67 Tage, c: 79 Tage). Auch der Besamungserfolg war geringer (a: 65 %, b: 53 %, c: 17 %).

Zu anderen Ergebnissen kommen RUEGG u. MILTON (1995) in einer kanadischen Untersuchung. Sie konnten keine Zusammenhänge zwischen der Körperkondition zur Zeit der Kalbung und Körperkonditionsverläufen von der Kalbung bis zur ersten Besamung auf die erste beobachtete Brunst post partum, die erste Besamung post partum, die Verzögerungszeit und den Besamungserfolg nachweisen.

Der Plasmaglucosespiegel ist bei Kühen bis 30 Tage post partum sehr niedrig und steigt im Verlauf der Laktation, relativ unabhängig von der Energiebilanz, langsam an (LUCY et al. 1991, PEDRON et al. 1993).

Der Insulinspiegel der Tiere ist abhängig von der Energieversorgung der Tiere. Er steigt mit einer höheren Energieaufnahme. Aufgrund der geringeren Glucose- und Insulinverfügbarkeit während negativer Energiebilanz ist die Reaktion der Ovarien auf die pulsierende LH-Ausschüttung verringert (LUCY et al. 1991, STEVENSON u. PURSLEY 1994 a). Während der negativen Energiebilanz steigt der Somatotropinspiegel und der Gehalt an IGF-1 fällt. Es wird davon ausgegangen, dass die Erniedrigung des IGF-1 bei negativer Energiebilanz für das verminderte Gelbkörperwachstum verantwortlich sind (VANDEHAAR et al. 1995). Zwischen der Plasmakonzentration von IGF-1 und der Dauer bis zur ersten Ovulation post partum wurde keine Korrelation nachgewiesen. Die Plasmakonzentration von IGF-1 korreliert hoch mit der Frequenz der LH-Pulse (ZUREK et al. 1995).

Durch Insulinrezeptoren der Follikel und des Hypothalamus, sowie durch die Wirkung auf das von Follikel gebildete IGF 1, kommt dem Insulin eine zentrale Bedeutung in der Verbindung von Körperstoffwechsel und Ovarfunktion zu (LUCY et al. 1991).

Zyklische Rinder mit negativer Energiebilanz haben kleinere Gelbkörper und niedrigere periphere Progesteronwerte als Rinder mit einer ausgeglichenen Energieversorgung (VANDEHAAR et al. 1995).

2.2.4. Einfluß der Milchleistung sowie der freiwilligen Wartezeit auf das Wiedereinsetzen des Reproduktionszyklus nach der Kalbung

Da Kühe schlechtere Reproduktionsergebnisse aufweisen als Kalbinnen bei der ersten Belegung, wird von einem negativen Effekt der Laktation auf die Reproduktionsleistung der Kühe ausgegangen (MACMILLAN et al. 1996).

Kühe mit hoher Milchleistung haben im Vergleich zu Tieren mit einer geringeren Milchleistung eine verminderte Reproduktionsleistung (BUTLER u. SMITH 1989, RAY et al. 1992, FERGUSON 1996, EICKER et al. 1996). Der Einfluss des Managements und individuelle Umstände des einzelnen Tieres (Erkrankungen usw.) haben nach MCDUGALL u. HAMPSON 1992, SCHOPPER et al. 1993, EICKER et al. 1996 jedoch einen weit größeren Einfluss auf die Reproduktionsleistung der Tiere.

Die 305-Tage-Leistung und die kumulative 80-Tage Milchleistung haben keinen Einfluss auf das Einsetzen der Brunst post partum und auf den Zeitpunkt der ersten Besamung (RUEGG et al. 1992). Tiere mit einer 305 Tage-Leistung größer als die Durchschnittsleistung (6231 - 9811 kg Milch) haben im Mittel eine um 53 Tage längere Gützeit und einen fast doppelt so hohen Besamungsindex ($2,45 \pm 1,43$ vs. $1,30 \pm 0,66$) als Kühe mit einer Leistung unter dem Durchschnitt (RUEGG 1992, SCHOPPER et al. 1993). Der Anstieg der Laktationsleistung um je 1000 kg Milch verlängert nach SCHOPPER et al. (1993) die Gützeit um 18 Tage und die Zwischenkalbezeit um 20 Tage. Nach RAY et al. (1992) ist dieser Anstieg der Laktationsleistung mit einer Verlängerung der Zwischenkalbezeit um 12 Tage verbunden. Auch werden pro Trächtigkeit 0,25 Besamungen mehr benötigt.

Die Intensität der Brunstsymptome ist bei Tieren mit höherer Laktationsleistung im Vergleich zu Tieren mit einer geringeren Milchleistung deutlich herabgesetzt (SCHOPPER et al. 1993). Bei den Hochleistungstieren verlaufen 2,35 Brunsten in der postpartalen Phase ohne erkennbare Symptome. Bei Tieren im unteren Leistungsbereich verlaufen im Mittel 1,45 Brunsten in der

postpartalen Phase symptomlos (SCHOPPER et al. 1993). Die Verlängerung der Zwischenkalbezeit bei steigender Milchleistung lässt sich nahezu vollständig auf eine Zunahme stiller Brunsten und auf eine Häufung von Fehlbesamungen zurückführen (SCHOPPER et al. 1993). Wenn die Tiere mit einer hohen Leistung herabgesetzte Reproduktionsergebnisse aufweisen als der Rest der Herde oder wenn vermehrt Tiere erst spät nach der Kalbung (>100 Tage post partum) wieder tragend werden, können Fehler in der Fütterung dafür verantwortlich sein. Die Energieversorgung in dem Zeitraum zwischen Trockenstehen und den ersten Wochen nach der Kalbung hat großen Einfluss auf die Energiebilanz der Tiere und auf die Reproduktionsleistung der Tiere (VILLA-GODOY et al. 1988, BUTLER u. SMITH 1989, STAPLES et al. 1990, LUCY et al. 1991, STAPLES et al. 1995, FERGUSON 1996, MACMILLAN et al. 1996). Besteht in diesem Zeitraum ein Energiemangel in der Ration, führt dieses zu einem massiven Verlust an Körperkondition der Tiere (FERGUSON 1996).

2.2.5. Einfluß der Körperkondition auf das Auftreten von Fruchtbarkeitsstörungen

Im Vergleich zu gesunden Kühen weisen Kühe mit Fruchtbarkeitsstörungen eine signifikant höhere postpartale Fettmobilisation auf (HEUWIESER u. MANSFELD 1992, STAUFEBIEL et al. 1992). Die postpartale Fettmobilisation ist besonders bei Nachgeburtverhaltungen und Ovarialzysten erhöht (STAUFENBIEL et al. 1992).

Tiere mit einer Erkrankung während des Puerperiums haben schlechtere Fruchtbarkeitsergebnisse als gesunde Tiere (STEVENSON u. CALL 1988, LEE et al. 1989). Die Gützeiten der Tiere mit Nachgeburtverhaltung, Metritis, Ovarialzysten und Lahmheit nach der Kalbung sind im Vergleich zu gesunden Tieren um 5 Tage (bei Nachgeburtverhaltung), 15 Tage (bei Metritis), 22 Tage (bei Ovarialzysten) und 28 Tage (bei Lahmheit) verlängert (LEE et al. 1989). Ovarialzysten und Metritiden treten bei Tieren mit hohen Körperkonditionsnote zum Zeitpunkt der Kalbung, 2,5 mal häufiger auf als bei Tieren mit geringeren Konditionsnoten zur Kalbung (GEARHART et al. 1990).

Zu anderen Ergebnissen kommen RUEGG u. MILTON (1995) und WALTNER et al. (1992), die keinen Zusammenhang zwischen der Körperkondition und dem Auftreten von Fruchtbarkeitsstörungen wie Nachgeburtverhaltungen, Metritiden, Dystokien, Besamungserfolge und Ovarialzysten nachweisen konnten.

2.2.6. Jahreszeitliche Einflüsse auf das Reproduktionsgeschehen

Der thermoneutrale Temperaturbereich für Milchkühe liegt zwischen -5 und 21°C (RAY et al. 1992). In Klimazonen mit heißen Sommermonaten, die bei den Tieren einen Hitzestress auslösen können, werden schlechtere Fruchtbarkeitsergebnisse erzielt (FRANCOS u. MAYER 1983, MARKUSFELD et al. 1991, RAY et al. 1992, HOWELL et al. 1994). Tiere, die während der kühleren Monate besamt werden, benötigen 1,1 Besamungen um tragend zu werden. In dem heißen Monaten benötigen die Tiere 3,3 Besamungen, um tragend zu werden (RAY et al. 1992). Als Ursache für die verminderte Fruchtbarkeitsleistung im Sommer wird von HOWELL (1994) und MARKUSFELD et al. (1991) die geringere periphere Progesteronkonzentration zwischen dem 6. und 18. Zyklustag angesehen. Untersuchungen aus Griechenland zeigen, dass Kühe, die im Herbst/Winter zur Abkalbung kommen eine kürzere Zeit zur vollständigen Uterusinvolutions benötigen als Kühe, die im Frühling/Sommer kalben (ZAIN et al. 1995). Untersuchungen aus Großbritannien zeigen bei Kühen, die im Frühjahr kalben ein verzögertes Einsetzen der Gelbkörperaktivität post partum (DARWASH et al. 1997). Tiere mit Frühjahrskalbung benötigen eine 1,21 mal längere Zeit bis zur ersten Ovulation als Tiere mit Herbstkalbung (DARWASH et al. 1997). Dagegen beschreiben De KRUIF et al. (1998) eine 25-30 Tage längere Güstzeit bei Tieren, die im Herbst abkalben im Vergleich zu Tieren, die im Frühjahr abkalben. Die besten Besamungsergebnisse werden in den Monaten Mai, Juni und Juli erzielt (De KRUIF et al. 1998).

Auch Untersuchungen aus dem Norden der USA zeigen einen saisonalen Einfluss auf die Reproduktionsleistung der Tiere. Die Konzeptionsrate der Tiere sinkt vom April bis August und steigt vom August bis Januar wieder an. Der Unterschied des Monats mit der höchsten Konzeptionsrate (November) mit dem Monat der geringsten Konzeptionsrate (August) beträgt 11 % (UDOMPRASERT u. WILLIAMSON 1987).

2.3. Progesteronprofile

2.3.1. Progesteron im Reproduktionszyklus bei Milchkühen

Der Sexualzyklus des weiblichen Rindes lässt sich in eine Follikel- und in eine Gelbkörperphase unterteilen (GRUNERT u. BERCHTOLD 1982, NOHNER u. HAHN 1989). Synchron zu diesen beiden Phasen verändert sich die Progesteronkonzentration im Blut und in der Milch (CLAUS et al. 1985, HOEDEMAKER u. HELD 1985, NOHNER u. HAHN 1989, SCHOPPER et al. 1993, ARNSTADT u. FUSCHINI 1994). Die im peripheren Blut und in der Milch gemessenen Progesteronkonzentrationen stehen in unmittelbarer Beziehung zur Gelbkörperfunktion (HOFFMANN u. HAMBURGER 1973, RUIZ et al. 1989). Neuere Untersuchungen zeigen, dass die Progesteronkonzentration im subkutanen Fettgewebe ebenfalls vom Zyklusstand abhängig ist. Kommt es zu einem Abbau des Fettgewebes, wird die periphere Progesteronkonzentration durch das Progesteron aus dem Fettgewebe beeinflusst (HAMUKWANDA et al. 1997).

Progesteron ist das physiologische Gelbkörperhormon und wichtigstes natürliches Gestagen. Beim Rind wird es überwiegend im Corpus luteum der Ovarien gebildet (HOEDEMAKER u. HELD 1985, RUIZ et al. 1989). Es ist an der Regulation nahezu aller weiblicher Reproduktionsfunktionen beteiligt (CLAUS et al. 1985, HANSEL u. DOWD 1986, OTT et al. 1986, RUIZ et al. 1989, SCHOPPER et al. 1993). Unter dem Einfluss von Progesteron laufen am Uterus Veränderungen ab, die die Nidation einer befruchteten Eizelle ermöglichen (GRUNERT u. BERCHTOLD 1982).

Zum Zeitpunkt der Brunst ist die periphere Progesteronkonzentration niedrig. Die Progesteronkonzentration im Endgemelk von brünstigen Tieren zum Zeitpunkt der Besamung beträgt weniger als 3 µg/ml (BULMAN u. LAMMING 1979, ARNSTADT u. FISCHER-ARNSRADT 1985). Etwa 3 Tage nach der Brunst steigt sie deutlich an, erreicht ab Tag 7 nach der Brunst hohe Werte (AHMAD et al. 1996) und fällt 3 Tage vor der nächsten Brunst wieder ab (CLAUS et al. 1985, HOEDEMAKER u. HELD 1985, SCHOPPER et al. 1993, ARNSTADT u. FUSCHINI 1994). Erfolgt in der vorangegangenen Brunst eine Konzeption, bleibt die periphere Progesteronkonzentration hoch (HANSEL u. DOWD 1986, ARNSTADT u. FUSCHINI 1994).

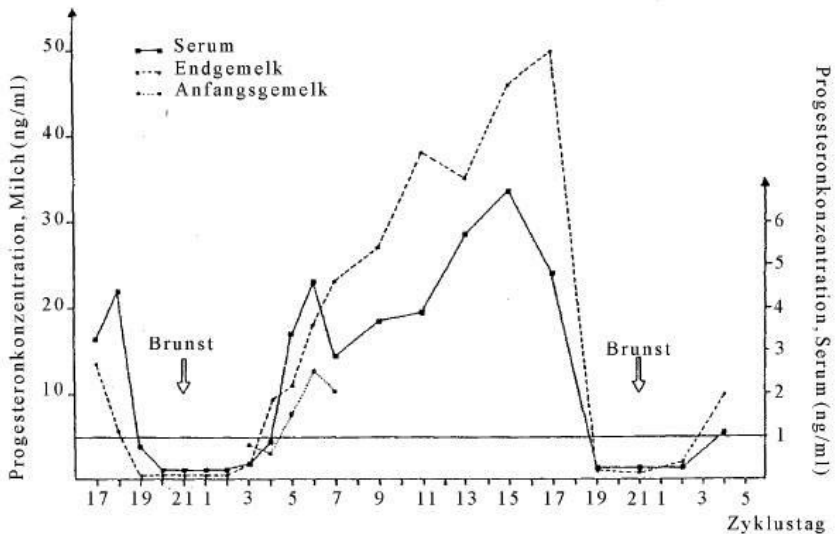


Abbildung 1: Progesteronprofil in der Milch und im Serum einer zyklischen nichttragenden Kuh über den Zeitraum eines Reproduktionszyklus. Die Bestimmung von Progesteron erfolgte mit einem Enzym-Immuno Assay (HOEDEMAKER u. HELD 1985).

Mit einem radioimmunologischen Verfahren zur Bestimmung der Progesteronkonzentration im Endgemelk wurden Sollwerte (Grenzwerte) ermittelt. Für den Tag 0 des Zyklus (Brunst) werden Progesteronwerte < 2 ng/ml Milch, für den Tag 6 werden Progesteronwerte > 2 ng/ml Milch und für den Tag 21, bei tragenden Tieren, werden Progesteronwerte > 10 ng/ml Milch als Grenzwerte angegeben (CLAUS et al. 1985, HOEDEMARKER u. HELD 1985).

Progesteronkonzentrationen im Serum von mehr als $1 \mu\text{g/ml}$ lassen auf einen Progesteronsezernierenden Gelbkörper schließen (OTTO et al. 1986).

Die Bestimmung der peripheren Progesteronkonzentration, die eine objektive Analyse der Gelbkörper Funktion erlaubt, stellt in Verbindung mit einer klinisch-gynäkologischen Untersuchung ein wichtiges Hilfsmittel dar, um Reproduktionsstörungen beim Rind erkennen und diagnostizieren zu können (GÜNZLER et al. 1979, FOOTE et al. 1979, HOEDEMAKER u. HELD 1985, ARNSTADT u. FUSCHINI 1994).

Rektal erhobene Ovarbefunde sind mit einer relativ hohen Fehlerquote von 20 bis 30 % behaftet (GRUNERT 1978). Bei unklaren rektalen Ovarbefunden kann die Progesteronbestimmung zur Absicherung der Diagnose genutzt werden (HOEDEMAKER u. HELD 1985). Untersuchungen von KELTON et al. (1991) zeigen, dass die rektale Untersuchung zur Bestimmung von funktionellem d.h. Progesteronsezernierendem Gelbkörpergewebe der Ovarien bei einer Sensitivität von 82,6 % und einer Spezifität von 52,6 % ungenau ist.

Bei Tieren mit einer Progesteronkonzentration zwischen 2,0 und 11,8 ng/ml Blut gemessen mit einem Radioimmunoassay werden 97,2 % der Gelbkörper der Ovarien bei rektaler Untersuchung erkannt. Bei einer Progesteronkonzentration unter 1,5 ng/ml Blut werden nur noch 53,8 % der Gelbkörper erkannt (OTT et al. 1986).

Die periphere Progesteronkonzentration lässt sich zur Kontrolle des Besamungstermins (CLAUS et al. 1985, ARNSTADT u. FUSCHINI 1994, LARSON et al. 1997), zum Nachweis ovulatorischer Brunsten (BALL u. JACKSON 1979, FOOTE et al. 1979, GÜNZLER et al. 1979, NOHNER u. HAHN 1989, RUIZ et al. 1989, MOORE u. SPAHR 1991, PANDEY u. AMBATKAR 1991, McDOUGALL u. HAMPSON 1992, STEVENSON u. PURSLEY 1994 b), zum frühen Nachweis des Umrinderns (RUIZ et al. 1989, OLTENACU et al. 1990, ROMAGNOLO u. NEBEL 1993), zum Nachweis der embryonalen Mortalität (BULMAN u. LAMMING 1979), zur Unterscheidung von Ovarzysten (SPRECHER et al. 1988) und zur Zykluskontrolle nutzen (CLAUS et al. 1985, ARNSTADT u. FUSCHINI 1994, PRANDI et al. 1994, SOBIRAJ et al. 1995, DARWASH et al. 1997).

Zur Brunst- und Ovulationskontrolle wird eine Untersuchung am Tag 0 der vermuteten Brunst und ein erneuter Test am Tag 6 empfohlen. Bei einer Brunst mit einer Ovulation ist der erste Wert niedrig und der zweite hoch (GÜNZLER et al. 1979, NOHNER u. HAHN 1989).

Die Bestimmung der peripheren Progesteronkonzentration ermöglicht eine frühe Diagnose nichttragender Tiere (NOHNER u. HAHN 1989, RUIZ et al. 1989, PITCHER u. GALLIGAN 1990). Die periphere Progesteronkonzentration bei tragenden und nicht tragenden Kühen unterscheidet sich bis zum 17. Tag nach der Besamung nicht (AHMAD et al. 1996). Nicht tragende Tiere können durch eine Bestimmung der peripheren Progesteronkonzentration drei Wochen nach der Besamung mit einer Sicherheit von 98 % erkannt werden (FOOTE et al. 1979, ROMAGNOLO u. NEBEL 1993). Sie können erheblich früher wieder besamt bzw. einer Behandlung zur Brunstinduktion zugeführt werden (OLTENACU et al. 1990, PITCHER u. GALLIGAN 1990, ARNSTADT u. FUSCHINI 1994). Im Vergleich zu der rektalen Trächtigkeit

keitsuntersuchung am 42. Tag nach der Besamung kann so die Zwischenkalbezeit verkürzt werden (OLTENACU et al. 1990).

Da der Zyklus verlängert sein kann oder da nach erfolgter Konzeption die Trächtigkeit unterbrochen sein kann, ist eine periphere Progesteronkonzentration, die auf einen sezernierenden Gelbkörper schließen lässt, kein zuverlässiger Indikator für eine Trächtigkeit (TAYLOR u. RAJAMAHENDRAN 1991, HURSKA 1996).

2.3.2. Verlauf der Progesteronwerte während des Reproduktionszyklus

Die Höhe der peripheren Progesteronkonzentration des vorangegangenen Zyklus hat einen Einfluss auf den Besamungserfolg. Je höher die periphere Progesteronkonzentration in dem Zyklus vor der Besamung ist, desto größer sind die Aussichten auf eine erfolgreiche Besamung (BRITT 1995 b).

Die Energiebilanz post partum hat Einfluss auf die Höhe der peripheren Progesteronkonzentration. Kühe mit einem hohen Verlust an Körperkondition während der Früh- und Hochlaktation haben ab dem zweiten Zyklus nach der Kalbung geringere periphere Progesteronkonzentrationen als Tiere mit einem geringeren Verlust an Körperkondition. Die peripheren Progesteronkonzentrationen sind höher, wenn die Kühe in dem Monat vor der ersten Besamung sich in einer positiven Energiebilanz befinden. Auch wenn die maximale negative Energiebilanz möglichst kurz nach der Kalbung erreicht wird, erreichen die Tiere höhere periphere Progesteronkonzentrationen. Es wird davon ausgegangen, dass unter dem Einfluss der metabolischen Hormone während einer negativen Energiebilanz weniger funktionstüchtige Follikel, aus denen nach der Ovulation auch weniger funktionstüchtige Gelbkörper hervorgehen, gebildet werden (BRITT 1995 b).

Kommt es zu einer Trächtigkeit, haben die Tiere zum Zeitpunkt der Besamung einen deutlich niedrigeren peripheren Progesteronwert (im Mittel 0,45 ng/ml Milch), als Tiere, die bei einer Besamung nicht tragend werden. Deren periphere Progesteronkonzentration liegt im Mittel bei 0,99 ng/ml Milch (NAQVI et al. 1994).

Bei Brunsten mit gering ausgeprägten Brunstsymptomen sind im Mittel die Progesteronkonzentrationen mit 18 µg/ml Milchfett während des Östrus (einschließlich Pro- und Metöstrus) signifikant höher als bei Brunsten mit einer deutlichen Ausprägung der Brunstsymptome mit einer mittleren Progesteronkonzentrationen von 10 µg/ml Milchfett (SCHOPPER et al. 1993, NAQVI et al. 1994).

2.3.3. Möglichkeiten zur Progesteronbestimmung

Es wurden radioimmunologische (RIA) und enzymimmunologische Verfahren (EIA) zum Nachweis von Progesteron im Blutplasma und in der Milch entwickelt (ARNSTADT u. FISCHER-ARNSTADT 1985, RATTENBERGER 1985, VAN DE WIEL u. KOOPS 1989, PETERS u. SCHNEIDER 1992). Die enzymimmunologischen Verfahren wurden zu sogenannten Schnelltests auf Teststreifen und als Mikrotiterplattentests weiterentwickelt (ARNSTADT u. CLEERE 1981).

Die radioimmunologischen Verfahren (RIA) zur Bestimmung von Progesteron sind wegen der benötigten Ausstattung und der Genehmigungspflicht für den Umgang mit radioaktiven Substanzen größeren Laboratorien und Instituten vorbehalten (HOEDEMAKER u. HELD 1985, RATTENBERGER 1985). Für spezifische Fragestellungen verfügen sie über die größte methodische Exaktheit (HOFFMANN u. HAMBURGEE 1973, GÜNZLER et al. 1979). Bei den Enzymimmunoassays (EIA) zum Nachweis von Progesteron wird statt der radioaktiven Marker ein Enzym, z.B. Meerrettichperoxidase, verwendet (ARNSTADT u. CLEERE 1981, VAN DE VIEL u. KOOPS 1982, RATTENBERGER 1985, ARNSTADT u. FUSCHINI 1994). Das durch spezifische Antikörper an Progesteron gebundene Enzym wird durch eine enzymatische Farbreaktion sichtbar gemacht. Die Farbreaktion kann photometrisch quantitativ oder rein optisch semiquantitativ bzw. qualitativ ausgewertet werden (ARNSTADT u. CLEERE 1981, HOEDEMARKER u. HELD 1985). Bei der Durchführung des Tests auf Mikrotiterplatten oder Teststreifen werden die spezifischen Antikörper an die Wand des Mikrotiterfeldes gebunden. Die Trennung von freiem, ungebundenen Hormon erfolgt durch einfaches Ausgießen des Testfeldinhaltes (HOEDEMAKER u. HELD 1985).

Parallelmessungen im Blutserum und in der Milch ergeben synchron verlaufende Progesteronkonzentrationen (HOFFMANN u. HAMBURGER 1973, HOEDEMAKER u. HELD 1985). Obwohl die Progesteronwerte in der Milch Schwankungen von Tag zu Tag aufweisen, zeigen die Verläufe der Progesteronkonzentrationen im Blutserum und in der Milch eine Übereinstimmung von 83 % (HOFFMANN u. HAMBURGER 1973, HOEDEMAKER u. HELD 1985, STEVENSON u. PURSLEY 1994 b). Diese hohe Übereinstimmung der Progesteronkonzentration im Blutserum und in der Milch wird bei niedrigen Progesteronkonzentrationen nicht erreicht. Bei Progesteronkonzentrationen unter 2 ng/ml Blutserum liegt die Übereinstimmung zu den in der Milch gemessenen Progesteronkonzentrationen bei 62,7 % (STEVENSON u. PURSLEY 1994).

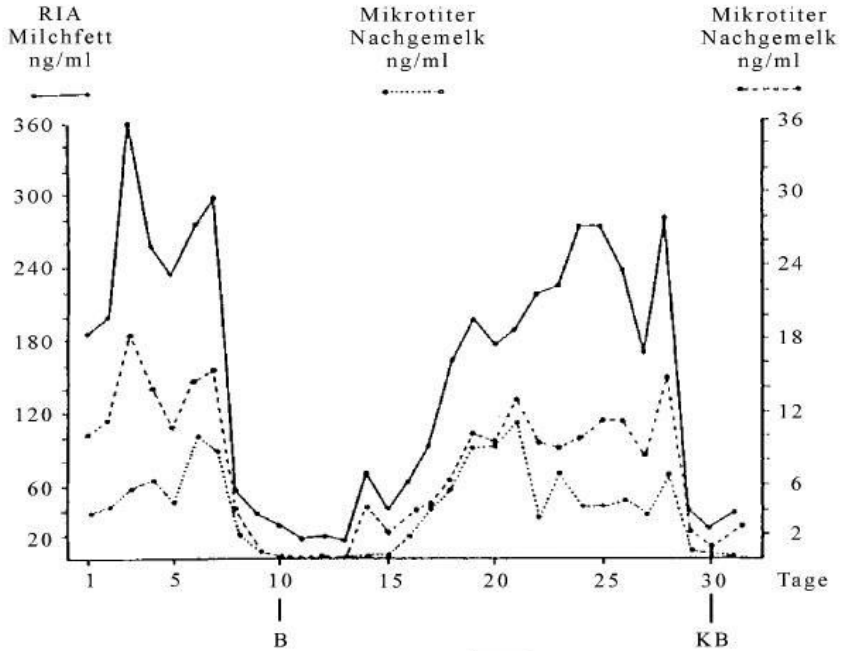


Abbildung 2: Progesteronprofile einer regelmäßig rindernden Kuh, gemessen mit dem Radioimmunotest im Milchfett bzw. mit dem Mikrotitertest in Gesamt- und Nachgemelksproben B: Brunst; KB: Besamung (CLAUS et al. 1985)

Die Werte in der Milch schwanken zwischen 0,75 ng/ml und 31,7 ng/ml und im Blutserum zwischen 0,1 ng/ml und 9,7 ng/ml. Die höchsten Progesteronwerte werden im Milchfett gemessen (CLAUS et al. 1985). Der Progesterongehalt in der Milch ist abhängig vom Fettgehalt der Milch (HOFFMANN u. HAMBURGER 1973, RATTENBERGER 1985, HAWKINS et al. 1994). Wird der Progesterongehalt in Vollmilch bestimmt, so wird der Progesterongehalt aufgrund seiner lipophilen Eigenschaften entsprechend des Fettgehaltes schwanken (HOFFMAN u. HAMBURGER 1977, CLAUS et al. 1985, RATTENBERGER 1985). Hinzu kommt, dass die den immunologischen Testverfahren zugrundeliegende Proteinbindung von einem unterschiedlichen Fettgehalt beeinflusst wird (RATTENBERGER 1985). Außerdem beeinflusst der

Fettgehalt bei einer photometrischen Auswertung die Extinktion (RATTENBERGER 1985). Ist ein funktionsfähiges Corpus Luteum vorhanden, steigt die Progesteronkonzentration in der Milch während des Melkvorganges parallel zum Anstieg des Milchfettgehaltes (HOFFMANN u. HAMBURGER 1973).

Da bei erhöhtem Fettgehalt das lipophile Progesteron tendenziell eher in der Fettphase verbleibt und nicht in das Testsystem übertritt, werden im Endgemelk niedrigere Progesteronkonzentrationen gemessen als im Gesamtgemelk (CLAUS et al. 1985).

Um den Progesteron Gehalt der Milch unabhängig von einem schwankenden Fettgehalt zu bestimmen, stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Die Messung der Progesteronkonzentration in der Fettfraktion (nach Extraktion) oder die Messung in der entfetteten Milch (RATTENBERGER 1985, HRUSKA 1996). Die Bestimmung des Progesteron Gehaltes mit einem Radioimmunoassay im Milchfett bietet den Vorteil, dass das Progesteron in konzentrierter Form vorliegt und dass nach entsprechender Reinigung die größte Präzision und Empfindlichkeit erreicht werden kann (CLAUS et al. 1985, RATTENBERGER 1985).

Verbesserte Untersuchungsmethoden und die standardisierte Verwendung des Endgemelkes zur Progesteronbestimmung ermöglichen den direkten Einsatz der Milchproben (ARNSTADT u. SCHMIDT-ADAMOPOULOU 1982, ARNSTADT u. FISCHER-ARNSRADT 1985). Im Mikrotiterest liefern Nachgemelksproben zuverlässige Meßwerte für die Zyklustage 0, 6 und 21. Die Variationskoeffizienten liegen für die Inter-Assay-Varianz zwischen 11 und 14 %, für die Intra-Assay-Varianz zwischen 12 und 17 % und für die Genauigkeit zwischen 12 und 17 %. Der Mikrotiterest besitzt eine für einen Praxiseinsatz hinreichende Genauigkeit, um Aussagen zur Brunst- und Zykluskontrolle machen zu können (ARNSTADT u. FISCHER-ARNSTADT 1985, CLAUS et al. 1985).