

## 2 Literatur

### 2.1 Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsuntersuchung und Zwischenkalbezeit

Die Wirtschaftlichkeit von milcherzeugenden Betrieben hängt unter anderem von der Zwischenkalbezeit ab. Ziel eines optimal geführten Betriebes ist es, eine Zwischenkalbezeit von 12 bis 13 Monaten zu erreichen (Heuwieser 1997, Mansfeld et al. 1999). Die vorliegende Arbeit soll zeigen, welche Auswirkungen die Trächtigkeitsuntersuchung auf die Dauer der Zwischenkalbezeit haben kann.

#### 2.1.1 Faktoren der Zwischenkalbezeit

Die Zwischenkalbezeit (ZKZ) ist die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abkalbungen einer Kuh verstrichene Zeit. Sie wird durch die biologisch festgelegte Dauer der Trächtigkeit und die Gützeit (GZ) bestimmt. Die Gützeit ist das Zeitintervall zwischen der Abkalbung und der erneuten Konzeption. Die Gützeit wird durch die Rastzeit (RZ) und die Verzögerungszeit (VZ) determiniert.

Die Rastzeit ist das Intervall zwischen der Abkalbung und der ersten Besamung. Sie wird durch die Freiwillige Wartezeit (FWZ) und die Brunstnutzungsrate (BNR) bestimmt (De Kruif et al. 1998). Die Freiwillige Wartezeit wird vom Betrieb festgelegt. Vor Ablauf dieses Zeitpunktes sollte kein Tier besamt werden (Heuwieser 1997).

Die Verzögerungszeit ist die Zeit, die zwischen der ersten Besamung und der Besamung vergeht, die letztlich zur Konzeption führt. Diese Zeitspanne ist im wesentlichen abhängig von der Brunstnutzungsrate (BNR) und der Konzeptionsrate (KR) (Metzner und Mansfeld 1992). Abbildung 1 zeigt die einzelnen Faktoren der Zwischenkalbezeit im Überblick. Diese Abbildung macht deutlich, daß die Länge der Zwischenkalbezeit insbesondere durch die Freiwillige Wartezeit, Brunstnutzungsrate und Konzeptionsrate beeinflusst wird (Barr 1975).



Abbildung 1: Faktoren der Zwischenkalbezeit (nach De Kruif et al. 1998)

### 2.1.2 Bedeutung der Güstzeit für die Wirtschaftlichkeit des milcherzeugenden Betriebes

Die Dauer der Trächtigkeit ist biologisch festgelegt. Bei Milchrassen liegt die Trächtigkeitsdauer bei etwa  $280 \pm 5$  Tagen (De Kruif et al. 1998, Mansfeld et al. 1999). Das Ziel, eine Zwischenkalbezeit von 12 bis 13 Monaten einzuhalten, kann infolgedessen nur erreicht werden, wenn die Dauer der Güstzeit (= RZ + VZ) begrenzt wird.

Die vom Betrieb festgelegte Freiwillige Wartezeit sollte zwischen 50 und 60 Tagen liegen (Heuwieser 1997). In einem gut geführten milcherzeugenden Betrieb dürfte die mittlere Güstzeit nicht mehr als 85 Tage betragen (Mansfeld et al. 1999).

Jeder Tag, an dem ein Tier über die mittlere Güstzeit von 85 Tagen hinaus nicht tragend ist, bedeutet für den Landwirt wirtschaftliche Einbußen (Britt 1975). Die Verluste beziehungsweise nicht realisierten Gewinne resultieren aus den verlängerten Zwischenkalbezeiten (> 365 Tage) und den damit verbundenen geringeren Milchleistungen pro Kuh und Jahr. Der landwirtschaftliche Betrieb muß darüber hinaus mit einem geringeren Kälberanteil, einem langsameren Zuchtfortschritt und höheren Remontierungskosten pro Jahr rechnen. Diese Komponenten führen ebenfalls zu Ertragseinbußen (Wieczorek et al. 1977, Esslemont 1993). Die Ertragseinbußen sind betriebsspezifisch. In der Literatur gibt es über die Höhe der Verluste unterschiedliche Angaben.

Britt (1975) beziffert die wirtschaftlichen Einbußen, je nach Leistung des Tieres, zwischen 0,44 US \$ und 2,48 US \$ für jeden zusätzlichen Günstag, der über einer ZKZ von 365 Tagen hinaus entsteht. Dijkhuizen et al. (1985) gaben Verluste von 3 niederländischen Gulden pro Tag verlängerter ZKZ an. Diese Verluste können jedoch zum Teil durch die Laktationsleistung, höhere Milchinhaltsstoffe, verringerte Futterkosten für trockenstehende Tiere und durch den Verkauf von Kälbern kompensiert werden. Daher lagen die Verluste je nach Länge der Günstzeit zwischen 0,62 und 1,7 niederländischen Gulden pro Tag. Esslemont und Peeler (1993) errechneten Kosten von etwa £ 3 für jeden zusätzlichen Günstag. Nach Dohoo et al. (1984) entstehen ab einer Günstzeit von mehr als 90 Tagen Kosten in Höhe von 1,9 \$ pro Tag. Die Verluste sind vom aktuellen Milchpreis und der Laktationspersistenz abhängig (Dijkhuizen et al. 1985, Tenhagen und Heuwieser 1997).

In Deutschland liegt die tatsächlich erreichte Günstzeit im Durchschnitt bei 105 Tagen. Ziel sollte es für jeden Betrieb sein, diese mittlere Günstzeit zu unterschreiten (Mansfeld et al. 1999). Hierfür muß die Rastzeit und / oder die Verzögerungszeit verkürzt werden.

### **Rastzeit**

Die Rastzeit kann zum einen verkürzt werden, indem die Freiwillige Wartezeit reduziert wird. Ellendorff und Smidt (1969) beschreiben eine "biologische Rastzeit" von mindestens 12 Wochen, die zur Regeneration des Tieres nach der Abkalbung erforderlich ist. Erst nach Ablauf dieser Zeit sind zufriedenstellende Erstbesamungsergebnisse zu erwarten. Demgegenüber stehen aus betriebswirtschaftlichen Gründen empfohlene Rastzeiten von 40 Tagen (Britt 1975). Nach Lotthammer (1999) steigen die Befruchtungsraten bei der Erstbesamung mit größer werdendem Abstand zwischen Abkalbung und Erstbesamung. Vor dem 60. Tag post partum (p.p.) durchgeführte Erstbesamungen führen mit geringerer Wahrscheinlichkeit zur Trächtigkeit, als nach dem 60. Tag p.p. durchgeführte Erstbesamungen. Der milcherzeugende Betrieb sollte daher eine FWZ von mindestens 50 bis 60 Tagen einhalten (Heuwieser 1997).

Zum anderen könnte die Rastzeit durch eine Verbesserung der Brunstnutzungsrate verkürzt werden. Hierfür ist eine gute Brunstbeobachtung und Brunstnutzung sowie ein adäquater Besamungserfolg erforderlich. Defizite in diesem Bereich können nur durch Schulung und Motivation der Mitarbeiter sowie durch Verbesserungen der Fütterungs- und Haltungsbedingungen ausgeglichen werden (Heuwieser 1997).

### **Verzögerungszeit**

Die Verzögerungszeit (VZ) sollte möglichst kurz sein. Die VZ wird durch die Brunstnutzungsrate (BNR) und Konzeptionsrate (KR) beeinflusst (Metzner und Mansfeld 1992). Dementsprechend führt auch hier die Verbesserung der BNR zu einer kürzeren Verzögerungszeit.

Zum anderen ist es wichtig, Tiere die besamt wurden, aber nicht konzipiert haben, so früh wie möglich nach der Besamung als "nicht-trägend" zu erkennen. Das wichtigste Ziel einer Trächtigkeitsuntersuchung in Rinderbeständen ist daher nicht der möglichst frühe Nachweis einer Trächtigkeit, sondern die Feststellung der Nichtträchtigkeit zu einem möglichst frühen Zeitpunkt nach der Belegung (Pieterse et al. 1990, Pitcher und Galligan 1990, Szenci et al. 1999, van der Weijden und Taverne 1999).

Durch das Feststellen der Trächtigkeit wird dem Landwirt ein wünschenswerter Zustand bestätigt. Einen Handlungsbedarf gibt es hier jedoch nicht. Nur bei einer sicheren und vor allem frühzeitigen Diagnose der Nichtträchtigkeit besteht auch die Möglichkeit einer frühzeitigen Intervention (d.h. Verabreichung von Prostaglandin  $F_{2\alpha}$  bei vorhandenem Gelbkörper zur Brunstinduktion und / oder erneute Besamung) (Oltenacu et al. 1990). Durch die frühzeitige Diagnose der Nichtträchtigkeit und die Möglichkeit einer Intervention kann das Zeitintervall zwischen erster Besamung und Konzeption verkürzt werden (Fetrow und Blanchard 1987, Penny 1995).

Hier werden nur unerwünschte Güsttage minimiert, die zwischen einer Belegung und dem Bekanntwerden des Mißerfolges dieser Belegung verstreichen. Auf diese Weise können die Kosten durch verlängerte Güstzeiten vermindert werden (Pitcher und Galligan 1990, Thompson et al. 1995). Eine Verkürzung der Rastzeit erfolgt jedoch nicht und mögliche negative Einflüsse eines frühzeitigen Besamungsbeginns auf die Fruchtbarkeitsergebnisse werden vermieden.

## 2.2 Frühträchtigkeit

### 2.2.1 Embryologie

Die Befruchtung der Eizelle und die ersten drei Teilungen finden im Eileiter statt. Etwa am 4. Tag nach der Befruchtung wird der Konzeptus im 8-Zellen-Stadium in die Uterushornspitze transportiert. Von dort wandert er zum Ort der Implantation (Winters et al. 1953). Die Überwanderung in das kontralaterale Horn ist möglich, aber eher selten (Hartwig 1992). Am 6. Tag der Gravidität erreicht der Konzeptus das Morulastadium.

Am 8. Tag der Gravidität ist der Keimling bereits in den zentral gelegenen Embryoblasten und den peripher gelegenen Trophoblasten differenziert (frühes Blastozystenstadium). Während dieser Entwicklungsstufe kann es zur Degeneration des Embryos kommen (Rüsse 1991). Durch Flüssigkeitsaufnahme entsteht zwischen dem Embryo- und dem Trophoblasten ein Spalt. Aus dem Embryoblasten entwickelt sich der eigentliche Embryo, aus dem Trophoblasten wird später das Chorion (Hartwig 1992). Am 9. Tag der Gravidität schlüpft die kugelförmige Blastozyste aus der zona pellucida und nimmt weiter an Umfang zu (Winters et al. 1953, Betteridge et al. 1980).

Ab dem 13. Tag der Gravidität beginnt das Elongationsstadium und der Keimling wächst in die Länge. Am 15. Tag nach der Befruchtung füllt das Chorion als fadenförmiges Gebilde bereits etwa  $\frac{2}{3}$  des graviden Uterushornes aus (Winters et al. 1953, Betteridge et al. 1980). Ab dem 18. Tag der Gravidität wächst die elongierte Blastozyste in das nicht-gravide Horn und füllt es am 22. Tag bereits vollständig aus (Winters et al. 1953). Der Embryo befindet sich bis zur Implantation frei im Uteruslumen und ernährt sich von Histiotope (Hartwig 1992). Ab dem 18. Tag der Gravidität beginnt die Implantation. Der Trophoblast nimmt im Bereich des Embryos den ersten Kontakt zum Uterusepithel auf (Rüsse 1991).

Die Implantation ist ein Prozeß, bei dem es zur fortschreitenden Verzahnung zwischen Endometrium und Chorion kommt. Am 27. Tag der Gravidität geht die Implantation über in das Plazentationsstadium. Hier erfolgt die endgültige Verzahnung zwischen dem mit Zotten besetzten Chorion (Kotyledone, placenta fetal) und dem umgebildeten Endometrium (Karunkel, placenta maternalis) über die Plazentome (Evans und Sack 1973, Hartwig 1992).

Mit dem Beginn der Implantation bildet der Embryo mit einer Größe von etwa 2 mm erste Primitivorgane aus. Am 22. Tag der Gravidität beginnt der Herzschlag und ab dem 23. Tag haben sich bereits Hirnbläschen und Herzwulst gebildet. Der Embryo beginnt sich einzufalten. Die Größe des Embryos nimmt mit fortschreitender Gravidität stetig zu. Am 26. Tag hat er bereits eine Länge von etwa 5 mm, am 30. Tag etwa 1 cm, am 40. Tag etwa 2,3 cm und am 70. Tag etwa 10 cm. Ab dem 60. Tag der Gravidität ist das äußere Genitale differenziert (Grimes et al. 1958, Evans und Sack 1973).

### **2.2.2. Embryonale Mortalität**

Die befruchtete Eizelle beziehungsweise der Embryo kann in den ersten Stadien der Entwicklung absterben. Der Zeitpunkt des Austretens der Blastozyste aus der zona pellucida (ab dem 6. bis 7. Tag post conceptionem), das Stadium des Festhaftens der Eihäute an der maternalen Placenta (Stadium der maternalen Erkennung, 12. – 16. Tag post conceptionem) und der Beginn der Implantation sind für den Konzeptus besonders kritisch. Während dieser Phasen stirbt der Embryo besonders häufig ab (Aurich 1999).

Tritt das Absterben der Frucht und die Regression des Gelbkörpers noch vor dem 14. Tag der Gravidität auf, rindert das Tier nach einem regelmäßigen Zyklus um. Nach dem maternalen Erkennen der Trächtigkeit führt die embryonale Mortalität zur Resorption oder zum Ausstoßen der Frucht (Wolff 1992, Aurich 1999). Die Tiere rindern dann aufgrund der Aufrechterhaltung der Gelbkörperfunktion in unregelmäßigen, verlängerten Zyklen um (Weigelt et al. 1988, Berger 1990). Der Resorptionsprozeß kann länger als zwei Monate dauern. Zunächst wird das Fruchtwasser, dann der Embryo und schließlich die Fruchthüllen resorbiert (Aurich 1999). Ab der fünften Gestationswoche kann es bereits zur Teilmumifikation des Embryos und seiner Fruchthüllen kommen. Die teilmumifizierten Fruchtanlagen können bis zu mehreren Monaten im Uterus verbleiben. Während dieser Zeit ruht der Zyklus des Tieres, da die Sekretion von Prostaglandin  $F_{2\alpha}$  unterbleibt (Kassam et al. 1987, Kastelic und Ginther 1989, Aurich 1999).

Die Folge ist eine verlängerte Günstzeit. Ziel sollte es daher sein, den embryonalen Fruchttod so früh wie möglich zu diagnostizieren. Dann können entsprechende Therapiemaßnahmen (Luteolyse) eingeleitet werden, um das Tier möglichst bald erneut besamen zu können (van der Weijden und Taverne 1999).

Ein embryonaler Fruchttod kann zu bestimmten Zeitpunkten der Gravidität mit verschiedenen Untersuchungsmethoden nachgewiesen werden. Ab dem 28. Tag nach der Besamung kann der Konzeptus mit Herzschlag eindeutig mittels Ultraschall dargestellt werden. Tritt der Fruchttod ab dem 28. Tag post conceptionem auf, kann dieser anhand der typischen Merkmale (vermindertes Fruchtwasser, retardiertes Wachstum, fehlender Herzschlag) sonographisch am Einzeltier erfasst werden (Kähn 1991, Aurich 1999). Tritt der Fruchttod im früheren Graviditätsstadium auf, kann aufgrund einer herabgesetzten Fertilität in der Herde indirekt auf embryonale Mortalität beim Einzeltier geschlossen werden. Unregelmäßig verlängerte Zyklen geben erste Hinweise (Aurich 1999). Mit Hilfe von Progesteronbestimmungen kann der Anteil embryonaler Mortalität in der Herde indirekt genauer ermittelt werden. Tiere, die am 21. Tag post inseminationem hohe Progesteronwerte aufweisen, sind zu diesem Zeitpunkt vermutlich tragend. Wenn diese Verdachtsdiagnose zu einem späteren Zeitpunkt nicht bestätigt werden kann, deutet dies auf ein Absterben der Frucht hin. Die Tiere rindern entweder in verlängerten Zyklen um oder werden bei der Trächtigkeitsuntersuchung als nicht-tragend erkannt (Berger 1990).

Die embryonale Mortalität ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Dazu gehören genetische Faktoren, Dysfunktion der Eileiter und / oder des Uterus, Fütterung und Milchleistung sowie klimatische Verhältnisse (Ayalon 1981). Das Auftreten des spontanen embryonalen Fruchttodes unterliegt daher betriebsspezifisch starken Schwankungen (Weigelt et al. 1988). In verschiedenen Studien wurde die Häufigkeit des Auftretens des embryonalen Fruchttodes bestimmt. Chaffaux (1986) gibt in seiner Studie an, daß von 23 von 100 Kühen, die am 35. Tag nach der Besamung tragend waren, bei der Nachuntersuchung am 60. Tag nach der Besamung nicht mehr tragend waren. Die embryonale Mortalität liegt dementsprechend bei 23 %. Andere Studien beschreiben den prozentualen Anteil des frühembryonalen Fruchttodes von 10 % bis 12 % zwischen dem 35. und 70. Tag der Gravidität (Weigelt et al. 1988, Berger 1990, Wathes 1992)

Nach Ball (1978) tritt der embryonale Fruchttod zwischen dem 28. und 43. Tag am häufigsten auf. Zwischen dem 44. und 60. Tag der Gravidität gibt es hingegen nur noch vereinzelt Hinweise auf embryonalen Fruchttod. Nach Ayalon (1981) findet das eigentliche Absterben des Embryos vermutlich bereits innerhalb der ersten 3 Wochen der Gravidität statt.

### 2.3 Methoden der Trächtigkeitsuntersuchung

Die systematische Trächtigkeitsuntersuchung auf Herdenbasis ist eine grundlegende Voraussetzung für die Rentabilität des milcherzeugenden Betriebes. Durch die Trächtigkeitsuntersuchung kann die Fruchtbarkeit einer Herde überwacht und Sterilitätsprobleme (z.B. verlängerte Gützeiten) rechtzeitig aufgedeckt werden (Oltenacu et al. 1990, Pitcher und Galligan 1990, van der Weijden und Taverne 1999). Der Betrieb erwartet vom Untersucher möglichst frühzeitig einen zweifelsfreien Ausschluß beziehungsweise die sichere Diagnose einer Trächtigkeit. Diese Forderung ist unabhängig von der Untersuchungsmethode. In der Praxis ist jedoch die gleichzeitige Forderung nach Frühzeitigkeit und hoher Sicherheit der Diagnose nicht ohne Kompromisse durchführbar (van der Weijden und Taverne 1999).

Wichtig ist es in jedem Fall, nicht-tragende Tiere möglichst frühzeitig zu erkennen, um sie baldmöglichst wieder besamen zu können. Wünschenswert wäre eine sichere Trächtigkeitsuntersuchung (TU) vor dem 21. Tag post inseminationem (p.i.). Hier könnten nicht-gravide Tiere ohne Verzug wieder belegt werden (Bessoiff 1990, van der Weijden und Taverne 1999).

Wird die TU vor dem 42. Tag p.i. durchgeführt, könnte die nächste Besamung bei der zweiten Brunst nach der erfolglosen Belegung erfolgen (Penny 1995). Wenn die TU erst nach dem 42. Tag durchgeführt wird, ist die zweite Brunst, die zur erneuten Besamung hätte genutzt werden können, in den meisten Fällen bereits vorüber.

Ein weiterer entscheidender Faktor ist der vom Tierarzt und Betrieb gewählte Zeitabstand, in dem der Betrieb zur routinemäßigen TU aufgesucht wird. Je größer der Zeitabstand gewählt wird, desto mehr Tiere werden zur Untersuchung vorgestellt, die den 42. Tag nach der Besamung bereits überschritten haben. Im Falle einer festgestellten Trächtigkeit ist dies für den Landwirt unerheblich. Im Falle der Nichtträchtigkeit ist hingegen wertvolle Zeit vergangen, in der das Tier bereits hätte wieder besamt werden können. Je später ein nicht-tragendes Tier entdeckt wird, desto länger ist seine Gützeit und desto größer die wirtschaftlichen Einbußen für den Betrieb (Pitcher und Galligan 1990).

Es gibt mehrere Methoden, um eine Trächtigkeit beim Rind zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Belegung diagnostizieren zu können, deren Möglichkeiten und Grenzen im folgenden dargestellt werden.



### 2.3.1 Early Pregnancy Factors

Die Aufrechterhaltung einer Trächtigkeit setzt voraus, daß die periodisch wiederkehrende Rückbildung des Corpus luteum (C.l.) periodicum unterbunden wird. Der periodische Gelbkörper muß in einen Graviditätsgelbkörper (C.l. graviditatis) umgewandelt werden. Die hierfür erforderlichen Signale werden von der Blastozyste (Präimplantationsembryo) gegeben (Hoffmann 1994). Die Blastozyste bildet im Laufe ihrer Entwicklung antiluteolytische Substanzen, die die Rückbildung des Corpus luteum verhindern (Findley 1981). Diese Signale müssen spätestens vor dem Zeitpunkt der zyklischen Regression zur Wirkung gekommen sein. Die frühembryonalen Signale (Early Pregnancy Factors) erfolgen daher deutlich vor dem Zeitpunkt der Anlagerung des Embryos an das maternale Uterusepithel (Hoffmann 1994).

Die Zellen des Trophoblasten synthetisieren das "bovine Pregnancy-Specific Protein B (bPSPB)" und das "bovine Pregnancy-Associated Glycoprotein 1 (bPAG 1)". Beide Proteine zirkulieren während der gesamten Trächtigkeit im maternalen Blutkreislauf. Ab dem 20. Tag nach der Besamung können beide Substanzen im Serum von tragenden Kühen radioimmunologisch nachgewiesen werden und sind daher gute Indikatoren für das Vorhandensein eines lebenden Embryos (Butler et al. 1982, Humblot et al. 1988, Szenci et al. 1998 b). In einer Studie von Szenci et al. (1998 a) wurde die Genauigkeit dieser Nachweismethode zwischen dem 26. und 58. Trächtigkeitstag bestimmt:

Die Sensitivität (Anzahl der korrekten Diagnosen "tragend" im Verhältnis zu den tatsächlich tragenden Tieren) liegt bei bPSPB am 26./27. Tag der Gravidität bei 75,0 %, steigt bis zum 33./34. Tag auf 98,1 % an und erreicht ab dem 37. Tag post inseminationem (p.i.) einen Wert von 100 %. Bei bPAG1 liegt die Sensitivität am 26./27. Tag der Gravidität bei 81,2 %, steigt bis zum 29. Tag auf 95,2 % an und erreicht ab dem 44 Tag p.i. einen Wert von 100 %

Die Spezifität (Anzahl der korrekten Diagnosen "nicht-tragend" im Verhältnis zur Anzahl der tatsächlich nicht-tragenden Tiere) liegt bei bPSPB zwischen dem 26. und 45. Tag p.i. bei einem Wert von etwa 85 %. Bei bPAG 1 steigt die Spezifität von 56,7 % am 26./27. Tag p.i. auf 79 % vom 39. bis 42. Tag p.i.

Diese Ergebnisse wurden in der selben Studie von Szenci (1998 a) den Ergebnissen einer Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall gegenübergestellt. Insbesondere im Hinblick auf die Genauigkeit, mit der nicht-tragende Tiere möglichst frühzeitig erkannt werden können, ist es interessant, die erzielte Spezifität der verschiedenen Untersuchungsmethoden zu vergleichen. Im selben Untersuchungszeitraum war die Ultrasonographie mit Werten zwischen 94,5 % und 100 % der Nachweismethode der Early Pregnancy Factors zu jeder Zeit überlegen.

Darüber hinaus ist zu erwähnen, daß diese Proteine eine lange Halbwertszeit haben und daher noch einige Wochen nach dem Abkalben im peripheren Blutplasma nachweisbar sind. Infolgedessen ist dieses Nachweisverfahren unter praktischen Bedingungen nur bei Kühen anwendbar, die ab dem 70. Tag post partum belegt wurden (Humblot et al. 1987, van der Weijden und Taverne 1999).

### **2.3.2 Bestimmung von Progesteron**

Bei tragenden Kühen wurde das Corpus luteum (C.l.) periodicum in ein C.l. graviditatis umgewandelt. Infolgedessen bleibt die Progesteronkonzentration im Blut bei diesen Tieren über den 20. Tag post inseminationem hinaus auf einem erhöhten Niveau. Bei nicht-tragenden Tieren kommt es ab dem 17. Tag nach der Besamung zu einer funktionellen und morphologischen Rückbildung des C.l., so daß am 20./21. Zyklustag nur eine basale Progesteronkonzentration im Plasma nachweisbar ist (van der Weijden und Taverne 1999).

Progesteron wird beim Rind auch mit der Milch ausgeschieden. Die Konzentration in der Milch korreliert eng mit der Konzentration im Blut und reflektiert auf diese Weise den Funktionszustand des Ovars (Hoffmann und Hamburger 1973).

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Progesteronkonzentration zu bestimmen. Progesteron kann auf radioimmunologischer (Radio-Immuno-Assay (RIA)) oder enzymimmunologischer Basis (Enzyme-Immuno-Assay (EIA)) quantitativ bestimmt werden (Hoffmann und Hamburger 1973, Arnstadt und Cleere 1981). Diese Methoden sind zwar genau, aber relativ teuer und nicht auf der Stallgasse durchzuführen. Darüber hinaus ist das Ergebnis meist erst einige Tage nach der Probennahme verfügbar (Ruiz et al. 1989).

Inzwischen gibt es neuere Methoden, die schneller und preiswerter sind.

Diese Methoden basieren auf dem Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) oder dem Latex-Agglutination Assay (LA). Sie messen den Progesteron Gehalt qualitativ und sind innerhalb weniger Minuten vor Ort auswertbar (Ruiz et al. 1989, Romagnolo und Nebel 1993). In einer Studie von Sobiraj et al. (1995) wurde die Eignung vier verschiedener Milchprogesteron-Schnelltests im Vergleich zur laborgebundenen Routinemethode (RIA) untersucht. Diese Studie zeigte, daß alle vier Tests weniger genau als die laborgebundenen Methoden sind. Nach Romagnolo und Nebel (1993) unterscheidet sich die Genauigkeit von ELISA oder LA-Progesterontests nicht wesentlich von der laborgebundenen RIA-Methode. Ein weiteres Ergebnis dieser Untersuchung war, daß mit dem LA-Test nicht-tragende Tiere mit einer höheren Genauigkeit zu erkennen sind als mit dem ELISA-Test.

Bei niedriger Progesteronkonzentration zwischen dem 19. und 21. Tag nach der Besamung ist davon auszugehen, daß das Tier nicht-tragend ist, sofern Fehler bei der Probengewinnung, Lagerung und Analyse ausgeschlossen werden können (Brandes et al. 1988). Dementsprechend ist die Anzahl der Tiere, die als "nicht-tragend" bezeichnet werden, tatsächlich aber tragend sind (falsch-negative Befunde) relativ gering. Der Vorhersagewert der Diagnose "nicht-tragend" (negative predictive value) ist infolgedessen hoch. Die Sensitivität (Anzahl der korrekten Diagnosen "tragend" im Verhältnis zur Anzahl tatsächlich tragender Tiere) ist ebenfalls hoch. Nach Pieterse et al. (1990) liegen die Werte für die Sensitivität am 21. Tag nach der Besamung zwischen 86,2 % (RIA) und 93,1 % (EIA).

Bei hohen Progesteronwerten gibt es nach van der Weijden und Taverne (1999) hingegen verschiedene Interpretationsmöglichkeiten. Das Tier kann tragend sein (normale Gravidität) oder zur Zeit tragend sein, aber zum späteren Zeitpunkt noch resorbieren. Das Tier kann eine verzögerte Rückbildung des Gelbkörpers haben (ohne tragend zu sein oder aufgrund eines ab dem 15. Tag der Gravidität aufgetretenen frühembryonalen Fruchttodes). Darüber hinaus kann das Tier einen verkürzten Brunstintervall haben. Dementsprechend werden häufig falsch-positive Diagnosen gestellt, also Tiere als tragend bezeichnet, die tatsächlich nicht-tragend sind. Der Vorhersagewert der Diagnose "tragend" (positive predictive value) ist daher geringer (59,3 % bei EIA und 61 % bei RIA). Die Spezifität (Anzahl der korrekten Diagnosen "nicht-tragend" im Verhältnis zu den tatsächlich nicht-tragenden Tieren), liegt zwischen 39,3 % (EIA) und 47,5 % (RIA) (Pieterse et al. 1990). Die Spezifität des Progesterontestes ist damit niedriger als die der Early-Pregnancy-Factors.

### 2.3.3 Manuelle Palpation

Die manuelle Palpation von Uterus und Ovarien ist nach Ahlers (1999) die Methode der Wahl, mit der eine Trächtigkeit frühzeitig und mit großer Sicherheit festgestellt werden kann. Bei der Trächtigkeitsuntersuchung mittels manueller Palpation vom Rektum her wird die Lage, Größe, Symmetrie oder Asymmetrie der Uterushörner, die Konsistenz und Dicke der Wand, Inhalt und Füllungszustand des Uterus geprüft. Zur Diagnosesicherung sollten auch die Ovarien untersucht werden (Ahlers und Andresen 1997). Nach Ahlers (1999) gibt es Befunde, die auf eine Trächtigkeit hinweisen und Befunde, die als beweisend anzusehen sind.

In den ersten 28 Tagen der Trächtigkeit können keine Unterschiede zwischen tragendem und nicht-tragendem Uterus palpiert werden. Hier gibt es nur Befunde, die auf eine Trächtigkeit hinweisen (Ausbleiben der Brunst und palpierbarer Gelbkörper). Diese Kriterien sind relativ unsicher (van der Weijden und Taverne 1999).

Ab der 5. Woche der Trächtigkeit (beginnendes Kleinsäckchenstadium) kann bei jungen Tieren im kranialen Drittel des trächtigen Hornes eine Fluktuation (Fruchtwasser) nachgewiesen werden. Die Entwicklung der Fruchthüllen und der Fruchtwässer im graviden Horn führt zu einer Asymmetrie der beiden Uterushörner. Diese Befunde weisen auf das Vorliegen einer Trächtigkeit hin. Am Ende dieser Phase ist als erster beweisender Befund eine Doppelwandigkeit der Gebärmutter (Uterus und Allantochorion), der sogenannte "positive Eihautgriff", nachweisbar. Bei jungen Tieren kann aufgrund dieser Befunde hier bereits die Diagnose "tragend" gestellt werden, bei älteren Kühen handelt es sich dagegen meist um eine Wahrscheinlichkeitsdiagnose ("vermutlich tragend") (Ahlers und Andresen 1997).

Im ausgeprägten Kleinsäckchenstadium (6. bis 8. Woche der Trächtigkeit) ist die Asymmetrie der beiden Uterushörner feststellbar. Das gravide Uterushorn ist nicht nur größer, sondern auch dünnwandiger. Im graviden Horn läßt sich darüber hinaus eine Fluktuation und der Eihautgriff nachweisen. Die Diagnose "tragend" ist hier auch bei älteren Kühen relativ sicher (Ahlers und Andresen 1997, van der Weijden und Taverne 1999). Ab der 9. Woche der Trächtigkeit (beginnendes Großsäckchenstadium) ist neben den im Kleinsäckchenstadium genannten Kriterien auch der Gegenstoß der Frucht feststellbar. Die Diagnose "tragend" ist hier sicher möglich (Ahlers und Andresen 1997).

Von einem Untersucher mit durchschnittlicher Befähigung und Erfahrung ist zu erwarten, daß er eine Gravidität in der 8. bis 9. Woche nach der Besamung sicher diagnostizieren kann. Ein geübter Untersucher sollte hingegen die Gravidität bereits in der 6. Trächtigungswoche sicher feststellen oder ausschließen können, da zu diesem Zeitpunkt bereits der Eihautgriff (erster beweisender Befund) durchgeführt werden kann (Ahlers 1999). Nach Pitcher und Galligan (1990) liefert die in der Praxis übliche Methode der manuellen Palpation vom Rektum her ab dem 35. Tag nach der künstlichen Besamung zuverlässige Ergebnisse.

Auch bei der manuellen Palpation vom Rektum sind Fehldiagnosen möglich. So kann ein Tier als nicht-tragend bezeichnet werden, obwohl es tragend ist (falsch-negative Diagnose). Umgekehrt können auch tragende Tiere als nicht-tragend bezeichnet werden (falsch-positive Diagnose). Die Ursachen für diese Fehldiagnosen sind vielfältig (Kassam et al. 1987, Baxter und Ward 1997, van der Weijden und Taverne 1999):

#### Ursachen für falsch-negative Diagnosen

- im Senkungsstadium wird die Zervix mit dem nicht-graviden Uterus verwechselt,
- bei Kühen mit eitrigem Scheidenausfluß wird die Uterusvergrößerung und Asymmetrie auf einen pathologischen Prozeß zurückgeführt oder
- das Besamungsdatum ist nicht korrekt (das Tier befindet sich aufgrund eines falschen Vorberichts in einem früheren Graviditätsstadium, welches noch nicht durch die manuelle Palpation vom Rektum her nachweisbar ist).

#### Ursachen für falsch-positive Diagnosen

- pathologische Inhalte (Pyometra, Mukometra, Tumoren) werden mit einer normalen Gravidität verwechselt,
- trotz positivem Eihautgriffes ist das Tier aufgrund eines frühembryonalen Fruchttodes nicht-tragend,
- Verwechslung der stark gefüllten Harnblase mit dem Uterus oder
- der weit in die Beckenhöhle hineinreichende dorsale Blindsack kann mit einem Fruchtteil verwechselt werden.

Eine nicht erkannte Trächtigkeit kann zur Folge haben, daß das vermeintlich nicht-tragende Tier mit Prostaglandin  $F_{2\alpha}$  behandelt und damit ein Abort ausgelöst wird. Das Tier kann auch wegen Unfruchtbarkeit zur Schlachtung verkauft werden. Beide Konsequenzen führen zu wirtschaftlichen Einbußen für den Landwirt (van der Weijden und Taverne 1999).

Bei einer falsch-positiven Diagnose wird das eigentlich nicht-tragende Tier frühestens dann wieder besamt, wenn es erneut in Brunst erkannt wird. Für den Landwirt bedeutet dies aufgrund der verlängerten Gützeit ebenfalls finanzielle Einbußen (Pitcher und Galligan 1990, Thompson et al. 1995).

Darüber hinaus gibt es verschiedene Untersuchungen, die sich mit der Fragestellung beschäftigt haben, ob es bei der manuellen Palpation zu einer iatrogenen Schädigung der Fruchthüllen oder der Frucht selbst kommen kann. In älteren Studien (Ball und Carroll 1963, Rowson und Dott 1963, Bellows et al. 1975, Abbitt et al. 1978) wurde beschrieben, daß es durch die Palpation der Amnionblase zu Schädigungen des Konzeptus, zu kongenitalen Defekten oder zum Abort kommen kann. In einer Studie von Abbitt et al. (1978) wurden drei verschiedene Palpationsmethoden miteinander verglichen (1. Palpation der uterinen Fluktuation, 2. Palpation der uterinen Fluktuation und der Amnionblase, 3. Palpation der uterinen Fluktuation und der Allantochorion-Membran). Das Ergebnis dieser Studie war, daß die Palpation der uterinen Fluktuation, bei bekanntem Besamungsdatum, eine ausreichende Genauigkeit der Graviditätsdiagnostik und die geringsten embryonalen Verluste aufwies. Bei der Palpation der Allantochorion-Membran (Eihautgriff) traten die meisten embryonalen Verluste auf. Darüber hinaus wurde bestätigt, daß die Häufigkeit des Auftretens iatrogenen embryonaler Mortalitäten zwischen verschiedenen Untersuchern variieren kann. Dies ist auf die unterschiedliche Untersuchungsdauer und -technik zurückzuführen.

Vaillancourt et al. (1979) beschreiben, daß der embryonale Fruchttod eher mit dem Untersuchungszeitpunkt nach der Besamung als mit der Untersuchungsmethode (Eihautgriff) korreliert. Vor dem 50. Tag der Trächtigkeit war der Anteil an embryonalem Fruchttod signifikant höher als nach dem 50. Trächtigkeitstag. Es gab in dieser Studie keine Hinweise darauf, daß es zum Zeitpunkt der Untersuchung, oder kurze Zeit danach, aufgrund des Eihautgriffes zum iatrogenen Abort kam. Neuere Studien (Kassam et al. 1987, Thurmond und Picanso 1993, Thompson et al. 1994) beschreiben ebenfalls, daß die manuelle Palpation nicht im direkten Zusammenhang zur Häufigkeit des embryonalen Fruchttodes steht.

## **2.3.4 Ultraschall**

Zur Untersuchung des weiblichen Geschlechtsapparates beim Rind können verschiedene Schallfrequenzen eingesetzt werden. Je niedriger die Frequenz ist, desto tiefer dringen die Schallwellen in das Gewebe ein und desto schlechter ist das Auflösungsvermögen (Giger 1995).

### **2.3.4.1 Darstellung der Trächtigkeit im Ultraschallbild**

Ultraschallgeräte, die mit einer 3,5 MHz-Sonde ausgestattet sind, senden ihre Schallwellen bis zu 14 cm in das Gewebe. Die kleinsten flüssigkeitsgefüllten Bläschen, die mit dieser Schallfrequenz erkennbar sind, haben eine Größe von 10 mm Durchmesser (Kähn 1985). Beim Rind ist der Fruchtsack in der Frühgravidität langgezogen, fadenförmig und kaum flüssigkeitsgefüllt. Die Fruchtblase hat bis zum 20. Tag der Gravidität einen Durchmesser von etwa 1 bis 3 mm und ist daher mit einer Frequenz von 3,5 MHz nur unsicher anzusprechen (Kähn 1985).

Eine 5 MHz-Sonde verfügt über eine Eindringtiefe von etwa 9 cm, hat aber aufgrund der höherfrequenten Schallwellen ein höheres Auflösungsvermögen. Hier sind auch flüssigkeitsgefüllte Bläschen mit einer Größe von 4 bis 5 mm sicher erkennbar (Kähn 1985). Am 22. Tag der Gravidität hat die Fruchtblase bereits einen Durchmesser von etwa 3 bis 4 mm. Dementsprechend ist es möglich, die Fruchtblase zwischen dem 21. und 24. Tag nach der Besamung sonographisch darzustellen (Kähn 1985).

Die Fruchtblase wächst in die Länge und hat am 25. Tag der Gravidität einen Durchmesser von etwa 10 mm an ihrer stärksten Ausdehnung. Ab dem 30. Tag ist die Fruchtblase bereits im kontralateralen Horn nachweisbar. Ab dem 25. Tag sind im Ultraschallbild häufig mehrere echolose Abschnitte der Fruchtblase nebeneinander zu erkennen. Diese sogenannten "Pseudoampullen" entstehen durch Falten der Uteruswand, die in das Uteruslumen hineinragen und so im Ultraschallbild den Gesamtverlauf der Fruchtblase unterbrechen. Im zweiten Trächtigkeitsmonat ist das Erscheinungsbild der Pseudoampullen besonders ausgeprägt (Kähn et al. 1989, Kähn 1997).

Vor dem 25. Trächtigkeitstag ist der Embryo sonographisch nur in seltenen Fällen zu erkennen. Ab dem 28. Tag ist es möglich, den Embryo selbst sowie die Herzpulsation als eindeutigen Trächtigkeitsbeweis darzustellen (Kähn 1985, Giger 1995, Baxter und Ward 1997). In einigen Fällen kann der Embryo mit hochauflösenden Ultraschallgeräten bereits ab dem 25. Tag dargestellt werden (Kähn 1997). Die Herzaktion ist als Pulsieren mehrerer Lichtpunkte auf dem Bildschirm erkennbar. Die Frequenz der embryonalen Herzaktion liegt bei einem lebensfähigen Embryo, je nach Trächtigkeitstag, zwischen 150 und 204 Schlägen pro Minute (Kähn 1989). Bis zum 30. Tag liegt der Embryo meist der Uteruswand an und wölbt sich als echointensive Zone in das Uteruslumen. Ab dem 30. Trächtigkeitstag ist der Embryo frei im Uteruslumen und von allen Seiten mit Fruchtwasser umgeben (Kähn 1985).

Am 28. Tag hat der Embryo eine Länge von etwa 10 mm, die bis zur 8. Trächtigkeitswoche linear zunimmt. Am 30. Tag ist der Embryo bereits 12 mm, am 35. Tag 15 mm und am 40. Tag 20 mm lang (Pierson und Ginther 1984, Kähn 1985). Gleichermaßen nimmt auch die Größe der Fruchtblase zu. Am 40. Tag der Gravidität beträgt der maximale Durchmesser etwa 25 mm und am 50. Tag etwa 35 mm. Ab dem 35. Tag der Trächtigkeit ist die Amnionblase erkennbar, die den Embryo als hauchdünne, echoreiche Membran im Abstand von einigen Millimetern umgibt (Kähn 1985). Ab dem 60. Tag der Trächtigkeit kann das Geschlecht des Fetus bestimmt werden (Kähn 1997). Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Befunde, die bei einer Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall in unterschiedlichen Stadien erhoben werden können.

Tabelle 1: Darstellung der Trächtigkeit mittels Ultraschall (nach Kähn 1997)

Tag der Gravidität	Befund
16 bis 20	gelegentlich echofreie Zonen
21 bis 24	Fruchtblase $\varnothing$ 3 - 5 mm
25 bis 30	Fruchtblase $\varnothing$ 10 - 20 mm
ab 28	Embryo mit Herzschlag
ab 35	Amnionblase
ab 60	Geschlechtsdifferenzierung



In einer Studie von Curran et al. (1986 a, b) konnte der Embryo bereits ab dem 20. Tag, der Herzschlag ab dem 21. Tag und die Amnionblase ab dem 29. Tag der Trächtigkeit dargestellt werden. Kastelic et al. (1988) konnten den Embryo ab dem 13. Tag und den Herzschlag ab dem 19. Tag post inseminationem nachweisen.

Nach Giger (1995) ist die Frequenz von 5 MHz zur Darstellung von Uterus und Frucht in den ersten drei Trächtigkeitsmonaten ideal. Linearscanner sind besonders geeignet, da sie während der Untersuchung schonend im Rektum manipuliert werden können (Kähn 1997). Moderne Ultraschallgeräte verfügen meist über Schallköpfe, die wahlweise mit 5 MHz oder 7,5 MHz betrieben werden können. Mit 7,5 MHz dringen die Schallwellen etwa 5 cm in das Gewebe ein und haben ein Auflösungsvermögen von 2 mm. Auf diese Weise können Ovarien oder andere schallkopfnaher Organe untersucht werden (Giger 1995).

Gelbkörper, Follikel, Ovarien ohne Funktionskörper, Follikel-Theka- oder Follikel-Luteinzysten sind mittels Ultraschalluntersuchung eindeutig zu differenzieren (Kähn 1997). Darüber hinaus können pathologische Befunde des Uterus, wie Endometritis, Pyometra, mazerierte oder mumifizierte Früchte mit Hilfe der Sonographie eindeutig von einer physiologischen Trächtigkeit beziehungsweise Nichtträchtigkeit unterschieden werden (Fissore et al. 1986, Kähn 1997).

#### **2.3.4.2 Untersuchungstechnik**

Während der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall sollten die Tiere aus forensischen Gründen ausreichend fixiert werden (Ahlers 1999, van der Weijden und Taverne 1999). Eine adäquate Fixierung dient auch dem Schutz des Gerätes und des Untersuchers. Nach Entleerung des Rektums erfolgt zunächst eine manuelle Kontrolle des inneren Genitaltraktes. Dabei wird der Uterus im Becken versammelt. Anschließend wird der Endorektalschallkopf unter manueller Kontrolle in das Rektum eingeführt und dorsal über dem Genitaltrakt plaziert (Kähn 1997). Beide Uterushörner werden mit kraniokaudalem und dorsoventralem Strahlengang durch Schwenken des Schallstrahls nach lateral in Längsschnitten dargestellt. Durch weiteres Schwenken nach lateral können anschließend auch die Ovarien dargestellt werden (Kähn 1991).

Bei der Diagnose "nicht-tragend" sollten zur Absicherung dieser Diagnose neben der Untersuchung des rechten und linken Uterushornes auch beide Ovarien untersucht werden (Baxter und Ward 1997). Die erhobenen Befunde sollten auf einem vorgefertigten Befundbogen dokumentiert werden, so daß sie auch zu einem späteren Zeitpunkt jedem einzelnen untersuchten Tier zugeordnet werden können (Ahlers 1999). In forensischen Fällen oder bei unsicheren Diagnosen sollten Ultraschallbilder per Printerausdruck oder auf Diskette dokumentiert werden. So sind Diagnosen und Therapieverläufe jederzeit nachvollziehbar.

#### **2.3.4.3 Ursachen für Fehldiagnosen**

Auch bei der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall können Fehldiagnosen gestellt werden. Falsch-positive Diagnosen werden dann gestellt, wenn das Auffinden von Flüssigkeit im Uterus als Trächtigkeitsbeweis angesehen wird, ohne dabei die Ovarien zu untersuchen. Flüssigkeitsansammlungen im Uterus können zum Beispiel auch kurz vor und während der Brunst dargestellt werden (van der Weijden und Taverne 1999). Die Diagnose "trächtig" sollte daher nur dann gestellt werden, wenn der Embryo mit Herzschlag erkennbar ist (Kähn 1997). Falsch-negative Diagnosen sind meist das Resultat einer zu raschen Durchführung der Untersuchung. Vor allem bei älteren Kühen mit großer Gebärmutter und unter Verwendung von Ultraschallgeräten mit niedrigen Frequenzen können vorhandene Ansammlungen von Fruchtwasser übersehen werden (Szenci et al. 1995, van der Weijden und Taverne 1999).

#### **2.3.4.4 Genauigkeit**

Badtram et al. (1991) beschreiben eine Genauigkeit der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall von 70,2 % zwischen dem 23. und 31. Tag nach der Besamung. Die Sensitivität lag in diesem Zeitraum bei 68,8 %, die Spezifität bei 71,7 % und der Vorhersagewert der Diagnose "tragend" (positiver prädiktiver Wert) bei 71,7 %. Pieterse et al. (1990) differenzierten die Ergebnisse in die Untersuchungsintervalle 21 bis 25 und 26 bis 33 Tage nach der KB. Im ersten Intervall wurde eine Sensitivität von 44,8 % und eine Spezifität von 82,3 % erreicht. Im zweiten Intervall lag die Sensitivität bei 97,7 % und die Spezifität bei 87,8 %. Der positive prädiktive Wert stieg von 68,4 % im ersten auf 89,6 % im zweiten Untersuchungsintervall. Der Vorhersagewert der Diagnose "nicht-tragend" (negativer prädiktiver Wert) stieg von 63,6 % im ersten auf 97,2 % im zweiten Intervall.

Aus einer Studie von Filteau und DesCôteaux (1998) zur Bestimmung der Genauigkeit und der prädiktiven Werte der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall geht hervor, daß ein praktizierender Tierarzt bereits ab dem 26. Tag nach der künstlichen Besamung die Trächtigkeit mit einem 5 MHz Scanner zuverlässig diagnostizieren kann. Die Genauigkeit variierte je nach Untersuchungszeitpunkt zwischen 35,7 % bei 22 bis 24 Tagen und 95,7 % am 28. Tag nach der Besamung. Die Sensitivität wurde zwischen dem 22. und 24. Tag mit 40 % angegeben und erreichte ab dem 28. Tag Werte zwischen 95,9 % und 100 %. Die Spezifität lag zwischen dem 22. bis 24. Tag bei 66,7 %, stieg bis zum 29. Tag post inseminationem auf 87,5 % und variierte dann bis zum 40. Tag zwischen 50 % und 75 %.

Der Vorhersagewert der Diagnose "nicht-tragend" (negativer prädiktiver Wert) stieg von 66,7 % (22. bis 24. Tag) auf 83,3 % am 27. Tag. Bis zum 31. Tag wurden Werte zwischen 77,8 % und 100 % erreicht. Ab dem 32. Tag lag der negative prädiktive Wert bei 100 %.

Der positive prädiktive Wert stieg von 40 % (22. bis 24. Tag) auf 97,9 % am 29. Tag der Trächtigkeit. Bis zum 40. Tag variierte der positive prädiktive Wert zwischen 84 % und 90,3 %. Anhand dieser Werte wurde die Häufigkeit des frühembryonalen Fruchttodes ermittelt. Zwischen dem 26. und 40. Tag lag die embryonale Mortalität bei 10 %  $\pm$  5 %.

Kastelic et al. (1989) ermittelte eine Genauigkeit von 50 % vor dem 18. Tag der Trächtigkeit. Zwischen dem 20. und 22. Tag konnte bereits eine Genauigkeit von annähernd 100 % erreicht werden. Die nicht-tragenden Tiere gingen allerdings nicht in die Auswertung ein. In einer Studie von Boyd et al. (1990) wurde ab dem 17. Tag nach der Besamung eine Genauigkeit von 100 % erreicht.

In der Studie von Szenci et al. (1998) wurden zwei unterschiedliche Kriterien für die Diagnose "tragend" herangezogen. Zum einen wurde die Diagnose "tragend" gestellt, wenn Fruchtwasser im Uterus dargestellt werden konnte. Zum anderen wurde die Diagnose "tragend" gestellt, wenn der Embryo mit Herzschlag erkennbar war. Die Untersuchungen erfolgten zwischen dem 26. und 58. Tag nach der Besamung. Die Ergebnisse wurden in sieben verschiedene Zeitintervalle gesplittet (26-27, 29-30, 33-34, 37-38, 39-42, 44-45 und 53-58 Tage post inseminationem). Ergebnis dieser Studie war, daß bis zum 45. Tag mehr falsch-negative Diagnosen gestellt wurden, wenn der Embryo mit Herzschlag zur Diagnosefindung herangezogen wird, als bei der Diagnosestellung anhand des Befundes "Fruchtwasser vorhanden". Die Sensitivität und der negative prädiktive Wert war entsprechend niedrig. Die Spezifität und der positive prädiktive Wert war dagegen größer, wenn der lebende Embryo zur positiven Trächtigkeitsdiagnose führt, da weniger falsch-positive Diagnosen gestellt werden.

### 2.3.4.5 Wirtschaftlichkeit

Ziel der routinemäßigen Trächtigkeitsuntersuchung ist es, nicht-tragende Tiere möglichst frühzeitig zu erkennen. Je eher ein nicht-tragendes Tier wieder erneut besamt werden kann, desto weniger Kosten entstehen durch verlängerte Günstzeiten (Pitcher und Galligan 1990, Thompson et al. 1995). Nach Baxter und Ward (1997) kann die Zwischenkalbezeit durch den Einsatz der Ultraschalluntersuchung um 20 bis 25 Tage verkürzt werden. Dies würde bei Kosten von £ 3 pro zusätzlichen Günsttag zu einer Einsparung bis zu £ 75 pro negativer Trächtigkeitsdiagnose für den milcherzeugenden Betrieb führen.

DesCôteaux und Fetrow (1998) haben in einer Studie untersucht, inwieweit der Einsatz der Ultraschalldiagnostik bei Milchkühen zur frühen Trächtigkeitsuntersuchung für den milcherzeugenden Betrieb und für den Tierarzt rentabel sein kann. Die Untersuchungen wurden in zwei verschiedenen Modellen zwischen dem 27. und 34. Tag post inseminationem durchgeführt. Die Betriebe hatten eine Größenordnung von jeweils etwa 100 Tieren. In dieser Studie wurden bestimmte Prämissen vorausgesetzt:

- bei der ersten Trächtigkeitsuntersuchung (TU) sind 70 % der Tiere tragend, so daß bei 100 tragenden Tieren insgesamt etwa 140 TU's durchgeführt wurden,
- die routinemäßigen Bestandsbesuche erfolgten monatlich, vierzehntägig oder wöchentlich,
- im Modell 1 erfolgten die Ultraschalluntersuchungen zwischen dem 27. und 32. Tag, im Modell 2 zwischen dem 27. und 34. Tag nach der Besamung,
- Tiere ab dem 33. Trächtigkeitstag (Modell 1) beziehungsweise ab dem 35. Trächtigkeitstag (Modell 2) wurden am Untersuchungstag mittels manueller Palpation vom Rektum her untersucht,
- je kürzer das Besuchsintervall gewählt wurde, desto mehr Tiere wurden in dem Graviditätsstadium angetroffen, in welchem die Diagnose mittels Ultraschall gestellt werden konnte. Dementsprechend war der Anteil der Tiere, die mittels Ultraschall auf Trächtigkeit untersucht wurden, war je nach Besuchsintervall und Modell unterschiedlich hoch (Modell 1: monatlich 20 %, vierzehntägig 42,8 %, wöchentlich 85,7 %; Modell 2: monatlich 26,7 %, vierzehntägig 57,1 %, wöchentlich 100 %),
- die Genauigkeit der TU mittels Ultraschall entspricht der Genauigkeit der TU mittels manueller Palpation ab dem 33. respektive 35. Tag nach der KB,

- der frühembryonale Fruchttod ist nach der TU mittels Ultraschall nicht höher als nach der TU mittels manueller Palpation vom Rektum her ab dem 33. Tag nach der KB,
- jeder zusätzliche Günsttag ab dem 100. Laktationstag wurde mit 4 \$ bewertet.

Für jedes Modell wurde berechnet, wie viele Günsttage pro Herde durch die frühe TU mittels Ultraschall eingespart werden konnten und welcher finanzielle Nutzen für den Betrieb daraus resultiert. Desweiteren wurde der Preis pro TU mittels Ultraschall errechnet, der vom Betrieb maximal gezahlt werden kann, um kostendeckend zu arbeiten (Bestimmung des Breakeven-Preises). Darüber hinaus wurde berechnet, wie viele Bestände mit je 100 Tieren ein Tierarzt betreuen muß, damit sich die Anschaffung eines Ultraschallgerätes in 2, 3 oder 4 Jahren amortisiert hat. Für diese Berechnung wurde davon ausgegangen, daß ein Ultraschallgerät Kosten in Höhe von 15.000 \$ für die Anschaffung plus 1.600 \$ pro Jahr für Unterhaltung, Versicherung und Zinsen verursacht und der Preis, der pro TU mittels Ultraschall angesetzt werden kann, etwa die Hälfte des ermittelten Breakeven-Preises für den Betrieb beträgt.

Ergebnisse dieser Studie sind, daß im Modell 1 insgesamt 252 Günsttage eingespart werden konnten. Dies ergibt einen Nutzen in Höhe von 1.008 \$. Im Modell 2 wurden je nach Untersuchungsintervall zwischen 294 und 336 Günsttage eingespart. Der daraus resultierende Nutzen lag zwischen 1.176 \$ und 1.344 \$. Die Break-Even-Preise pro TU lagen bei wöchentlichem Besuchsintervall bei 8,40 \$, bei 14-tägigem Besuchsintervall bei 16,80 \$ und bei monatlichen Besuchsintervall bei etwa 36 \$. Entsprechend der oben genannten Annahme wurden die Preise pro TU mittels Ultraschall mit 5, 8 beziehungsweise mit 15 \$ angesetzt. Je kürzer das Besuchsintervall gewählt wurde, desto eher hat sich das Ultraschallgerät amortisiert. Unter Praxisbedingungen erfolgt die routinemäßige TU vierzehntägig oder monatlich. Die Investition des Ultraschallgerätes hat sich unter diesen Bedingungen innerhalb von 3 Jahren amortisiert, wenn der Tierarzt etwa 15 gut geführte Betriebe mit je 100 Tieren betreut. In Problemherden, in denen die Trächtigkeitsrate unter 70 % liegt, ist der Einsatz der Ultraschalldiagnostik sowohl für den Betrieb als auch für den Tierarzt wirtschaftlich noch interessanter. Neben der Einsparung von Günsttagen durch die frühe TU gibt es auch noch andere Einsatzgebiete für die Ultraschalldiagnostik in der Rinderpraxis, wie z.B. Sterilitätskontrolle, Follikelaspiration für die In-vitro-Fertilisation, Geschlechtsbestimmung des Fetus. Wenn der Tierarzt auch diese Nachfrage befriedigt, kann er sein persönliches Einkommenspotential deutlich verbessern (DesCôteaux und Fetrow 1998, Hill et al. 1998).

