

3 Material und Methoden

3.1 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, zu zeigen, ab welchem Tag nach der künstlichen Besamung die Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall bei Kühen und Färsen eine ausreichend hohe Genauigkeit aufweist. Insbesondere bei der Diagnostik nicht-tragender Tiere besteht die Notwendigkeit einer "hohen Sicherheit", damit eine Intervention mit Prostaglandin $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) bei vorhandenem Gelbkörper vertreten werden kann.

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war es, die Wirtschaftlichkeit der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall zu bestimmen. Kosten und Nutzen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall wurden sowohl aus Sicht des landwirtschaftlichen Betriebes als auch aus Sicht des Tierarztes gegenübergestellt.

3.2 Versuchsbetriebe

Die praktischen Untersuchungen dieser Arbeit wurden auf einem milcherzeugenden Betrieb und zwei Färsenaufzuchtanlagen in Brandenburg durchgeführt.

3.2.1 Milcherzeugender Betrieb

Der milcherzeugende Betrieb liegt etwa 80 km nördlich von Berlin im Landkreis Barnim, Brandenburg. Bei Versuchsbeginn wurden in diesem Betrieb etwa 785 Milchkühe aus Kreuzungen der Rassen Holstein Friesian (ca. 75 %) und Schwarzbuntes Milchrind (ca. 25 %) gehalten. Die Kühe wurden entsprechend ihres Reproduktions- bzw. Laktationsstatus gruppenweise in Laufställen mit Liegeboxen, Gummimatten und Spaltenboden gehalten. Kranke Tiere und Kühe drei Wochen ante partum bis eine Woche post partum wurden räumlich getrennt in Anbindehaltung mit Grabner-Ketten auf Gummimatten und Gitterrost gehalten. Weibliche Kälber wurden im Alter von etwa 6 Wochen an eine Färsenaufzuchtanlage verkauft, von der sie als hochtragende Färsen wieder zurück in den Betrieb kamen.

Die Kühe wurden mit Grundfutter aus betriebseigenem Anbau (Maissilage, Grassilage, Ganzpflanzensilage, Lieschkolbensilage und Heu) als Totale Misch Ration (TMR) gefüttert. Hinzu kam neben der Versorgung mit Mineralfuttermischung eine leistungsbezogene Kraftfuttergabe (Getreide-, Soja- und Rapsextraktionsschrot) über Transponder Stationen.

Die Kühe wurden zweimal täglich in einem Doppel-20er-Side-by-Side Melkstand gemolken. Kühe im Krankenstand und im Abkalbestall wurden mit einer Rohrmelkanlage gemolken. Die durchschnittliche jährliche Milchleistung lag bei etwa 8.000 kg pro Kuh bei einem Milchfettgehalt von 4,3 % und einem Milcheiweißgehalt von 3,4 %. In diesem Betrieb standen etwa 1.000 Kühe pro Jahr zur Besamung an. Die Freiwillige Wartezeit wurde auf 65 Tage festgelegt. Bei den Kühen, die zur Besamung anstanden, wurden Programme zur Brunstsynchronisation durchgeführt. Tiere, die 80 Tage nach der Abkalbung noch nicht besamt waren oder bei der Trächtigkeitsuntersuchung (TU) als nicht-tragend identifiziert worden, wurden einer Sterilitätsuntersuchung unterzogen. Die Brunstbeobachtung erfolgte durch den Leiter der Milchviehanlage und das übrige Betriebspersonal. Brünstige Tiere wurden einem Besamungstechniker der Besamungsstation "Rinderproduktion Berlin-Brandenburg" zur künstlichen Besamung vorgestellt. Der Besamungstechniker oder der Hoftierarzt führte auch die TU mittels manueller Palpation vom Rektum her ab dem 37. Tag nach der Besamung durch. Die Trächtigkeitsuntersuchung erfolgte im 14-tägigen Rhythmus.

3.2.2 Färsenaufzuchtbetrieb A

Die Färsenaufzuchtanlage A liegt etwa 40 km südlich von Berlin im Landkreis Teltow-Fläming, Brandenburg. Die Färsen (Holstein-Friesian-Kreuzung) wurden im Alter von etwa 12 Monaten aus dem angeschlossenen milcherzeugenden Betrieb in die Färsenaufzuchtanlage eingestallt. In diesem Betrieb wurden etwa 350 Färsen in Anbindehaltung auf Stroheinstreu bei täglicher Entmistung gehalten. Etwa 150 Färsen stehen jährlich zur Erstbesamung an. Die Tiere wurden im Alter von etwa 18 Monaten zum ersten Mal besamt. Die Brunstbeobachtung wurde vom betriebseigenen Besamungstechniker und dem Leiter der Färsenaufzuchtanlage vorgenommen. Die Trächtigkeitsuntersuchung mittels manueller Palpation vom Rektum her wurde im 14-tägigen Rhythmus durchgeführt und erfolgte in diesem Betrieb durch den Besamungstechniker ab dem 50. Tag nach der Besamung. Tragende und noch nicht besamte Färsen wurden in den Sommermonaten auf der Weide gehalten. Etwa 6 bis 8 Wochen vor der Abkalbung wurden die hochtragenden Färsen in den milcherzeugenden Betrieb eingestallt.

3.2.3 Färsenaufzuchtbetrieb B

Die Färsenaufzuchtanlage B liegt etwa 30 km südlich von Berlin im Landkreis Dahme-Spreewald, Brandenburg. In diesem Betrieb standen etwa 2.000 weibliche Tiere im Alter zwischen 4 Tagen und 21 Monaten. Jährlich standen etwa 1.200 Tiere zur Erstbesamung an. Die erste Besamung erfolgte ab einem Lebendgewicht von 350 kg bei einem Mindestalter von 15 Monaten. Tiere dieser Altersgruppe wurden in Laufställen auf Vollspaltenböden mit einem durchschnittlichen Besatz von 10 Tieren pro Bucht gehalten (insgesamt 360 Plätze).

Zu den Freßzeiten wurden die Tiere im Selbstfanggitter fixiert, so daß die erforderlichen Untersuchungen und Behandlungen vorgenommen werden konnten.

Bei den Färsen, die zur Erstbesamung anstanden, wurden Programme zur Brunst- und Ovulationssynchronisation durchgeführt. Die Brunstbeobachtung erfolgte durch den Betriebsleiter und den Besamungstechniker der Besamungsstation "Rinderproduktion Berlin-Brandenburg". Die künstliche Besamung erfolgte durch den Besamungstechniker, die Trächtigkeitsuntersuchung hingegen durch die betreuende Hoftierärztin. Die Trächtigkeitsuntersuchung mittels manueller Palpation vom Rektum her wurde ab dem 35. Tag nach der Besamung im wöchentlichen Rhythmus durchgeführt.

Tragende Färsen wurden etwa 12 bis 14 Wochen vor der Abkalbung in den angeschlossenen milcherzeugenden Betrieb eingestallt.

3.3 Ultraschallgerät

Die Trächtigkeitsuntersuchungen mittels Ultraschall wurden mit dem "Scanner 100 VET" der Firma Pie Data Elektronik GmbH, Dorsten, vorgenommen. Der Scanner 100 VET ist ein tragbares Gerät, welches sowohl für den Netz- als auch Batteriebetrieb ausgerichtet ist. Die Untersuchungen dieser Arbeit wurden ausschließlich im Batteriebetrieb durchgeführt.

Die Betriebszeit einer 12 V Batterie lag bei einer Stunde. Das Aufladen der Batterie dauerte etwa 5 Stunden. Insgesamt wurden 3 Batterien eingesetzt. Das Gerät wiegt einschließlich der Batterie 12 kg und ist 26 cm breit, 38 cm hoch und 37 cm tief. Der Monitor des Scanners 100 VET (18 cm breit und 13 cm hoch) ermöglichte das Ablesen der Befunde aus einer Distanz von etwa 1,5 m.

Das Gerät ist mit einem Diskettenlaufwerk ausgestattet, welches eine Befunddokumentation im Stall ermöglichte. Die Ultraschallbilder wurden als Bitmap-Format gespeichert und konnten anschließend am Computer betrachtet, archiviert oder ausgedruckt werden. Desweiteren ist das Gerät mit einem umfangreichen Softwarepaket ausgestattet, welches unter anderem das exakte Ausmessen bestimmter Strukturen (z.B. Scheitel-Steiß-Länge des Embryos, Durchmesser von Follikeln) ermöglichte. Für die Trächtigkeitsuntersuchung wurde ein umschaltbarer Doppelfrequenz Linear-Array Endorektalschallkopf (5 und 7,5 MHz) eingesetzt. Für die Darstellung der Ovarien, der Gebärmutter und des Gebärmutterinhaltes wurde eine Frequenz von 5 MHz gewählt.

3.4 Versuchszeitraum

Die praktischen Untersuchungen dieser Arbeit erfolgten von November 1997 bis Juli 1998. Nach einer 3-monatigen Einarbeitungszeit wurden von Februar bis Juli 1998 die Untersuchungen zur Bestimmung der Genauigkeit vorgenommen.

3.5 Versuchsdurchführung

Die praktischen Untersuchungen gliederten sich in zwei Phasen. Zunächst erfolgte eine Einarbeitung in die Ultraschalldiagnostik (Einarbeitungsphase). Anschließend wurde die Genauigkeit der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall bestimmt (Versuchsteil).

3.5.1 Untersuchungstechnik

Während der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall wurden die Tiere zum Schutz des Gerätes und des Untersuchers entweder im Selbstfanggitter oder in den Liegeboxen fixiert. Nach Entleerung des Rektums erfolgte eine manuelle Kontrolle des inneren Genitaltraktes. Der Uterus wurde im Becken versammelt. Anschließend wurde der Endorektalschallkopf unter manueller Kontrolle in das Rektum eingeführt und über dem Genitaltrakt plaziert. Zunächst wurde das rechte Ovar, dann das linke Ovar, anschließend das rechte und linke Uterushorn untersucht. Beide Uterushörner wurden sowohl von lateral als auch von caudal nach cranial bis in die Spitze des jeweiligen Uterushornes mit dem Schallkopf umfahren. Eine manuelle Kontrolle war hier selten erforderlich.

Ovarien hingegen ließen sich am besten darstellen, wenn sie mit je einem Finger rechts und links neben dem Schallkopf fixiert wurden. Die erhobenen Befunde wurden auf einem vorgefertigten Befundbogen (Anhang 1) dokumentiert, so daß sie auch zu einem späteren Zeitpunkt jedem einzelnen untersuchten Tier zugeordnet werden konnten. Im Versuchsteil wurde von allen untersuchten Tieren ein Ultraschallbild auf Diskette gespeichert, welches für die entsprechende Diagnose (tragend, nicht-tragend oder sonstige Befunde) hinreichende Aussagekraft hatte.

3.5.2 Definition der Diagnose "tragend" und "nicht-tragend" im Rahmen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall

Die Diagnose "tragend" oder "nicht-tragend" war je nach Zeitpunkt der Untersuchung nach der Besamung von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Grundsätzlich wurde zusätzlich zum Befund des Uterus auch überprüft, ob ein Gelbkörper (Corpus luteum (C.l.)) vorhanden war, der für die Aufrechterhaltung einer Trächtigkeit unbedingt erforderlich ist.

Die Fruchtblase war am 20. und 21. Tag der Trächtigkeit relativ klein und sonographisch selten darstellbar. Daher erfolgte die Diagnose "tragend" überwiegend durch das Auffinden eines Gelbkörpers, der bei Tieren, die nicht konzipiert haben, zu diesem Zeitpunkt des Zyklus nicht vorhanden sein dürfte.

Bis zum 27. Tag nach der Besamung wurde die Diagnose "tragend" dann gestellt, wenn neben dem Gelbkörper auch Flüssigkeit im Uterushorn dargestellt werden konnte.

Ab dem 28. Tag nach der Besamung wurde die Diagnose "tragend" dann gestellt, wenn der Embryo mit Herzpulsation erkennbar war.

Die Diagnose "nicht-tragend" wurde dann gestellt, wenn auf beiden Ovarien kein Gelbkörper auffindbar war. Die Diagnose "nicht-tragend" erfolgte in diesem Falle auch dann, wenn im Uterushorn Flüssigkeitsansammlungen vorhanden waren (z.B. Brunstsekret oder Entzündungsexsudat). Darüber hinaus wurde ab dem 28. Tag nach der Besamung bei vorhandenem Gelbkörper die Diagnose "nicht-tragend" gestellt, wenn im Uterushorn keine Flüssigkeitsansammlung dargestellt werden konnte.

Eine Fruchtresorption wurde dann diagnostiziert, wenn ein Embryo ohne Herzpulsation gefunden wurde und / oder die Menge des Fruchtwassers geringer ausgeprägt war, als sie für das jeweilige Graviditätsstadium typisch ist. Tabelle 2 zeigt die genannten Kriterien im Überblick.

Tabelle 2: Kriterien für die Diagnose "tragend" und "nicht-tragend"

Diagnose	Befunde an	
	Ovar	Uterus
tragend (20 – 21 Tage nach KB)	Corpus luteum	eventuell Flüssigkeit
tragend (22 – 27 Tage nach KB)	Corpus luteum	Flüssigkeit
tragend (≥ 28 Tage nach KB)	Corpus luteum	Flüssigkeit und Embryo mit Herzpulsation
nicht-tragend	keine Funktionskörper	mit oder ohne Flüssigkeit
nicht-tragend	Follikel	Flüssigkeit
nicht-tragend (≥ 28 Tage nach KB)	Corpus luteum	ohne Flüssigkeit
Fruchtresorption	Corpus luteum	Flüssigkeit und Embryo ohne Herzpulsation und /oder relativ zu wenig Fruchtwasser

KB = künstliche Besamung

3.5.3 Einarbeitungsphase

Von November 1997 bis Januar 1998 wurden Kühe und Färsen, die 20 bis 52 Tage vor der Trächtigkeitsuntersuchung besamt worden waren, mittels Ultraschall auf Trächtigkeit untersucht. Die Untersuchungen erfolgten im wöchentlichen Rhythmus. In dieser Phase wurden 180 Trächtigkeitsuntersuchungen vorgenommen.

Ziel dieser Phase war es, sich mit der Handhabung des Ultraschallgerätes und der Auswertung sonographischer Befunde vertraut zu machen. In den ersten 6 Wochen der Einarbeitungszeit wurden überwiegend Tiere in höheren Trächtigkeitsstadien (35 bis 52 Tage nach der Besamung) untersucht. Erst ab der 7. Woche wurden vornehmlich Tiere in der Frühträchtigkeit (20 bis 34 Tage nach der Besamung) untersucht. Auf diese Weise sollten Fehldiagnosen, die einer anfänglichen Unerfahrenheit des Untersuchers zuzuschreiben sind, bis zum eigentlichen Versuchsbeginn minimiert werden.

3.5.4 Bestimmung der Genauigkeit der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall

Von Februar bis Juli 1998 wurden insgesamt 1.299 Trächtigkeitsuntersuchungen mittels Ultraschall bei Kühen (n = 579) und Färsen (n = 720) durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten im wöchentlichen Rhythmus bei allen Tieren, die 20 bis 34 Tage vor der Untersuchung besamt worden waren. Auf diese Weise wurden die meisten Tiere zweimal mittels Ultraschall untersucht. Die erhobenen Diagnosen wurden auf Befundbögen dokumentiert (Anhang 1). Im Falle der Nichtträchtigkeit erfolgte keine Intervention. Die gleichen Tiere wurden ab dem 35. Tag nach der Besamung vom Besamungstechniker beziehungsweise der Hofärztin mittels manueller Palpation vom Rektum her untersucht.

Die Genauigkeit der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall wurde bestimmt, indem die hier gestellten Diagnosen mit den Diagnosen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels manueller Palpation vom Rektum her verglichen wurden. Die manuelle Palpation vom Rektum her ist eine allgemein anerkannte Methode der Trächtigkeitsuntersuchung und diente daher als "Goldstandard". Aus dem Vergleich der Diagnosen beider Untersuchungstechniken resultierten vier verschiedene Ergebniskombinationen (korrekt-positiv, korrekt-negativ, falsch-positiv, falsch-negativ) im Hinblick auf die Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall, die in Abbildung 2 dargestellt werden.

		Ultraschalldiagnose	
		+	-
Goldstandard	+	korrekt-positiv a	falsch-negativ b
	-	falsch-positiv c	korrekt-negativ d

Abbildung 2: Vergleich der Diagnosen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall und den Diagnosen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels manueller Palpation vom Rektum her (Goldstandard)

Anhand dieser vier Ergebniskombinationen konnten die Parameter "Genauigkeit", "Sensitivität", "Spezifität", "positiver prädiktiver Wert" und "negativer prädiktiver Wert" bestimmt werden (Tabelle 3, Thrusfield 1995).

Tabelle 3: Definition der Parameter aus den verschiedenen Ergebniskombinationen

Parameter	Definition
Genauigkeit	Σ korrekt positive und negative Diagnosen / Σ aller Untersuchungen (= $a+d / a+b+c+d$)
Sensitivität	Σ korrekt positive Diagnosen / Σ tatsächlich positive Tiere (= $a / a+b$)
Spezifität	Σ korrekt negative Diagnosen / Σ tatsächlich negative Tiere (= $d / c+d$)
prädiktiver Wert (positiv)	Σ korrekt positive Diagnosen / Σ positiv diagnostizierte Tiere (= $a / a+c$)
prädiktiver Wert (negativ)	Σ korrekt negative Diagnosen / Σ negativ diagnostizierte Tiere (= $d / b+d$)

3.6 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung sollte gezeigt werden, inwieweit die Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall sowohl aus Sicht des landwirtschaftlichen Betriebes als auch aus Sicht des Tierarztes rentabel ist. Kosten und Nutzen sind von vielen betriebsspezifischen Faktoren abhängig, so daß hier keine allgemeingültige Berechnung erfolgen konnte. Anhand einiger Beispiele sollten die Faktoren aufgezeigt werden, die in einer individuellen Kosten-Nutzen-Analyse zu berücksichtigen sind.

3.6.1 Kosten-Nutzen-Analyse aus der Sicht des milcherzeugenden Betriebes

Aus Sicht des landwirtschaftlichen Betriebes wurden verschiedene Faktoren für die Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt. Mittels einer Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen wurde ein Berechnungsmodell geschaffen, mit dem die beiden Untersuchungstechniken ökonomisch verglichen werden können. Damit kann entschieden werden, ob die Trächtigkeitsuntersuchung weiterhin mit der bewährten Methode der manuellen Palpation vom Rektum her oder mittels Ultraschall durchgeführt werden soll.

3.6.1.1 Kosten für den Betrieb

In die Wirtschaftlichkeitsberechnung des landwirtschaftlichen Betriebes gingen zum einen die höheren Kosten ein, die für die Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall, im Verhältnis zur herkömmlichen Methode der manuellen Palpation vom Rektum her, entstehen. Die Kostendifferenz ist abhängig von den Preisen, die für die verschiedenen Methoden der Trächtigkeitsuntersuchung liquidiert werden können und ist für jeden einzelnen Betrieb individuell zu berechnen. In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Preisdifferenzen (1 bis 20 DM) zwischen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall und der herkömmlichen Methode angenommen.

Darüber hinaus wurden auch die Folgekosten berechnet, die aus Fehldiagnosen resultieren (falsch-positiv und falsch-negativ). Bei einer falsch-positiven Diagnose würde die erneute Besamung verspätet erfolgen, woraus eine verlängerte Verzögerungszeit resultiert. Eine Fruchtresorption, die zwischen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall und der manuellen Palpation vom Rektum her auftritt, wurde ökonomisch identisch wie eine falsch-positive Diagnose bewertet. Bei einer falsch-negativen Diagnose und konsequenter Gabe von PGF_{2α} würde ein Frühabort ausgelöst sowie eine erneute Besamung und Trächtigkeitsuntersuchung erforderlich werden. Auch hier würde die Verzögerungszeit verlängert. In der vorliegenden Beispielrechnung wurde davon ausgegangen, daß eine falsch-positive Diagnose 80 zusätzliche Güsttage, eine falsch-negative Diagnose 70 zusätzliche Güsttage verursacht. Im Anhang 2 ist dargestellt, wie die hier angegebenen zusätzlichen Güsttage, die aus den Fehldiagnosen resultieren, berechnet wurden. Ein Tag Güstzeit einer milchliefernden Kuh wurde mit Kosten in Höhe von 5 DM bewertet.

Desweiteren wurden Kosten für die erforderliche Verabreichung von $\text{PGF}_{2\alpha}$ berücksichtigt. Für die vorliegende Berechnung wurde eine Prostaglandin-Injektion mit 10 DM bewertet.

Die Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall wurde zu einem früheren Zeitpunkt durchgeführt, als bei der manuellen Palpation vom Rektum her. Hieraus resultierte, daß zusätzliche Tiere einer Trächtigkeitsuntersuchung unterzogen wurden, die bis zum Zeitpunkt der Trächtigkeitsuntersuchung mittels manueller Palpation vom Rektum her umgerindert hätten und damit nicht mehr auf Trächtigkeit zu untersuchen gewesen wären.

In der vorliegenden Berechnung wurde ein prozentualer Anteil dieser zusätzlich anfallenden Trächtigkeitsuntersuchungen mittels Ultraschall in Höhe von 10 % angenommen. Für diese Trächtigkeitsuntersuchungen gingen die vollständigen Kosten pro Untersuchung in die Kalkulation ein. Der Preis für eine Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall wurden in dieser Arbeit mit 20 DM bewertet. Tabelle 4 zeigt die Kosten im Überblick, die für die Kosten-Nutzen-Analyse aus Sicht des landwirtschaftlichen Betriebes angenommen wurden.

Tabelle 4: Kosten für den Betrieb

Faktor	Kosten
Kostendifferenz Ultraschall - manuelle Palpation	1 - 20 DM
Preis für eine Injektion mit Prostaglandin $\text{F}_{2\alpha}$	10 DM
Kosten pro Tag zusätzliche Günstzeit	5 DM
zusätzliche TU's aufgrund des frühen Untersuchungszeitpunktes	10 %
Preis für eine zusätzliche TU mittels Ultraschall	20 DM
zusätzliche Günsttage für eine falsch-positive Diagnose	80 Tage
zusätzliche Günsttage für eine falsch-negative Diagnose	70 Tage

TU = Trächtigkeitsuntersuchung

3.6.1.2 Nutzen für den Betrieb

Der Nutzen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall resultiert aus der Verkürzung der Verzögerungszeit beziehungsweise der Günstzeit pro Kuh und Jahr. In der vorliegenden Untersuchung wurde eine Verkürzung der Günstzeit um 9 Tage angenommen (Anhang 3). Ein Günsttag wurde mit 5 DM bewertet.

3.6.1.3 Bestimmung des Grenznutzens für den Betrieb

Die Bestimmung des Nutzens der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall allein ist für den landwirtschaftlichen Betrieb nicht ausreichend, um entscheiden zu können, ob er diese Methode der herkömmlichen Methode vorziehen kann. Aus diesem Grund wurde der Grenznutzen bestimmt. Der Grenznutzen ist der zusätzliche Nutzen, der durch die Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall im Verhältnis zur herkömmlichen Methode gestiftet wird. Es sollte gezeigt werden, bis zu welcher Kostendifferenz zwischen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall und der manuellen Palpation vom Rektum her der landwirtschaftliche Betrieb einen zusätzlichen Gewinn realisieren kann, wenn er sich für die Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall entscheidet. Je höher der Grenznutzen ist, desto eher ist der Landwirt bereit, höhere Ausgaben für die Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall zu akzeptieren. Insofern bestimmt die Höhe des Grenznutzens direkt die Nachfrage nach dieser Methode.

Bei der Berechnung des Grenznutzens pro Trächtigkeitsuntersuchung wurden alle unter 3.6.1.1 genannten Kosten dem Nutzen gegenübergestellt, der aus der Verkürzung der Verzögerungszeit beziehungsweise Güstzeit resultierte. Die Kosten-Nutzen-Analyse ist von verschiedenen Variablen abhängig. Ein wesentlicher Faktor bei dieser Berechnung ist die Kostendifferenz zwischen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall und der manuellen Palpation vom Rektum her. Aus diesem Grund wurde in einer Sensitivitätsanalyse berechnet, wie sich der Gewinn beziehungsweise Verlust pro Trächtigkeitsuntersuchung bei variabler Kostendifferenz entwickelt, wenn alle anderen Faktoren konstant bleiben. Auf diese Weise konnte ermittelt werden, bis zu welcher Kostendifferenz die Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall für den landwirtschaftlichen Betrieb rentabel ist.

3.6.2 Kosten-Nutzen-Analyse aus der Sicht des Tierarztes

Bei der Kosten-Nutzen-Analyse aus Sicht des Tierarztes wurden ebenfalls verschiedene Faktoren berücksichtigt. Mit den hier angenommenen Werten wurde ein Berechnungsmodell geschaffen, anhand dessen jeder Tierarzt nach dem Einsetzen der für ihn spezifischen Variablen zu einer individuellen Entscheidung gelangen kann, ob die Anschaffung eines Ultraschallgerätes rentabel ist oder nicht.

Mit den vorliegenden Berechnungen sollten zwei für den praktizierenden Tierarzt wesentliche Fragestellungen geklärt werden:

1. Wieviele Trächtigkeitsuntersuchungen müssen pro Zeiteinheit bei einem bestimmten Preis durchgeführt werden, damit sich die Anschaffung eines Ultraschallgerätes für diesen spezifischen Zweck rentiert?
2. Welcher Preis muß pro Trächtigkeitsuntersuchung bei bekannter Anzahl der Trächtigkeitsuntersuchungen pro Zeiteinheit erzielt werden, damit sich das Ultraschallgerät amortisiert?

3.6.2.1 Kosten für den Tierarzt

In die Kosten-Nutzen-Analyse aus Sicht des Tierarztes gingen folgende Kostenfaktoren ein: Neben dem Anschaffungspreis des Gerätes und den Kosten für die Versicherung wurden auch Finanzierungs- und Abschreibungsmöglichkeiten sowie deren steuerlichen Auswirkungen berücksichtigt. Darüber hinaus gingen auch Rücklagenbildung und Rückzahlung des Fremdkapitals in die Berechnung mit ein, damit nach Abschreibung des Gerätes eine Neuanschaffung vorgenommen werden kann. Desweiteren wurde der erhöhte Arbeitsaufwand für die Ultraschalluntersuchung bewertet.

3.6.2.2 Nutzen für den Tierarzt

Der Nutzen für den Tierarzt wurde aus den Mehreinnahmen, die durch die Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall erzielt werden können, berechnet. Die Mehreinnahmen resultierten aus der Preisdifferenz zwischen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall und manueller Palpation vom Rektum her. Hinzu kamen die Mehreinnahmen, die aus der Anzahl der zusätzlich durchgeführten Trächtigkeitsuntersuchungen resultierten, weil die Trächtigkeitsuntersuchung zu einem früheren Zeitpunkt als bei der manuellen Palpation durchgeführt wurde und daher weniger Tiere umrindern konnten.

3.6.2.3 Rentabilitätsrechnung für den Tierarzt

Für die Rentabilitätsrechnung aus Sicht des Tierarztes wurden alle oben genannten Kosten dem Nutzen gegenübergestellt. Die Berechnung ist von zahlreichen Variablen abhängig. Daher wurde ein Tabellenkalkulations-Programm entwickelt, in dem sämtliche Faktoren praxisspezifisch variiert werden können. Auf diese Weise kann der zu erwartende Gewinn beziehungsweise Verlust und die Eigenkapitalrendite pro Zeiteinheit errechnet werden. Diese Berechnungen können durch das Einführen anderer Variablen weiter detailliert werden. Für eine praxisrelevante Abschätzung der Rentabilität bietet diese Kosten-Nutzen-Analyse jedoch eine ausreichende Genauigkeit.

Es wurden vier verschiedene Beispielrechnungen (Szenarien I bis IV) durchgeführt, in denen die genannten Kosten dem realisierbaren Nutzen gegenübergestellt wurden. In den Szenarien I bis III wurde von einem Kauf des Gerätes, im Szenario IV von einem Leasingvertrag ausgegangen. Anhand der Tabellen und Graphiken kann der Gewinn beziehungsweise Verlust pro Monat direkt abgelesen werden, der sich entsprechend der eingesetzten Faktoren ergab.

In den Szenarien wurden die Anzahl der Trächtigkeitsuntersuchungen pro Monat, die prozentuale Nutzung des Gerätes für die TU und die Preisdifferenz zwischen TU mittels Ultraschall und manueller Palpation variiert. Alle anderen Faktoren wurden konstant gehalten. Tabelle 5 zeigt die Faktoren, die als Berechnungsgrundlage für die verschiedenen Szenarien variiert wurden und Tabelle 6 die konstanten Faktoren.

Die beiden wesentlichen Faktoren für den Tierarzt sind die Preisdifferenz zwischen der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall und der manuellen Palpation vom Rektum her und die Anzahl der Trächtigkeitsuntersuchungen pro Zeiteinheit. Daher wurde der Gewinn beziehungsweise Verlust pro Jahr für den Tierarzt aufgezeigt, wenn nur einer dieser beiden Faktoren variiert wird.

Darüber hinaus wurde der "Breakevenpoint" ermittelt. Der Breakevenpoint zeigt an, ab welchem Preis pro TU (bei bekannter Anzahl von TU's) beziehungsweise ab welcher Anzahl TU's (bei bekanntem Preis) der Tierarzt durch den Einsatz des Ultraschallgerätes einen Gewinn erzielen kann.

Tabelle 5: Variable Faktoren der Kosten-Nutzen-Analyse für den Tierarzt (Szenarien)

Faktor	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
Art der Anschaffung	Kauf	Kauf	Kauf	Leasing
Nutzung des Gerätes für TU	100 %	100 %	60 %	100 %
Preisdifferenz US-RP	5 DM	6 DM	5 DM	5 DM
Anzahl TU's pro Monat	80	50	70	80

TU = Trächtigkeitsuntersuchung, US = Ultraschall, RP = Rektale Palpation

Tabelle 6: Konstante Faktoren der Kosten-Nutzen Analyse für den Tierarzt (Beispiel)

Faktor	Wert
Anschaffungspreis des Gerätes	20.000 DM
Eigenkapital	5.000 DM
Fremdkapital	15.000 DM
Zinssatz für Fremdkapital pro Jahr	5 %
Abschreibungsdauer	5 Jahre
Rücklagenbildung pro Jahr	1.000 DM
Versicherung pro Jahr	3 %
Spitzensteuersatz	45 %
Leasingvertragsdauer	4,5 Jahre
Leasingrate	30 %
zusätzlich durchgeführte TU's / Monat	10 %
Preis pro zusätzlicher TU mittels Ultraschall	20 DM

TU = Trächtigkeitsuntersuchung