



Universität
Zürich ^{UZH}



Klinik für Reproduktionsmedizin

Sonographische Trächtigkeitsuntersuchung und Bestimmung von Anzahl und Alter der Feten beim Schaf

Masterthesis
David Schmid

genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. med. vet. Fredi Janett

3. Juli 2015

ACCREDITED BY EAEVE/FVE

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	3
2 Summary	4
3 Einleitung	5
4 Material und Methoden	7
4.1 Tiere	7
4.2 Sonographische Untersuchung	7
4.3 Datenerhebung	9
4.4 Statistische Analyse	9
5 Ergebnisse	10
5.1 Datenauswahl	10
5.2 Trächtigkeitsstatus	10
5.3 Anzahl Feten	11
5.4 Schätzung der Trächtigkeitsdauer	11
6 Diskussion	13
7 Danksagung	15
8 Referenzen	16

1 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die Genauigkeit der transabdominalen Ultraschalluntersuchung zur Trächtigkeitsdiagnostik und zur Bestimmung der Anzahl sowie des Alters der Feten beim Schaf zu prüfen. Für die Untersuchungen standen 1068 Auen (Weisses Alpenschaf n=379, Schwarz-braunes Bergschaf n=189, Braunköpfiges Fleischschaf n=164, Ostfriesisches Milchschaaf n= 154, Texel n=104, Lacaune x Ostfriesisches Milchschaaf n=78) aus acht verschiedenen Herden zur Verfügung. Die sonographische Untersuchung erfolgte transabdominal in der rechten Inguinalregion am stehenden Tier mit Hilfe eines Ovi-Scan™ Ultraschallgerätes und einer mechanischen sektoriellen 3.5 MHz 170° Sonde (BCF Technology Ltd., Bellshill, Grossbritannien). Die erhobenen Befunde, Trächtigkeitsstatus (trächtig/nicht trächtig) sowie Anzahl und Alter der Feten wurden mit den Ablammergebnissen verglichen und die diagnostische Sensitivität sowie Spezifität bestimmt. Unter Annahme einer Trächtigkeitsdauer von 150 Tagen wurde die durchschnittliche Abweichung (+/- SD) des geschätzten zum effektiven Alter der Feten zum Zeitpunkt der Untersuchung berechnet. In die Analyse flossen die Daten jener Auen ein, die zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht oder zwischen 26 und 110 Tagen trächtig waren und deren Ablammdatum und Anzahl geborener Lämmer bekannt waren (n=882). Sensitivität und Spezifität betragen bei der Trächtigkeitsuntersuchung 97.8% und 97.6% (Gesamtgenauigkeit 97.8%, n=853), bei der Unterscheidung von Einlingen und Mehrlingen (Mehrlinge als positives Resultat definiert) 95.8% und 90.5% (Gesamtgenauigkeit 93.9%, n=752) sowie bei der Unterscheidung zwischen Zwillingen und Drillingen (Drillinge als positiv definiert) 86.0% und 99.5% (Gesamtgenauigkeit 98.0%, n=458). Die mittlere Abweichung des geschätzten zum effektiven Alter der Feten betrug 5.6 ± 5.0 Tage (n=781). Die Korrelation zwischen geschätztem und realem Alter der Feten war hoch ($r=0.936$, $P<0.0001$). Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit dem Ovi-Scan™ Ultraschall eine genaue und effiziente Trächtigkeitsdiagnose mit verlässlichen Schätzungen der Anzahl sowie des Alters der Feten beim Schaf möglich ist.

2 Summary

The aim of the present study was to evaluate accuracy of transabdominal ultrasonography for pregnancy diagnosis, determination of fetal number and estimation of gestational age in ewes. In total 1068 ewes of 8 different flocks (Swiss White Alpine n=379, Swiss Black-Brown Mountain n=189, Oxford-type n=164, Ostfriesian n=154, Texel n=104, Lacaune x Osfriesian crossbred n=78) were investigated using an Ovi-Scan™ ultrasound scanner with a 3.5 MHz 170° mechanical axial probe (BCF Technology Ltd., Bellshill, Great Britain). Scanning was performed transabdominally at the right inguinal region in ewes restrained in standing position. Sonographic findings were compared with lambing data recorded by the farmers. Included in the analysis were all ewes that, at the time of examination, were not pregnant and those that were pregnant between 26 and 110 days with a known lambing date and number of lambs born (n=882). The sensitivity of pregnancy diagnosis was 97.8% and the specificity 97.6% (overall accuracy 97.8%, n=853). Sensitivity and specificity for discrimination between single and multiple pregnancies was 95.8% and 90.5% (overall accuracy 93.9%, n=752), respectively, when multiples were defined as positive. Discrimination between twins and triplets reached a sensitivity of 86.0% and a specificity of 99.5% (overall accuracy 98.0%, n=458) when triplets were defined as positive. Considering a gestation period of 150 days, the mean deviation of the estimated to the effective day of gestation at examination was 5.6 ± 5.0 days (n=781). The correlation between estimated and true gestational age was high ($r=0.936$, $P<0.0001$). In conclusion highly accurate and efficient diagnosis of pregnancy with reliable estimation of fetal number and age is possible using an Ovi-Scan™ ultrasound scanner by an experienced examiner.

3 Einleitung

Seit den frühen 80er Jahren wird die Sonographie beim kleinen Wiederkäuer zur Trächtigkeitsuntersuchung, zur Diagnose physiologischer und pathologischer Zustände des Uterus sowie als Hilfsmittel in der assistierten Reproduktion eingesetzt (Fowler und Wilkins, 1983; Tainturnier et al., 1983; Ishwar, 1994; Youngquist und Threlfall, 2007; Gonzales-Bulnes et al., 2010; Scott, 2012). In klassischen Schafzuchtländern wie Australien, Neuseeland und England wird die Real-Time-Sonographie routinemässig zur Bestimmung des Trächtigkeitsstatus (trächtig/nicht trächtig) sowie der Anzahl und des Alters der Feten durchgeführt (Youngquist und Threlfall, 2007).

Der Nutzen dieser Informationen ist vielfältig. Eine frühe Trächtigkeitsdiagnose ermöglicht eine rasche Wiederbelegung oder die Schlachtung von nicht trächtigen Auen sowie von Tieren mit pathologischem Uterusinhalt (Youngquist und Threlfall, 2007; Gonzales-Bulnes et al., 2010; Aziz und Lazim, 2012; Fridlund et al., 2013) so dass der Anteil an nicht produktiven Tieren in der Herde minimiert werden kann. Die Kenntnis der Anzahl Feten ist wichtig für eine adäquate Fütterung der Aue mit einer optimalen Energiebilanz im letzten Trimester der Trächtigkeit. Dadurch kann Futter eingespart und fütterungsbedingten Krankheiten wie der Trächtigkeitstoxämie vorgebeugt werden. Des Weiteren kann durch eine der Fetenzahl angepasste Fütterung das Geburtsgewicht der Lämmer optimiert und eine genügende Kolostrumproduktion sichergestellt werden (Martin et al., 2004; Karen et al., 2006; Scott, 2012). Ist die Trächtigkeitsdauer und die Anzahl der Lämmer bekannt, wird das Management während der Ablamperperiode vereinfacht und Lämmer aus Drillingsgeburten können einfacher bei Auen mit nur einem Lamm angehängt werden (Youngquist und Threlfall, 2007; Fridlund et al., 2013). Ausserdem kann bei Milchschaften mit bekannter Trächtigkeitsdauer das Trockenstellen zum richtigen Zeitpunkt erfolgen (Ganaie et al., 2009). Zur Trächtigkeitsuntersuchung wird heute fast ausschliesslich Real-Time-Ultraschall mit linearen oder sektoriellen Sonden eingesetzt (Pugh und Baird, 2012). Die sonographische Trächtigkeitsuntersuchung kann beim Schaf entweder transrektal oder transabdominal erfolgen (Fowler und Wilkins, 1983; Buckrell et al., 1986; Youngquist und Threlfall, 2007; Romano und Christians, 2008). Die transrektale Untersuchung wird in der Regel am stehenden Tier vorgenommen (Buckrell et al., 1986; Wurst et al., 2007). Ab dem 12. Trächtigkeitstag kann die Fruchtblase als echoarmer Bereich im Uteruslumen und ab dem 19. Tag der Gravidität der Embryo mit Herzaktion dargestellt werden (Romano und Christians, 2008). Die transabdominale Trächtigkeitsuntersuchung erfolgt am liegenden oder stehenden Tier (Fowler und Wilkins, 1983). Dabei wird eine lineare oder sektorielle Sonde in der rechten Inguinalregion platziert und der Uterus durch die Bauchwand dargestellt (Haibel, 1990). Bei der transabdominalen Untersuchung kann ab dem 26. Tag der Gravidität die Amnionblase und ab dem 28.-35. Tag der Embryo dargestellt werden (Mialot et al., 1991; Ganaie et al., 2009; Pugh und Baird, 2012). Eine zuverlässige Trächtigkeitsdiagnose ist in der Regel erst ab dem 35. Tag der Gravidität möglich, da zu diesem Zeitpunkt der Embryo mit seiner Herzaktion gut zu erkennen ist und eine Verwechslung der Fruchtblase mit physiologischen oder pathologischen Flüssigkeitsansammlungen im Uterus vermieden werden kann (Gonzales-Bulnes et al., 2010). Die Bestimmung der Anzahl Feten sollte vor dem 90. Trächtigkeitstag erfolgen, da danach durch die zunehmende Grösse der Früchte und durch das Absinken des Uterus in das Abdomen die Darstellung des gesamten Uterus nicht immer möglich ist (Youngquist und Threlfall, 2007). Die optimale Zeitspanne für das Zählen der Feten liegt zwischen dem 45. und dem 90. Trächtigkeitstag (Wilkins und Fowler 1984; Haibel, 1990; Youngquist und Threlfall, 2007) und bei einer Trächtigkeitsdauer von mehr als 110 Tagen ist keine zuverlässige Aussage zur Anzahl und dem Alter der Feten möglich (Pugh und Baird, 2012).

In bedeutenden Schafzuchtländern ist die sonographische Trächtigkeitsuntersuchung ein wesentlicher Bestandteil des Herdenmanagement (Pugh und Baird, 2012; Fridlund et al., 2013). In der

Schweiz wird diese Methode beim Schaf nur selten angewandt und beschränkt sich in der Regel auf die Diagnose „trächtig“ oder „nicht trächtig“. Das Ziel der vorliegenden Studie war es deshalb, Anwendung und Genauigkeit der transabdominalen sonographischen Untersuchung unter schweizerischen Praxisbedingungen näher zu untersuchen. Dabei sollte neben dem Trächtigkeitsstatus auch die Anzahl und das Alter der Feten mit einem speziell für das Schaf entwickelten Ultraschallgerät (Ovi-Scan™, BCF Technology Ltd., Bellshill, Grossbritannien) bestimmt werden.

4 Tiere, Material und Methoden

4.1 Tiere

Für diese Studie wurden 1068 Auen in acht verschiedenen Herden (A-H) sonographisch untersucht. Herde A bestand aus 306 Auen der Rasse Weisses Alpenschaf (WAS) und neun Widdern (6 WAS, 2 Schottisch Suffolk, 1 Texel), die seit dem 11. August 2013 bis zum Zeitpunkt der Untersuchung am 12. November 2013 mit den Auen mitliefen. Herde B zählte 189 Schwarzbraune Bergschafe (SBS). Sechs Widder (1 SBS, 1 Suffolk, 1 Rouge d'Ouest, 1 Texel, 1 Spiegelschaf und 1 Charolais) waren vom 20. Juli 2013 bis zum Zeitpunkt der Untersuchung am 13. November 2013 in der Herde. Die Herde C bestand aus 164 Braunköpfigen Fleischschafen (BFS) und sechs Widder der gleichen Rasse, die vom 11. August 2013 bis zum Zeitpunkt der Untersuchung am 14. November 2013 zusammen gehalten wurden. Herde D setzte sich aus 154 Ostfriesischen Milchschaften zusammen. Zwei Widder derselben Rasse liefen vom 10. August 2013 bis zur Untersuchung am 13. November 2013 in der Herde mit. Herde E bestand aus 104 Texel Auen und vier Texel sowie einem Dorper Widder. Die Widder waren vom 1. Oktober 2013 bis zum Untersuchungszeitpunkt am 13. November 2013 in der Herde. 78 Auen der Kreuzung Lacaune x Ostfriesisches Milchschaaf aus einem grösseren Milchschaafbestand stellten die Herde F dar. Die vier Widder (Lacaune) liefen vom 1. Januar 2013 bis zum 1. Oktober 2013 in der Herde mit. Herde G bestand aus einer Gruppe von 54 Auen (WAS) aus einer grösseren Herde. Die acht Widder (2 WAS, 2 Texel, 1 BFS, 1 Charolais, 1 Suffolk und 1 Rouge d'Ouest) begleiteten die gesamte Herde seit dem 20. Juli 2013 bis zur Ultraschalluntersuchung am 13. November 2013. Herde H bestand aus 19 WAS Auen, ebenfalls aus einer grösseren Herde. Die drei Widder (WAS) liefen seit dem 27. Juni 2013 bis zur Untersuchung am 14. November 2013 mit der Herde mit. Alle Schafe wurden aus kommerziellen Gründen gehalten, wobei die Herden D und F der Milch- und die restlichen der Fleischproduktion dienten.

4.2 Sonographische Untersuchung

Die Trächtigkeitsuntersuchungen fanden alle zwischen dem 12. und 14. November 2013 im Raum Ostschweiz und im Kanton Luzern statt und wurden von einer erfahrenen Untersucherin vorgenommen. Für die Untersuchungen wurde ein Ovi-Scan™ Ultraschallgerät mit einer mechanischen sektoriellen 170° 3.5 MHz Sonde verwendet (BCF Technology Ltd., Bellshill, Grossbritannien) (Abb. 1). Ovi-Scan™ wurde speziell für den Einsatz in der Trächtigkeitsdiagnostik beim Schaf entwickelt. Das portable Gerät wiegt 5 kg und weist einen Erfassungswinkel von 170° sowie eine Eindringtiefe von maximal 31.8 cm auf. Der Schallkopf ist mit einem rotierenden Mechanismus zur Selbstreinigung ausgestattet der eine Beeinträchtigung der Bildqualität durch das Sekret der Inguinaldrüsen verhindert. Als Kontaktmittel dient lauwarmes Wasser, das über einen Druckbehälter die Sonde befeuchtet.

Für die Sonographie stand ein Untersuchungswagen zur Verfügung, der auf der linken Seite des Treibgangs platziert wurde (Abb. 2) und bei den Herden A, B, C, E und G zum Einsatz kam. Die Untersuchungen fanden an der stehend fixierten Aue statt. Die Ultraschallsonde wurde von der links neben dem Schaf im Wagen sitzenden Untersucherin zwischen den Hinterbeinen hindurch auf der rechten Seite des Abdomens an der wolllosen Stelle im Bereich der Inguinalregion kranial des Euters aufgesetzt. Die Arretierung beziehungsweise das Freilassen der Schafe erfolgte durch ein Fusspedal, das von der Untersucherin bedient wurde.



Abbildung 1: Ovi-Scan™ mit einer mechanischen sektoriellen 170° 3.5 MHz Sonde und Druckbehälter (BCF Technology Ltd., Bellshill, Grossbritannien).



Abbildung 2: Untersuchungswagen mit Treibgang, wie er für die Herden A, B, C, E und G zum Einsatz kam.

Die Schafe der Herden D und F wurden im Melkstand arretiert. Dabei handelte es sich bei der Herde D um einen Side-by-Side Melkstand und bei der Herde F um ein Melkkarussell. Beide Herden wurden von der Melkgrube aus auf gleiche Weise in der rechten Inguinalregion untersucht.

Für den Auf- und Abbau des Untersuchungswagens mit Einrichten des Treibganges, der Stromversorgung und des Ultraschallgerätes wurden je ungefähr 20 Minuten benötigt. Im Anschluss an die Untersuchung erfolgte eine gründliche Reinigung der Gerätschaften (Anhänger, Ultraschallgerät, Sonde, Stiefel etc.).

4.3 Datenerhebung

Die Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung wurden direkt vor Ort dokumentiert, die TVD-Nummer des Schafes und die Befunde zum Trächtigkeitsstatus (trächtig/nicht trächtig) sowie zur Anzahl und zum Alter der Feten protokolliert. Schafe mit negativem Trächtigkeitsstatus wurden ca. 4 Wochen später erneut untersucht. Nach der Untersuchung wurde den Bauern ein Formular mit der Auflistung der TVD-Nummern der untersuchten Tiere zugeschickt um Ablammdatum und Anzahl geborener Lämmer sowie Besonderheiten wie Aborte oder Umstehen zu dokumentieren.

4.4 Statistische Analyse

Als Grundlage für die Datenanalyse wurde eine Vierfeldertafel verwendet (Tab. 1), wie sie für die Bewertung von medizinischen Testverfahren verwendet wird (Alberg et al., 2004).

Tabelle 1: Vierfeldertafel für die Bewertung der Untersuchungsergebnisse.

Testergebnis	Trächtig	Nicht trächtig
Positives Ergebnis	Richtig positiv (a)	Falsch positiv (b)
Negatives Ergebnis	Falsch negativ (c)	Richtig negativ (d)

Für die Auswertung wurde die geschätzte Anzahl Feten mit der Anzahl der effektiv geborenen Lämmer verglichen. Tiere, die mehr als 150 Tage nach der Untersuchung nicht gelammt hatten, wurden als nicht trächtig angesehen.

Zur Bestimmung der Genauigkeit vom Trächtigkeitsstatus (Unterscheidung von nicht trächtigen und trächtigen Tieren) wurde der Test als positiv bewertet, wenn eine Trächtigkeit festgestellt werden konnte. Der Test wurde als negativ bewertet, wenn keine Anzeichen einer Trächtigkeit gefunden wurden. Basierend auf die Ablammergebnisse wurden die Resultate der Untersuchung wie folgt bewertet: a) richtig positive Diagnose (mindestens ein Lamm geboren), b) falsch positive Diagnose (kein Lamm geboren), c) falsch negative Diagnose (mindestens ein Lamm geboren) und d) richtig negative Diagnose (kein Lamm geboren).

Die Analyse der Genauigkeit bei Unterscheidung der Anzahl Feten erfolgte in zwei Schritten. Als erstes wurde die Genauigkeit für die Unterscheidung von Einlingen und Mehrlingen berechnet. Dazu wurde der Test als positiv betrachtet, wenn zwei oder drei Lämmer dargestellt werden konnten. Die Bewertung des Testes fiel negativ aus, wenn eine Einlingsträchtigkeit diagnostiziert wurde. Ausgehend von der dokumentierten Anzahl geborener Lämmer wurden die Resultate wie folgt bewertet: a) richtig positive Diagnose (zwei oder drei Lämmer geboren), b) falsch positive Diagnose

(ein Lamm geboren), c) falsch negative Diagnose (zwei oder drei Lämmer geboren) und d) richtig negative Diagnose (ein Lamm geboren). Im zweiten Schritt wurde die Genauigkeit bei der Unterscheidung von Zwillingen und Drillingen berechnet. Dafür wurde das Testergebnis als positiv betrachtet, wenn die Diagnose einer Drillingsträchtigkeit gestellt wurde. Das Darstellen von Zwillingen wurde als negatives Testresultat gewertet. Anhand der Ablammdatens wurden die Befunde wie folgend bewertet: a) richtig positive Diagnose (drei Lämmer geboren), b) falsch positive Diagnose (zwei Lämmer geboren), c) falsch negative Diagnose (drei Lämmer geboren) und d) richtig negative Diagnose (zwei Lämmer geboren).

Basierend auf die Bewertung der Untersuchungsergebnisse wurde die Sensitivität $a/(a+c) \times 100$, die Spezifität $d/(d+b) \times 100$, der positive prädiktive Wert $a/(a+b) \times 100$, der negative prädiktive Wert $c/(c+d) \times 100$ und die Gesamtgenauigkeit $(a+c)/(a+b+c+d) \times 100$ für die Bestimmung des Trächtigkeitsstatus sowie für die Unterscheidung Einlinge/Mehrlinge bzw. Zwillingen/Drillingen berechnet (Alberg et al, 2004).

Zur Berechnung der Abweichung der geschätzten von effektiven Trächtigkeitsdauer wurde eine Trächtigkeitsdauer von 150 Tagen angenommen (Fleisch et al., 2012). Anhand des Ablammdatens wurde die effektive Trächtigkeitdauer zum Zeitpunkt der Untersuchung berechnet (150 Tage minus die Summe der Anzahl Tage vom Datum der Untersuchung bis zum Datum der Ablammung) und mit der geschätzten Trächtigkeitdauer verglichen. Die mittlere Abweichung und die Standardabweichung wurden anhand des absoluten Wertes der Differenz dieser zwei Werte berechnet. Die Korrelation von geschätzter und effektiver Trächtigkeitdauer wurde mit einer Regressionsgeraden dargestellt und der Korrelationskoeffizient bestimmt. Für die Datenauswertung wurden die Programme Excel 14.2.0 (Microsoft Corp., Microsoft Excel für Macintosh, Redmont, USA), SPSS 22.0 (IBM Corp., IBM SPSS Statistik für Macintosh, Armonk, USA) und Statview 5.0 (SAS Institut, Wangen, Schweiz) verwendet.

5 Ergebnisse

5.1 Datenauswahl

Von den insgesamt 1068 untersuchten Schafen mussten 186 aus den folgenden Gründen komplett von der Auswertung ausgeschlossen werden: Schafe mit fehlenden Ablammdatens (Ablammdatens und Anzahl geborener Lämmer, $n=96$), geschlachtete oder umgestandene Tiere ($n=13$), Auen, die abortiert hatten ($n=10$) und solche, die zum Zeitpunkt der Untersuchung weniger als 26 Tage ($n=27$) oder mehr als 110 Tage ($n=40$) trüchtig waren. Für die Beurteilung des Trüchtigkeitsstatus und für die Unterscheidung Einlinge/Mehrlinge bzw. Zwillinge/Drillingen wurden weitere 29 Tiere, bei denen die Feten nicht sonographisch dargestellt werden konnten (frühes Trüchtigkeitsstadium), für die Auswertung nicht berücksichtigt. Die Berechnung der Abweichung von geschätzter zur effektiven Trüchtigkeitsdauer erfolgte nach Ausschluss der Auen mit korrekt negativem ($n=84$) und falsch negativem Befund des Trüchtigkeitsstatus ($n=17$).

5.2 Trüchtigkeitsstatus

Für die Bestimmung der Genauigkeit des Trüchtigkeitsstatus flossen die Daten von 853 Tieren in die Berechnung ein. 769 (90.2%) trüchtige Auen mit bekannter Lämmerzahl brachten ein, zwei oder drei Lämmer zur Welt, die restlichen 84 (9.8%) Auen waren nicht trüchtig. 752 (97.8%) der trüchtigen Auen

wurden richtig positiv diagnostiziert und 17 (2.2%) falsch negativ (davon gebaren neun Auen ein einzelnes Lamm und acht Auen Zwillinge). Von den nicht trächtigen Auen wurden 82 (97.6%) richtig negativ und zwei (2.4%) Auen falsch positiv beurteilt. Ausgehend von diesen Zahlen ergibt sich eine Sensitivität von 97.8%, eine Spezifität von 97.6%, ein positiver prädiktiver Wert (PPV) von 99.7%, ein negativer prädiktiver Wert (NPV) von 82.8% und eine Gesamtgenauigkeit von 97.8% (Tab. 2).

Tabelle 2: Sensitivität, Spezifität, positiver (PPV) und negativer (NPV) prädiktiver Wert sowie Gesamtgenauigkeit bei der Differenzierung der einzelnen Trächtigkeitsgruppen.

Trächtigkeitsgruppe	Sensitivität (%)	Spezifität (%)	PPV (%)	NPV (%)	Gesamtgenauigkeit (%)
Nicht trächtig/trächtig (n=853)	97.8	97.6	99.7	82.8	97.8
Einling/Mehrlinge (n=752)	95.8	90.5	94.6	92.5	93.9
Zwillinge/Drillinge (n=458)	86.0	99.5	95.6	98.3	98.0

5.3 Anzahl Feten

Die Bestimmung der Genauigkeit bei der Unterscheidung von Einlingen und Mehrlingen erfolgte mit dem Datensatz von 752 untersuchten Schafen, die mindestens ein Lamm zur Welt gebracht haben. Davon gebaren 274 (36.4%) Auen ein Lamm und 478 (63.6%) Mehrlinge (426 Zwillinge, 52 Drillinge). Von den Auen, die nur ein Lamm zur Welt brachten, waren 248 (90.5%) Befunde richtig negativ und 26 (9.5%) falsch positiv. Bei den Auen, die Mehrlinge zur Welt brachten sind 458 (95.8%) richtig positiv diagnostiziert worden und bei 20 (4.2%) Auen war das Testresultat falsch negativ. Dies ergibt für die Unterscheidung von Einlings-/Mehrlingsträchtigkeit eine Sensitivität von 95.8%, eine Spezifität von 90.5%, ein PPV von 94.6%, ein NPV von 92.5% und eine Gesamtgenauigkeit von 93.9% (Tab. 2).

Die Genauigkeit bei der Unterscheidung von Zwilling- und Drillingsträchtigkeiten wurde anhand der Untersuchungs- und Ablammdaten von 458 Schafen, die zwei oder drei Lämmer gebaren errechnet. Davon waren 408 (89.1%) Zwilling- und 50 (10.9%) Drillingsgeburten. Die Zwillinggeburten wurden in 406 (99.5%) Fällen richtig negativ erkannt, in zwei (0.5%) Fällen wurde eine falsch negative Diagnose gestellt. Bei den Drillingsgeburten wurde die Anzahl der Lämmer 43 (86.0%) Mal korrekt erkannt und sieben (14.0%) der gestellten Diagnosen waren falsch negativ. Die Sensitivität beträgt daher 86.0%, die Spezifität 99.5%, der PPV 95.6%, der NPV 98.3% und die Gesamtgenauigkeit 98.0% (Tab. 2).

Werden alle trächtigen Auen in Abhängigkeit von der Trächtigkeitsdauer in drei Gruppen, 26-44, 45-90 und 91-110 Tagen eingeteilt, ergeben sich für diese Gruppen 77.0% (n=52), 95.1% (n=590) und 87.3% (n=110) korrekte Bestimmungen der Anzahl Feten.

5.4 Schätzung der Trächtigkeitsdauer

Bei 781 Tieren mit bekanntem Ablammdatum wurde die durchschnittliche Abweichung ($m \pm SD$) der geschätzten zur effektiven Trächtigkeitsdauer zum Zeitpunkt der Untersuchung berechnet. Sie betrug

5.6±5.0 Tage (Tab. 3). In 134 Fällen wurde die Trächtigkeitsdauer überschätzt, in 40 Fällen wurde eine auf den Tag genaue Diagnose gestellt und in 607 Fällen wurde die Trächtigkeitsdauer unterschätzt. Von den 134 Tieren, bei denen die Trächtigkeitsdauer überschätzt wurde bewegte sich die Abweichung in sieben Fällen im Bereich von 21-30 Tagen, in acht Fällen im Bereich von 11-20 Tagen und in 119 Fällen zwischen einem und zehn Tagen. Bei den 607 Auen mit unterschätzter Trächtigkeitsdauer lag die Abweichung in vier Fällen bei > 30 Tagen, in vier Fällen zwischen 21 und 30 Tagen, 57 Mal zwischen 11-20 Tagen und 542 Mal zwischen einem und zehn Tagen. Die Korrelation zwischen geschätzter und effektiver Trächtigkeitsdauer war hoch ($r=0.936$, $P<0.0001$ ($n=781$)) (Abb. 3).

Tabelle 3: Durchschnittliche Abweichung ($m\pm SD$) in Tagen aufgeteilt nach Trächtigkeitsstadium.

	Tag 26-44 (n=82)	Tag 45-90 (n=587)	Tag 91-110 (n=112)	Ø Tag 26-110 (n=781)
Abweichung (d)	4.0±4.9	5.2±4.4	8.9±6.4	5.6±5.0

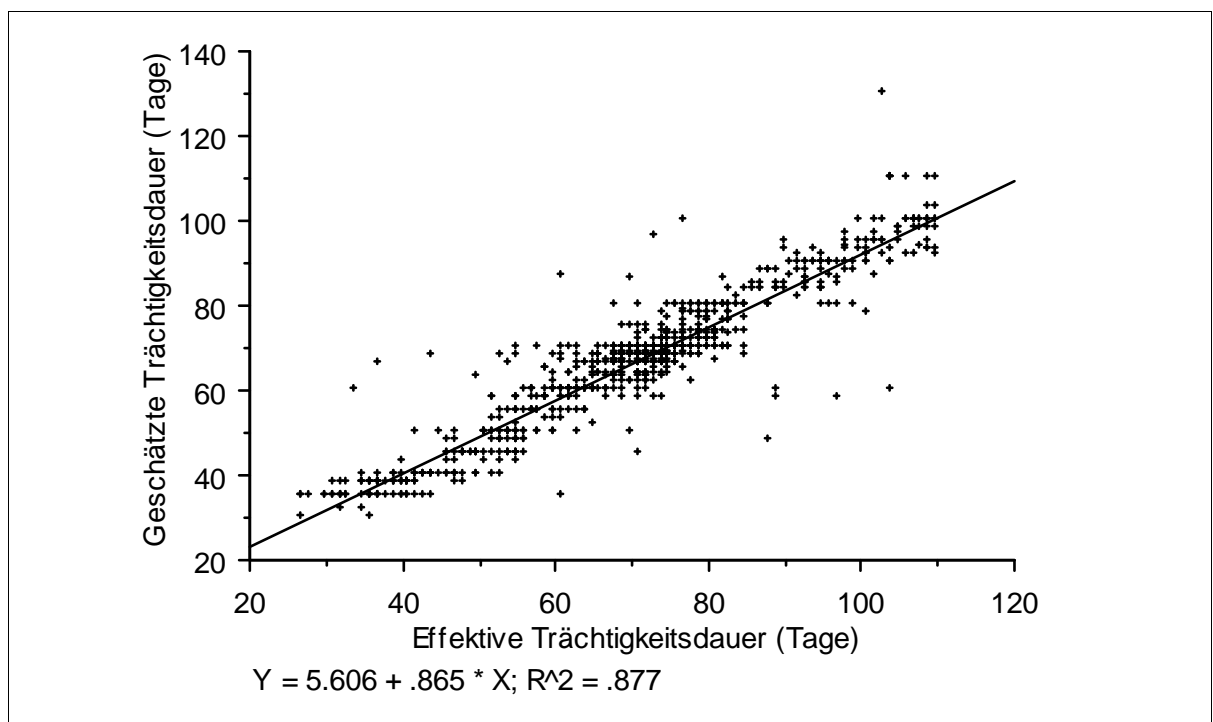


Abbildung 3: Korrelation von geschätzter zu effektiver Trächtigkeitsdauer ($n=781$, $r=0.936$, $P=0.0001$).

6 Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass eine zuverlässige Bestimmung von Trächtigkeitsstatus und Anzahl sowie Alter der Feten beim Schaf unter Praxisbedingungen möglich ist.

Die Genauigkeit der Trächtigkeitsuntersuchung hängt von verschiedenen Faktoren ab. Es ist bekannt, dass die Trächtigkeitsdauer, die Anzahl Feten, der Untersucher sowie das verwendete Ultraschallgerät die Untersuchungsergebnisse signifikant beeinflussen kann (Haibel, 1990; Fridlund et al., 2013). Für die Bestimmung des Trächtigkeitsstatus war der positive prädiktive Wert sehr hoch (99.7 %), der negative prädiktive Wert jedoch deutlich geringer (82.8%) was wohl auf Schwierigkeiten bei der Erkennung von Frühgraviditäten zurückzuführen ist (Wilkins und Fowler 1984; Haibel, 1990; Youngquist und Threlfall, 2007; Gonzales-Bulnes et al., 2010). Der Einfluss der Trächtigkeitsdauer auf die Genauigkeit der Diagnose wird vor allem bei der Bestimmung der Anzahl Feten deutlich. Im mittleren Drittel der Trächtigkeit war wie aus früheren Untersuchungen bekannt (Fowler und Wilkins, 1984; Haibel, 1990; Fridlund et al., 2013), die Schätzung der Anzahl Feten am verlässlichsten. Auch bei der Bestimmung des Alters der Feten war die Trächtigkeitsdauer entscheidend für die Genauigkeit der Schätzung. Die durchschnittliche Abweichung des geschätzten zum effektiven Alter der Feten war im letzten Drittel der Trächtigkeit doppelt so hoch wie im ersten und zweiten Drittel. Grund dafür ist vermutlich das bei fortgeschrittener Trächtigkeit ausgeprägtere individuelle Wachstum der Feten (Gonzales-Bulnes et al., 2010).

Neben der Trächtigkeitsdauer beeinflusst auch die Anzahl der geborenen Lämmer die Genauigkeit der Schätzung der Anzahl Feten. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt (Fowler und Wilkins, 1984; Haibel, 1990; Fridlund et al, 2013), dass die Genauigkeit beim Zählen der Feten bei Einlingen am grössten ist und mit zunehmender Anzahl der Feten geringer wird. In der vorliegenden Studie waren 93.1% der Zwillingsträchtigkeiten korrekt diagnostiziert, bei den Einlingsträchtigkeiten waren es 91.9% und bei Drillingsträchtigkeiten 89.6%. Die hohe Genauigkeit der Schätzung von Mehrlingen, bei denen die Übersicht im Abdomen deutlich schlechter als bei Einlingen ist, spricht für das verwendete Ultraschallgerät. Die Wahl des Ultraschallgerätes hat massgeblichen Einfluss auf die Aussagekraft der gestellten Diagnose. Karen et al. (2006) verwendeten in ihrer Studie ein Ultraschallgerät mit einer 3.5 MHz Linearsonde und erzielten bei der Unterscheidung von Ein- und Mehrlingen eine Spezifität von 78.6%, eine Sensitivität von 54% und eine Gesamtgenauigkeit von 69% wenn die Auen zwischen dem 43. und 56. Trächtigkeitstag untersucht wurden, bzw. eine Spezifität von 78.4%, eine Sensitivität von 60.0% und eine Gesamtgenauigkeit von 71.6% wenn die Untersuchung zwischen dem 76. und 87. Trächtigkeitstag stattfand. Im Vergleich dazu wurden in der vorliegenden Studie bei der Unterscheidung von Ein- und Mehrlingen eine Sensitivität von 95.8%, eine Spezifität von 90.5% und eine Gesamtgenauigkeit von 93.9% erreicht. Die hohe Zuverlässigkeit bei der Bestimmung der Anzahl Feten ist, neben der Erfahrung der Untersucherin, hauptsächlich auf das verwendete Ovi-Scan™ Ultraschallgerät mit sektorieller 3.5 MHz 170° Sonde zurückzuführen. Der Erfassungswinkel von 170° sowie die Eindringtiefe von mehr als 30 cm erlauben es mehrere Feten in einem Bild darzustellen was die Genauigkeit der Diagnose entscheidend erhöht.

Die Zahl der Schafe die pro Stunde untersucht wurden lag bei 60 bis 150 Auen. Dabei beeinflusste die verfügbare Infrastruktur den benötigten Zeitaufwand massgebend. So war der Zeitaufwand für die Untersuchung eine Schafes im Melkstand deutlich grösser als dies mit Hilfe von Treibgang und Untersuchungswagen der Fall war. Auch hat die Untersuchung von kleinen Herden verhältnismässig mehr Zeit in Anspruch genommen. Nach Aussagen der Untersucherin können unter optimalen Arbeitsbedingungen bei grossen Herden von 1000 und mehr Tieren bis zu 300 Auen pro Stunde untersucht werden.

Die Voraussetzungen die erfüllt sein müssen, dass sich die sonographische Bestimmung der Trächtigkeit beim Schaf in der Praxis lohnt, sind vielfältig. Der Schafhalter erwartet eine bessere Fruchtbarkeit und Wirtschaftlichkeit seiner Herde bei vertretbarem Aufwand. Aus der Sicht des Untersuchers soll eine kompetente und zuverlässige Dienstleistung mit einer angemessenen Entschädigung für die Arbeit, das Wissen und die Erfahrung möglich sein. Damit die Erwartungen erfüllt werden können, sind einige Faktoren zu berücksichtigen. Vor allem muss die Schafherde eine gewisse Grösse aufweisen. Für den Halter lohnen sich Trächtigkeitsuntersuchung und Umsetzung der verschiedenen Massnahmen, wie Gruppeneinteilungen und Anpassung der Fütterung in Abhängigkeit von Trächtigkeitsdauer und Anzahl der Feten arbeitstechnisch und finanziell nur, wenn die erzielte Kostenreduktion den Aufwand übersteigt. Ähnlich geht es dem Untersucher, ist die Herde zu klein, ist der Aufwand für die Anfahrt bzw. Rückfahrt und das Einrichten verhältnismässig gross und lohnt sich kaum. Um eine möglichst hohe Aussagekraft der Untersuchung zu gewährleisten muss diese ausserdem zum richtigen Zeitpunkt nach der Belegung erfolgen. Werden die Schafe relativ früh oder spät während der Trächtigkeit untersucht, d. h. vor dem 35. oder nach dem 90. Trächtigkeitstag, ist die Diagnose vor allem in Bezug auf die Anzahl Feten häufig ungenau. Der optimale Zeitpunkt für die Untersuchung liegt zwischen dem 45. und 90. Trächtigkeitstag, da in diesem Zeitraum die Feten am zuverlässigsten dargestellt und die erhobenen Befunde zielgerichtet in Massnahmen umgesetzt werden können. Damit diese überhaupt umsetzbar sind, müssen bauliche und haltungsbedingte Voraussetzungen erfüllt sein, die es erlauben die Herde in verschiedene Gruppen aufzuteilen und unterschiedlich zu füttern. Des Weiteren ist eine gute Motivation des Schafhalters unabdingbar. Als letzten Punkt ist die Kompetenz des Untersuchers zu nennen, nur wenn dieser das nötige Können sowie die Erfahrung mitbringt und ein geeignetes Ultraschallgerät vorhanden ist, zahlt sich die Untersuchung für ihn und für den Schafhalter aus.

Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die sonographische Trächtigkeitsuntersuchung und Bestimmung der Anzahl und des Alters der Feten zuverlässig und effizient auf Herdenbasis durchgeführt werden kann. Voraussetzungen dafür sind die Kompetenz des Untersuchers, die Verwendung eines geeigneten Ultraschallgerätes und die Wahl des richtigen Zeitpunktes für die Untersuchung.

7 Danksagung

Wir danken den Schafhaltern, Mario Heller, Thomas Käser, David Strässle, Markus Kobler, Daniel Metz, Urs Maier, Markus Büchel und Martin Hofstetter, welche sich bereit erklärt haben für diese Untersuchung einen Mehraufwand zu betreiben und damit die Studie ermöglicht haben. Ein besonderer Dank gilt Gillian Tustain für die kompetente Durchführung und Andreas Schiess für die Organisation der Ultraschalluntersuchungen.

8 Referenzen

- Alberg, A.A., Wan Park, J., Hager, B.W., Brock, M.V. The use of „overall accuracy“ to evaluate the validity of screening or diagnostic tests. *J. Gen. Intern. Med.* 2004, 19: 460-465.
- Aziz, D.M., Lazim, E.H. Transabdominal ultrasonography in standing position for pregnancy diagnosis in Awassi ewes. *Small Rum. Res.* 2012, 10: 131-135.
- Bazer F., Cunningham W., Marsh D. Pregnancy diagnosis. In: *Current Therapy in Theriogenology*. Eds. R.S., Youngquist, W.R. Threlfall, Saunders Elsevier, St. Louis, Missouri, 2007, 661-665.
- BCF Technology Ltd., Bellshill, Grossbritannien, 2014, Ovi-Scan™.
<http://www.international.bcftechnology.com/products/ovi-scan>.
- Buckrell, B.C., Bonnett, B.N., Johnson, W.H. The use of realtime ultrasound rectally for early pregnancy diagnosis in sheep. *Theriogenology* 1986, 25: 665-673.
- Edmondson M.A., Roberts J.F., Baird N., Bychawski S., Pugh D.G. *Theriogenology of Sheep and Goats*. In: *Sheep and Goat Medicine*, 2nd Edition. Eds. Pugh, D.G., Baird, N. Saunders Elsevier, St. Louis, Missouri, 2012, 188-191.
- Fleisch, A., Werne, S., Heckendorn, F., Hartnack, S., Piechotta, M., Bollwein, H., Thun, R., Janett, F. Comparison of 6-day progestagen treatment with Chronogest® CR and Eazi-breed™ CIDR® G intravaginal inserts for estrus synchronization in cyclic ewes. *Small Rum. Res.* 2012, 107: 141-146.
- Fowler, D.G., Wilkins, J.F. Diagnosis of pregnancy and number of foetuses in sheep by real time ultrasonic imaging. I. Effects of number of foetuses, stage of gestation, operator and breed of ewe on accuracy of diagnosis. *Livest. Prod. Sci.* 1983, 11: 437-450.
- Fridlund, C., Humblot, P., Båge, R., Söderquist, L. Factors affecting the accuracy of pregnancy scanning in ewes. *Vet. Rec.* 2013, 173: 1-5.
- Ganaie, B.A., Khan, M.Z., Islam, R., Makhdoomi, D.M., Qureshi, S., Wani, G.M. Evaluation of different techniques for pregnancy diagnosis in sheep. *Small Rum. Res.* 2009, 85: 135-141.
- Gonzales-Bulnes, A., Pallares, P., Vazquez, M.I. Ultrasonographic imaging in small ruminant reproduction. *Reprod. Dom. Anim.* 2010, 45 (Suppl. 2): 9-20.
- Haibel, G.K. Use of ultrasonography in reproductive management of sheep and goat herds. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 1990, 6: 597-613.
- Ishwar, A.K. Pregnancy diagnosis in sheep and goats: a review. *Small Rum. Res.* 1994, 17, 37-44.
- Karen, A., Amiri, B.E., Beckers, J.F., Sulon, J., Taverne, M.A., Szenci, O. Comparison of accuracy of transabdominal ultrasonography, progesterone and pregnancy-associated glycoproteins tests for discrimination between single and multiple pregnancy in sheep. *Theriogenology* 2006, 66: 314-322.
- Martin, G.B., Milton, J.T., Davidson, R.H., Banchemo Hunzicker, G.E., Lindsay, D.R., Blache, D. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Anim. Reprod. Sci.* 2004, 82-83: 231-246.
- Mialot J.P., Levy, I., Emery, P. Echographie et gestion des troupeaux caprins. *Rec. Méd. Vét.* 1991, 168: 399-406.
- Romano, J.E., Christians, C.J. Early pregnancy diagnosis by transrectal ultrasonography in ewes. *Small Rum. Res.* 2008, 77: 51-57.

Scott, P.R. Applications of diagnostic ultrasonography in small ruminant reproductive management. *Anim. Reprod. Sci.* 2012, 130: 184-186.

Tainturnier, D., Lijour, L., Chaari, M., Sardjana, K.W., Denis, B. Diagnostic de la gestation chez la brebis par échotomographie. *Rec. Méd. Vét.* 1983, 134: 597-599.

Wurst, A.K., Dixon, A.B., Inskoop, E.K. Lack of effect of transrectal ultrasonography with restraint on lambing rate and prolificacy in ewes. *Theriogenology* 2007, 68: 1012-1016.