

Tierärztliche Hochschule Hannover

**Einfluss des Zugmodus auf die Zugdauer und -
kräfte bei der manuellen Extraktion von Kälbern *in*
*vivo***

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades einer
Doktorin der Veterinärmedizin
- Doctor medicinae veterinariae -
(Dr. med. vet.)

vorgelegt von
Sarah Schmidt
Hanau

Hannover 2023

Wissenschaftliche Betreuung:

PD Dr. med. vet. Maike Heppelmann
Klinik für Rinder

1. Gutachterin:

PD Dr. med. vet. Maike Heppelmann

2. Gutachter:

Prof. Dr. Harald Sieme

Tag der mündlichen Prüfung:

16.05.2023

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	LITERATUR	3
2.1.	DIE PHYSIOLOGISCHE GEBURT	3
2.1.1.	ÖFFNUNGSSTADIUM	4
2.1.2.	AUFWEITUNGSSTADIUM	6
2.1.3.	AUSTREIBUNGSSTADIUM	8
2.1.4.	NACHGEBURTSSTADIUM	9
2.2.	DER GEBURTSWEG	9
2.2.1.	DER KNÖCHERNE GEBURTSWEG	10
2.2.2.	DER WEICHE GEBURTSWEG	10
2.3.	GEBURTSRELEVANTE STRUKTUREN	11
2.3.1.	GEBURTSRELEVANTE STRUKTUREN BEIM MUTTERTIER	11
2.3.2.	GEBURTSRELEVANTE STRUKTUREN BEIM KALB	15
2.4.	DIE GEBURTSMECHANIK	18
2.5.	AUSZUG	20
2.5.1.	ZUGMODUS FÜR DEN AUSZUG	23
2.5.1.1.	DER GLEICHZEITIGE AUSZUG	25
2.5.1.2.	DER ALTERNIERENDE AUSZUG	26
2.6.	STUDIEN ZUR ZUGKRAFTMESSUNG BEI DER EXTRAKTION EINES KALBES	27
2.6.1.	BOECKER (1982)	28
2.6.2.	BECKER (2008)	29
2.6.3.	PADBERG (1993)	30
2.6.4.	LANGE ET AL. (2019)	32
2.6.5.	PEARSON ET AL. (2020)	33
3	MATERIAL UND METHODEN	35
3.1	VERSUCHSTIERE	35
3.1.1	HALTUNG	35
3.1.2	FÜTTERUNG	38
3.1.3.	FRUCHTBARKEITSMANAGEMENT	38
3.2	STUDIENDESIGN	38
3.3	DAS MESSSYSTEM	40
3.4	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN	42
3.4.1	DIE AUSZUGSMODI	42
3.4.2	DATENERFASSUNG	43
3.5	UNTERSUCHUNG DES MUTTERTIERES	43

3.6	UNTERSUCHUNG DES KALBES	44
3.7	AUSWERTUNG DER DATEN.....	46
3.8	STATISTISCHE AUSWERTUNG.....	49
3.8.1	<i>KÜHE UND KÄLBER</i>	49
3.8.3	<i>AUSZUG</i>	50
4	ERGEBNISSE	52
4.1	ANZAHL DER VERSUCHSTIERE	52
4.2	KÜHE.....	53
4.2.1	<i>ALTER UND RASSE</i>	53
4.2.2	<i>REPRODUKTIONSDATEN</i>	53
4.2.3	<i>BODYCONDITIONSCORE (BCS) UND BECKENMAßE</i>	56
4.2.4	<i>BEFUNDE WÄHREND GEBURT</i>	58
4.2.5	<i>NACHGEBURTSVERHALTUNGEN UND VERLETZUNGEN DER MUTTERTIERE</i>	60
4.3	KÄLBER	62
4.3.1	<i>RASSE UND GESCHLECHT</i>	62
4.3.2	<i>KÖRPERMASSE</i>	63
4.3.3	<i>VITALITÄT UND SONSTIGE ABWEICHENDE BEFUNDE</i>	66
4.4	AUSZUG	67
4.4.1	<i>DAUER</i>	67
4.4.2	<i>ABSCHNITTE</i>	69
4.4.3	<i>ZUGKRÄFTE</i>	75
5	DISKUSSION	81
5.1	VERSUCHSDESIGN	81
5.2	KÜHE.....	83
5.2.1	<i>ALTER UND RASSE</i>	83
5.2.2	<i>REPRODUKTIONSDATEN</i>	83
5.2.3	<i>BCS UND BECKENMASSE</i>	85
5.2.4	<i>BEFUNDE WÄHREND DER GEBURT</i>	88
5.2.5	<i>NACHGEBURTSVERHALTUNG UND VERLETZUNGEN DER MUTTERTIERE</i>	89
5.3	KÄLBER.....	90
5.3.1	<i>RASSE UND GESCHLECHT</i>	90
5.3.2	<i>KÖRPERMASSE</i>	91
5.3.3	<i>VITALITÄT</i>	93
5.4	AUSZUG.....	94
5.4.1	<i>DAUER UND ABSCHNITTE</i>	94
5.4.2	<i>ZUGKRÄFTE</i>	98

5.5	SCHLUSSFOLGERUNG	103
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	104
7	SUMMARY	107
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	110
9	ANHANG.....	128
9.1	KRAFTZEITKURVEN	128
9.1.1	<i>KRAFTZEITKURVE EINES GLEICHZEITIGEN AUSZUGES.....</i>	<i>128</i>
9.1.2	<i>KRAFTZEITKURVE EINES ALTERNIERENDEN AUSZUGES.....</i>	<i>129</i>
9.1.3	<i>KRAFTZEITKURVE EINES EINSEITIGEN AUSZUGES.....</i>	<i>130</i>
9.2	VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN	131
9.3	VERÖFFENTLICHUNGEN	133

1. Einleitung

Die Häufigkeit von Schweregeburten in Milchviehbetrieben mit Rindern schwankt weltweit zwischen 2 und 7% mit zunehmender Inzidenz (Mee, 2008). Je nach Schweregrad der Dystokie ist eine Geburtshilfe notwendig. In Studien, die die Beziehung zwischen Schweregeburten und der Kälbergesundheit sowie -sterblichkeit untersuchten, wurde bei 36,5 % (Lombard et al., 2007) bz 61,8 % (Tomaskovic et al., 1997) der Rinder Geburtshilfe geleistet. Falsch angewendete Geburtshilfe hat vermehrtes Auftreten von Geburtsverletzungen und Nachgeburtsverhaltungen sowie eine erhöhte Totgeburtenrate zur Folge (Kovács et al., 2016). Bei bis zu 40 % der von Tierärzten durchgeführten Geburtshilfe traten Rippenfrakturen und bis zu 10% Frakturen der Wirbel bei Kälbern auf (Mee, 2004). Kälber, die per Zughilfe geboren wurden, wiesen außerdem postnatal eine höhere Erkrankungs- und Sterblichkeitsrate im Vergleich zu spontan geborenen Kälbern auf (Zaremba, Gutebrock und Ahlers, 1995).

Es gibt kontroverse Empfehlungen bezüglich des Vorgehens bei der Durchführung von Auszügen. Einige Autoren empfehlen den gleichzeitigen Auszug (Busch und Schulz, 1993; Mee, 2004; Rüsse, 1982) während andere den alternierenden Zug an den Vordergliedmaßen des Kalbes als Methode der Wahl beschreiben (Benesch, 1960; Grunert und Andresen, 1996c; Norman and Youngquist, 2007). Bisher wurden hierzu nur *in-vitro* Studien durchgeführt, die ebenfalls divergierende Ergebnisse zeigen (Becker, 2008; Boecker, 1982). Während Boecker (1982) bei gleichzeitigem Zug an den Vordergliedmaßen geringere Zugkräfte sowohl für den Auszug des Kopfes als auch für die Schultern des Kalbes im Vergleich zum alternierenden Zug beobachtete, konnte Becker (2008) geringere maximale Zugkräfte an einer sowie an beiden Gliedmaßen bei wechselseitigem Zug im Vergleich zum gleichzeitigem Auszug bis zum vollständigen Austreten des Kopfes aus dem knöchernen Becken messen. Weiterhin gibt es Zugkraftstudien, die die Zugkraft *in vivo* erheben, aber keine Zugmodi miteinander vergleichen. Bei zwei dieser Studien wurde der Auszug mit Hilfe eines mechanischen Geburtshelfers durchgeführt (Lange et al., 2019; Padberg, 1993). Bei der anderen Untersuchung wird die Zughilfe bei Fleischrindern sowohl manuell als auch mechanisch durchgeführt (Pearson et al., 2020).

EINLEITUNG

Ziel dieser Studie war es daher, die Zugkraft bei verschiedenen Auszugsmodi während der manuellen Extraktion von Holstein Friesian Kälbern *in vivo* zu untersuchen und zu vergleichen.

2. Literatur

2.1. Die physiologische Geburt

Die Geburt umfasst verschiedene physiologische Abläufe (Roberts, 1956a). In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben, welche Ereignisse zu diesen Abläufen gezählt werden. Einige Autoren definieren den Begriff „Geburt“ als die Austreibung einer oder mehrere Früchte einschließlich der Fruchthüllen sowie der Fruchtwässer (Franck und Albrecht, 1922; Schulz, 1993a; Sloss und Duffy, 1980b). Andere erweitern diese Definition und beziehen zusätzlich die Involution des Uterus (Roberts, 1986) bz den gesamten Geburtsweg, die Geburtskräfte und die Position des Fetus (Grunert, 1993; Noakes und Taverne, 2009) in ihre Begriffsbestimmung mit ein. Eine Geburt ist physiologisch oder regelrecht, wenn die Wehen und die Bauchpresse ausreichen, um ein normal großes, richtig liegendes Neugeborenes und die fetalen Membranen durch ein ausreichend dimensioniertes mütterliches Becken und einen erweiterten weichen Geburtsweg auszutreiben (Grunert, 1993; Noakes und Taverne, 2009). Die Austreibung der Frucht und der umgebenden Hüllen erfolgt bei einer physiologischen Geburt ohne negative Folgen für das Muttertier sowie für das Neugeborene (Grunert, 1993; Sloss und Duffy, 1980b).

Obwohl die Autoren den Begriff der Geburt unterschiedlich definieren, beschreiben sie die Geburt einheitlich als einen kontinuierlichen Prozess (Roberts, 1956; Baier und Berchthold, 1984; Jackson, 2004; Norman und Youngquist, 2007; Noakes und Taverne, 2009). Dabei gehen die Vorgänge, die den Partus umfassen, kaum merklich ineinander über (Sloss und Duffy, 1980b; Baier und Berchthold, 1984). Diese Kontinuität und der fließende Übergang der einzelnen Phasen ineinander erschweren eine klare Abgrenzung zwischen den Stadien der Geburt (Jackson, 2004). Eine Gliederung der Geburt in unterschiedliche Stadien stellt eine willkürliche Unterteilung des Geburtsprozesses dar (Sloss und Duffy, 1980b). Trotzdem erscheint es aus klinischer Sicht sinnvoll, eine solche Einteilung vorzunehmen (Grunert, 1993), da dem Geburtshelfer die Schwerpunkte seiner Kontrolltätigkeit deutlich gemacht werden sollen (Schulz, 2010a, 2010b).

Die Mehrheit der Autoren unterteilt die Geburt in drei Stadien: das Öffnungs-, das Austreibungs- und das Nachgeburtsstadium (Roberts, 1956; Baier und Berchthold, 1984; Naaktgeboren und Slijper, 1970; Grunert, 1993; Bostedt, 2003; Jackson, 2004;

Norman und Youngquist, 2007; Noakes und Taverne, 2009; Schulz, 2010a). Andere gliedern den Geburtsablauf in Eröffnungs-, Aufweitungs- und Austreibungsphase (Baier und Berchthold, 1984; Schulz, Brabant, und Erices, 1990a; Walther und Marx, 1957), um die Bedeutsamkeit der Aufweitungsphase, in der der Hymenalring und die Schamspalte geweitet werden, für den Verlauf der Geburt zu betonen (Walther und Marx, 1957).

Aus den unterschiedlichen Einteilungen resultieren divergierende Angaben über die Dauer der einzelnen Phasen der Geburt (Benesch, 1957a; Walther und Marx, 1957; Naaktgeboren und Slijper, 1970; Sloss und Duffy, 1980b; Baier und Berchthold, 1984; Marx, Grunert und Bauer, 1987; Grunert, 1993; Grunert und Andresen, 1996b; Bostedt, 2003; Jackson, 2004; Norman und Youngquist, 2007; Schulz, 2010a). Die Dauer des Partus wird außerdem von individuellen Faktoren wie der Anzahl der vorangegangenen Geburten, der Größe und dem Gewicht der Frucht sowie dem Zustand des Muttertieres zum Zeitpunkt der Geburt beeinflusst (Naaktgeboren und Slijper, 1970).

2.1.1. Öffnungsstadium

Der Partus beginnt mit dem Öffnungsstadium (Baier und Berchthold, 1984; Bostedt, 2003; Grunert, 1993; Jackson, 2004; Noakes und Taverne, 2009; Norman und Youngquist, 2007). Während dieses Stadiums vollziehen sich die Öffnung und Erweiterung der Zervix, die Formierung des Geburtsweges sowie die Positionierung des Kalbes in die geburtsvorbereitende Lage (Bostedt, 2003; Grunert, 1993). Da diese physiologischen Vorgänge von außen kaum bzw. nicht erkennbar sind, kann der Beginn dieses Abschnittes nur schwer bestimmt werden (Rüsse, 1987a). Die anfänglich schwachen Uteruskontraktionen, die sich nach und nach steigern, kennzeichnen den Anfang des Öffnungsstadiums (Baier und Berchthold, 1984). Der Zugschmerz, der durch die Wehentätigkeit verursacht wird, äußert sich bei manchen Rindern durch Unruhe, Abhalten des Schwanzes und vermehrtem Harn- und Kotabsatz in kleineren Mengen (Bostedt, 2003). Der Beginn der Wehentätigkeit markiert nicht den Beginn des ersten Stadiums sondern den Übergang der passiven in die aktive Phase des Geburtsvorganges (Grunert, 1993). Die Geburt beginnt bereits vorher mit einer Tonussenkung der glatten Muskulatur des weichen

Geburtsweges (Grunert, 1993). Eine Folge dieser Erschlaffung der glatten Muskelzellen ist die Öffnung der Zervix (Baier und Berchthold, 1984). Außerdem senkt sich die Gebärmutter in das Abdomen des Muttertieres ab (Grunert, 1993). Dadurch verschwindet zum einen die supravaginale Ausbuchtung, die zuvor den nötigen Raum für die gestreckten Vordergliedmaßen der Frucht bot (Rüsse, 1963). Weiterhin wird die Zervix aus der stark abgebeugten Haltung vor dem kranialen Schambeinrand in die Führungslinie des Geburtsweges gehoben (Grunert, 1993). Somit ist der Geburtskanal günstig für den folgenden Beginn der Uteruskontraktionen angeordnet (Rüsse, 1963). Zusätzlich wird die Frucht in die geburtsphysiologische Position gebracht (Bostedt, 2003). In Vorderendlage liegt der Kopf des Kalbes oberhalb der gestreckten Vordergliedmaßen auf den Fesselgelenken und die Klauenspitzen befinden sich vor dem inneren Muttermund. Sind diese Vorgänge abgeschlossen, endet der passive Teil des Öffnungsstadiums (Grunert, 1993).

Der durch die einsetzenden Wehen verursachte Druckanstieg im Geburtskanal führt dazu, dass die Fruchthüllen und das darin eingeschlossene Fruchtwasser gegen den inneren Muttermund gedrückt werden (Rüsse, 1987a). Mit jeder Kontraktion der Gebärmutter werden die Fruchtblasen und die darin befindliche Frucht weiter in den geöffneten Gebärmutterhals und den Scheidenkanal vorgeschoben (Bostedt, 2003). So wird dieser auf schonende Weise mechanisch geweitet (Schulz, 2010a). Das Amnion ist für die hydrostatische Druckübertragung von größerer Bedeutung als die Allantois (Grunert und Andresen, 1996b; Rüsse, 1987a). Die dünnwandige Allantois kann bereits innerhalb des Geburtskanals platzen, da sie dem steigenden Druck durch die Wehen nicht standhalten kann. Ist die Allantoisflüssigkeit abgeflossen, kann es vorübergehend zu einer verminderten Wehentätigkeit und -wirkung kommen (Grunert, 1993). Wenn die Allantois nicht bereits im Geburtskanal geborsten ist, ist sie in der Regel vor dem Amnion sichtbar (Baier und Berchthold, 1984).

Je nach Autor werden verschiedene Ereignisse als Ende des Öffnungsstadiums beschrieben: Das Erscheinen der Fruchtblasen im Schamspalt (Baier und Berchthold, 1984), der Durchtritt der von den intakten Fruchthüllen umgebenen Vordergliedmaßen durch die Scheide des Muttertieres (Grunert, 1993) oder der Eintritt des Kopfes der Frucht in die Zervix (Bostedt, 2003). Diese unterschiedlichen Definitionen des Endpunktes und des Beginns des Öffnungsstadiums bedingen die verschiedenen Zeitangaben für die Dauer der beschriebenen Ereignisse (Grunert und

Andresen, 1996b; Norman und Youngquist, 2007; Schulz, 2010a; Sloss und Duffy, 1980b; Walther und Marx, 1957). Einig sind sich die meisten Autoren dagegen, dass das Öffnungsstadium bei Erstgebärenden länger andauert als bei Kühen (Baier und Berchthold, 1984; Grunert, 1993; Naaktgeboren und Slijper, 1970; Rüsse, 1963).

2.1.2. Aufweitungsstadium

Das Öffnungsstadium geht fließend in das Aufweitungsstadium über (Sloss und Duffy, 1980b). Während einige Autoren das Einsetzen der Presswehen als Anfang des zweiten Geburtsstadiums ansehen (Baier und Berchthold, 1984; Rüsse, 1963; Rüsse, 1987a), markiert das Platzen der Fruchtblase und das daraus resultierende Abfließen der Amnionflüssigkeit nach anderen Autoren den Beginn des zweiten Geburtsstadiums (Grunert, 1993).

Das Bersten des Amnions ist ein Resultat der verstärkten Wehentätigkeit (Grunert, 1993; Rüsse, 1963). Die Stirn der Frucht übt einen Druckreiz auf die nervösen Endkörperchen aus. Diese Druckrezeptoren befinden sich in der Wand des Gebärmutterhalskanals und bewirken nach Erregung eine reflektorische Stimulation der Oxytozinausschüttung aus dem Hypophysenhinterlappen. Die vermehrte Freigabe des Hormons steigert die Gebärmutterkontraktionen und führt dadurch zu einer Verkleinerung des Uterus (Grunert, 1993; Rüsse, 1987a; Schulz, 2010a). Die von der Fruchtblase umhüllte Frucht wird durch die nun stärkeren Wehen weiter in den Geburtskanal getrieben. Der von ihr ausgehende Dehnungsdruck erregt die Druckrezeptoren, die in das dorsale Scheidengewölbe eingebettet sind. Das ist der Auslöser für den Entleerungsreflex. Der Reiz wird über den Nervus pudendus an das Rückenmark weitergegeben und löst eine Kontraktion der Bauchmuskulatur aus (Grunert und Andresen, 1996b). Die kurz andauernden Kontraktionen der Rumpf- und Zwerchfellmuskulatur während einer Wehe werden als Bauchpresse bezeichnet. Die Bauchpresse bewirkt einen kurzen Druckanstieg im Abdomen, der wiederum einen Anstieg des Druckes im Uteruslumen zur Folge hat (Bostedt, 2003).

Neben der Erhöhung der Schubkraft der Wehen bewirkt die Bauchpresse eine Erhöhung des Beckenraumes, sodass mehr Platz für den Durchtritt des Fötus zur Verfügung steht (Bostedt, 2003; Rüsse, 1987a). Die kurz andauernden Kontraktionen des Musculus abdominis rectus üben einen starken Zug auf den vorderen

LITERATUR

Schambeinrand des mütterlichen Beckens aus, sodass der Beckengürtel nach kranioventral gezogen wird (Rüsse, 1987a). Die Wirkung der Bauchpresse entfaltet sich am besten am liegenden Tier (Grunert und Andresen, 1996b). Zum einen werden die Hintergliedmaßen entlastet, wodurch die Zugwirkung des geraden Bauchmuskels auf das Becken ermöglicht wird (Rüsse, 1987a). Zum anderen würde das Kalb während einer Wehenpause beim stehenden Muttertier wieder zurück in die Gebärmutter sinken und müsste beim erneuten Einsetzen einer Presswehe in den Geburtskanal zurück gehoben werden (Baier und Berchthold, 1984).

Damit die Austreibung der Frucht nach dem Bersten der Fruchtblase fortgesetzt werden kann, ist eine Aufweitung des Hymenalringes und der Rima vulvae notwendig. Diese anatomischen Engpässe dienen dem Verschluss der Vagina (Walther und Marx, 1957). Die Aufweitung dieser Verschlussvorrichtungen gilt als die bedeutsamste Phase der Geburt beim Rind (Walther und Marx, 1957). Im Vergleich zur Aufdehnung des Gebärmutterhalskanals durch die Fruchthüllen und die darin befindlichen Fruchtwässer sowie die schonende hydrostatische Druckübertragung durch diese ist die Weitung der Engstellen in der Scheide nach dem Fruchtblasensprung hart, da die Druckübertragung nun direkt durch die Frucht erfolgt (Grunert, 1993). Durch die Keilform, die durch die Position des Kalbes in Vorderendlage, oberer Stellung und mit gestreckten Vordergliedmaßen entsteht, wird die Aufweitung begünstigt (Rüsse, 1963; Rüsse, 1987a).

Durch jede Wehe mit Bauchpressenschub wird die Frucht 0,5-1 cm (Rüsse, 1987a) bz 1-2 cm (Grunert, 1993) vorangetrieben. Für den Durchtritt des Kopfes durch die Scheide im Bereich des Hymenalringes und bei Primipara auch durch die Vulva sind mehrere Presswehen notwendig (Rüsse, 1987a). Der Vorschub der Frucht wird verzögert, es kommt zu einer Retardierung des Geburtsablaufes. Deshalb kann bei Beobachtern der Eindruck entstehen, dass die Geburt zum Stillstand gekommen sei (Grunert, 1993; Walther und Marx, 1957). Dieser scheinbare Stillstand wird als das Charakteristikum des Aufweitungsstadiums bezeichnet (Walther und Marx, 1957). Die Ursachen dafür sind der größere Gewebswiderstand der Hemmstellen und der vergleichsweise lange Geburtskanal des Rindes (Grunert, 1993).

Besonders bei Erstgebärenden nimmt die Aufweitungphase längere Zeit in Anspruch (Grunert und Andresen, 1996b). Sie kann 2-3 Stunden andauern. Bei

Kühen ist sie hingegen bereits nach 0,5-2 Stunden beendet (Walther und Marx, 1957). Das Durchtreten des Kopfes durch die Schamspalte kennzeichnet das Ende der Aufweitungphase (Walther und Marx, 1957).

2.1.3. Austreibungsstadium

Mit dem sogenannten „Durchschneiden des Kopfes“ fängt das Austreibungsstadium an (Walther und Marx, 1957). Während die Stirn der Frucht die Rima vulvae passiert, tritt der Thorax des Kalbes in das mütterliche Becken ein. Dieser wird in der Regel mit der nächsten Wehe so weit ausgetrieben, dass der Brustkorb bis zum Bauch von außen sichtbar ist. Obwohl der Brustbereich neben dem Stirn-, Schulter- und Beckenbereich einen der größten Querschnitte des Kalbes darstellt (Benesch, 1947; Boecker, 1982a; Schebitz, 1980a; Steiner, 1979), kann dieser durch die Schubkraft der Uteruskontraktionen vollständig ausgetrieben werden. Der Grund dafür ist die längsovale Form des Querschnittes des Brustkorbs, die der Form der Apertura pelvis cranialis der Mutter gleicht (Rüsse, 1987a). Wenn der Thorax der Frucht ausgetreten ist, erreichen die Hüft- und Kniegelenke des Kalbes den mütterlichen Beckeneingang. Das Oxytozin bewirkt neben einer Steigerung der Wehentätigkeit auch eine Verdickung der Gebärmutterwand. Daraus resultiert eine stetige Verkleinerung des Uteruslumens und somit weniger Platz für die Frucht im Geburtskanal. Das Kalb liegt aus den beschriebenen Raumgründen mit stark abgewinkelten Hüft- und Kniegelenken im Uterus. So ist einerseits eine größere Fläche als Angriffsfläche für die Schubkraft der Presswehen gegeben. Andererseits nimmt der Querschnitt des Beckenbereiches des Fetus im Bereich der Darmbeinschaukeln des Muttertieres beinahe die Form eines Rechteckes an, da sich die vorgelagerten Knie des Kalbes unter den Darmbeinschaukeln befinden. Bei der nächsten Wehe wird das fetale Becken über die abgebeugten Kniegelenke weiter in den Beckeneingang der Kuh gepresst. Die Kniegelenke stoßen dabei gegen den kranialen Schambeinrand und werden von diesem zurückgehalten. Das Becken des Kalbes wird über die Kniegelenke in das mütterliche Becken hineingekippt. Diese Kippung verursacht eine gleichzeitige Streckung der Knie- sowie der Hüftgelenke und eine Verkleinerung des Querschnittes der Beckenpartie des Fetus, da Hüft- und Kniegelenke nacheinander in das knöcherne Becken der Mutter eintreten (Grunert, 1993; Rüsse, 1987a). Die

bereits ausgetriebene Partie der Frucht folgt der Kippbewegung des Beckens, sodass der fetale Thorax in Richtung des Euters der Mutter abkippt. Nach dem Kippen gleitet das Kalb widerstandslos aus dem Geburtskanal. Die eigentliche Austreibung des Kalbes ist nach 5-10 Minuten beendet (Grunert und Andresen, 1996b).

2.1.4. Nachgeburtsstadium

Nachdem die Frucht geboren wurde, ist der Partus noch nicht abgeschlossen. Die Bauchpresse wird aufgehoben, da der Druckreiz durch die Fruchtteile ausbleibt, die Wehen hingegen dauern weiter an. Die Uteruskontraktionen verdicken die Gebärmutterwandung und verkleinern dadurch das Uteruslumen weiter (Grunert, 1993). Die dabei entstehende Schubkraft treibt die Nachgeburt und das restliche Fruchtwasser aus (Baier und Berchthold, 1984).

Zusätzlich pressen die Nachgeburtswehen das in der Plazenta verbliebene Blut über die Nabelschnur in den fetalen Blutkreislauf. Die Nabelschnur reißt erst, wenn sich das Muttertier nach 10-15 Minuten aus der Seitenlage erhebt, um Kontakt zu dem Neugeborenen aufzunehmen (Rüsse, 1987a). Diese erste Kontaktaufnahme und der durch das Saugen des Kalbes ausgelöste Milchejektionsreflex bewirken eine Oxytozinausschüttung aus dem Hypophysenhinterlappen. Das Neurohormon stimuliert die Nachwehen, die die Gebärmutterhöhle weiter verkleinern und die Zervix wieder formieren (Grunert, 1993; Rüsse, 1987a). Das Nachgeburtsstadium ist bei einer physiologischen Geburt nach etwa 6 Stunden mit dem Abgang der Nachgeburt beendet (Grunert, 1993).

2.2. Der Geburtsweg

Der Geburtskanal setzt sich aus allen Teilen des weiblichen Geschlechtsapparats und seiner Umgebung zusammen, durch die die Frucht bei der Geburt aus dem Uterus in die Außenwelt gelangt (Grunert, 1993). Diese Komponenten sind die Gebärmutter, der Gebärmutterhals, die Scheide, der Scheidenvorhof, die Scham, der knöcherne Beckenring, der Damm und der Aufhängeapparat des Geburtswegs, bestehend aus Muskeln, den Beckenbändern und Bindegewebe (Schulz, 2010a). Der

Geburtsweg wird in einen knöchernen und einen weichen Teil untergliedert (Grunert, 1993; Schulz, 2010a).

2.2.1. Der knöcherne Geburtsweg

Der Beckengürtel bildet zusammen mit den ersten Schwanzwirbeln den knöchernen Geburtsweg. Hierdurch wird die maximale Weite des Geburtskanals bestimmt (Grunert, 1993).

Der Beckengürtel ist beim Rind relativ lang (Grunert, 1993). Er wird von den beiden Hüftbeinen gebildet, die ventral in der Beckenfuge miteinander verbunden sind (König, Liebich, und Maierl, 2019). Durch die zunehmende Verknöcherung der Fugenknorpel in der Beckenpfanne verschmelzen das Darmbein, das Schambein und das Sitzbein zu einem einheitlichen Knochen, dem Hüftbein (König, Liebich, und Maierl, 2019; Nickel et al., 2004). Das Schambein und das Sitzbein bilden außerdem den Beckenboden (Naaktgeboren und Slijper, 1969; Nickel et al., 2004). Dieser besitzt beim Rind eine tiefe, querliegende Aushöhlung, die einer Dachrinne gleicht (Baier und Berchthold, 1984; Grunert, 1993; König, Liebich und Maierl, 2019; Nickel et al., 2004). Die beschriebene Form und der Anstieg nach kaudal in Längsrichtung des Beckenbodens verursachen ungünstige Geburtsverhältnisse (Nickel et al., 2004). Der bei Wiederkäuern hohe Pfannenkamm des Sitzbeines erschwert die Geburt zusätzlich (Nickel et al., 2004). Er wird von dem Tendo praepubicum, dem Ansatzpunkt des geraden Bauchmuskels, überdeckt. Die Darmbeinsäulen und die breiten Beckenbänder, die zwischen dem Ileum, dem Kreuz- und dem Sitzbein ausgespannt sind (Grunert, 1993) formen die Seitenwände des Beckens (Naaktgeboren und Slijper, 1969). Vervollständigt wird das Becken durch das Kreuzbein und die ersten Schwanzwirbel, die das Beckendach formieren (Naaktgeboren und Slijper, 1969). Dieses ist beim Rind nach hinten unten geneigt, da das Kreuzbein während der Trächtigkeit nach kaudal absinkt (Grunert, 1993).

2.2.2. Der weiche Geburtsweg

Durch das starre knöcherne Becken zieht sich der Geburtsschlauch (Baier und Berchthold, 1984), der aus Zervix, Vagina und Vulva besteht (Grunert, 1993).

Bei der Geburt passiert das Kalb zuerst die dilatierte Zervix. Die drei bis vier charakteristischen Querfalten und die zahlreichen Längsfalten der zervikalen Schleimhaut, die außerhalb des Geburtsstadiums dem Verschluss des Gebärmutterhalskanals dienen, ermöglichen während des Partus eine erhebliche Erweiterung des Lumens des Zervikalkanals (Hartwig, 1993; König, Liebich und Maierl, 2019). Der erste stärkere Gewebswiderstand, der bei der Fruchtpassage überwunden werden muss, ist der Hymenalring (Grunert, 1993). Dessen Grundlage bilden die vom Musculus levator ani ausgehenden Muskelanteile, die die Scheide schleifenartig umziehen und ein Teil des Diaphragma pelvis sind (Baier und Berchthold, 1984). Der Hymenalring markiert den Übergang von der Scheide in den Scheidenvorhof kranial der Harnröhrenmündung. Den zweiten Widerstand stellt die Schamspalte dar. Besonders die beim Rind runde dorsale Kommissur und das darüber liegende Dammgewebe hemmen die Austreibung der Frucht (Grunert, 1993).

2.3. Geburtsrelevante Strukturen

2.3.1. Geburtsrelevante Strukturen beim Muttertier

Bei der Geburt muss sich die Frucht bei dessen Durchtritt der Form des knöchernen Geburtsweges weitestgehend anpassen (Grunert, 1993). Um eine Vorhersage bezüglich der Passage des Kalbes treffen und damit Schweregeburten vorhersagen zu können, wurden Messungen an Rinderbecken (Pelvimetrie) vorgenommen (Krahmer und Jahn, 1971; Steiner, 1979; Schebitz, 1980b; Jaekel, 1982; Schwabe und Hall, 1989; Donkersgoed et al., 1993; Essmeyer, 2006; Tsousis et al.; 2010). Hierbei werden zur Beurteilung des Beckenraumes freie Verbindungslinien zwischen festen Knochenpunkten (Diameter) benutzt (Nickel et al., 2004). Sie finden sowohl in der Tierzucht als auch der Geburtshilfe praktische Anwendung (König, Liebich und Maierl, 2019).

Eine dieser Verbindungslinien ist die Conjugata vera oder auch Diameter conjugata (Cv; Abb. 1, Abb. 3): Sie verläuft zwischen dem Medianpunkt des Promontoriums und dem kranialen Ende der Beckenfuge (König, Liebich und Maierl, 2019) und gibt den Höhendurchmesser des Beckeneingangs wieder (Nickel et al., 2004).

Erhebliche praktische Bedeutung hat die Pektenvertikale (Pv; Abb. 1, Abb. 3) (König, Liebich und Maierl, 2019). Sie wird auch Diameter verticalis genannt und ist der wichtigste vertikale Längsdurchmesser des Beckens (Nickel et al., 2004). Diese Senkrechte zwischen der Ventralfläche des Kreuzbeins und dem kranialen Ende der Beckenfuge stellt den tatsächlichen Höhendurchmesser des Beckenraumes dar (König, Liebich und Maierl, 2019; Nickel et al., 2004).

Ein weiterer geburtshilflich wichtiger Diameter ist der Diameter transversa oder auch der mittlere Querdurchmesser des Beckeneingangs (mQ1, Abb. 1) (Hartwig, 1993; Nickel et al., 2004). Er wird am größten Abstand der Linea terminalis beziehungsweise als Abstand zwischen dem rechten und dem linken Psoashöckern (Tubercula musculi psoas minoris) in der Mitte der Linea arcuata am Ventralrand der Darmbeinsäule gemessen (König, Liebich und Maierl, 2019). Treten an dieser Stelle Verengungen auf, wird der Geburtsvorgang am stärksten beeinträchtigt (Pfarrer et al., 2017).

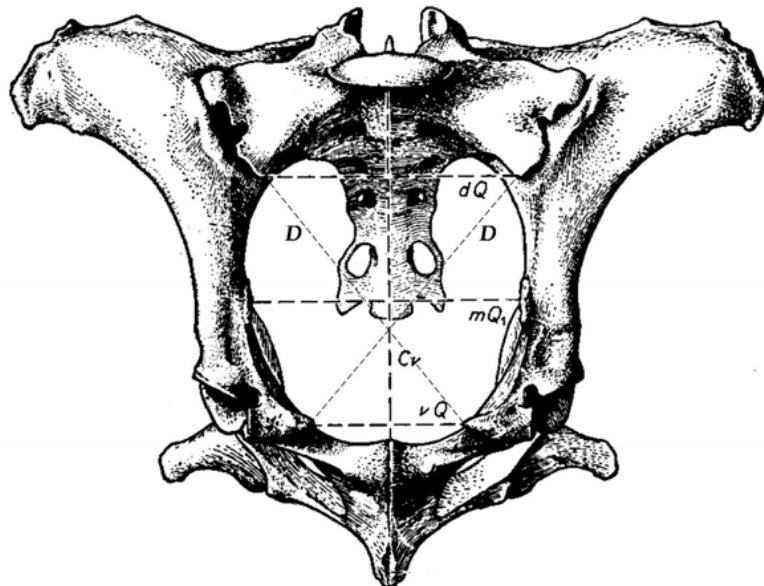


Abb. 1: Beckenknochen des Rindes; Kranialansicht (mod. nach Nickel et al. (2004))

mQ1 = mittlerer Querdurchmesser des Beckeneingangs, Cv = Conjugata vera

D = Diagonale des Beckeneinganges, dQ = dorsaler Querdurchmesser des Beckeneinganges, vQ = ventraler Querdurchmesser des Beckeneinganges

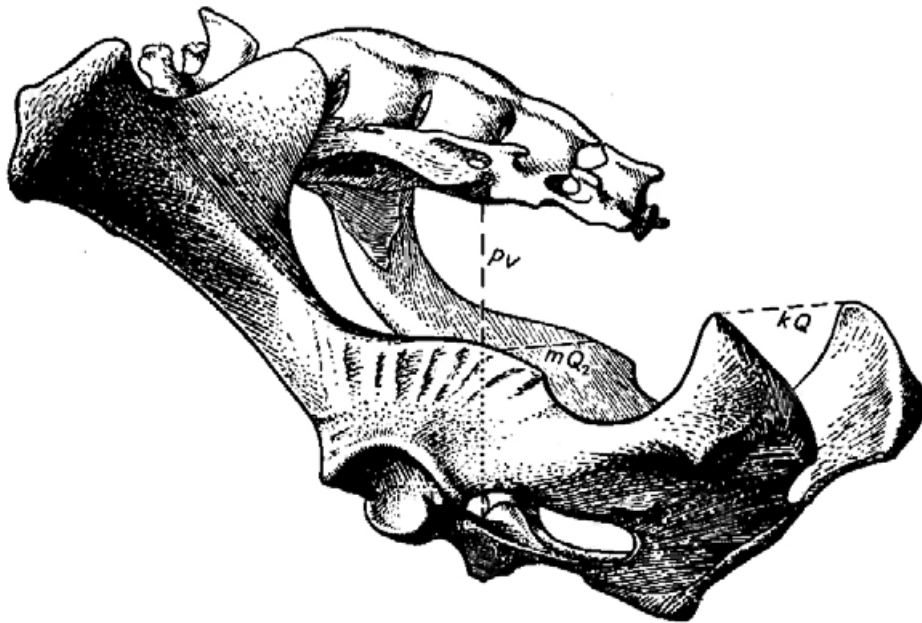


Abb. 2: Beckenknochen des Rindes; Ansicht von links und etwas dorsal (mod. nach Nickel et al. (1992)). Pv = Pectenvertikale, mQ2 = mittlerer Querdurchmesser der Beckenhöhle, kQ = kaudaler Querdurchmesser der Beckenhöhle

Im Rahmen verschiedener Studien (Essmeyer, 2006; Heun, 2008; Hiew et al., 2016) wurden die äußeren und inneren Beckenmaße von Rindern der Rasse Holstein Friesian erhoben (Tab. 1). Die äußeren Maße des Beckens (Beckenlänge, Beckenbreite sowie die laterale und kaudale Sitzbeinbreite) wurden mit einer eigens für die Studie angefertigten Schiebelehre (Essmeyer, 2006; Heun, 2008) und einem Zentimetermaß (Essmeyer, 2006) gemessen. Für die Messung des Beckenhöhendurchmessers und des Abstandes der beiden Tubercula musculi psoas minoris wurden ein Beckenzirkel nach Boulloire, Menissier und Vissac (Essmeyer, 2006; Heun, 2008) beziehungsweise nach Rice (Hiew et al., 2016) und ein Computertomograf (Spiral-CT Somatom AR.HP.X® der Firma Siemens (Erlangen, Deutschland)) (Heun, 2008) verwendet.

LITERATUR

Tab. 1: Mittelwerte \pm Standardabweichung der äußeren und inneren Beckenmaße von Rindern der Rasse Holstein Friesian

Beckenmaße Mittelwert \pm SD⁷	Heun (2008) (manuell)	Heun (2008) (CT)	Essmeyer (2006)	Hiew et al (2016).
Beckenlänge³	55,7 \pm 2,3	o. A.	56,56 \pm 0,13	o. A.
Laterale Sitzbeinbreite⁵	36,7 \pm 2,8	o. A.	19,77 \pm 0,09	o. A.
Kaudale Sitzbeinbreite⁶	20,1 \pm 1,8	o. A.	o. A.	Primipare:24,6 \pm 1,7 Pluripare:27,0 \pm 2,1
Hüftbreite⁴	56,5 \pm 3,3	o. A.	48,07 \pm 0,15	o.A.
Höhendurchmesser¹	18,8 \pm 1,1	25,5 \pm 1,9	19,06 \pm 0,09	Primipare:16.1 \pm 1 Pluripare:17.3 \pm 1.3
Mittlerer Beckeneingangs- durchmesser²	17,7 \pm 1,2	20,3 \pm 1,7	18,22 \pm 0,09	Primipare:17.0 Pluripare:19.5

¹ Abstand von der Ventralfläche des Kreuzbeines bis zum Tuberculum pubicum in cm

² Abstand zwischen den Tubercula musculi psoas minoris in cm

³ Abstand zwischen kranialsten Punkt des Tuber coxae und kaudalsten Punkt des Tuber ischiadicums derselben Seite in cm

⁴ Abstand zwischen lateralsten Punkten der Tuber coxae in cm

⁵ Abstand zwischen den lateralsten Punkten beider Tuber ischiadici in cm

⁶ Abstand zwischen den kaudalsten Punkten beider Tuber ischiadici in cm

⁷ Standardabweichung

o.A. = ohne Angabe

Aus den gemessenen Beckenhöhendurchmessern und -querdurchmessern lässt sich die Beckeninnenfläche errechnen, die sich eignet, um eine Vorhersage über den Geburtsverlauf einer hochtragenden Kuh zu machen (Hiew et al., 2016).

In der Literatur finden sich uneinheitliche Angaben über eine Korrelation zwischen den verschiedenen Beckeninnen- und Beckenaußenmaßen (Beckenlänge, Hüftbreite und Sitzbeinbreite) (Hamel, 1964; Heun, 2008; Krahmer und Jahn, 1971; Weiher, Hoffmann und Sass, 1992). Außerdem eignet sich die äußere Beckenmessung nicht zur Bestimmung des Beckeninnenraumes, da die Korrelationskoeffizienten vom Alter der Tiere und den Tieren selbst abhängig sind (Steiner, 1979). Obwohl es einen Zusammenhang zwischen den Beckenmaßen und dem Geburtsverlauf gibt (Steiner, 1979; Johnson, Deutscher und Parkhurst, 1988; Hiew et al., 2016), scheinen die Beckenaußenmaße nur einen geringen Einfluss auf den Geburtsverlauf zu haben (Johnson et al., 1988).

2.3.2. Geburtsrelevante Strukturen beim Kalb

Zu den geburtsrelevanten Strukturen beim Kalb in Vorderendlage gehören der Kopf, der Ellenbogenbereich, die Schultern, der Thorax, die Gesamtlänge der Frucht sowie dessen Körpergewicht (Benesch, 1947; Rüsse, Schmid und Wilhelm, 1978; Rüsse, 1984b; Grunert und Andresen, 1996a).

Einen der größten Querschnitte der Frucht bilden dessen Kopf im Stirnbereich zusammen mit den Karpalgelenken (Rüsse et al., 1978; Rüsse et al., 1985; Grunert und Andresen, 1996a). Mithilfe der Computertomographie ermittelte Heun (2008) für diese Querschnittsfläche einen Mittelwert von $231 \pm 16 \text{ cm}^2$. Neben der maximalen Querschnittsfläche des Kopfes und der darunterliegenden Beinen maß Heun (2008) außerdem den Umfang des Kopfes und der Vordergliedmaßen der Frucht. Hierfür gibt sie einen Mittelwert von $61,3 \pm 1,8 \text{ cm}$ an. Der von Becker (2008) manuell mithilfe eines Maßbandes erfasste Mittelwert für den Umfang des Kopfes auf Stirnhöhe des Kalbes ($51,6 \pm 1,2 \text{ cm}$) ist kleiner als der computertomographisch gemessene Wert. Für die dazugehörige senkrechte Höhe gibt er einen Wert von $16,0 \pm 0,5 \text{ cm}$ an. Andere Autoren verwenden die Scheitelbreite der Frucht, um die Größe des Kopfes zu beschreiben (Steiner, 1979; Padberg, 1993; Essmeyer, 2006). Essmeyer (2006) maß mit einer Schiebelehre den Abstand der lateralen Augenwinkel jeweils am Übergang des Os zygomaticum zu Os frontale von Holstein Friesian Kälbern. Die Scheitelbreiten der Kälber von Färsen ($11,96 \pm 0,05 \text{ cm}$) waren signifikant geringer als die der Kälber von Kühen ($12,29 \pm 0,03 \text{ cm}$). In der von Steiner (1979) erhobenen

LITERATUR

Studie über Beckenmessungen beim Rind unter Berücksichtigung des Geburtsverlaufes und der Größe der Kälber nahmen die Scheitelbreiten der untersuchten Kälber mit der Parität der Muttertiere zu. Kraftmessungen im Rahmen von *in-vitro* Studien zu den Zugkräften bei der Extraktion von Kälbern ergaben, dass das erste von zwei Kraftmaxima beim Austritt des Kopfes aus dem knöchernen Becken auftritt (Boecker, 1982; Becker, 2008). Zeitgleich treten die Ellenbogenhöcker über den Schambeinrand vollständig in das Becken ein (Becker, 2008).

Um die Umfänge des Vorderkörpers der Frucht während des gleichzeitigen Auszuges mit denen während des abwechselnden Zuges vergleichen zu können, wurden die Umfänge von 10 Deutschen Fleckviehkälbern auf Höhe und unmittelbar kaudal der Ellenbogen und auf Höhe der Buggelenke bei vollständiger Streckung beider Vordergliedmaßen, bei gebeugten Ellenbogengelenken sowie bei einer vollständig gestreckten und einer im Ellenbogengelenk abgewinkelten Vordergliedmaße gemessen. Die Umfänge im Bereich des Schultergürtels waren bei gestreckten Vordergliedmaßen geringer (Mittelwert: $69,7 \pm 5,8$ cm) als bei ein- (Mittelwert: $77,9 \pm 6,5$ cm) beziehungsweise beidseitig angewinkelten (Mittelwert: $84,5 \pm 6,0$ cm) Extremitäten (Boecker, 1982). Ähnliche Umfangsmessungen wurden an Holstein Friesian Kälbern durchgeführt (Becker, 2008). Im Gegensatz zu Boecker (1982) stellt Becker (2008) fest, dass sich bei steigender Gliedmaßendifferenz im Vergleich zur Nullstellung die Umfänge auf Höhe des vorderen Ellenbogen verringern. Gleichzeitig steigen die Werte auf Höhe des hinteren Ellenbogens an. Die Änderungen der Körperumfänge auf Höhe der Buggelenke waren bei versetzten Extremitäten gering (Becker, 2008).

Die größte Breite beziehungsweise eine der größten Querschnittsflächen des Vorderkörpers beim Kalb ist der Abstand zwischen den Tuberculi maji im Bereich der Schulter beziehungsweise die Fläche auf Höhe dieser Knochenpunkte (Benesch, 1952a; Momont, 2005; Heun, 2008). Die im Rahmen einer *in-vitro* Studie über Zughilfe gemessenen Kräfte für den Auszug der Schulter waren größer als die für die Entwicklung des Kopfes notwendige Kraft (Boecker, 1982). Nur bei Kälbern mit einem geringeren Körpergewicht wurde mehr Zugkraft beim abwechselndem Vorziehen der Vordergliedmaßen um je 26,5 cm für das Entwickeln des Kopfes als die für die Passage des Schultergürtels aufgebracht (Boecker, 1982). Eine andere, ähnlich aufgebaute Studie über Zugkraftmessungen ergab, dass das Kraftmaximum für den

Durchtritt des Thorax des Kalbes größer als für den Austritt des Kopfes ist. Der Austritt des Kopfes aus dem knöchernen Geburtsweg erfolgte dabei beinahe synchron mit dem Eintreten der Ellenbogenhöcker und der Buggelenke in das Becken. Nachdem die Schultern den Iliusschaft passiert haben, haben sie keinen engeren Kontakt zu anderen Strukturen des knöchernen Beckens. Folglich hat der Schulterbereich zwar einen Einfluss auf das erste Kraftmaximum und damit auf die Kräfte, die zur Entwicklung des fetalen Kopfes notwendig sind. Er beeinflusst aber nicht das zweite, größere Kraftmaximum und damit den größten Geburtswiderstand, die Passage des Brustkorbes (Becker, 2008).

Der Brustkorb ist in Höhe, Umfang, Durchmesser und Querschnittsfläche die größte anatomische Struktur des Vorderkörpers (Benesch, 1947; Schebitz, 1980a; Boecker, 1982; Momont, 2005; Heun, 2008). Dementsprechend stellt der Brustkorb des Kalbes das größte Geburtshindernis dar. Allerdings ist er elastisch verformbar, sodass eine Anpassung an die Form des Beckens des Muttertieres möglich ist (Schebitz, 1980a; Heun, 2008). Auftretende Rippenfrakturen bei zwei Kälbern einer Studie zur Optimierung geburtshilflicher Maßnahmen bei Holstein Friesian Rindern verdeutlichen, dass die Verformbarkeit des Brustkorbes begrenzt ist (Heun, 2008).

Während Padberg (1993) mit zunehmender Körperlänge des Kalbes eine Zunahme der Schwere der Geburt beschreibt, kann Laster (1974) im Gegensatz dazu keinen Effekt auf den Geburtsverlauf durch die Maße des Kalbes feststellen. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass hier die Körperlänge erst ab den Schultern gemessen wurde.

Als weiterer möglicher Einflussfaktor auf den Verlauf einer Geburt wird das Körpergewicht des Kalbes angesehen (Essmeyer, 2006; Johanson und Berger, 2003; Laster, 1974; Nogalski, 2003; Padberg, 1993; Sieber, Freeman und Kelley, 1989). Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass sich das Auftreten von Dystokien bei Milchrindern mit zunehmendem Gewicht der Frucht vermehrt (Linden, Bicalho und Nydam, 2009; Nogalski, 2003; Sieber et al., 1989). Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Faktoren auf Schweregeburten an 599 zweijährigen Färsen zeigten, dass das Gewicht der Neugeborenen das Vorliegen einer Dystokie am stärksten beeinflusst (Laster, 1974). Bei Kraftmessungen während Auszügen mittels mechanischer Geburtshelfer konnte eine deutliche Abhängigkeit der Schwere der

Geburt von dem Körpergewicht des Neugeborenen festgestellt werden (Padberg, 1993). Auch Essmeyer (2006) konnte in einigen Fällen nachweisen, dass die Skelettmaße sowie das Körpergewicht der Kälber mit zunehmender Geburtshilfe größer wurden. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass mit zunehmendem Körpergewicht auch die anderen Körperteile der Kälber größer werden.

2.4. Die Geburtsmechanik

Die Beckenachse oder Führungslinie (Abb 3) ist ein wichtiger Parameter für die Geburtshilfe (Grunert, 1993). Sie wird als die Mittelpunktsverbindung der Beckenhöhlenvertikalen definiert (Rüsse, 1963) und ist eine gedachte Linie, die eine in der Medianen verlaufende Verbindungslinie aller vom Beckenboden und Beckendach gleich weit entfernter Punkte darstellt (Grunert, 1993). Diese auch Leit- oder Zuglinie genannte Beckenachse beschreibt die Verlaufsrichtung des Geburtskanals und damit die Verlaufsrichtung des Kalbes bei der Passage der Beckenhöhle (Benesch, 1957a; Schulz, 2010a). Der Verlauf der Führungslinie wird durch die anatomischen Besonderheiten des Rinderbeckens bestimmt. Da Scham- und Sitzbeinäste nach kaudal hin aufsteigen und dadurch im Bereich des ventralen Beckenbodens eine pfannenartige Ausbuchtung entsteht, steigt auch die Beckenachse nach hinten an, sodass sie einen dorsal-konvexen Verlauf annimmt (Rüsse, 1963; Grunert, 1993).

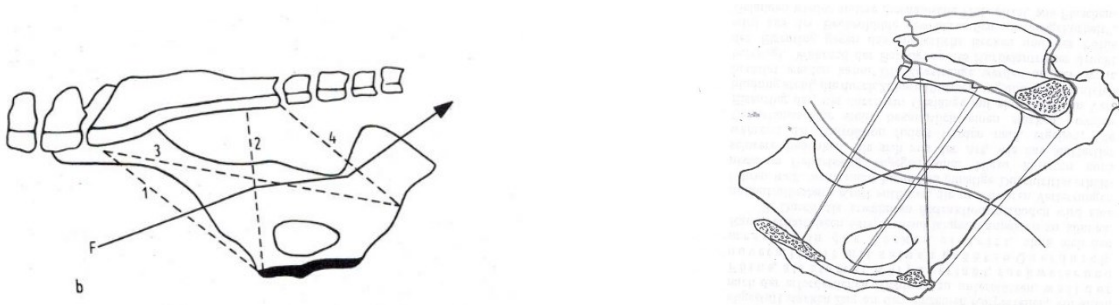


Abb. 3.: Darstellung der Führungslinie des Rindes nach Hartwig (1993) und Benesch (1947)
 1 = Conjugata vera (Cv); 2 = Pectenverticale (Pv); 3 = Conjugata diagonalis; 4 = Höhendurchmesser des Beckenausganges

Bereits vor der Geburt kommt es zu äußerlich sichtbaren Veränderungen (beispielsweise dem Einsinken der Beckenbänder oder der Ödematisierung der Vulva), die durch die Hormone Relaxin und Östrogen bedingt sind. Während der Geburt bewirken diese Hormone weiterhin eine Auflockerung der Kreuzdarmbeingelenke (Rüsse, 1982b). Der sonst völlig unnachgiebige knöcherne Beckenring wird dadurch beweglicher und erfährt sogar eine räumliche Zunahme (Schebitz, 1980a). Infolge der aufgelockerten Iliosakralgelenke und der weich gewordenen Beckenbänder ist auch das Kreuzbein beweglicher. Diese Beweglichkeit ermöglicht, dass während der Geburt der kaudale Anteil des Kreuzbeins bei der Passage der Frucht durch den Beckenkanal nach dorsal abgedrängt wird (Benesch, 1957a). Dieser Mechanismus ist bei Färsen deutlicher ausgeprägt als bei pluriparen Tieren (Schuijt, 1988).

Die geraden Bauchmuskeln tragen das Gewicht der Baueingeweide und bei hochtragenden Tieren noch zusätzlich das des graviden Uterus. Dadurch entsteht ein ständiger Zug am Tendo præpubicus, dem sehnigen Anteil des M. rectus abdominus. Infolge der bereits beschriebenen Auflockerung der Kreuzdarmbeingelenke und Beckenbänder wird der Beckenboden während der Geburt nach kranioventral gezogen (Schebitz, 1980a). Die Folge ist eine Steilerstellung des mütterlichen Beckens und eine damit einhergehende Vergrößerung der Pektenvertikale sowie der Erhöhung des Beckenraumes um etwa 15 % (Rüsse, 1987a). Bei Einsetzen der Bauchpresse wird nicht nur die Schubkraft der Wehen sondern zusätzlich auch der Zug auf den Beckengürtel verstärkt, sodass die Pektenvertikale noch einmal vergrößert wird (Schebitz, 1980a). Hierdurch kann die größtmögliche Erhöhung des Beckenraumes für die Passage des Kalbes erreicht werden (Rüsse, 1987a).

Die beschriebene Beckenmechanik ist besonders am liegenden Tier maximal wirksam (Baier und Berchthold, 1981). Es konnten in einer Untersuchung am liegenden Tier eine 2 cm höhere Pektenvertikale intra partum als bei den stehenden Kühen gemessen werden. Diese Werte werden mit einer Entlastung der Hüftgelenke erklärt. Durch die Belastung der Hinterbeine im Stehen können die Kreuzdarmbeingelenke während der Bauchpresse weniger stark angewinkelt werden als beim liegenden Rind (Schebitz, 1980b).

2.5. Auszug

Die am häufigsten ausgeübte Hilfestellung bei Rindergeburten ist der Auszug der Frucht (Momont, 2005; Rüsse, 1982b). Er stellt die einfachste Form der Geburtshilfe dar mit dem Ziel, den natürlichen Abkalbevorgang zu unterstützen und zu beschleunigen, wenn die Geburtskräfte (Wehen und Bauchpresse) des Muttertieres nicht ausreichen, das Kalb zu entwickeln (Rüsse, 1982b; Arbeiter, 1993a; Schulz, 1993b; Mee, 2004). Eine weitere Indikation für einen manuellen Auszug ist die Weitung des kaudalen Abschnittes des Geburtsweges (Schulz, 1993b).

Bei der manuellen Extraktion des Kalbes unterscheidet man zwischen einem Einzug und einem Auszug der Frucht. Während des Einzuges des Kalbes werden dessen Kopf und die Vorderextremitäten nacheinander in das Becken gezogen (Busch, 1993). Mit Hilfe des Einzuges kann der Geburtshelfer beurteilen, ob eine Extraktion ohne eine Gefährdung von Muttertier und/oder Frucht möglich ist. Kann der Einzug nicht mit der Zugkraft einer Person durchgeführt werden, besteht ein fetopelvines Missverhältnis und der Geburtshelfer sollte von einem Auszug absehen (Jackson, 2007a, 2007b; Norman und Youngquist, 2007; Rüsse, 1984b; Schuijt und Ball, 1980). Ein Einzug ist also gleichzeitig ein Auszugsversuch. Dieser ist beendet, sobald der Kopf mit der Stirnwölbung in der Kreuzbeinhöhle eingestellt ist und die Vorderbeine mit den Ellenbogenhöcker am vorderen Schambeinrand aufliegen (Arbeiter, 1993b; Bostedt, 2003). Arbeiter (1993b) unterscheidet nicht zwischen Ein- und Auszug der Frucht sondern definiert den Einzug als erste von drei Extraktionsphasen.

Erlaubt die Größe des Fetus und des mütterlichen Beckens eine Extraktion wird bei einem Auszug zunächst an einer Extremität gezogen bis das Ellenbogengelenk über das Schambein in das Becken eingetreten ist. Auf dieselbe Weise wird mit der zweiten Gliedmaße verfahren (Benesch, 1957b; Grunert und Andresen, 1996c; Bostedt, 2003). Anschließend wird durch wechselseitigen (Arbeiter, 1978b; Bostedt, 2003) oder gleichzeitigen (Rüsse, 1984a; Grunert und Andresen, 1996c) Zug das Kalb weiter entwickelt. Treten die Schulter und der Brustkorb des Kalbes in das Becken des Muttertieres ein, entsteht der größte Geburtswiderstand. Zeitgleich wird der Kopf in der Schamspalte sichtbar, sodass der Eindruck entsteht, dass dessen Entwicklung ein Problem darstelle (Jackson, 2007b).

Vor Beginn eines Auszugs wird empfohlen, das Muttertier in Seitenlage zu verbringen (Benesch, 1952b; Schuijt und Ball, 1980; Rüsse, 1982b; Arbeiter, 1993a; Grunert und Andresen, 1996c). Beim liegenden Tier ist die Beckenmuskulatur entspannt (Arbeiter, 1993a) und die maximale Erhöhung des Beckenraumes durch die Bauchpresse möglich (Rüsse, 1987b). Weitere Vorteile einer manuellen Extraktion am liegenden Tier sind die Maximierung der potentiellen Bewegung der knorpeligen Schambeinfuge bei Färsen sowie eine geringere Verschmutzung des Kalbes, da Kot und Urin des Muttertieres an der Vulva und dem Perineum vorbei fließen (Norman und Youngquist, 2007). Da in Seitenlage des gebärenden Rindes die Kontraktion des Musculus rectus abdominis das Kalb anhebt (Busch, 1993), muss der Geburtshelfer keine zusätzliche Kraft darauf verwenden, das Kalb auf Höhe des mütterlichen Beckens zu ziehen (Norman und Youngquist, 2007). Eine einfache Vektoranalyse zeigt, dass es einen Verlust von bis zu 30 % des technischen Wirkungsgrades bei einem Auszug am stehenden Rind geben kann (Hindson, 1978). Außerdem werden Verletzungen durch ein plötzliches Niederstürzen der Mutter vermieden.

Für die physiologische Geburt eines Kalbes ist schätzungsweise eine durchschnittliche Kraft von etwa 70 kg (150 lb) erforderlich. Der größte Teil (etwa 60 %) dieser Kraft werden durch die Arbeit der Bauchpresse aufgewendet. Den Rest bringen die Kontraktionen des Uterus auf (Hindson, 1978). Bei der manuellen Extraktion eines Kalbes mit zwei bis drei Personen wird eine Zugkraft von 150 kg als Dauerleistung ausgeübt (Arbeiter, 1978b) und die Kräfte, die bei einer natürlichen Geburt durch die Wehentätigkeit und die Bauchpresse auf das Kalb einwirken, deutlich überschritten. Hindson (1978) maß die maximalen Zugkräfte mithilfe eines hydraulischen Zugkraftmessers und ermittelte eine Zugkraft von 115 kg beziehungsweise 155 kg bei einem Auszug mit zwei beziehungsweise drei Hilfspersonen. Wenn bereits beim Einzug der Frucht in das mütterliche Becken Kräfte von 12 kp bei Erstgebärenden und 14 kp bei Mehrgebärenden überschritten werden, treten häufiger Verletzungen des Geburtsweges des Muttertieres und lebensschwache Kälber auf (Wullinger, 1985). Um zu verhindern, dass weder das Rind noch dessen Kalb zu Schaden kommen, sollte die angewendete Zugkraft limitiert werden. Benesch (1947) und Tapken (1921) empfehlen die Zugkraft von 4-5 Personen, die aber nicht mit ihrer ganzen Körperkraft Zug auf das Kalb ausüben sollen, sodass die Kuh nicht von ihrem Lager weggezogen wird. Andere Autoren

widersprechen dieser Empfehlung und geben an, dass die Zugkraft von 2 bis 3 Männern nicht überschritten werden sollte (Sloss und Duffy, 1980; Schulz, 1993b; Arbeiter, 1993a; Grunert und Andresen, 1996c; Mee, 2004). Diese Zugkraft entspricht einer Kurzleistung von 247 kg (Arbeiter, 1978a). Wird einer Zugkraft von 10 bis 15 kp überschritten, treten mit hoher Wahrscheinlichkeit Verletzungen im Geburtsweg und/oder Schädigungen des Kalbes ein (Rüsse, 1982b). Insbesondere beim Rind kommt es bei der tierärztlichen Geburtshilfe immer wieder zu Zwischenfällen bei Auszügen oder Auszugsversuchen mit unverträglich hoher Zugkraft (Ahlers, 1993). Die möglichen Folgen solcher Geburten sind der Fruchttod (Grunert und Andresen, 1996a), eine verminderte Vitalität des Kalbes (Busch, 1993), Verletzungen des weichen und knöchernen Geburtsweges und Festliegen des Muttertieres post partum (Grunert und Andresen, 1996c), Frakturen der Vorderbeine (Winstanley, 1973) sowie der Rippen und der Wirbel des Kalbes (Agerholm, Basse und Arnbjerg, 1993; Schuijt und Ball, 1980) und Nervenlähmungen mit folgender Muskelatrophie (Tryphonas, Hamilton und Rhodes, 1974).

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Durchführung der Zughilfe ist die Einhaltung der Führungslinie (Arbeiter, 1993b; Baier und Berchthold, 1984; Benesch, 1947; Grunert und Andresen, 1996c; Hartwig, 1993). Um diese einzuhalten, muss die Zugrichtung im Laufe des Auszuges verändert werden. Zu Beginn des Auszuges erfolgt der Zug parallel zur Wirbelsäule der Mutter. Danach wird die Zugrichtung geändert und der Zug in Richtung der Sprunggelenke beziehungsweise des Euters der Kuh gerichtet (Arbeiter, 1993b; Busch, 1993; Grunert und Andresen, 1996c; Jackson, 2007b; Sloss und Duffy, 1980). Über den Zeitpunkt der Richtungsänderungen finden sich unterschiedliche Angaben. Während manche Autoren die Richtungsänderung bereits nach dem Durchtritt des Kopfes durch das mütterliche Becken anraten (Arbeiter, 1993b; Jackson, 2007b), empfehlen andere den Zug erst nach der Passage der Hälfte des Rumpfes beziehungsweise der Schultern in Richtung der Sprunggelenke zu richten (Bostedt, 2003; Busch, 1993; Rüsse, 1982b, 1984a; Schulz, 2010c; Sloss und Duffy, 1980).

Bei dem Auszug eines Kalbes sollte der Zug nur während der Presswehen des Muttertieres erfolgen (Arbeiter, 1993b; Bostedt, 2006; Busch, 1993; Grunert und Andresen, 1996c; Rüsse, 1984a), da durch die Kontraktionen der Bauchmuskulatur der Beckendurchmesser vergrößert wird (Arbeiter, 1993a). Außerdem wird bei

Einhalten dieses Vorgehens die Blutversorgung und somit die Sauerstoffversorgung der Frucht aufrechterhalten (Mee, 2004).

2.5.1. Zugmodus für den Auszug

Bezüglich der Art und Weise der Durchführung eines Auszugs gibt es in der Literatur kontroverse Empfehlungen (Tab. 2). Während manche Autoren bei der manuellen Extraktion der Frucht einen gleichmäßigen Zug synchron an beiden Gliedmaßen empfehlen (Binz, 1830; Boecker, 1982a; Busch, 1993; Richter, 1924; Rüsse, 1987b), sehen andere dagegen die Anwendung des wechselseitigen Zuges als vorteilhafter an (Aehnelt und Grunert, 1972; Albrecht, 1914; Benesch, 1952a; Liess, 1960; Noakes, 2009; Stoss, 1944). Unstimmigkeiten gibt es nicht nur bezüglich der beschriebenen Zugmodi, sondern auch zu deren Ausführung. Manche Befürworter des gleichzeitigen Zuges raten dazu, die Extremitäten und den Kopf des Fetus durch alternierenden Zug in das Becken einzuziehen. Erst nach gelungenem Einzug soll gleichzeitig an beiden Vorderbeinen gezogen werden (Busch, 1993; Scheibel, 1910). Autoren, nach deren Meinung der alternierende Zugmodus den Auszug des Kalbes erleichtert, sind sich uneinig, ob der bevorzugte Zugmodus durchgehend angewendet (Arbeiter, 1993b; Grunert und Andresen, 1979; Schuijt und Ball, 1980; Stoss, 1944) oder nach dem anheben der Ellenbogenhöcker über den Schambeinrand durch alternierenden Zug das Kalb mit gleichzeitigem Ziehen an beiden Gliedmaßen weiterentwickelt werden sollte (Benesch, 1952a; Grunert und Andresen, 1996c; Wollrab, 1977). Andere Autoren wiederum ändern ihre Angaben ohne dafür einen Grund zu nennen. Sie geben einmal den simultanen und ein anderes Mal auch den alternierenden Zug als den besten Zugmodus an (Rüsse, 1984a; Rüsse, 1987b) oder empfehlen einen Auszug mit durchgehend alternierendem Zug (Grunert und Andresen, 1979) und einen Wechsel der Zugmodi (Grunert und Andresen, 1996c). Manche Autoren legen sich bezüglich des Zugmodus nicht fest. Bostedt (2003) rät dazu, wechselseitig an den Beinen des Kalbes zu ziehen, bis die Ellenbogenhöcker in das mütterliche Becken eingetreten sind. Anschließend kann der Zug entweder gleichzeitig oder wechselseitig fortgesetzt werden. Schulz, Brabant und Erices (1990) fordern ein Abwechseln von abwechselndem Zug an den Gliedmaßen, einer leichten Drehung des Rumpfes und gleichzeitigem Zug an beiden Beinen. All diese Angaben

LITERATUR

beruhen größtenteils auf subjektiven Erfahrungen und Beobachtungen komplikationsloser Geburten (Sloss und Duffy, 1980; Rüsse, 1987b) statt wissenschaftlichen Untersuchungen (Boecker und Rüsse, 1983).

Tab. 2: Übersicht der Empfehlungen für den Zugmodus für die manuelle Extraktion eines Kalbes in Vorderendlage modifiziert nach Becker (2008)

Wechselseitiger Auszug	Gleichzeitiger Auszug	Wechsel- und gleichzeitiger Auszug
Albrecht (1914)	Richter (1920)	Wollrab (1977)
Stoss (1944)	Richter (1924)	Noakes (2009)
Arbeiter (1978b)	Rüsse (1982b)	Rüsse (1984a)
Arbeiter (1993a)	Rüsse (1983)	Albrecht und Göring (1901)
Nusshag (1947)	Boecker und Rüsse (1983)	Grunert und Andresen (1996c)
Liess (1950)	Mee (2004)	Benesch (1960)
Liess (1960)	Binz (1830)	Benesch (1952a)
Schuijt und Ball (1980)	Tapken (1921)	Sloss und Duffy (1980)
Aehnelt und Grunert (1972)	Busch (1993)	Wohanka, Schulz und Eulenberger (1982)
Grunert und Andresen (1979)	Scheibel (1910)	Benesch (1957b)
Grunert und Andresen (1996c)		Benesch (1950)

Bostedt (2003)

Jackson (2007b)

Straiton und Hollwich (1991)

Norman und Youngquist (2007)

Bostedt (2003)

2.5.1.1. Der gleichzeitige Auszug

Während des gleichzeitigen Auszuges wird gleichmäßiger Zug synchron auf beide Extremitäten des Kalbes ausgeübt. Dadurch bleiben die Ellenbogengelenke in Streckhaltung unter dem Hals und das Kalb hat eine für den Eintritt in das knöcherne Becken optimale Keilform (Rüsse, 1987b; Boecker und Rüsse, 1983;). Laut Richter (1920) ist nur bei einem gleichzeitigen Zug auf die Vordergliedmaßen des Kalbes eine volle Übertragung der Kraft auf die Frucht möglich. Gleichzeitig ist die Gefahr der Traumatisierung einer Gliedmaße geringer, wenn die angreifenden Zugkräfte gleichmäßig auf beide Vorderbeine verteilt werden (Boecker und Rüsse, 1983). Wird bei der Zughilfe nur Zug an einer Extremität ausgeübt, bleibt das zweite Vorderbein der Frucht zurück. Dadurch wird das Buggelenk nach hinten gebeugt, sodass es seitlich neben dem Thorax anliegt. Eine Vergrößerung des Querschnittes im Brustbereich ist die Folge (Rüsse, 1983). Weiterhin werden nicht nur das Schulter- sondern auch das Ellenbogengelenk gebeugt. Dieses erzeugt starken Druck und stellt somit eine Verletzungsgefahr für den weichen Geburtsweg dar (Rüsse, 1987b). Außerdem ist der Umfang des Schultergürtels bei gestreckten Ellenbogen kleiner als bei einseitig beziehungsweise beidseitig gebeugten Ellenbogengelenken (Boecker, 1982a).

2.5.1.2. Der alternierende Auszug

Ist das Kalb absolut oder relativ zu groß und eine normale Geburt erschwert beziehungsweise unmöglich, raten manche Autoren zum wechselseitigen Auszug (Aehnelt und Grunert, 1972; Grunert und Andresen, 1979, 1996c; Wohanka et al., 1982; Jackson, 2007b). Im Gegensatz zum simultanen Auszug greifen die Zugkräfte abwechselnd an jeder Gliedmaße an. Dadurch passiert der Vorderkörper des Kalbes nicht mit seinen größten Querdurchmessern, den Ellenbogen- und Schultergelenksbreiten, den Beckeneingang gleichzeitig sondern in „schiefer Stellung“ (Benesch, 1950). Diese „schiefe Stellung“ ist vergleichbar mit der Vorstellung eines Menschen, der durch eine enge Öffnung schlüpfen will und sich dabei nicht mit beiden Schultern durchzwängt (Straiton und Hollwich, 1991). Das Ziel dieses Auszugsmodus ist dementsprechend, eine Schrägstellung des Schultergürtels des Kalbes und damit eine Verkleinerung dessen Durchmessers zu bewirken (Liess, 1950, 1960). In der Literatur werden unterschiedliche Vorgehensweisen zum Erreichen dieses Zieles beziehungsweise der Durchführung des alternierenden Auszuges beschrieben. Zum einen raten manche Autoren zum „schiefen Zug“. Dabei soll die rechte Vordergliedmaße der Frucht nach links und dann die linke durch die Geburtshelfer nach rechts gezogen werden. Durch diesen abwechselnden schiefen Zug werden die Ellenbogengelenke gestreckt und die Schultern in das Becken eingezogen (Albrecht, 1914; Stoss, 1944). Die Mehrheit der Autoren fordert, dass zuerst gleichmäßiger Zug nur auf ein Vorderbein des Fetus ausgeübt wird, um dieses zu strecken. Sobald das Ellenbogengelenk über das Schambein in das Becken eingetreten ist, wird die Extremität nur noch unter Spannung gehalten. Dieser Vorgang wird an der anderen Gliedmaße wiederholt (Benesch, 1957b; Aehnelt und Grunert, 1972; Grunert und Andresen, 1979, 1996c; Wohanka et al., 1982; Jackson, 2007b). Während manche Autoren nach dem vollständigen Eintritt beider Ellenbogen des Kalbes in das knöcherne Becken dazu raten, durchgehend wechselseitigen Zug auszuüben (Nusschag, 1947; Roberts, 1956; Aehnelt und Grunert, 1972; Arbeiter, 1993b), empfehlen andere hingegen einen Wechsel des Zugmodus. Nachdem die Ellenbogenhöcker durch alternierenden Zug in das Becken gezogen und maximal gestreckt wurden (Benesch, 1957b; Wollrab, 1977; Rüsse, 1984a; Noakes, 2009) beziehungsweise nach dem Austreten der Schultern (Wohanka et al., 1982; Straiton und Hollwich, 1991; Jackson, 2007b; Norman und Youngquist, 2007) sollen die

Geburtshelfer gleichmäßig und gleichzeitig an beiden Beinen der Frucht ziehen bis diese vollständig entwickelt ist.

Der alternierende Zug fördert eine Anpassung des Thorax an die Raumverhältnisse im knöchernen und weichen Geburtsweg (Benesch, 1950). Neben der beschriebenen Anpassung des Thorax ist ein weiterer Vorteil des wechselseitigen Auszuges, dass die meisten Kälberdimensionen wie die Breite und die Fläche der Tuberculi maji, die Fläche der kranialen Ellenbogenhöcker und die Fläche und das Volumen von Kopf und Beinen kleiner sind als beim simultanen Zug (Heun, 2008). Das abwechselnde Ziehen an den Gliedmaßen bezweckt also eine Verkleinerung des Durchmessers des Brustkorbs (Aehnelt und Grunert, 1972; Grunert und Andresen, 1996c; Heun, 2008) sowie eine Verminderung des Körperumfanges des Kalbes (Busch, 1993). Ein gleichzeitiger Zug an beiden Vorderbeinen bewirkt das Zusammenschieben der Halsmuskulatur und -haut sowie eine Stauung der Bug- und Ellenbogengelenkshöcker vor dem Becken (Benesch, 1952a, 1957b).

2.6. Studien zur Zugkraftmessung bei der Extraktion eines Kalbes

Trotz der kontroversen Empfehlungen für die Durchführung der manuellen Extraktion beim Kalb gibt es bisher nur zwei *in-vitro* Studien, die die Zugkräfte und die Kälbermaße während des simultanen und alternierenden Zugmodus miteinander verglichen (Becker, 2008; Boecker, 1982). Weiterhin liegen zur Zeit nur drei aktuelle *in-vivo* Studien zu auftretenden Zugkräften bei Auszügen vor. Allerdings wird bei zwei dieser Studien der Auszug mit Hilfe eines mechanischen Geburtshelfers durchgeführt (Padberg, 1993; Lange et al. 2019). Bei der anderen Untersuchung wird die Zughilfe bei Fleischrindern sowohl manuell als auch mechanisch durchgeführt (Pearson et al., 2020). Aufgrund der geringen Zahl an vergleichbaren Studien werden diese folgend einzeln vorgestellt.

2.6.1. Boecker (1982)

In der Dissertation „Optimierung der Zughilfe zur Entwicklung des fetalen Schultergürtels beim Rind intra partum“ wurden in einer *in-vitro* Studie die Zugkräfte während des Auszuges eines Kalbes mit verschiedenen Auszugsmodi untersucht.

Dazu wurden 10 tote Neugeborene der Rasse Deutsches Fleckvieh mithilfe eines mechanischen Geburtshelfers durch ein knöchernes Becken eines Rindes der Rasse Deutsches Fleckvieh gezogen. Die dabei auftretenden Kräfte wurden mit zwei elektrischen Zugmessdosen gemessen. Diese waren jeweils zwischen einem um die Vordergliedmaße des Kalbes befestigten Geburtsstrick und ein Zugseil des Geburtshelfers geschaltet.

Jedes Kalb wurde fünfmal in Vorderendlage, oberer Stellung und mit gestreckter Haltung auf drei verschiedene Arten durch das Rinderbecken gezogen. Zum einen wurde mit gleichmäßigem Zug an beiden Extremitäten gleichzeitig gezogen (Methode 1). Bei der zweiten Methode wurde zunächst eine Vordergliedmaße ungefähr 16 cm ausgezogen und das Zugseil fixiert. Anschließend wurde der Vorgang an der anderen Gliedmaße wiederholt, sodass ein abwechselnder Zug an den Extremitäten ausgeübt wurde (Methode 2). Diese Methode wurde mit einer Zuglänge von 26,5 cm wiederholt (Methode 3).

Bei der Auswertung der registrierten Kraftkurven zeigte sich, dass bei dem gleichzeitigen Zug sowohl eine geringere Zugkraft (durchschnittlich 315,6 N für den Kopf und 348,8 N für die Schulter des Kalbes) notwendig war als auch geringere Kraftmaxima (durchschnittlich 11,5 mm für den Kopf und 11 mm für die Schulter des Kalbes) auf das Kalb ausgeübt wurden als bei alternierendem Zug an jeweils einer Extremität. Die Zugkraft und die Kraftmaxima waren bei allen Kälbern bei Methode 3 (durchschnittlicher Kraftaufwand: 393,3 N für den Kopf und 515,6 N für die Schulter) größer als bei Methode 2 (durchschnittlicher Kraftaufwand: 500,2 N für den Kopf und 565,0 für die Schulter) sowie Methode 1. Als Ursache für die höheren Zugkräfte bei wechselseitigem Zug nennt die Autorin den Verlust der Keilform des Kalbes, die bei gleichzeitigem Zug bewahrt wird. Deshalb wird der simultane Auszug mit Streckung der Vordergliedmaße bei der Geburtshilfe empfohlen.

2.6.2. Becker (2008)

In dieser *in-vitro* Studie wurden 12 Kälber der Rasse Holstein Friesian mittels einer Zugmaschine mehrmals mit verschiedenen Zugmodi an den Vordergliedmaßen durch ein knöchernes Becken einer 72 Monate alten Holstein-Friesian Kuh gezogen. Der knöcherne Beckenring war so in die Kälber-Extraktionsanlage integriert, dass er in linker Seitenlage und horizontal frei drehbar war. Zwei zwischen den Vorderextremitäten und der Zugmaschine angebrachte Kraftmessdosen dienten der Erfassung der an den Gliedmaßen auftretenden Zugkraft.

Das Kalb wurde mit an den Vordergliedmaßen befestigten Ketten und einem Kopfhalter manuell in das Becken eingezogen. Um den wechselseitigen und den gleichzeitigen Auszug miteinander vergleichen zu können, wurden die Kälber in Vorderendlage, oberer Stellung und gestreckter Haltung siebenmal durch das knöcherne Becken ausgezogen. Bei dem gleichzeitigen Auszug (Methode 1) wurden beide Gliedmaßen um 10cm vorgezogen. Nach einer Pause, die so lange andauerte, wie das Vorziehen einer Extremität um 10cm gedauert hätte, wurde der gleichmäßige Zug an beiden Vorderbeinen fortgesetzt, bis das Kalb erneut 10 cm ausgezogen war. Der alternierende Auszug begann mit Zug an der unteren Gliedmaße. Nachdem diese so weit ausgezogen war, dass eine Differenz von 5 (Methode 2) bzw. 10 cm (Methode 3) zwischen den Afterklauen entstand, wurde der Zug gestoppt und an der anderen Gliedmaße fortgeführt. Jeder Auszug wurde mit einer Geschwindigkeit von 8 cm/Min kontinuierlich bis zum Austreten des Thorax aus dem Becken durchgeführt.

Unabhängig von dem durchgeführten Auszugsmodus traten beim Auszug des Vorderkörpers immer zwei Kraftmaxima auf. Das erste Kraftmaximum konnte vor dem vollständigen Austreten des Kopfes, das zweite bis zum Austreten der Brust des Versuchstieres aus dem knöchernen Becken beobachtet werden. Bis zum Austritt des Kopfes ist ein Kraftmaximum von durchschnittlich 459 ± 132 N an beiden Gliedmaßen gemessen worden. Beim diesem ersten Kraftmaximum ist die gemessene maximale Zugkraft sowie der Energieaufwand sowohl an beiden (Zugkraft: 399 ± 116 N ; Energie: $27,3 \pm 7,9$ kJ) als auch an einer (Zugkraft: 341 ± 106 N; Energie: $19,9 \pm 7,2$ kJ) Vordergliedmaße während des wechselseitigen Zuges mit einer Zugdifferenz von 10 cm am niedrigsten (Maximalkraft beim wechselseitigen Auszug mit einer Zugdifferenz von 5 cm mit 467 ± 104 N Zugkraft und $29,8 \pm 8,3$ kJ

Energie an beiden und 411 ± 86 N Zugkraft und $23,0 \pm 7,0$ kJ Energie an einer Gliedmaße sowie bei simultanem Zug mit 512 ± 156 N Zugkraft und $27,3 \pm 7,3$ kJ Energie an beiden und 431 ± 127 N Zugkraft und $22,6 \pm 5,7$ kJ Energie an einer Extremität). Für den Austritt der Brust war an beiden Vorderbeinen ein Kraftmaximum von 585 ± 160 N und damit mehr Kraft als für den Austritt des Kopfes notwendig. Die Maximalkräfte an beiden Gliedmaßen bis zum Austreten der Brust unterscheiden sich nicht voneinander. Vergleicht man die Maximalkräfte und die Energieaufwendung an einer Extremität und die aufgewendete Energie an beiden Gliedmaßen bis zum Austritt der Brust, ist sowohl die maximale Zugkraft (352 ± 98 N) als auch die Energie ($90,5 \pm 24,9$ kJ) bei dem simultanen Zugmodus im Vergleich zum Zug mit einer Differenz von 10 (Kraftmaxima an einer Gliedmaße: 547 ± 115 N; Energieaufwand an beiden Gliedmaßen: $104,9 \pm 24,7$ kJ) beziehungsweise 5 cm (Kraftmaxima an einer Gliedmaße: 432 ± 79 N; Energieaufwand an beiden Gliedmaßen: $96,7 \pm 21,0$ kJ) am geringsten. Becker (2008) empfiehlt dem Geburtshelfer deshalb ein Kalb in Vorderendlage bis zum Austreten des Kopfes wechselseitig mit einer Differenz von 10 cm zwischen den Afterklauen auszuziehen. Nach der Entwicklung des Kopfes sollte gleichzeitiger Zug auf beide Vordergliedmaßen der Frucht ausgeübt werden.

2.6.3 Padberg (1993)

Padberg (1993) untersuchte die auf die Frucht einwirkenden Zugkräfte bei der Zughilfe mit einem mechanischen Geburtshelfer bei Rindergeburten unter Praxisbedingungen, um die Größe der Kraft und deren Zusammenhang zur jeweiligen Geburtssituation beurteilen zu können.

Dafür wurde mithilfe von zwei Messköpfen und zwei Messkonvertern bei der Geburt von 13 Kühen der Rasse Deutsche Rotbunte und 11 Tieren der Rasse Deutsche Schwarzbunte die Kraft, die auf die Extremitäten der Kälber einwirkten, erfasst.

Das Muttertier wurde in Seitenlage verbracht. Anschließend wurde die Frucht mithilfe von Geburtsstricken so weit manuell in das Becken eingezogen, dass die Fesselgelenke in der Schamspalte sichtbar wurden. Die Stricke wurden durch Geburtsketten ersetzt und diese an der Mechanik des hofeigenen Geburtshelfers befestigt. Zwischen den Geburtsketten und der Mechanik waren die Messköpfe befestigt, die die Zugkräfte während des gesamten Auszuges des Kalbes erfassen.

Nach dem Auszug wurde das Neugeborene gewogen und vermessen. Das Muttertier wurde auf Geburtsverletzungen untersucht.

Die Auswertung dieser Untersuchungen zeigte, dass die Anzahl der Verletzungen mit zunehmender Schwere der Geburt zunahm, die Art und Weise der Traumata allerdings konstant blieb. Bei Erstgebärenden traten häufiger Verletzungen auf als bei Mehrgebärenden. Auch Schweregeburten kamen bei primiparen Tieren häufiger vor. Eine Schweregeburt wurde als eine Geburt definiert, bei der Kräfte zwischen 150 und 250 kp an einer Gliedmaße des Kalbes auftraten und die im Mittel 268 ± 117 Sekunden andauerten. Nach dieser Definition waren 24 % der betrachteten Geburten Schweregeburten. Bei diesen traten die größten Differenzen der gemessenen Kraft an einem Bein auf. Außerdem war die Parallelität der Kurven bei den Schweregeburten gut bis sehr gut. Die Parallelität ist nach Padberg (1993) ein Maß für die Gleichzeitigkeit der Zugbelastung der fetalen Beine. Demnach wird während Schweregeburten synchron an beiden Beinen des Kalbes Zug ausgeübt. Die Parallelität ist bei mittelschwerer Zugkraft vergleichsweise schlecht. Zu der Kategorie der mittelschweren Geburten wurden Geburten gezählt, bei denen Kräfte zwischen 80 und 150 kp pro Bein gemessen wurden. Sie machten einen Anteil von 48% der Gesamtgeburten aus. Die Geburten mit leichtem Zug dauerten mit 41 ± 21 Sekunden im Mittel halb so lange wie die mittelschweren Geburten. Bei diesen Geburten konnte keine gleichzeitige und gleichmäßige Belastung der Beine erreicht werden. Es wurden Zugkräfte bis zu 80 kp an den fetalen Beinen gemessen. Padberg (1993) schloss aus diesen Ergebnissen, dass der durch den Geburtshelfer auf die Gliedmaßen des Kalbes ausgeübte Zug gleichmäßiger und gleichzeitiger als der manuelle Zug sei. Ein weiterer Vorteil ist der geringere Bedarf an Hilfspersonen. Bei dem Einsatz eines mechanischen Geburtshelfers sollte der Kopf des Kalbes fixiert werden, damit die optimale Keilform der Frucht während des Auszuges beibehalten wird. Außerdem fordert Padberg (1993) die Verwendung von Geburtsketten statt Stricken, die Einhaltung der Führungslinie und die Vermeidung von Gewaltauszügen, um Geburtsverletzungen zu vermeiden.

2.6.4 Lange et al. (2019)

Um die Wirkung von Denaverin (Sensiblex®) auf den Abkalbeverlauf von Rindern zu untersuchen, wurden bei 83 Färsen der Rasse Holstein Friesian die Zugkraft, die Anwendung von Geburtshilfe und die Dauer der Abkalbung sowie der angewendeten Geburtshilfe gemessen und ausgewertet.

Waren bei den hochtragenden Färsen die Klauen des Kalbes außerhalb der Vulva sichtbar, wurde dem Rind nach einem Zeitintervall von 30 Minuten Sensiblex oder ein Placebo subkutan injiziert. Wenn beide Vordergliedmaßen und der Kopf des Neugeborenen nicht eine halbe Stunde nach Injektion aus der Scham ausgetreten waren, wurde das Kalb mithilfe eines mechanischen Geburtshelfers ausgezogen. Zwischen den fetalen Vorderbeinen und dem Geburtshelfer war ein digitaler Kraftmesser zwischengeschaltet, der zwei Mal pro Sekunde die angewendete Zugkraft maß. Sobald das Kalb vollständig entwickelt war, wurde das Muttertier vaginal auf Geburtsverletzungen untersucht und der Geburtsverlauf mittels einer 4-Punkte-Skala (sehr leicht, leicht, schwer, sehr schwer) beurteilt.

Von den untersuchten 83 Holstein-Friesian-Färsen benötigten 47 Tiere Geburtshilfe. Die maximale Zugkraft, die während der Studie gemessen wurde, betrug 1 979,5 N. Um die Vergleichbarkeit zwischen den beiden Gruppen zu erleichtern, wurde die AUC (Zugkraft über Zeit) verwendet. Diese war bei den Färsen, denen Sensiblex verabreicht wurde, geringer ($64,373 \pm 50,514$ Ns) als bei den Färsen der Placebo-Gruppe ($91,553 \pm 61,886$ Ns). Die Dauer der Geburtshilfe war ebenfalls in der Denaverin-Gruppe geringer (3 min 11 s \pm 1 min 47 s) verglichen mit den Versuchstieren der Kontrollgruppe (3 min 59 s \pm 3 Min 5 s).

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass durch die Gabe von Sensiblex der Geburtsprozess erleichtert werden kann. Obwohl bei einem Auszug des Kalbes weniger Kraft aufgewendet werden muss und dieser weniger Zeit erforderte, kann auf die Anwendung von Geburtshilfe nicht komplett verzichtet werden.

2.6.5 Pearson et al. (2020)

Ziel dieser Untersuchungen war es, die Größe und Dauer der verschiedenen Kräfte, die während der manuellen und mechanischen Zughilfe bei Fleischrindern auf das Kalb einwirken, zu quantifizieren. Dafür wurde zuerst eine geeignete Methode entwickelt.

Bei 25 in Geburt befindlichen Färsen wurde nach ein bis zwei Stunden nach starken Presswehen oder dem Erscheinen der Fruchtblase oder der Klauen außerhalb der Schamspalte des Muttertieres eine vaginale Untersuchung durchgeführt. Anschließend wurden modifizierte Geburtsketten an je einer Vordergliedmaße des Kalbes angebracht. Zwischen diesen Ketten war mittig ein S-Typ-Kraftmesser integriert, der über einen Konverter mit einem Computer verbunden war. Auf diesem war ein Programm installiert, das alle 0,2 Sekunden Daten von dem Kraftmesser empfing und mit Zeitangaben auf einem USB-Laufwerk speichert. Dieses System aus modifizierten Geburtsketten, der integrierten Kraftmessdosen, den Convertern, dem Computer mit dem Programm und einer tragbaren Stromversorgung wurde als CAF-Log (Calf Assistance Force Logger) bezeichnet. Das CAF-Log wurde vor dem Einsatz in der Studie kalibriert. Dafür wurden Gewichte von 25 bis 200 kg in zunehmenden Schritten von 25 kg für drei Minuten mithilfe eines hydraulischen Aufzuges aufgehängt und mit jeder modifizierten Kette einzeln gemessen. So war es möglich, während der manuellen oder mechanischen Zughilfe, die bei den Rindergeburten durchgeführt wurden, die dabei angewendete Zugkraft zu erfassen und messbar zu machen. Nach dem Auszug wurde das Kalb auf Verletzungen untersucht und gewogen.

Von den 25 Zughilfen wurden 18 (72%) mithilfe eines mechanischen Geburtshelfers durchgeführt. Die übrigen 7 (28%) Kälber wurden von einer oder zwei Personen manuell ausgezogen. Diese manuellen Auszüge dauerten im Median 112,6 Sekunden (IQR: 88,4–149,7 Sekunden). Für eine Zughilfe mithilfe eines mechanischen Geburtshelfers wurde eine mittlere Dauer von 312,6 Sekunden (IQR: 221,1–462,3 Sekunden) ermittelt. Die maximale Kraft, die bei der Geburtshilfe auf eine Gliedmaße des Kalbes angewendet wurde, war bei der Anwendung eines mechanischen Geburtshelfers ($126,8 \pm 48,2$ kg) größer als die, die durch den Zug

LITERATUR

einer Person ($56,9 \pm 22,9$ kg) an dem Vorderbein des Kalbes aufgebracht wurde. Die Gesamtkraft (die Summe aller positiven Kraftänderungen über die Dauer der Geburtshilfe) bei einer manuellen Extraktion des Kalbes (178,3 kg min) war kleiner als die Gesamtkraft, die während einer mechanischen Zughilfe (380,6 kg min) angewendet wurde. Die maximale Ruckkraft (das Maximum der Kraftänderung geteilt durch 0,201 Sekunden, wobei alle negativen Kraftänderungen mit Null gleichgesetzt wurden) betrug bei manuellen 36,6 kg/s und bei mechanischen Zughilfen 77,2 kg/s.

Das in dieser Untersuchung verwendete sogenannte CAF-Log (Calf Assistance Force Logger) -System eignete sich zur Messung der Dauer und verschiedener Kraftparameter, die während der Zughilfe auf ein Kalb ausgeübt werden. Mit diesem System konnte nachgewiesen werden, dass sowohl die Dauer als auch die auf das Kalb ausgeübten Kräfte bei einer Zughilfe mit Hilfe eines mechanischen Geburtshelfers signifikant größer waren als die Dauer und die Kräfte, die während eines manuellen Auszuges des Kalbes auftraten.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchstiere

Die Studie wurde an hochtragenden Färsen und pluriparen Kühen aus zwei verschiedenen Milchviehbetrieben in Niedersachsen von Februar 2019 bis April 2021 durchgeführt.

Der erste Betrieb (Betrieb 1) war ein Milchviehbetrieb in Barsinghausen, Region Hannover, mit insgesamt 102 laktierenden und sechs trockenstehenden Kühen der Rasse Holstein Friesian. Die durchschnittliche Herdenmilchleistung betrug 10668 kg Milch. Da es sich aufgrund des Eingriffs in den physiologischen Geburtsablaufs nach §7 des Tierschutzgesetzes um einen Tierversuch handelte, wurde das Versuchsvorhaben der zuständigen Behörde angezeigt (§8 TierSchG). Das Niedersächsische Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) genehmigte diesen Tierversuch unter dem Aktenzeichen 33.8-42502-04-19/3138.

Auf dem zweiten Milchviehbetrieb (Betrieb 2) in Rehburg-Loccum, Landkreis Nienburg/Weser, mit einer durchschnittlichen Herdenmilchleistung von 10261 kg Milch, umfasste der Tierbestand insgesamt 1125 Rinder der Rasse Holstein Friesian, Angus und verschiedener Kreuzungen. Davon waren 522 laktierende und 36 trockenstehende Kühe. Hier wurde ein Auszug erst durchgeführt, wenn es zu einer Verzögerung des physiologischen Ablaufs der Geburt kam. Da ein Eingriff in den Geburtsablauf in diesen Fällen indiziert war, lag kein Tierversuch vor.

3.1.2 Haltung

Die laktierenden Kühe beider Milchviehbetriebe wurden ganzjährig im Boxenlaufstall mit Tiefliegeboxen gehalten.

Auf Betrieb 1 war der Boxenlaufstall mit 96 Liegeboxen und Spaltenboden ausgestattet. Weiterhin gab es einen Zweiraum-Tieflaufstall mit 12 Boxen a 50m² (Abb. 4). In diesen wurden die Rinder nach dem Trockenstellen zum Abkalben umgestallt.

Etwa zehn Tage nach der Abkalbung wurden die puerperalen Tiere zurück in den Boxenlaufstall gestellt.



Abb. 4: Abkalbebox mit einer Fläche von 50 m² in einem Zweiraum-Tief Laufstall auf Betrieb 1

Alle Tiere von Betrieb 2 waren in einem Liegeboxenlaufstall mit Platz für etwa 500 Tiere untergebracht. Dabei wurden sie je nach Milchleistung in Gruppen aufgeteilt. Es gab insgesamt 4 Gruppen: die Hoch-, die Niederleistenden, die Trockensteher sowie die Erstkalbinnen. Der Stall war mit Tiefliegeboxen und einer Lauffläche mit planbefestigtem Betonboden sowie einem automatischen Schiebersystem ausgestattet. Etwa drei Wochen vor dem errechneten Abkalbetermin erfolgte die Umstellung der trockenstehenden Rinder in ein zweites Stallgebäude mit Abkalbeboxen. Bei diesen Abkalbeboxen handelte es sich um 10 Tiefstreuboxen mit

einer Fläche von 30m² (Abb. 5). Sie wurden jeweils mit 3 bis 4 Tieren belegt. Reichte der Platz nicht mehr aus, wurden die Trockensteher zusätzlich in ein ca. 100m² großes abgetrenntes Abteil des Tiefstrobereiches verbracht. Dieser 10m breite und 25m lange Tiefstrobereich war ebenfalls Teil des zweiten Stalles und diente auch der Unterbringung von kranken und puerperalen Tieren. Die Kühe wurden 10 Tage nach der Abkalbung aus dem Tiefstrobereich in den Boxenlaufstall umgestallt.



Abb. 5: Tiefstreubox mit einer Fläche von 30m² im zweiten Stallgebäude von Betrieb 2

3.1.2 Fütterung

In Betrieb 1 wurden die laktierenden Tiere mit einer Teilmischung gefüttert, die sich aus Ackergras, Ballensilage, Maissilage, Pressschnitzelsilage, Weizen, Stroh, Rapsextraktionsschrot, Mais und Mineralfutter zusammensetzt. Zusätzlich konnten die Tiere je nach Milchleistung Kraftfutter aus einem Kraftfutterautomaten abrufen. Die Färsen und die Trockensteher erhielten eine Totale Mischung (TMR), die sich aus denselben Bestandteilen wie die Ration der Melkenden zusammensetzt, allerdings mit an den Energiebedarf angepassten Mengen an Stroh und Kraftfutter.

Betrieb 2 fütterte alle Rinder mit einer TMR. Die Ration wurde individuell dem momentanen Leistungsniveau der jeweiligen Gruppe angepasst. Das Grundfutter setzte sich aus Maissilage, Grassilage und Stroh zusammen. Als Kraftfutter wurden Weizen, Mais, Schnitzel, Soja- und Rapsextraktionsschrot sowie fertiges Kraftfutter eingesetzt. Darüber hinaus wurde Mineralfutter eingemischt.

Außerdem hatten alle Tiere beider Betriebe ständig freien Zugang zu ausreichend Wasser in Trinkwasserqualität.

3.1.3. Fruchtbarkeitsmanagement

Die Rinder beider Betriebe wurden künstlich mit Spermia von Deutschen Holstein Bullen besamt. Alle Besamungen wurden von einem Besamungstechniker durchgeführt. Betrieb 1 kaufte außerdem hochtragende Färsen von anderen Betrieben zu.

Auf Betrieb 2 wurden die Tiere, die nach der 3. Besamung noch nicht tragend waren, mit Spermia eines Weißblauen Belgier Bullen besamt oder von einem der zwei Deckbullen gedeckt. Bei den Deckbullen handelte es sich um Tiere der Rassen Fleckvieh und Angus.

3.2 Studiendesign

Während der gesamten Versuchsphase wurden alle zur Abkalbung anstehenden Rinder durch die Doktorandin und/oder das Betriebspersonal beider Betriebe überwacht. Mit dem Tag der Umstallung aus dem Boxenlaufstall in den Abkalbebereich

begann der Beobachtungszeitraum. Je nach Betrieb gab es Unterschiede in der Geburtsüberwachung.

Auf Betrieb 1 kontrollierten die Mitarbeiter in Abwesenheit der Doktorandin alle zur Geburt anstehenden Tiere in unregelmäßigen Abständen visuell vom Futtertisch aus. Bei frühen Geburtsanzeichen wie unruhigem Verhalten, verminderter Wiederkautätigkeit oder abgehaltenem Schwanz wurde die Doktorandin umgehend benachrichtigt. Hielt sich die Doktorandin auf dem Betrieb auf, erfolgte die Geburtsüberwachung kontinuierlich in Intervallen von 45-60 Minuten. Zusätzlich zu der visuellen Kontrolle wurde ein SMS-Kalb-Sensor „Moocall“ (Moocall Ltd./ Dublin, Irland) als technisches Hilfsmittel zur Geburtsüberwachung benutzt. Dieser wurde an den Schwanz des Tieres angebracht, das der Geburt zeitlich am nächsten war. Bei jedem Rundgang durch den Abkalbebereich wurde zum einen auf deutliche Geburtsanzeichen (Bauchpressentätigkeit, schleimiger Vaginalausfluss sowie äußerlich sichtbare Fruchtblasenteile) geachtet. Zum anderen wurde kontrolliert, ob der Sensor sachgemäß am Schwanz der Kuh befestigt, der Akku des Gerätes ausreichend geladen war und der Sensor Daten übermittelte.

Auf Betrieb 2 wurde bei der Geburtsüberwachung auf technische Hilfsmittel verzichtet. Dort erfolgte alle 30 Minuten ein Rundgang durch den Abkalbebereich durch die Herdenmanager oder die Doktorandin.

Sobald eines der hochtragenden Tiere auf Betrieb 1 deutliche Geburtsanzeichen zeigte, wurde eine manuelle vaginale Untersuchung durchgeführt. Diese diente der Erfassung der Lage, Stellung und Haltung und Lebenszeichen der Frucht sowie der Einschätzung des Öffnungsgrades der Cervix. Abweichende Lage und Stellung des Kalbes, ein totes Kalb sowie Verletzungen des weichen oder knöchernen Geburtsweges des Muttertieres führten zum Ausschluss aus der Studie. Auf Betrieb 2 erfolgte dieselbe Untersuchung erst nach einer Verzögerung des physiologischen Geburtsablaufes. Eignete sich das Tier für die Studie, wurde im Gegensatz zu Betrieb 1 ein manueller Auszug unter Berücksichtigung betrieblicher Bestimmungen erst durchgeführt, wenn innerhalb einer halben Stunde nach Wahrnehmung deutlicher

Anzeichen einer Geburt kein deutlicher Fortschritt der Geburt zu erkennen war oder eine Haltungsanomalie des Kalbes vorlag.

Nach dem Entscheid zur Aufnahme in die Studie, wurde jedem Tier per Losverfahren entweder der gleichzeitige, der alternierende oder der einseitige Auszugsmodus randomisiert zugeordnet. Dabei wurden für Färsen und pluripare Kühe bzw getrennt nach Betrieb jeweils eigene Lostöpfe verwendet.

Vor Beginn der manuellen Extraktion wurde das Messsystem (siehe unten) aktiviert und in Nullstellung gebracht, sodass während des gesamten Auszugs der Kraftaufwand für jede Gliedmaße getrennt erfasst werden konnte. Die Geburtsketten wurden oberhalb der Fesselgelenke des Kalbes angebracht, sodass sie jeweils zwischen den Afterklauen verliefen. Nach dem Anschleifen der Ketten wurde jeweils ein Kraftaufnehmer (XCTOL-2kN, X-SENSORS GmbH, Magstadt/Deutschland) zwischen zwei Geburtsketten eingehakt, sodass dieser frei zwischen der Vordergliedmaße und den Griffen hing. Unabhängig vom angewandten Auszugsmodus wurde das Kalb mit der Zughilfe von zwei Personen (eine Person an je einer Vorderextremität des Neugeborenen) entwickelt.

Während des Auszuges wurde unabhängig vom jeweiligen Auszugsmodus mit den Wehen und in Verlaufsrichtung der Beckenhöhlenpassage der Frucht gezogen. Der gesamte Ablauf eines Auszuges wurde mit einer Videokamera (ACT-8030W, Firma DENVER ELECTRONICS A/S, Dänemark) aufgezeichnet.

Nachdem das Kalb vollständig ausgezogen war, wurde es vermessen, gewogen und auf Verletzungen untersucht. Außerdem wurde die Vitalität des extrahierten Neugeborenen mithilfe des APGAR-Scores beurteilt. Das Muttertier wurde einer nachgeburtshilflichen Untersuchung unterzogen. Weiterhin wurden die Dimensionen des Beckens der Kuh vermessen.

3.3 Das Messsystem

Das verwendete Messsystem setzte sich aus zwei Kraftaufnehmern (XCTOL-2kN, X-SENSORS GmbH, Magstadt/Deutschland) verbunden mit jeweils einem Transmitter, einer kabellosen Telemetrie-USB-Basisstation (T24-Bsu Wireless Telemetry Base

Station USB, X-SENSORS GmbH, Magstadt/Deutschland) und einem Laptop (Aspireone D150 Netbook, acer) mit entsprechender Software (X-SENSORS Log, X-SENSORS GmbH, Magstadt/Deutschland) zusammen. Mithilfe dieses Systems war es möglich, die bei einem Auszug auf eine Vordergliedmaße aufgewendete Zugkraft zu erfassen und zu dokumentieren.

Die Messung der aufgewendeten Zugkraft erfolgte durch zwei Kraftsensoren für Zug und Druck in S-Form. Diese Sensoren (59,5 x 63,5 x 17mm) mit Innengewinde sowie IP67 Schutz waren aus Edelstahl gefertigt. Ihr Gewicht betrug 0,7 kg. In die zwei Gewinde waren Haken eingeschraubt. Diese konnten dann in die Enden der Geburtsketten eingehängt werden. Nach Herstellerangaben betrug die Maximallast der Kraftaufnehmer 2kN (Abb. 6).

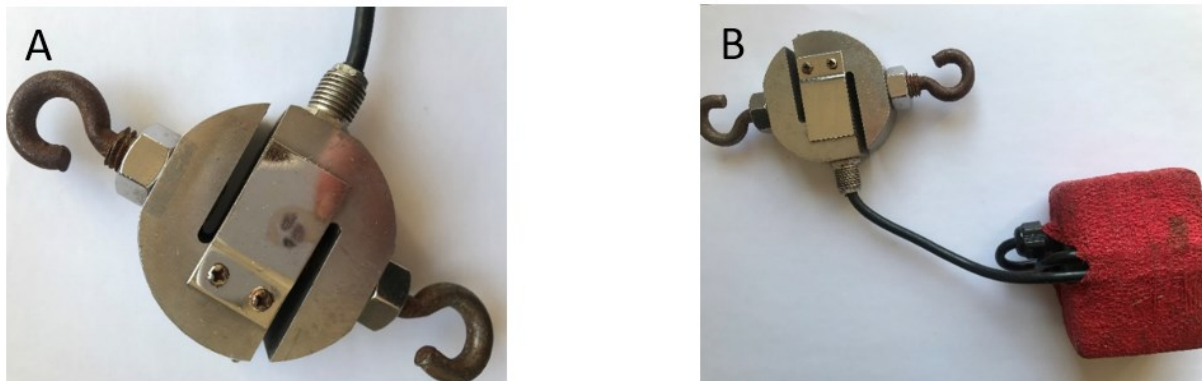


Abb. 6: Kraftaufnehmer XCTOL-2kN (X-SENSORS GmbH, Magstadt/Deutschland) in S-Form aus Edelstahl mit in die Gewinde eingeschraubten Haken (A) verbunden mit einem XST-ACMi-SA Wireless Telemetry Transmitter (X-SENSORS, Magstadt/Deutschland) (B) für die drahtlose Übertragung der gemessenen Zugkraft an die USB-Basisstation (T24-Bsu Wireless Telemetry Base Station USB, X-SENSORS GmbH, Magstadt/Deutschland)

Durch ein Kabel waren beide Kraftsensoren jeweils mit einem XST-ACMi-SA Wireless Telemetry Transmitter für DMS Eingangssignale (X-SENSORS, Magstadt/Deutschland) verbunden (Abb. 6 (B)) Dabei handelte es sich um ein drahtloses Dehnungsbrücken-Sendermodul, das Sensoren auf Basis von DMS

(Dehnungsmessstreifen) verbindet und die gemessenen Daten an XST-Empfänger übermittelt. Der verwendete Transmitter mit Miniatur-Platine für OEM-Integration (Originalausrüstungshersteller) war in ein Schutzgehäuse (80 x 62x 34 mm) eingebettet. Dieses ermöglichte zum einen, dass die Sendermodule umweltdicht und damit auch im Stall einsatzbereit waren. Zum anderen wurde ein Batterieanschluss und damit die Stromversorgung durch zwei AA-Zellen garantiert. Die durch die Kraftaufnehmer gemessenen Kräfte wurden von dem Sendemodul erfasst, in benutzerdefinierte technische Einheiten umgewandelt (N) und an die T24-Bsu Wireless Telemetry Base Station USB (X-SENSORS GmbH, Magstadt/Deutschland) übertragen. Die Übertragung erfolgte über eine 2,4-GHz-DSSS-Funktechnologie (Direct Sequence Spread Spectrum) mit einer Reichweite von bis zu 800m. Ähnlich wie das Sendermodul war die Basisstation in ein IP50-Gehäuse eingebettet. Es hatte eine Größe von 76 x 35 x 20 mm.

Die kabellose Telemetrie-USB-Basisstation diente zusammen mit der Messsoftware der Konfiguration und der Kalibrierung des modularen Telemetriesystems. Die Übertragungsrate wurde auf einen Messwert pro Sekunde festgelegt. Zusätzlich stellte sie die erfassten Funksenderdaten über eine USB-Schnittstelle an den Laptop mit der T24-Protokollierungs- und Visualisierungssoftware (X-SENSORS Log, X-SENSORS GmbH, Magstadt/Deutschland) zur Verfügung. Diese wiederum speicherte die während der Auszüge gemessenen Kräfte auf der Festplatte des Laptops und exportierte diese in eine Excel-Datei.

3.4 Durchführung der Messungen

3.4.1 Die Auszugsmodi

Bei der manuellen Extraktion der Kälber wurden unterschiedliche Zugmodi angewendet. Welcher Auszugmodus verwendet wurde, wurde vor jeder manuellen Extraktion ausgelöst (siehe 3.2).

Ein Zugmodus war der alternierende Auszug (**Methode ALT**). Dabei wurde zunächst so lange an der unteren Vordergliedmaße gezogen, bis der Abstand zwischen den

Afterklauen ungefähr 10 cm betrug. Anschließend wurde die andere Vorderextremität etwa 20 cm weiter ausgezogen, sodass wieder ein Abstand von etwa 10 cm zwischen den Afterklauen entstand. Dieser Vorgang wurde wiederholt bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Brustkorb des Kalbes ausgetreten war. Danach wurde gleichmäßig an beiden Extremitäten gezogen, bis das Kalb vollständig entwickelt war.

Ein weiterer Zugmodus bestand darin, dass nur Zug an der unteren Gliedmaße ausgeübt wurde (**Methode EIN**), während die andere Gliedmaße während des gesamten Auszugs nur leicht auf Spannung gehalten wurde.

Der simultane Auszugmodus (**Methode SIM**) erfolgte durch gleichmäßigen und gleichzeitigen Zug an beiden Gliedmaßen während des gesamten Zeitraums des Auszugs.

Unabhängig davon, welcher Zugmodus angewendet wurde, wurde bei jeder Extraktion synchron zu den Presswehen gezogen. Außerdem wurde bei der Zugrichtung annähernd der Führungslinie des Rinderbeckens gefolgt: Zuerst erfolgte der Zug parallel zur Körperachse des Muttertieres. Sobald der Brustkorb durch das Becken getreten war, wurde die Zugrichtung nach ventral (in Richtung der Extremitäten der Kuh) geändert.

3.4.2 Datenerfassung

Von dem Muttertier wurden die Ohrmarkennummer und falls vorhanden die Halsbandnummer sowie die Rasse erfasst. Handelte es sich um ein pluripares Tier wurde zusätzlich dazu die Anzahl vorheriger Abkalbungen notiert. Außerdem erfolgte die Ermittlung des Alters und des Datums der letzten Besamung mit Art der Besamung aus dem Herdenmanagementprogramm. Auch wurden noch der Zeitpunkt des Fruchtblasensprunges und der Beginn sowie das Ende des Auszuges protokolliert. Bevor die Ketten an die Vordergliedmaßen des Kalbes angebracht wurden, wurde die Lage (rechte oder linke Seitenlage bzw. stehend) des Muttertieres vermerkt.

3.5 Untersuchung des Muttertieres

Nach erfolgreicher Extraktion des Kalbes wurde bei jedem Muttertier eine geburtshilfliche Nachuntersuchung durchgeführt. Dabei wurde auf das Vorhandensein

weiterer Früchte und Verletzungen des weichen Geburtsweges untersucht. Danach wurden die externen Beckenmaße mit Hilfe eines Maßbandes erhoben:

- Die Hüftbreite: der Abstand zwischen den lateralsten Punkten der Tuber coxae
- Die Hüftlänge: der Abstand zwischen dem kranialsten Punkt des Tuber coxae und dem kaudalsten Punkt des Tuber ischiadicum der ipsilateralen Seite
- Die Sitzbeinbreite: der Abstand zwischen den lateralsten Punkten der Tuber ischiadici

Weiterhin wurde der Bodyconditionscore (BCS) nach EDMONSON et al. (1989) bestimmt.

3.6 Untersuchung des Kalbes

Direkt nach der Geburt wurden bei allen Neugeborenen Fruchtwasserreste aus Nasen- und Maulbereich ausgestrichen. Anschließend erhielten sie zur Anregung der Atmung und des Kreislaufs einen Kaltwasserguss in den Nacken und wurden mit Stroh abgerieben. Im Anschluss erfolgte die Beurteilung der Vitalität mittels APGAR-Score nach MÜLLING (1976) modifiziert nach BORN (1981). Für die Parameter Muskeltonus (Reaktion auf Kaltwasserguss), Reflexerregbarkeit (Bulbus- und Zwischenklauenreflex), Atmung (Rhythmus) sowie Schleimhautfarbe wurden jeweils 0-2 Punkte vergeben (Tab. 3). Außerdem wurde das Tier auf mögliche Verletzungen untersucht.

Tab. 3: APGAR-Score nach MÜLLING (1976) modifiziert nach BORN (1981)

Beurteilungskriterien	Punktzahl		
	0	1	2
Kopfreaktion auf Kaltwasserguss	fehlt	herabgesetzt	spontane, aktive Bewegungen
Bulbus- und Zwischenklauenreflex	fehlen	ein Reflex positiv	beide Reflexe positiv
Atmung	fehlt	arrhythmisch	rhythmisch
Schleimhautfarbe	bläulich-weiß	blau	rosa-rot

Zusätzlich wurden von jedem Neugeborenem Geschlecht und Rasse dokumentiert. Das Körpergewicht wurde vor der ersten Tränke mit einer digitalen Körperanalysewaage (BS-70E; Firma ecomed, Neuss/Deutschland) erfasst. Dazu wurde das Kalb von einer Hilfsperson hochgehoben, beide zusammen gewogen und das Körpergewicht der Hilfsperson von dem Ergebnis abgezogen. Mithilfe eines Maßbandes wurden der Brustumfang und die Scheitelsteißlänge ermittelt. Zur Erfassung letzterer wurde bei gerader Rückenlinie vom Okzipitalgelenk bis zum ersten Schwanzwirbel gemessen.

3.7 Auswertung der Daten

Für die Auswertung der Daten wurden zuerst für jeden Auszug die gemessenen und in eine Excel-Tabelle (Microsoft Excel 2016, Microsoft Office®, Redmond, USA) exportierten Zugkräfte als Kraft-Zeit-Kurven (siehe Abb. 7) dargestellt. Anschließend wurden Zeitpunkte definiert, die für den Verlauf des Auszugs relevant waren. Diese Zeitpunkte waren das Sichtbarwerden der Afterklauen, der Karpalgelenke, des Flotzmaules, der Schultern, der Ellenbogen, des Brustkorbes des Kalbes außerhalb der Scham sowie das Austreten des Kopfes bis vor die Stirn und der vollständige Austritt des Kopfes. Bei der Durchsicht der Videoaufnahmen zeigte sich, dass nicht alle beschriebenen Zeitpunkte bei jedem Auszug sichtbar waren. Nur das Erscheinen der Afterklauen sowie des Flotzmaules, das Austreten des Kopfes bis vor die Stirn sowie das vollständige Austreten des Kopfes (=beide Ohren außerhalb der Vulva sichtbar), des Brustkorbes und des Neugeborenen außerhalb der Schamspalte waren in allen Videos eindeutig zu erkennen und wurden mit entsprechendem Zeitabgleich in die erstellten Kurven eingetragen.

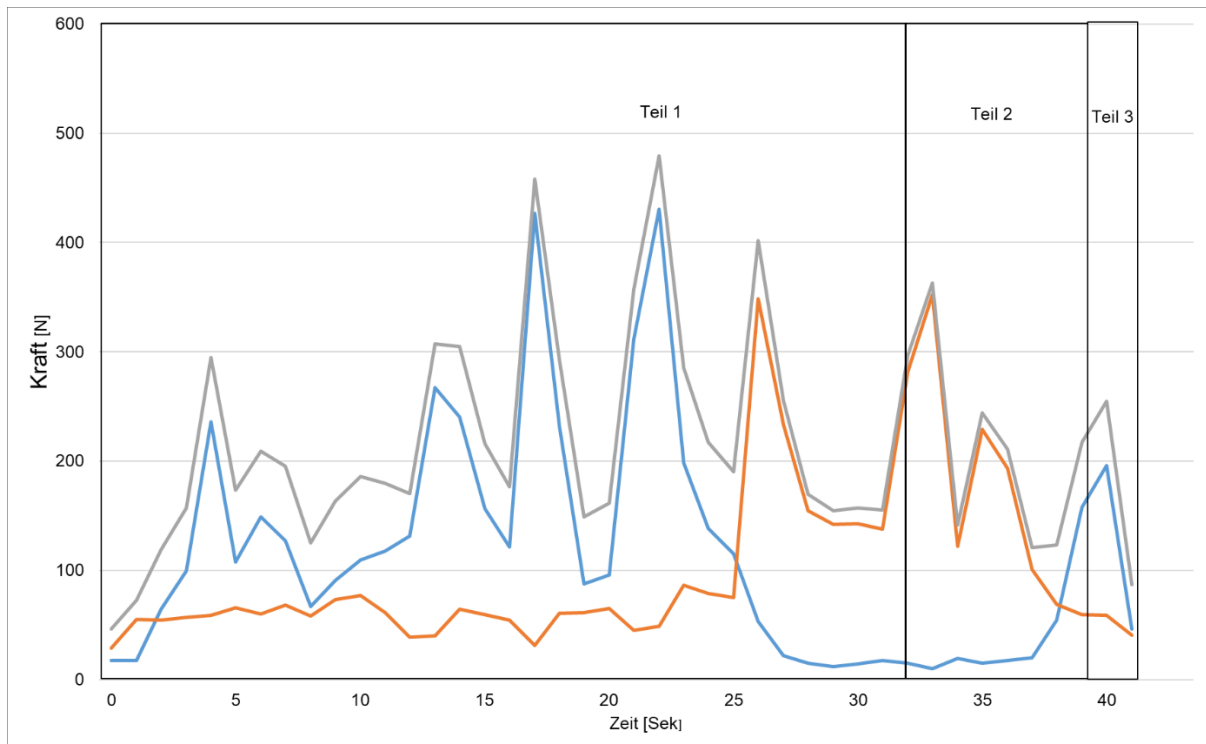


Abb. 7: Layout einer Kraftzeitkurve dargestellt mit dem Programm Microsoft Excel 2016 (Microsoft Office®, Redmond, USA) bei alternierendem Zugmodus (Methode ALT). Die gemessenen Zugkräfte [N] beider Kraftaufnehmer sind in Abhängigkeit der Zeit [Sek] dargestellt. Die Kraft-Zeit-Kurve wurde in drei Teile gegliedert (Teil 1: Anfang des Auszuges (=Erscheinen der Afterklauen bz des Flotzmaules oder Austreten des Kopfes bis vor Stirn) bis vollständiges Austreten des Kopfes außerhalb der Schamspalte; Teil 2: vollständiges Austreten des Kopfes bis vollständiges Austreten des Brustkorbes des Kalbes außerhalb der Schamspalte; Teil 3: vollständiges Austreten des Brustkorbes bis vollständiges Austreten des Kalbes außerhalb der Schamspalte)

blaue Linie: Kraftkurve [N] des Kraftaufnehmers der rechten Gliedmaße; orange Linie: Kraftkurve [N] des Kraftaufnehmers der linken Gliedmaße; graue Linie: Kraftkurve [N] der Summe der beiden Kraftaufnehmer

Anhand der eben genannten Zeitpunkte wurden die Kurven in drei Teile unterteilt:

- Teil 1: Anfang des Auszuges (=Erscheinen der Afterklauen bzw. des Flotzmaules oder Austreten des Kopfes bis vor Stirn) bis vollständiges Austreten des Kopfes außerhalb der Schamspalte
- Teil 2: vollständiges Austreten des Kopfes bis vollständiges Austreten des Brustkorbes des Kalbes außerhalb der Schamspalte
- Teil 3: vollständiges Austreten des Brustkorbes bis vollständiges Austreten des Kalbes außerhalb der Schamspalte

Für jeden dieser Teile wurden die Kraftmaxima an jeweils der Gliedmaße mit dem funktionierenden Kraftmesser ausgewertet, sodass man jeweils drei Kraftmaxima erhielt (**Max1**, **Max2** und **Max3**). Die Kraftmaxima für die andere Gliedmaße und die Gesamtkraft (Summe der an beiden Gliedmaßen ausgeübten Zugkraft) mussten aufgrund eines Defektes des zweiten Kraftmessers aus der Wertung genommen werden.

Zusätzlich zu den Kraftmaxima wurde die Dauer des Auszuges bestimmt. Da nicht jeder Auszug mit dem gleichen Ereignis begann, wurde die Dauer des Auszuges als Dauer 1 bis 3 (in Sekunden) mit jeweils unterschiedlichen Anfangspunkten definiert. Endpunkt war immer das vollständige Austreten des Kalbes.

- Dauer 1.: Anfangspunkt = Erscheinen der Afterklauen außerhalb der Schamspalte
- Dauer 2: Anfangspunkt = Erscheinen des Flotzmaules außerhalb der Schamspalte
- Dauer 3: Anfangspunkt = Austreten des Kopfes bis vor die Stirn außerhalb der Schamspalte

Die gleichen Anfangspunkte wurden benutzt, um die Auszüge in unterschiedliche Abschnitte einzuteilen. So ergaben sich folgende Abschnitte, deren Dauer (in Sekunden) bestimmt wurden:

- Abschnitt 1a (**Ab. 1a**): Erscheinen der Afterklauen bis vollständiges Austreten des Kopfes außerhalb der Schamspalte
- Abschnitt 1b (**Ab. 1b**): Erscheinen des Flotzmaules außerhalb der Schamspalte bis vollständiges Austreten des Kopfes außerhalb der Schamspalte
- Abschnitt 1c (**Ab. 1c**): Austreten des Kopfes bis vor die Stirn bis vollständiges Austreten des Kopfes außerhalb der Schamspalte
- Abschnitt 2 (**Ab. 2**): vollständiges Austreten des Kopfes bis vollständiges Austreten des Brustkorbes außerhalb der Schamspalte
- Abschnitt 3 (**Ab. 3**): vollständiges Austreten des Brustkorbes bis vollständiges Austreten des Neugeborenen außerhalb der Schamspalte

3.8 Statistische Auswertung

Alle statistischen Auswertungen wurden mit SAS Enterprise Guide 7.1 (64-bit) (SAS Institute Inc., Cary, USA) durchgeführt. Für die Überprüfung auf Normalverteilung der Daten wurde der Shapiro-Wilk Test (PROC UNIVARIATE) verwendet. Um eine Normalverteilung für Ab 1a, Ab. 1b, Ab. 1c, Ab. 2, Ab. 3, Dauer 1, Dauer 2 und Dauer 3 zu erreichen, wurden die Daten mit dem dekadischen Logarithmus logarithmiert.

3.8.1 Kühe und Kälber

Die Tragetage der Kühe, die Becken- und Sitzbeinbreite der Rinder, das Körpergewicht der Kälber, die Scheitelsteißlänge getrennt nach Betrieb 1 und 2 sowie Bullen- und Kuhkälbern und der Brustumfang der Tiere von Betrieb 1 waren normal verteilt und wurden als Mittelwert \pm Standardabweichung (Stabw) dargestellt. Hier wurde der Student t-Test (PROC TTEST) für die Unterschiede zwischen den Versuchsbetrieben, zwischen Färsen und Kühen sowie den Geschlechtern der Kälber verwendet. Bei mehr als zwei unabhängigen Stichproben (Anzahl der Abkalbungen des Muttertieres, Methoden der Befruchtung und Rasse des Kalbes) wurden

einfaktorielle Varianzanalysen (PROC GLM) angewendet. Für das Alter der Versuchstiere in Jahren, die Anzahl der Abkalbungen, die Tragetage der Färsen, den BCS, die Beckenlänge, die Scheitelsteißlänge und den Brustumfang der Kälber wurde der Median und die mittlere Abweichung vom Median (MAD) angegeben. Zur Beurteilung von Unterschieden wurden der Wilcoxon's two-sample test bzw. der Kruskal-Wallis-Test (PROC NPAR1WAY) benutzt. Für die Beurteilung von Unterschieden bei qualitativen Merkmalen wie zum Beispiel der Methode der Befruchtung, dem Vorkommen von Verletzungen der Vaginalschleimhaut, dem manuellen Eröffnen der Fruchtblase der Muttertiere sowie dem APGAR-Score wurde die logistische Regression (PROC LOGISTIC) angewendet. Die Beziehungen zwischen den äußeren Beckenmaßen (Beckenbreite, -länge und Sitzbeinbreite) und dem Alter der Tiere sowie dem BCS und dem Alter der Tiere wurde mit der Korrelation nach Spearman (PROC CORR) berechnet. Um die Zusammenhänge zwischen den Körpermaßen (Scheitelsteißlänge, Brustumfang) und dem Körpergewicht des Kalbes und den Tragetagen, dem Alter, dem BCS und den externen Beckenmaßen des Muttertieres zu erfassen wurden auch Rang-Korrelationsanalysen nach Pearson (PROC CORR) beziehungsweise Spearman (PROC CORR) durchgeführt.

3.8.3 Auszug

Die Dauer des Auszuges, die Dauer der einzelnen Abschnitte des Auszuges und die jeweilige maximale Zugkraft der drei Teile des Auszuges waren nicht normal verteilt und wurden als Median \pm MAD dargestellt. Der Vergleich zwischen Betrieb 1 und 2 sowie Färsen und Kühen wurde mit dem Wilcoxon's two-sample test (PROC NPAR1WAY) durchgeführt. Der Effekt der Parität, der Lage während des Auszuges, des Betriebes und des Auszugsmodus auf die Dauer, die Dauer der einzelnen Abschnitte des Auszuges und die Maxima der Zugkraft des jeweiligen Teiles des Auszuges wurde mit Mixed Model (PROC MIXED) analysiert. Die Lage während des Auszuges, der Betrieb, die Parität des Muttertieres sowie der Auszugsmodus wurden als fixe Effekte definiert. Die Kombinationen dieser Parameter zählte ebenfalls zu den festen Effekten. Die Beziehungen zwischen der Dauer und den externen Beckenmaßen des Muttertieres sowie den Körpermaßen und dem Körpergewicht des

Kalbes und die Beziehung zwischen der Dauer des Auszuges und der maximalen Zugkraft wurden mit der Korrelation nach Spearman (PROC CORR) berechnet.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit (P) sowie ihr Zusammenhang zur Signifikanz wurde wie folgt beschrieben:

Irrtumswahrscheinlichkeit (P)	Signifikanzen
$P \leq 0,0001$	hoch signifikant
$P \leq 0,05$	signifikant
$0,05 < P \leq 0,10$	tendenziell signifikant
$P > 0,10$	nicht signifikant

4 Ergebnisse

4.1 Anzahl der Versuchstiere

Es wurde bei insgesamt 109 Rindern ein Auszug durchgeführt. Davon wurden 28 Tiere von der Studie ausgeschlossen, da keine vollständigen Videoaufnahmen bzw. Aufzeichnungen der Zugkraft vorlagen. Aufgrund eines technischen Defekts des einen Kraftaufnehmers mussten von den ursprünglich 26 Tieren, die der Gruppe **Methode EIN** zugewiesen wurden, 15 Tiere retrospektiv ausgeschlossen werden. Bei den ausgeschlossenen Tieren wurde die Zugkraft, die an der Gliedmaße des Kalbes ausgeübt wurde, mit dem defekten Gerät erfasst. Zusätzlich mussten zwei Tiere aus dieser Gruppe aus der Wertung genommen werden, da entgegen der Versuchsanordnung ein starker Zug an der Gliedmaße, die nur unter Spannung gehalten werden sollte, ausgeübt wurde. In der Gruppe **Methode ALT**, die ursprünglich 25 Tiere umfasste, waren bei einem Auszug beide Vordergliedmaßen des Kalbes während des gesamten Auszuges auf einer Höhe, der Abstand von 10 cm zwischen den Afterklauen wurde nicht eingehalten und es war kein deutlicher Wechsel zwischen den Gliedmaßen erkennbar. Dies führte zum Ausschluss des Rindes. Somit verblieben insgesamt 63 Tiere in der Studie, die sich wie folgt auf die Auszugsmethoden aufteilen.

- **Methode SIM:** n = 30
- **Methode EIN:** n = 9
- **Methode ALT:** n = 24

In Tabelle 4 sind die Tiere getrennt nach Betrieb, Auszugsmodus und Parität dargestellt.

Tab. 4.: Absolute und relative Häufigkeit aller Versuchstiere nach Betrieben, Färsen und Kühen sowie Auszugsmodus getrennt.

	Betrieb 1				Betrieb 2			
	SIM	ALT	EIN	Gesamt	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Färsen	6 (60,0%)	7 (46,7%)	3 (75,0%)	16 (55,2%)	7 (35,0%)	3 (33,3%)	1 (20,0%)	11 (32,3%)
Kühe	4 (40,0%)	8 (53,3%)	1 (25,0%)	13 (44,8%)	13 (65,0%)	6 (66,7%)	4 (80,0%)	23 (67,7%)
Gesamt	10 (34,5%)	15 (51,7%)	4 (13,8%)	29 (100,0%)	20 (58,8%)	9 (26,5%)	5 (14,7%)	34 (100,0%)

SIM=simultaner; ALT=alternierender; EIN=einseitiger Auszug

4.2 Kühe

4.2.1 Alter und Rasse

Die Rinder, bei denen die Auszüge für diese Studie durchgeführt wurden, gehörten alle der Rasse Holstein Friesian an. Davon waren fünf Tiere (17,2%) von Betrieb 1 und ein Tier (2,9%) von Betrieb 2 Holstein-Rotbunte. Die anderen 24 (82,8%) bzw. 33 (97,1%) Rinder waren Holstein-Schwarzbunte. Das durchschnittliche Alter der Tiere betrug $3,3 \pm 1,1$ (Median \pm MAD) Jahre. Die Rinder des ersten Versuchsbetriebes waren im Durchschnitt $2,5 \pm 0,5$ (Median \pm MAD) Jahre alt. Das Durchschnittsalter der Tiere von Betrieb 2 betrug $3,4 \pm 1,1$ (Median \pm MAD) Jahre. Es zeigte sich kein Unterschied zwischen den Betrieben 1 und 2 ($P > 0,10$).

4.2.2 Reproduktionsdaten

Die Tiere kalbten durchschnittlich zum 2. Mal ($2,0 \pm 1,0$; Median \pm MAD) ab. Die Verteilung der Anzahl an Abkalbungen ist in Tabelle 5 getrennt nach Betrieben dargestellt. Die Rinder von Betrieb 2 hatten tendenziell ($0,05 > P \leq 0,10$) häufiger abgekalbt als die Tiere von Betrieb 1.

ERGEBNISSE

Tab 5: Absolute und relative Häufigkeit der Anzahl an Kalbungen der Muttertiere nach Betrieben getrennt

Abkalbungen	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
1	16 (25,4%)	11 (17,5%)	27 (42,9%)
2	4 (6,3%)	8 (12,7%)	12 (19,0%)
3	5 (7,9%)	8 (12,7%)	13 (20,6%)
4	3 (4,8%)	3 (4,8%)	6 (9,5%)
5	1 (1,6%)	4 (6,3%)	5 (7,9%)
Gesamt	29 (46,0%)	34 (54,0%)	63 (100,0%)

ERGEBNISSE

Das unterschiedliche Fruchtbarkeitsmanagement bz die Methoden der Befruchtung der beiden Versuchsbetriebe (siehe **3.1.3**) sind in der Tabelle 6 dargestellt.

Tab. 6: Absolute und relative Häufigkeit der Methode der Befruchtung der Muttertiere nach Betrieben getrennt.

	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
KB mit HF-Bullen	25 (39,7%)	20 (31,7%)	45 (71,4%)
KB mit WBB-Bullen	0 (0,0%)	7 (11,1%)	7 (11,1%)
Natursprung	0	4	4
Angus	(0,0%)	(6,3%)	(6,3%)
Natursprung	0	1	1
Fleckvieh	(0,0%)	(1,6%)	(1,6%)
Embryotransfer	4 (6,3%)	0 (0,0%)	4 (6,3%)
Sonstiges	0 (0,0%)	2 (3,2%)	2 (3,2%)
Gesamt	29 ^a (46,0%)	34 ^a (54,0%)	63 (100,0%)

KB = künstliche Besamung, HF = Holstein Friesian; WBB = Weißblauer Belgier

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Zeile unterscheiden sich signifikant (a: $P \leq 0,0001$)

Der Betrieb hatte einen Effekt ($P \leq 0,05$) auf die Methoden der Befruchtung. Auf Betrieb 1 wurde nur künstliche Befruchtung mit Spermien von Holstein Friesian Bullen oder Embryotransfer durchgeführt.

Die Tabelle 7 zeigt die durchschnittlichen Tragetage der Rinder zum Zeitpunkt des Auszugs unterteilt nach Färsen und Kühen sowie den beiden Betrieben. Weder zwischen den Färsen und Kühen noch zwischen den Betrieben gab es einen Unterschied der Tragetage ($P > 0,10$).

Tab.7: Median \pm MAD der Tragetage der Färsen und der gesamten Versuchstiere sowie Mittelwert \pm Standardabweichung (Stabw) der Tragetage der Kühe nach Betrieben getrennt

Tragetage	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
Färsen	276,0 \pm 5,0	277,0 \pm 4,0	277,0 \pm 5,0
Kühe	277,9 \pm 4,1	280,1 \pm 4,2	279,3 \pm 4,3
Gesamt	277,0 \pm 3,0	279,5 \pm 3,5	279,0 \pm 4,0

4.2.3 Bodyconditionscore (BCS) und Beckenmaße

Der mittlere BCS der untersuchten Tiere betrug $3,25 \pm 0,25$ (Median \pm MAD). Die Rinder von Betrieb 1 ($3,0 \pm 0,0$ (Median \pm MAD)) hatten einen niedrigeren BCS als die von Betrieb 2 ($3,5 \pm 0,25$ (Median \pm MAD); $P < 0,0001$). Der BCS der Färsen ($3,25 \pm 0,25$ Median \pm MAD) war tendenziell niedriger als der der pluriparen Tiere ($3,38 \pm 0,13$ Median \pm MAD; $0,05 > P \leq 0,10$). Es konnte eine positive Korrelation zwischen dem BCS und dem Alter der Muttertiere ($0,29$; $P = 0,02$) nachgewiesen werden.

In den Tabellen 8 bis 10 sind die Daten der äußeren Beckenmaße aufgeteilt nach Kühen und Färsen sowie nach den Versuchsbetrieben (Betrieb 1 vs. Betrieb 2) dargestellt. Bei den Färsen wurden kleinere externe Beckenmaße (Hüftbreite, Beckenlänge und der Abstand der Sitzbeinhöcker) gemessen als bei den pluriparen Rindern ($P \leq 0,05$). Die auf Betrieb 1 gehaltenen Rinder hatten kleinere Beckenbreiten und -längen als die Tiere von Betrieb 2 ($P \leq 0,05$).

ERGEBNISSE

Tab. 8: Mittelwerte \pm Stabw der Beckenbreite (cm) der Muttertiere nach Betrieben sowie Färsen und Kühen getrennt.

Beckenbreite	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
Färsen	56,4 \pm 2,7	58,5 \pm 2,6	57,3 \pm 2,8 ^a
Kühe	61,0 \pm 2,1	61,0 \pm 2,3	61,0 \pm 2,2 ^a
Gesamt	58,4 \pm 3,3 ^b	60,2 \pm 2,6 ^b	59,4 \pm 3,1

Daten mit den gleichen Buchstaben (a, b) innerhalb einer Spalte bzw. Zeile unterscheiden sich signifikant (a: $P \leq 0,0001$; b: $P \leq 0,05$).

Tab. 9: Mittelwerte \pm Stabw (Betrieb 2) sowie Median \pm MAD (Betrieb 1, Gesamt) der Beckenlänge (cm) der Muttertiere nach Betrieben sowie Färsen und Kühen getrennt

Beckenlänge	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
Färsen	57,0 \pm 1,0	60,5 \pm 2,7	58,0 \pm 2,0 ^a
Kühe	63,0 \pm 1,0	62,6 \pm 1,9	63,0 \pm 1,0 ^a
Gesamt	60,0 \pm 3,0 ^b	61,9 \pm 2,4 ^b	62,0 \pm 2,0

Daten mit den gleichen Buchstaben (a, b) innerhalb einer Spalte bzw. Zeile unterscheiden sich signifikant (a: $P \leq 0,0001$; b: $P \leq 0,05$).

Tab. 10: Mittelwerte \pm Stabw der Sitzbeinbreite (cm) der Muttertiere nach Betrieben sowie Färsen und Kühen getrennt

Sitzbeinbreite	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
Färsen	38,1 \pm 2,7	38,0 \pm 3,3	38,1 \pm 3,0 ^a
Kühe	41,1 \pm 3,7	40,5 \pm 3,2	40,7 \pm 3,2 ^a
Gesamt	39,5 \pm 3,5	39,7 \pm 3,2	39,7 \pm 3,3

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,0001$).

Es gab einzelne Korrelationen zwischen den gemessenen Beckenmaßen untereinander, dem BCS und dem Alter der Versuchstiere. Mit steigendem Alter nahmen auch die Werte der Beckenbreite (0,62; $P \leq 0,0001$), der -länge (0,60; $P \leq 0,0001$) sowie der Sitzbeinbreite (0,50; $P \leq 0,0001$) der Rinder zu. Die Beckenbreite korrelierte positiv mit der Beckenlänge (0,92; $P \leq 0,0001$), der Sitzbeinbreite (0,46; $P \leq 0,05$) und dem BCS (0,37; $P \leq 0,05$). Eine positive Korrelation war auch zwischen der Sitzbeinbreite und der Beckenlänge (0,50; $P \leq 0,0001$) nachweisbar. Außerdem gab es eine Korrelation zwischen der Beckenlänge und dem BCS (0,33; $P \leq 0,05$) der Muttertiere.

4.2.4 Befunde während Geburt

Bevor die Ketten an den Vordergliedmaßen der Kälber befestigt wurden und der Auszug durchgeführt wurde, wurden bei 43 (68,3%) Rindern die Fruchtblasen manuell eröffnet. In 20 (31,7%) Fällen war die Fruchtblase spontan geplatzt. In Tabelle 11 ist die Verteilung der manuellen Eröffnung der Fruchtblase nach Betrieben und Parität der Tiere dargestellt. Weder zwischen Färsen und Kühen noch zwischen den Betrieben gab es Unterschiede hinsichtlich der manuellen Eröffnung bzw. dem spontanen Platzen der Fruchtblase ($P > 0,10$).

Tab. 11: Absolute und relative Häufigkeit der manuellen Eröffnung der Fruchtblase vor dem Anschleifen der Geburtsketten nach Betrieben sowie Färsen und Kühen getrennt

Manuelle Eröffnung der Fruchtblase	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
Färsen	12/16 (75,0%)	5/11 (45,5%)	17/27 (63,0%)
Kühe	9/13 (69,2%)	17/23 (73,9%)	26/36 (72,2%)
Gesamt	21/29 (72,4%)	22/34 (64,7%)	43/63 (68,3%)

Bei keinem der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Auszüge war der Geburtsweg nicht ausreichend geweitet oder zu trocken.

ERGEBNISSE

Während der manuellen Extraktion der Kälber standen 24 (38,1 %) Muttertiere. Bei einem Auszug ging das Rind währenddessen nieder. Von den Tieren, die während der manuellen Extraktion des Kalbes lagen, lagen 23 Rinder (36,5%) auf der rechten Seite. Die linke Seitenlage wurde von 16 (25,4%) Tieren eingenommen.

Die Aufteilung der Position der Tiere während des Auszuges getrennt nach Färsen und Kuh bzw. Betrieb ist in Tabelle 12 dargestellt. Es zeigte sich kein Unterschied zwischen den Färsen und Kühen oder zwischen den Versuchsbetrieben ($P > 0,10$)

Tab. 12: Absolute und relative Häufigkeit der Position des Muttertieres während der Durchführung des Auszuges nach Betrieben sowie Färsen und Kühen getrennt

Lage	Färsen	Kühe	Gesamt
rechte Seitenlage	9	14	23
	(14,3%)	(22,2%)	(36,5%)
linke Seitenlage	9	7	16
	(14,3%)	(11,1%)	(25,4%)
stehend	9	15	24
	(14,3%)	(23,8%)	(38,1%)
Gesamt	27	36	63
	(42,9%)	(57,1%)	(100,0%)

4.2.5 Nachgeburtsverhaltungen und Verletzungen der Muttertiere

In Tabelle 13 ist das Auftreten von Nachgeburtsverhaltungen dargestellt. Weder die Parität der Tiere noch der Betrieb, die manuelle Eröffnung der Fruchtblase oder die Auszugsmodi hatten einen Effekt ($P > 0,10$) auf das Auftreten einer Nachgeburtsverhaltung.

Tab. 13: Absolute und relative Häufigkeit des Auftretens einer Nachgeburtsverhaltung nach Betrieben sowie Färsen und Kühen getrennt

Nachgeburtsverhaltung	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
Färsen	1/16 (6,3%)	0/11 (0,0%)	1/27 (3,7%)
Kühe	0/13 (0,0%)	3/23 (13,0%)	3/36 (8,3%)
Gesamt	1/29 (3,4%)	3/34 (8,8%)	4/63 (6,4%)

In Tabelle 14 ist das Auftreten von Verletzungen der Vaginalschleimhaut der Muttertiere dargestellt. Es traten in jedem Fall nur oberflächliche Verletzungen (≤ 1 cm tief) der Vaginalschleimhaut auf. Es traten mehr Vaginalverletzungen bei den Färsen als bei den Kühen auf ($P \leq 0,05$). Der Betrieb hatte keinen Effekt auf das Auftreten von Verletzungen nach erfolgtem Auszug ($P > 0,10$). Die Lage des Muttertieres während des Auszuges, die manuelle Eröffnung der Fruchtblase sowie der Zugmodus beeinflussten das Vorkommen von Verletzungen der Vaginalschleimhaut nicht ($P > 0,10$).

ERGEBNISSE

Tab. 14: Absolute und relative Häufigkeit der Vaginalverletzungen nach der Durchführung eines Auszuges nach Betrieben sowie Färsen und Kühen getrennt.

Vaginalverletzungen	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
Färsen	6/16 (37,5%)	9/11 (81,8%)	15/27 ^a (55,6%)
Kühe	2/13 (15,4%)	4/23 (17,4%)	6/36 ^a (16,7%)
Gesamt	8/29 (27,6%)	13/34 (38,2%)	21/63 (33,3%)

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,05$).

4.3 Kälber

4.3.1 Rasse und Geschlecht

Die Rassen der geborenen Kälber sind in Tabelle 15 dargestellt. Es zeigte sich, dass der Betrieb einen Effekt auf die Rasse der Kälber hatte ($P \leq 0,05$).

Tab. 15: Absolute und relative Häufigkeit der Rassen der Kälber nach Betrieben getrennt

Rasse	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
RBT	6 (9,5%)	0 (0,0%)	6 (9,5%)
SBT	23 (36,5%)	20 (31,7%)	43 (68,3%)
Kreuzung (WBB)	0 (0,0%)	7 (11,1%)	7 (11,1%)
Kreuzung (DA)	0 (0,0%)	4 (6,3%)	4 (6,3%)
Kreuzung (FV)	0 (0,0%)	1 (1,6%)	1 (1,6%)
Kreuzung unbekannt	0 (0,0%)	1 (1,6%)	1 (1,6%)
Sonstiges	0 (0,0%)	1 (1,6%)	1 (1,6%)
Gesamt	29 (46,0%)	34 (54,0%)	63 (100,0%)

RBT=Holstein Rotbunt; SBT=Holstein Schwarzbunt; WBB = Weißblauer Belgier; DA=Angus:
FV=Fleckvieh

Das Geschlecht der Tiere ist in Tabelle 16 dargestellt. Das Vorkommen von Bullen- beziehungsweise Kuhkälbern auf Betrieb 1 und 2 unterschied sich nicht voneinander ($P > 0,10$).

Tab. 16: Absolute und relative Häufigkeit des Geschlechts der Kälber nach Betrieben getrennt

Geschlecht	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
männlich	17 (27,0%)	24 (38,1%)	41 (65,1%)
weiblich	12 (19,0%)	10 (15,9%)	22 (34,9%)
Gesamt	29 (46,0%)	34 (54,0%)	63 (100,0%)

4.3.2 Körpermaße

In Tabelle 17 sind die durchschnittlichen Scheitelsteißlängen der Neugeborenen getrennt nach Geschlecht und Betrieben dargestellt. Zwischen den Geschlechtern sowie den Betrieben gab es keinen Unterschied ($P > 0,10$).

Tab. 17: Mittelwerte \pm Stabw der Scheitelsteißlänge (SSL; cm) der Kälber nach Betrieben sowie Geschlecht getrennt

SSL	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
männlich	88,6 \pm 4,2	89,8 \pm 2,8	89,3 \pm 3,5
weiblich	88,4 \pm 2,6	88,8 \pm 4,5	88,6 \pm 3,5
Gesamt	88,6 \pm 3,6	89,5 \pm 3,6	89,1 \pm 3,5

Es waren Korrelationen zwischen der Scheitelsteißlänge der Kälber und den Tragetagen (0,37; $P \leq 0,05$) sowie dem Alter (0,42; $P \leq 0,05$) der Muttertiere nachweisbar. Kälber, deren Muttertiere Färsen waren, hatten kleinere Scheitelsteißlängen (87,6 \pm 3,2 (Mittelwert \pm Stabw) cm) als die Neugeborenen von Tieren, die bereits das zweite (90,3 \pm 3,5 (Mittelwert \pm Stabw) cm) oder dritte Mal (90,3 \pm 2,5 (Mittelwert \pm Stabw) cm) kalbten ($P \leq 0,05$). Kälber unterschiedlicher Rassen

ERGEBNISSE

unterschieden sich hinsichtlich ihrer Scheitelsteißlänge nicht ($P > 0,10$). Von den externen Beckenmaßen der Rinder stand nur die Sitzbeinbreite ($0,25$; $P \leq 0,05$) in Zusammenhang mit der Scheitelsteißlänge. Die Beckenbreite und –länge korrelierten nicht mit dieser Größe ($P > 0,10$). Der BCS der Rinder hatte keinen Effekt auf die Scheitelsteißlänge ($P > 0,10$). Das Körpergewicht ($0,59$; $P \leq 0,0001$) des Kalbes korrelierte mit der Scheitelsteißlänge. Zusätzlich hing die Scheitelsteißlänge mit dem Brustumfang des Neugeborenen ($0,64$; $P \leq 0,0001$) zusammen.

In Tabelle 18 ist der Brustumfang der Neugeborenen differenziert nach Bullen- und Kuhkälbern sowie Betrieben dargestellt. Es konnte kein Unterschied zwischen Bullen- und Kuhkälbern nachgewiesen werden ($P > 0,10$). Die Kälber von Betrieb 2 zeigten einen größeren Brustumfang ($P \leq 0,05$) als Kälber von Betrieb 1.

Tab. 18: Mittelwerte \pm Stabw (Betrieb 1) sowie Median \pm MAD (Betrieb 2; Gesamt) des Brustumfangs (BU; cm) der Kälber nach Betrieben sowie Geschlecht getrennt.

BU	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
männlich	$82,0 \pm 2,0$	$83,0 \pm 2,5$	$82,0 \pm 2,0$
weiblich	$78,0 \pm 2,5$	$83,0 \pm 2,0$	$79,5 \pm 4,0$
Gesamt	$79,7 \pm 4,0^a$	$83,0 \pm 2,0^a$	$82,0 \pm 3,0$

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Zeile unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,05$).

Es traten Korrelationen zwischen dem Brustumfang und dem Alter ($0,29$; $P \leq 0,05$) und den Tragetagen ($0,37$; $P \leq 0,05$) der Kühe auf. Kälber von Färsen wiesen ebenfalls kleinere Brustumfänge ($79,6 \pm 3,4$ (Mittelwert \pm Stabw) cm) auf als die Kälber von Kühen mit der zweiten ($83,3 \pm 3,6$ (Mittelwert \pm Stabw) cm) oder dritten ($81,8 \pm 4,0$ (Mittelwert \pm Stabw) cm) Abkalbung ($P \leq 0,05$). Es gab keinen Zusammenhang zwischen dem Brustumfang und den externen Beckenmaßen der Muttertiere ($P > 0,10$). Der BCS korrelierte positiv mit dem Brustumfang ($0,25$; $P = 0,05$).

ERGEBNISSE

Das Gewicht der Kälber ist in Tabelle 19 nach Geschlecht und Betrieben getrennt dargestellt.

Tab. 19: Mittelwerte \pm Stabw des Körpergewichts (KGW; kg) der Kälber nach Betrieben sowie Geschlecht getrennt.

KGW	Betrieb 1	Betrieb 2	Gesamt
männlich	38,9 \pm 3,4	45,9 \pm 5,2	43,1 \pm 5,7 ^b
weiblich	38,4 \pm 5,2	42,6 \pm 6,5	40,3 \pm 6,0 ^b
Gesamt	38,7 \pm 4,1 ^a	45,0 \pm 5,7 ^a	42,1 \pm 5,9

Daten mit den gleichen Buchstaben (a, b) innerhalb einer Zeile bz Spalte unterscheiden sich hoch signifikant (a: $P \leq 0,0001$) bzw tendenziell (b: $0,05 > P \leq 0,10$).

Das Körpergewicht zeigte eine positive Korrelation mit den Tragetagen (0,31; $P \leq 0,05$) und dem Alter (0,46; $P \leq 0,05$) der Rinder. Zusätzlich gab es eine positive Korrelation zwischen dem Körpergewicht und allen externen Beckenmaßen (Beckenbreite: 0,30; Beckenlänge: 0,33; Sitzbeinbreite: 0,31; $P \leq 0,05$). Außerdem waren die Kälber von Kühen schwerer (44,1 \pm 6,0 (Mittelwerte \pm Stabw) kg) als die Neugeborenen von Färsen (39,6 \pm 4,8 (Mittelwerte \pm Stabw) kg). Kühe, die zum zweiten (42,8 \pm 3,4 (Median \pm MAD) kg) und zum fünften (48,3 \pm 7,0 (Mittelwerte \pm Stabw) kg) Mal kalbten, hatten Kälber mit höheren Körpergewichten als primipare Tiere (39,6 \pm 4,8 (Mittelwerte \pm Stabw) kg; $P \leq 0,05$). Muttertiere mit einem BCS von 3,0 brachten leichtere Kälber zur Welt als Rinder mit einem BCS von 3,5 und 3,75. Die Rasse der Kälber hatte einen Effekt ($P \leq 0,0001$) auf das Gewicht der Kälber. Die Nachkommen von Weiß-Blau-Belgiern-Bullen waren schwerer (50,0 \pm 3,9 (Mittelwerte \pm Stabw) kg) als die Kälber mit Holstein-Friesian-Vätern (KB: 40,6 \pm 4,5 (Mittelwerte \pm Stabw) kg; ET: 36,5 \pm 7,0 (Mittelwerte \pm Stabw) kg; $P \leq 0,05$). Die Angus-Kreuzungskälber waren schwerer als die Kälber der Rasse SBT (40,4 \pm 4,9 (Mittelwerte \pm Stabw) kg; $P \leq 0,05$).

4.3.3 Vitalität und sonstige abweichende Befunde

Die Vitalität der Neugeborenen wurde durchschnittlich mit einem APGAR-Score-Wert von $8,0 \pm 0,0$ (Median \pm MAD) Punkten bewertet. Sowohl auf Betrieb 1 als auch Betrieb 2 betrug der APGAR-Score der Kälber im Durchschnitt $8,0 \pm 0,0$ (Median \pm MAD).

Die Vitalität der Kälber von Färsen ($7,4 \pm 1,0$ (Mittelwerte \pm Stabw)) war geringer als die von Tieren mit pluriparen Muttertieren ($7,7 \pm 0,7$ (Mittelwerte \pm Stabw); $P \leq 0,05$). Weder der Betrieb, die Tragetage oder die Anzahl der Abkalbungen noch das Alter, die äußeren Beckenmaße oder der BCS der Muttertiere hatten einen Effekt auf den APGAR-Score der Neugeborenen ($P > 0,10$). Auch das Geschlecht, die Rasse, die Scheitelsteißlänge, der Brustumfang sowie das Körpergewicht des Kalbes beeinflussten die Vitalität nicht ($P > 0,10$). Ähnlich verhielt es sich mit dem Auszugsmodus, der maximalen Zugkraft (MAX 1, 2 und 3) und der Dauer (Dauer 1, 2 und 3) des Auszuges ($P > 0,10$).

Von den 63 Geburten, die in die Auswertung aufgenommen wurden, waren drei (0,05 %) Zwillingsgeburten. Bei einem Kalb (0,02%) von Betrieb 1 trat nach dem Auszug eine einseitige Sehnenverkürzung (Sehnenstelzfuß) auf. Beidseitige Sehnenverkürzungen wurden bei zwei Kälbern (0,06%; jeweils eines von Betrieb 1 und 2) beobachtet. Die Sehnenverkürzungen waren in allen Fällen eine Woche nach dem Auszug nicht mehr sichtbar. Ein Kalb (0,02%), das auf Betrieb 2 ausgezogen wurde, verendete nach 2 Tagen perakut mit unklarer Genese.

4.4 Auszug

4.4.1 Dauer

In den Tabellen 20 bis 22 ist die durchschnittliche Dauer 1, 2 und 3 je nach Auszugsmodus getrennt für Färsen und Kühe dargestellt. Es konnte kein Einfluss der verschiedenen Auszugsmodi auf die Dauer festgestellt werden ($P > 0,10$). Die Parität der Muttertiere zeigten keinen Gesamteffekt auf die Dauer des Auszuges ($P > 0,10$), allerdings dauerte der Teil Sichtbarkeit des Flotzmaules in der Schamspalte bis zur vollständigen Entwicklung des Kalbes des Auszuges (Dauer 2; in Sekunden) bei Färsen länger als bei pluriparen Rindern ($P \leq 0,05$).

Der Betrieb hatte auf Dauer 1 und 3 keinen Einfluss ($P > 0,10$). Er hatte einen Effekt auf die Dauer 2 ($P \leq 0,05$). Die Dauer 2 war bei Betrieb 1 ($156,5 \pm 93,0$ (Median \pm MAD) Sekunden) länger als bei Betrieb 2 ($98,0 \pm 51,0$ (Median \pm MAD) Sekunden; $P \leq 0,05$). Es gab einzelne tendenzielle Korrelationen zwischen der Dauer der Auszüge und den Beckenmaßen des Muttertieres sowie den Maßen des Kalbes ($0,05 > P \leq 0,10$). Je länger die Scheitelsteißlänge des Neugeborenen desto tendenziell länger waren die Dauer 1 ($0,28$; $P = 0,07$) und 2 ($0,24$; $P = 0,07$). Mit zunehmendem Körpergewicht dauerte der Auszug mit dem Anfangspunkt Afterklauen außerhalb der Scham sichtbar (Dauer 1) tendenziell länger ($0,26$; $P = 0,09$). Die Beckenlänge der Muttertiere korrelierte tendenziell negativ mit der Dauer 3 ($-0,24$; $P = 0,07$).

Die Dauer des Auszuges von dem Zeitpunkt des Sichtbarwerdens der Afterklauen außerhalb der Vulva des Muttertieres bis zum vollständigen Austritt des Kalbes (Dauer 1; $207,0 \pm 105,0$ (Median \pm MAD) Sekunden) hatte einen Effekt auf das Auftreten von Rissen der Vaginalschleimhaut ($P \leq 0,05$). Die Wahrscheinlichkeit einer Verletzung der Vaginalschleimhaut nach einem Auszug steigt mit der Zunahme der Dauer 1.

ERGEBNISSE

Tab. 20: Median \pm MAD der Dauer 1 (Afterklauen außerhalb der Scham sichtbar bis zur vollständigen Entwicklung des Kalbes; Sekunden) des Auszuges nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Färsen und Kühen getrennt

Auszugsmodus				
Dauer 1	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Färsen	262,0 \pm 142,0	338,0 \pm 128,5	109,0 \pm 27,0	287,0 \pm 155,5
Kühe	166,0 \pm 69,5	139,5 \pm 59,0	273,0 \pm 140,0	152,0 \pm 71,0
Gesamt	180,0 \pm 78,0	209,5 \pm 118,5	203,0 \pm 107,5	207,0 \pm 105,0

Tab. 21: Median \pm MAD der Dauer 2 (Sichtbarkeit des Flotzmaules in der Schamspalte bis zur vollständigen Entwicklung des Kalbes; Sekunden) des Auszuges nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Färsen und Kühen getrennt

Auszugsmodus				
Dauer 2	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Färsen	158,0 \pm 83,0	157,0 \pm 71,0	325,0 \pm 221,0	158,0 \pm 77,0 ^a
Kühe	87,5 \pm 56,0	85,5 \pm 34,0	133,5 \pm 36,0	90,0 \pm 49,5 ^a
Gesamt	103,0 \pm 57,0	114,0 \pm 53,5	133,5 \pm 41,5	121,0 \pm 60,0

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,05$).

Tab. 22: Median \pm MAD der Dauer 3 (Flotzmaul bis vor Stirn ausgetreten bis zur vollständigen Entwicklung des Kalbes; Sekunden) des Auszuges nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Färsen und Kühen getrennt

Auszugsmodus				
Dauer 3	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Färsen	35,0 \pm 8,0	51,0 \pm 24,0	86,0 \pm 17,0	42,0 \pm 13,5
Kühe	53,5 \pm 32,0	50,5 \pm 11,5	45,0 \pm 12,0	50,0 \pm 22,0
Gesamt	38,0 \pm 18,0	50,5 \pm 15,0	55,5 \pm 13,5	46,0 \pm 19,0

4.4.2 Abschnitte

Die durchschnittliche Dauer der einzelnen Abschnitte eines Auszuges (siehe 3.7) sind in den Tabellen 23 bis 29 unterteilt nach Auszugsmodus bzw. Lage des Muttertieres sowie Parität bzw. Versuchsbetrieben dargestellt.

Bei Abschnitt 1a zeigte sich kein Effekt des Auszugsmodus ($P > 0,10$). Die Parität der Versuchstiere hatte einen tendenziellen Effekt ($0,05 > P \leq 0,10$) auf die Dauer vom Sichtbarwerden der Afterklauen außerhalb der Vulva bis zum vollständigen Austritt des Kopfes des Kalbes (Abschnitt 1a). Bei Färsen dauerte dieser Abschnitt des Auszuges länger als bei pluriparen Tieren ($P \leq 0,05$).

Sowohl der Betrieb als auch die Lage der Muttertiere während des Auszuges hatten keinen Effekt auf die Dauer des Austretens der Afterklauen bis zum vollständigen Austreten des Kopfes außerhalb der Scham ($P > 0,10$).

ERGEBNISSE

Tab. 23: Median \pm MAD der Dauer des Abschnittes 1a (Afterklauen außerhalb der Scham sichtbar bis Kopf vollständig aus Scham ausgetreten; Sekunden) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Färsen und Kühen getrennt

Auszugsmodus				
Abschnitt 1a	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Färsen	246,0 \pm 147,0	292,5 \pm 127,0	272,0 \pm 206,0	287,0 \pm 144,0 ^a
Kühe	125,5 \pm 75,0	109,5 \pm 73,0	248,0 \pm 146,0	119,0 \pm 80,0 ^a
Gesamt	142,0 \pm 92,0	161,5 \pm 112,5	248,0 \pm 182,0	153,5 \pm 93,5

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,05$)

ERGEBNISSE

Es zeigte sich kein Einfluss des Auszugsmodus für die Dauer von der Sichtbarkeit des Flotzmaules außerhalb der Scham bis zum vollständigen Austritt des Kopfes des Kalbes (Abschnitt 1b; $P > 0,10$). Die Parität hatte auf diesen Abschnitt des Auszuges einen Effekt ($P \leq 0,05$). Der Abschnitt, in dem das Flotzmaul außerhalb der Scham sichtbar war bis zum vollständigen Austreten des Kopfes (Abschnitt 1b; in Sekunden), dauerte bei Färsen länger als bei Kühen ($P \leq 0,05$). Der Betrieb und die Lage des Rindes hatten keinen Einfluss auf den Abschnitt 1b ($P > 0,10$).

Tab. 24: Median \pm MAD der Dauer des Abschnittes 1b (Sichtbarkeit des Flotzmaules in der Schamspalte bis Kopf vollständig aus Scham ausgetreten; Sekunden) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Färsen und Kühen getrennt

Auszugsmodus				
Abschnitt 1b	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Färsen	142,0 \pm 76,0	134,0 \pm 74,0	244,5 \pm 206,5	136,0 \pm 81,0 ^a
Kühe	45,0 \pm 33,5	52,0 \pm 29,0	105,5 \pm 52,0	52,0 \pm 34,0 ^a
Gesamt	80,0 \pm 56,0	65,0 \pm 49,0	105,5 \pm 75,0	80,0 \pm 54,0

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,05$)

ERGEBNISSE

Der Zugmodus hatte keinen Effekt auf die Dauer des Austretens des Kopfes bis vor die Stirn bis zum vollständigen Austritt des Kopfes aus der Scham (Abschnitt 1c; $P > 0,10$). Die Parität der Tiere, der Betrieb sowie die Lage der Muttertiere während des Auszuges beeinflussten die Dauer dieses Abschnittes nicht ($P > 0,10$). Einen tendenziellen Effekt ($0,05 > P \leq 0,10$) hatte die Kombination aus dem Auszugsmodus und dem Betrieb auf die Dauer des Abschnittes 1c.

Tab. 25: Median \pm MAD der Dauer des Abschnittes 1c (Flotzmaul bis vor Stirn ausgetreten bis Kopf vollständig aus Scham ausgetreten; Sekunden) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Färsen und Kühen getrennt

Auszugsmodus				
Abschnitt 1c	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Färsen	12,0 \pm 6,0	17,0 \pm 11,0	8,0 \pm 2,0	12,0 \pm 6,0
Kühe	16,0 \pm 7,0	10,0 \pm 6,5	12,0 \pm 7,0	11,0 \pm 6,5
Gesamt	12,0 \pm 6,5	14,0 \pm 8,0	10,0 \pm 4,5	12,0 \pm 7,0

Tab. 26: Median \pm MAD der Dauer des Abschnittes 1c (Flotzmaul bis vor Stirn ausgetreten bis Kopf vollständig aus Scham ausgetreten; Sekunden) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Betrieb 1 und 2 getrennt

Auszugsmodus				
Abschnitt 1c	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Betrieb 1	10,5 \pm 7,0	17,0 \pm 12,0	12,0 \pm 4,0	12,0 \pm 7,0
Betrieb 2	14,0 \pm 7,5	12,0 \pm 5,5	7,0 \pm 2,0	12,0 \pm 6,0
Gesamt	12,0 \pm 6,5	14,0 \pm 8,0	10,0 \pm 4,5	12,0 \pm 7,0

ERGEBNISSE

Weder der Auszugsmodus noch der Betrieb oder die Lage während des Auszuges beeinflussten die Dauer des Abschnittes, der mit dem vollständigen Austritt des Kopfes des Kalbes beginnt und mit dem vollständigen Austritt des Brustkorbes aus der Scham des Muttertieres endet (Abschnitt 2; $P > 0,10$). Obwohl die Parität der Tiere keinen Gesamteffekt auf die Dauer des Abschnittes 2 hatte ($P > 0,10$), dauerte der Auszug des Brustkorbes aus dem Geburtsweg bei Kühen länger als bei Färsen ($P \leq 0,05$).

Tab. 27: Median \pm MAD der Dauer des Abschnittes 2 (Kopf vollständig aus Scham ausgetreten bis Thorax vollständig entwickelt; Sekunden) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Färsen und Kühen getrennt

Auszugsmodus				
Abschnitt 2	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Färsen	$12,0 \pm 4,0$	$13,0 \pm 5,5$	$10,0 \pm 3,5$	$12,0 \pm 4,0^a$
Kühe	$27,5 \pm 16,5$	$28,5 \pm 8,5$	$22,0 \pm 2,0$	$25,0 \pm 11,0^a$
Gesamt	$15,0 \pm 7,0$	$23,5 \pm 10,5$	$22,0 \pm 13,0$	$20,0 \pm 10,5$

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,05$)

Der Zugmodus und die Parität der Tiere hatten keinen Effekt auf die Dauer des Abschnittes 3 ($P > 0,10$). Die Dauer des letzten Abschnittes wurde nicht durch den Betrieb oder die Lage des Rindes während des Auszuges beeinflusst ($P > 0,10$). Obwohl es keinen Gesamteffekt des Betriebes auf die Dauer des Abschnittes 3 gab, dauerte der Auszug des Beckens und der Hintergliedmaße des Kalbes auf Betrieb 1 länger als auf Betrieb 2. Die Kombination aus Versuchsbetrieb und Lage des Muttertieres während des Auszuges wirkte sich tendenziell ($0,05 > P \leq 0,10$) auf die Dauer dieses Abschnittes aus.

ERGEBNISSE

Tab. 28: Median \pm MAD der Dauer des Abschnittes 3 (Thorax vollständig entwickelt bis vollständige Entwicklung des Kalbes; Sekunden) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Färsen und Kühen getrennt

Auszugsmodus				
Abschnitt 3	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Färsen	4,0 \pm 2,0	7,0 \pm 2,5	2,5 \pm 0,5	5,0 \pm 3,0
Kühe	4,0 \pm 3,0	6,5 \pm 4,5	3,0 \pm 2,0	5,0 \pm 4,0
Gesamt	4,0 \pm 3,0	6,5 \pm 4,5	3,0 \pm 1,0	5,0 \pm 3,0

Tab. 29: Median \pm MAD der Dauer des Abschnittes 3 (Thorax vollständig entwickelt bis vollständige Entwicklung des Kalbes; Sekunden) nach Lage des Muttertieres während des Auszuges sowie Betrieb 1 und Betrieb 2 getrennt

Lage des Muttertieres				
Abschnitt 3	Rechts	Links	stehend	Gesamt
Betrieb 1	5,5 \pm 1,5	8,0 \pm 7,0	18,0 \pm 13,0	7,0 \pm 5,0 ^a
Betrieb 2	4,0 \pm 3,0	3,0 \pm 1,0	2,0 \pm 3,0	4,0 \pm 3,0 ^a
Gesamt	4,0 \pm 3,0	6,5 \pm 4,5	3,0 \pm 1,0	5,0 \pm 3,0

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,05$)

Es gab einzelne Korrelationen zwischen der Dauer der Abschnitte des Auszuges und den Beckenmaßen des Muttertieres sowie den Maßen des Kalbes ($P \leq 0,05$ bzw. $0,05 > P \leq 0,10$). Je länger die SSL des Kalbes desto tendenziell länger waren die Dauer der Abschnitte 1b (0,24; $P=0,08$), 1c (0,25; $P=0,08$) und 2 (0,24; $P=0,06$). Die Dauer des Auszuges des Kopfes (Ab 1a, 1b und 1c), des Brustkorbes (Ab 2) sowie des Beckens und der Hintergliedmaße (Ab 3) korrelierten weder mit dem Brustumfang noch mit dem Körpergewicht der Kälber ($P > 0,10$). Die Beckenlänge der Muttertiere korrelierte negativ mit der Dauer des Auszuges der Stirn des Kalbes (-0,31; $P \leq 0,05$) und tendenziell negativ mit der Dauer des Auszuges des Kopfes (-0,26; $P=0,06$). Auch die Beckenbreite korrelierte negativ bzw. tendenziell negativ mit der Dauer der eben genannten Abschnitte (Ab 1c: -0,30; $P \leq 0,05$ bzw. Ab 1b: -0,24; $P=0,07$).

4.4.3 Zugkräfte

In den folgenden Tabellen 30 bis 35 sind die durchschnittlichen Maxima der Zugkraft der drei Abschnitte des Auszuges (siehe 3.7) unterteilt nach Auszugsmodus sowie Färsen und Kühen bzw. Versuchsbetrieb oder Lage des Muttertieres dargestellt.

Es zeigte sich kein Effekt des Zugmodus auf die maximale Zugkraft von dem Beginn des Auszuges bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Kopf vollständig aus der Scham ausgetreten war ($P > 0,10$). Die Parität hatte einen Effekt ($P \leq 0,05$) auf die maximale Zugkraft dieses Abschnittes (MAX 1). Für die vollständige Entwicklung des Kopfes des Neugeborenen von Färsen musste mehr Zugkraft aufgebracht werden als bei den Kälbern von pluriparen Tieren ($P \leq 0,05$). Der Betrieb und die Lage der Tiere beeinflussten MAX 1 nicht ($P > 0,10$). Die Kombination aus der Lage des Muttertieres und dem Auszugsmodus wirkte sich tendenziell ($0,05 > P \leq 0,10$) auf die maximale Zugkraft des ersten Abschnittes aus.

Unabhängig vom Auszugsmodus wurde bei 44 (69,8%) Auszügen während des ersten Teils des Auszuges das Kraftmaximum vor dem Austreten des Kopfes bis vor die Stirn des Kalbes (zwischen dem Erscheinen des Flotzmaules außerhalb der Scham und dem Austreten der Stirn aus der Vulva) registriert. Bei zwölf (19,1%) Auszügen trat das Kraftmaximum nach dem Austreten des Kopfes bis vor die Stirn bzw. kurz vor dem vollständigen Austritt des Kopfes auf. Bei sieben (11,1%) Auszügen konnte anhand der Videoaufnahmen der genaue Zeitpunkt des Austretens des Kopfes bis vor die Stirn

ERGEBNISSE

nicht nachvollzogen werden oder die Auszüge begannen erst, nachdem der Kopf bereits bis vor die Stirn ausgetreten war.

Tab. 30: Mittelwerte \pm Stabw der maximalen Zugkraft 1 (Beginn des Auszuges bis Kopf vollständig aus Scham ausgetreten; MAX 1; Newton) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Färsen und Kühen getrennt

Auszugsmodus				
MAX 1	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Färsen	595,9 \pm 162,3	559,5 \pm 111,2	827,8 \pm 251,0	616,8 \pm 179,0 ^a
Kühe	486,0 \pm 135,6	464,3 \pm 316,9	534,5 \pm 144,0	484,3 \pm 220,5 ^a
Gesamt	533,6 \pm 155,3	503,9 \pm 252,8	664,9 \pm 240,6	541,1 \pm 212,7

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,05$)

Tab. 31: Mittelwerte \pm Stabw der maximalen Zugkraft 1 (Beginn des Auszuges bis Kopf vollständig aus Scham ausgetreten; MAX 1; Newton) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie der Lage des Muttertieres während des Auszuges getrennt

Auszugsmodus				
Lage	SIM	ALT	EIN	Gesamt
rechts	544,7 \pm 195,8	385,6 \pm 252,1	685,2 \pm 323,1	493,9 \pm 250,3
links	553,2 \pm 165,5	798,9 \pm 198,7	645,2 \pm 286,9	622,3 \pm 213,5
stehend	507,5 \pm 110,9	531,1 \pm 202,4	673,9 \pm 67,4	532,2 \pm 159,3
Gesamt	533,6 \pm 155,3	503,9 \pm 252,8	664,9 \pm 240,6	541,1 \pm 212,7

ERGEBNISSE

Der Auszugsmodus wirkte sich auf die maximale Zugkraft des Abschnittes aus, in dem der Brustkorb des Kalbes ausgezogen wurde (MAX 2; $P \leq 0,05$). Bei einseitigem Zug war das Maximum der Zugkraft dieses Abschnittes größer als bei simultanem Zug ($P \leq 0,05$). Die Parität zeigte keinen Effekt auf die maximale Zugkraft dieses Abschnittes ($P > 0,10$). Der Betrieb hatte tendenziell ($0,05 > P \leq 0,10$) einen Effekt auf das Maximum der Zugkraft vom vollständig ausgetretenen Kopf bis zum Austritt des Thorax des Kalbes (MAX 2). MAX 2 wurde nicht von der Lage des Rindes während des Auszuges beeinflusst ($P > 0,10$).

Tab. 32: Mittelwerte \pm Stabw der maximalen Zugkraft 2 (Kopf bis Thorax vollständig aus Scham ausgetreten; MAX 2; Newton (N)) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Färsen und Kühen getrennt

MAX 2	Auszugsmodus			Gesamt
	SIM	ALT	EIN	
Färsen	336,3 \pm 152,4	385,8 \pm 178,7	621,1 \pm 201,5	396,9 \pm 190,0
Kühe	399,7 \pm 167,3	405,6 \pm 175,2	408,4 \pm 92,6	403,2 \pm 158,7
Gesamt	372,2 \pm 161,5 ^a	397,3 \pm 173,1	503,2 \pm 179,3 ^a	400,5 \pm 171,4

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Zeile unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,05$)

ERGEBNISSE

Tab. 33: Mittelwerte \pm Stabw der maximalen Zugkraft 2 (Kopf bis Thorax vollständig aus Scham ausgetreten; MAX 2; Newton (N)) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Betrieb 1 und Betrieb 2 getrennt

Auszugsmodus				
MAX 2	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Betrieb 1	313,8 \pm 129,2	382,0 \pm 175,9	503,5 \pm 235,12	375,2 \pm 174,6
Betrieb 2	401,5 \pm 170,8	423,0 \pm 175,4	503,0 \pm 151,2	422,1 \pm 168,2
Gesamt	372,2 \pm 161,5 ^a	397,3 \pm 173,1	503,2 \pm 179,3 ^a	400,5 \pm 171,4

Daten mit den gleichen Buchstaben (a) innerhalb einer Zeile unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,05$)

Der Auszugsmodus beeinflusste die maximale Zugkraft des Abschnittes Thorax vollständig aus der Scham ausgetreten bis Kalb komplett entwickelt nicht (MAX 3; $P > 0,10$). Die Parität hatte einen Effekt auf die maximale Kraft für die vollständige Entwicklung des Kalbes nachdem der Thorax bereits vollständig aus der Scham des Muttertieres ausgezogen war ($P \leq 0,05$). Die maximale Zugkraft MAX 3 wurde nicht durch den Betrieb beeinflusst ($P > 0,10$). Die Lage des Muttertieres hatte einen Effekt ($P \leq 0,05$) auf das Maximum der Zugkraft des letzten Teiles des Auszuges. Bei einem Auszug bei Tieren, die während des Auszuges auf der linken Seite lagen, musste mehr Zugkraft aufgewendet werden als am stehenden sowie einem auf der rechten Seite liegenden Muttertier ($P \leq 0,05$). Die Kombination aus der Lage und dem Auszugsmodus wirkte sich tendenziell ($0,05 > P \leq 0,10$) auf die maximale Zugkraft in diesem Abschnitt aus.

ERGEBNISSE

Tab. 34: Median \pm MAD der maximalen Zugkraft 3 (Thorax vollständig aus Scham ausgetreten bis Kalb komplett entwickelt; MAX 3; Newton (N)) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie Färsen und Kühen getrennt

Auszugsmodus				
MAX 3	SIM	ALT	EIN	Gesamt
Färsen	267,3 \pm 78,1	260,7 \pm 108,2	328,5 \pm 49,3	273,9 \pm 87,6
Kühe	244,3 \pm 79,7	199,3 \pm 67,0	225,7 \pm 66,3	208,3 \pm 85,6
Gesamt	247,7 \pm 81,6	206,2 \pm 71,2	282,9 \pm 61,4	244,3 \pm 78,7

Tab. 35: Median \pm MAD der maximalen Zugkraft 3 (Thorax vollständig aus Scham ausgetreten bis Kalb komplett entwickelt; MAX 3; Newton (N)) nach Auszugsmodus (simultaner (SIM), alternierender (ALT) oder einseitiger (EIN) Zug) sowie der Lage des Muttertieres während des Auszuges getrennt

Auszugsmodus				
Lage	SIM	ALT	EIN	Gesamt
rechts	289,2 \pm 108,5	175,0 \pm 39,3	245,7 \pm 67,0	207,2 \pm 89,4 ^b
links	251,1 \pm 71,8	484,7 \pm 67,2	401,3 \pm 87,7	291,1 \pm 108,3 ^{ab}
stehend	209,3 \pm 84,0	273,6 \pm 85,6	192,6 \pm 33,1	217,5 \pm 76,8 ^a
Gesamt	247,7 \pm 81,6	206,2 \pm 71,2	282,9 \pm 61,4	244,3 \pm 78,7

Daten mit den gleichen Buchstaben (a, b) innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant ($P \leq 0,05$)

ERGEBNISSE

Es gab Korrelationen ($P \leq 0,05$) zwischen der Dauer der Auszüge bzw. der Dauer des Auszuges des Kopfes (Ab 1a und 1b) und der maximalen Zugkraft der verschiedenen Teile des Auszuges. Die Dauer des Auszuges mit dem Anfangspunkt Afterklauen außerhalb der Scham sichtbar (Dauer 1) korrelierte positiv mit MAX 1 (0,35; $P=0,02$) und tendenziell positiv mit MAX 2 (0,26; $P=0,08$) und MAX 3 (0,29; $P=0,06$). Die Dauer des Auszuges des Kopfes (Ab 1a und 1b) korrelierte positiv mit der maximalen Zugkraft dieses Abschnittes (Ab 1a: 0,36; $P \leq 0,05$ und Ab1b: 0,49; $P \leq 0,0001$). Es konnte ebenfalls eine Korrelation zwischen Dauer 2 und MAX 1 (0,47; $P=0,02$) sowie eine tendenzielle Korrelation zwischen Dauer 2 und MAX 2 (0,25; $P=0,07$) gezeigt werden. Mit zunehmender Dauer des Auszuges von vor der Stirn des Kalbes beginnend (Dauer 3) nimmt MAX 2 (0,29; $P=0,03$) zu und MAX 1 (0,24; $P=0,08$) und MAX 3 (0,24; $P=0,08$) nehmen tendenziell zu. Die maximalen Zugkräfte (MAX 1, 2 und 3) korrelierten weder mit dem Brustumfang noch mit dem Körpergewicht der Kälber ($P > 0,10$). Mit zunehmender SSL nahm tendenziell (0,21; $P=0,10$) auch die maximale Zugkraft, die von Beginn des Auszuges bis zu dem Moment, in dem der Kopf vollständig aus Scham ausgetreten war (Max 1), aufgebracht werden musste, zu.

5 Diskussion

Einige Autoren bevorzugen den gleichzeitigen Auszug (Rüsse, 1987; Schulz, 1993) während andere den alternierenden Zug an den Vordergliedmaßen des Kalbes als Methode der Wahl beschreiben (Benesch, 1960; Grunert und Andresen, 1996). Bisher wurden hierzu nur *in-vitro* Studien durchgeführt, die divergierende Ergebnisse aufzeigten (Becker, 2008; Boecker, 1982). Zu Effekten auf die Dauer und die Zugkräfte durch verschiedene Auszugsmodi *in vivo* liegen bisher keine Ergebnisse vor.

5.1 Versuchsdesign

In zwei *in-vitro* Studien über geburtshilfliche Zugkräfte bei der Extraktion eines Kalbes wurden die Kräfte zwischen gleichzeitigem und wechselseitigem Zug an den Vordergliedmaßen miteinander verglichen (Becker, 2008; Boecker, 1982). Da die Autoren dieser Untersuchungen zu unterschiedlichen Ergebnissen kamen, wurden in der eigenen Studie die Zugkräfte bei simultanem, alternierendem sowie einseitigem Zug *in vivo* miteinander verglichen. Auch aufgrund kontroverser Empfehlungen bezüglich des Vorgehens bei einem Auszug in der Literatur (Benesch, 1960; Mee, 2004; Norman und Youngquist, 2007; Rüsse, 1982) war die Hypothese, dass zwischen den verschiedenen Auszugsmodellen (SIM, ALT und EIN) Unterschiede in den Zugkräften sowie der Dauer der manuellen Extraktion auftreten. In Anlehnung an die Ergebnisse von Becker (2008) wurden hier insbesondere geringere Zugkräfte bei dem alternierendem Auszugsmodus im Vergleich zum simultanen Zug erwartet. Beim alternierenden bzw. einseitigen Zug war die Theorie, dass durch die schräge Stellung des Schulter- und Ellenbogenbereichs des Kalbes ein geringerer Querschnitt geschaffen wird, der den Geburtskanal besser passieren kann.

Um unter *in-vivo* Bedingungen vergleichbare Daten zu erhalten wurden für die Auswertung die Auszüge anhand des vorliegenden Filmmaterials in drei Teile geteilt und für jeden Teil jeweils die maximale Zugkraft bestimmt (siehe 3.7 Auswertung der Daten). Hierzu konnten im Gegensatz zu den *in-vitro* Studien nur äußerlich gut sichtbare Ereignisse verwendet werden. In der vorliegenden Studie wurden die Zugkräfte mithilfe eines Messsystems bestehend aus zwei Kraftsensoren in S-Form, zwei Transmittern und einem Laptop mit entsprechender Software gemessen. Ähnlich aufgebaute Messsysteme wurden bereits in anderen *in-vivo* Studien (Padberg, 1993; Pearson et al., 2020) verwendet. Obwohl die in dieser Studie verwendeten

Kraftaufnehmer laut Herstellerangaben mit Schutzklasse IP 67 und damit staub- und für eine kürzere Zeit wasserdicht sind (siehe 3.3 Das Messsystem) und das Messsystem sich kaum von den in anderen Studien erfolgreich verwendeten Systemen unterscheidet, mussten die Ergebnisse eines Kraftaufnehmers aufgrund fehlerhafter Messungen retrospektiv aus der Wertung genommen werden. Dadurch kam es zu den stark ungleichen Gruppengrößen der Gruppen SIM, ALT und EIN.

Neben den Zugkräften ist ein weiteres Maß für den Schweregrad eines Auszugs bzw. der Geburt die Dauer eines Auszugs (Mee, 2004). Auch hier wurden die einzelnen Abschnitte anhand äußerlich sichtbarer Ereignisse eingeteilt, so dass eine standardisierte Dauer erhoben werden konnte.

Weiterhin wurden Parameter erhoben, von denen erwartet wurde, dass sie den Geburtsablauf und damit auch die Zugkraft bzw. die Dauer beeinflussen können. Hierzu gehören Parameter des Muttertieres wie das Alter, die Anzahl der Kalbungen (Zaborski et al., 2009) und die äußeren Beckenmaße. Die äußeren Beckenmaße sind einfacher zu erfassen als interne Beckenmaße. Außerdem eignen sie sich, um interne Beckenmaße wie das Volumen vorherzusagen (Heun, 2008) und so eventuell eine Vorhersage über den Geburtsverlauf machen zu können (Hiew et al., 2016; Jaekel, 1982). Als geburtsrelevante Parameter des Kalbes wurden das KGW, die SSL und der BU (Benesch, 1952; Grunert und Andresen, 1996a; Rüsse, 1984) erfasst und untersucht.

Als ein weiterer Einflussfaktor auf den Geburtsablauf ist der Betrieb, auf dem der Auszug durchgeführt wurde, zu nennen. Auf den Betrieben waren unterschiedliche Personen an der Durchführung der Auszüge beteiligt, die die Zugkraft und den Zugmodus beeinflusst haben könnten. Alle Mitarbeiter wurden jedoch von der Doktorandin bezüglich des Vorgehens bei der manuellen Extraktion mit den jeweiligen Zugmodi unterwiesen und die Doktorandin war bei allen Auszügen beteiligt. Das Abkalbemanagement, das sich zwischen den beiden Versuchsbetrieben unterschied (siehe 3.2 Studiendesign), beeinflusste außerdem die Auswahl der Tiere in die Studie. Somit fand auf Betrieb 2 bereits eine Vorselektion statt, da dort nur Tiere verwendet wurden, die 30 Minuten nach Anzeichen einer Geburt keinen Fortschritt der Geburt zeigten. Dies sollte bei der weiteren Diskussion der Ergebnisse mit einbezogen werden.

5.2 Kühe

5.2.1 Alter und Rasse

Die Rinder dieser Studie waren durchschnittlich $3,3 \pm 1,1$ (Median \pm MAD) Jahre alt. In einer Prävalenzstudie über Tiergesundheit in deutschen Milchkuhbetrieben wurde ein Durchschnittsalter von 4,7 Jahren (Median) für Rinder aus der Region Nord (Niedersachsen und Schleswig-Holstein) berichtet (PraeRi, 2020). Eine mögliche Ursache für diesen Altersunterschied könnte sein, dass in der eigenen Untersuchung ein hoher Anteil der Tiere Färsen (42,9%) waren. Dies ist durch den Umstand bedingt, dass die Tierausswahl in Betrieb 2 nicht zufällig vorgenommen wurde. Dort wurden nur Tiere ausgewählt, die einen verzögerten Geburtsablauf zeigten. Außerdem kaufte Betrieb 1 hochtragende Färsen zu, um diese nach der Abkalbung wieder zu verkaufen. Färsen weisen generell mehr Schweregeburten als Kühe auf (Zaborski et al., 2009). Die Wahrscheinlichkeit einer Schweregeburt ist bei der ersten Abkalbung 4,7 Mal höher als bei höheren Paritäten (Johanson und Berger, 2003). Die Dystokierate von Färsen wird von Johanson und Berger (2003) mit 40,4% und von Zhang et al. (1999) mit 62,2% angegeben. Mehrkalbige Tiere zeigen mit einer Dystokierate von 13,2 % (Johanson und Berger, 2003) bzw. 26,8% (Zhang et al., 1999) weniger erschwerte Abkalbungen.

In der oben erwähnten PraeRi-Studie zeigte sich, dass die Rasse Holstein-Schwarzbunt mit einem mittleren betrieblichen Anteil von 82,9 % in Niedersachsen und Schleswig-Holstein am häufigsten vertreten ist (PraeRi, 2020). Diese Angabe deckt sich teilweise mit den Ergebnissen dieser Studie, in der der Anteil an Holstein-Schwarzbunten bei 82,8% (Betrieb 1) bzw. 97,1% (Betrieb 2) lag. Die Rasseverteilung in einem Bestand hängt unter anderem vom Zuchtmanagement des Betriebes ab.

5.2.2 Reproduktionsdaten

Fast die Hälfte der an dieser Studie teilnehmenden Tiere (42,9%) kalbte zum 1. Mal. Damit war der Anteil an Erstlaktierenden größer als der in der PraeRi-Studie ermittelte mittlere Anteil von 30 bis 37% (PraeRi, 2020). Dieser Unterschied ist mit der oben bereits erwähnten Auswahl zu begründen. Die PraeRi-Studie gibt einen Median von 2,0 für die Anzahl der Kalbungen der Rinder aus Niedersachsen und Schleswig-Holstein an (PraeRi, 2020). Diese Angaben decken sich mit der Beobachtung dieser

Studie, dass die Tiere durchschnittlich zum 2. Mal ($2,0 \pm 1,0$; Median \pm MAD) abkalbten.

Der Großteil der Rinder dieser Studie wurde künstlich besamt. Dafür wurde bei 71,4% der Besamungen das Sperma eines Holstein-Schwarzbunt-Bullen und bei 11,1% das Sperma eines Weißblauen Belgier-Bullen verwendet, wobei nur Betrieb 2 seine Kühe mit Fleischrassen besamen ließ. Bei den übrigen Tieren kamen betriebseigene Deckbullen zum Einsatz (Betrieb 2) oder es wurde Embryotransfer durchgeführt (Betrieb 1). Der hohe Anteil von Besamungen mit dem Sperma von Fleischbullen spiegelt die aktuelle Situation in Niedersachsen wider. Jansen (2021) berichtet von einem Rückgang der Besamung mit Milchrassen von 96,7% im Jahr 2015 auf 87,8% der Erstbesamungen bei Holstein-Rindern in Niedersachsen bei einem gleichzeitigen Anstieg des Anteils der Besamungen mit Fleischrassen von 3,3 auf 12,2%. Bei diesen Besamungen wurden bei 60,3% der Besamungen in den Jahren 2019 und 2020 mit Sperma der Rasse Weißblaue Belgier durchgeführt. Ein möglicher Grund für die sinkenden Erstbesamungen mit Milchrassen ist, dass sich für Kälber aus Einfachkreuzungen mit Fleischbullen und Holsteinkühen höhere Preise erzielen lassen (Jansen, 2021).

Die mittlere Tragzeit der Rinder, die in diese Studie aufgenommen wurden, betrug $279,0 \pm 4,0$ Tage. Dies deckt sich mit der von Nogalski und Piwczyński (2012) sowie von Villarroel und Lane (2010) angegebenen durchschnittlichen Tragzeit von $279,1 \pm 4,79$ bzw. $279,3 \pm 4,9$ Tagen. Norman et al. (2009) ermittelten eine mittlere Tragzeit von 277,8 Tagen bei Färsen und 279,4 Tagen bei Kühen. Dies entspricht den Tragezeiten der Färsen ($277,0 \pm 5,0$) und der Kühe ($279,3 \pm 4,3$ Tage) der eigenen Untersuchung. Im Gegensatz zu den Angaben von Ahlers und Andresen (1996), Essmeyer (2006) sowie Steinhardt et al. (1992) trugen die Kühe nicht länger als die Färsen.

5.2.3 BCS und Beckenmaße

Die Körperkondition der Färsen ($3,25 \pm 0,25$ (Median \pm MAD)) und Kühe ($3,38 \pm 0,13$ (Median \pm MAD)) dieser Studie waren geringer als die von Essmeyer (2006) ermittelten BCS-Werte für Färsen ($3,77 \pm 0,02$ (Mittelwerte \pm Stabw)) bzw. Kühe ($3,61 \pm 0,02$ (Mittelwerte \pm Stabw)). Dies könnte zum einen darauf hindeuten, dass die Landwirte der beiden Betriebe bestrebt sind, den BCS der Trockensteher moderat zu halten, um eine Überkonditionierung und damit verbundene Risiken einer Dystokie sowie Ketose zu vermeiden bzw. zu verringern (Zaborski et al., 2009). Zum anderen ist das unterschiedliche Fütterungsmanagement der Betriebe eine mögliche Ursache für die unterschiedlichen Körperkonditionen. Die BCS-Werte dieser Studie decken sich mit der Empfehlung einer Kondition von 3,50 (3,25-3,75) für Färsen und Kühe zur Abkalbung (Metzner et al., 1993).

In dieser Studie konnte eine positive Korrelation zwischen dem BCS der Tiere und den externen Beckenmaßen gezeigt werden. In einer Untersuchung zur Verwendung von Daten des Beckenraumes (das Produkt aus der Pektenvertikale und dem Querdurchmesser des Beckens) als Hilfsmittel für das Management von Dystokien bei Färsen wurde ein Zusammenhang zwischen dem vor der Geburt erfassten BCS und der Beckenfläche festgestellt. Im Gegensatz zu den Ergebnissen dieser Studie war ein niedriger BCS des Muttertieres mit einem größerem Beckenraum assoziiert (Holm et al., 2014). Bei dieser Studie wurden allerdings nur interne Beckenmaße (die Pektenvertikale und der Querdurchmesser des Beckens) erhoben. In einer ähnlichen Studie, die die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Beckenmaßen und Dystokie untersuchte, korrelierten die Beckenbreite und -länge positiv mit dem BCS (Johnson et al., 1988).

Weiterhin wurde ein positiver Zusammenhang zwischen der Körperkondition und dem Alter der Tiere nachgewiesen. Dies deckt sich mit den Angaben von Vieira-Neto et al. (2016), die ebenfalls eine positive Korrelation zwischen dem BCS und der Parität der Tiere beobachten konnten.

Die in dieser Studie ermittelte durchschnittliche Hüftbreite der Muttertiere von $59,4 \pm 3,1$ (Mittelwerte \pm Stabw) cm liegt zum Teil deutlich über den Angaben, die in der Literatur gemacht werden. Heun (2008) maß einen mittleren Abstand zwischen beiden Hüftböckern bei Holstein Friesian Rindern von $56,5 \pm 3,3$ (Mittelwerte \pm Stabw) cm. Essmeyer (2006) gibt einen noch kleineren Wert für die mittlere Beckenbreite an ($48,1$

$\pm 0,2$ (Mittelwerte \pm Stabw) cm). Eine mögliche Ursache dafür könnte sein, dass die Holstein Friesian Rinder in den letzten Jahren deutlich großrahmiger geworden sind. Eine weitere Erklärung für die Diskrepanz zwischen den Werten könnte die unterschiedliche Definition der Messpunkte sein. Während Heun (2008) ähnlich wie in der vorliegenden Studie die Beckenbreite am jeweils lateralsten Punkt der Tuber coxae ermittelte, gibt Essmeyer (2006) nur an, den Abstand zwischen den Hüfthöckern gemessen zu haben.

Bei der durchschnittlichen Beckenlänge und dem Abstand der Sitzbeinhöcker verhält es sich ähnlich wie bei der mittleren Hüftbreite. Die in dieser Studie ermittelte mittlere Beckenlänge ($62,0 \pm 2,0$ (Median \pm MAD) cm) ist größer als die von anderen Autoren angegebenen Werte für diesen Parameter (Essmeyer (2006) : $56,7 \pm 0,1$; Heun (2008): $55,7 \pm 2,3$ (Mittelwerte \pm Stabw) cm). Die (laterale) Sitzbeinbreite der Rinder dieser Studie ($39,7 \pm 3,3$ (Mittelwerte \pm Stabw) cm) ist ebenfalls größer als die von den Tieren anderer Untersuchungen (Essmeyer (2006): $19,8 \pm 0,1$; Heun (2008): $36,7 \pm 2,8$ (Mittelwerte \pm Stabw) cm). Auch hier spielt vermutlich die Definition der Messpunkte eine Rolle (Essmeyer, 2006; Heun, 2008). Heun (2008) erklärt die von Essmeyer (2006) angegebenen deutlich kleinere mittlere Sitzbeinbreite damit, dass nur Tiere von einem Betrieb vermessen wurden. Auch in der eigenen Studie wurden nur Tiere aus zwei verschiedenen Betrieben vermessen, sodass der Betriebseinfluss berücksichtigt werden muss. Andere Autoren sehen in der Körperkondition eine Ursache für unterschiedliche externe Beckenmaße, da es leichter ist, die Knochenpunkte an mageren Tieren zu finden (Hamel, 1964; Steiner, 1979; West, 1997).

Die Beckenbreite, die Beckenlänge und der Sitzbeinhöckerabstand von Färsen sind kleiner als die von pluriparen Tieren. Diese Beobachtung konnte auch Essmeyer (2006) im Rahmen ihrer Doktorarbeit machen. Im Gegensatz dazu konnte Steiner (1979) keinen Unterschied zwischen Färsen und Kühen bezüglich ihrer äußeren Beckenmaße nachweisen. Ein Grund für die geringeren externen Beckenmaßen von Färsen im Vergleich zu pluriparen Tieren könnte sein, dass das Becken zum Zeitpunkt der ersten Abkalbung noch nicht vollständig ausgewachsen ist (Crichton, Aitken und Boyne, 1960). Da das Wachstum des Beckenraumes allerdings nicht linear und auch variabel ist (Gaines et al., 1993), lässt sich das Ergebnis von Steiner (1979) einerseits mit dem tierindividuellem Beckenwachstum erklären. Andererseits waren die Tiere, die von Steiner (1979) im Rahmen seiner Studie untersucht wurden, Rinder der Rasse

Deutsche Schwarzbunt In der eigenen Studie wurden die externen Beckenmaße von Holstein Friesian Rindern vermessen, die im Vergleich zu anderen Rassen häufiger Dystokien haben und deren Becken anders geformt sind als die Becken anderer Rinderrassen (Heins 2006).

Es konnte ein positiver Zusammenhang zwischen allen in dieser Studie gemessenen externen Beckenmaßen nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu beschreiben Essmeyer (2006), Heun (2008) sowie Malik, Taluja und Parmar (1992) keine Korrelation zwischen der Beckenlänge und dem Abstand zwischen den Sitzbeinhöckern. Analog zu der eigenen Untersuchung beobachtete Essmeyer (2006) den stärksten Zusammenhang zwischen der Beckenlänge und der Hüftbreite. Heun (2008) gibt dagegen an, dass der stärkste Zusammenhang zwischen der Beckenlänge und der kaudalen Sitzbeinbreite besteht. Sie vermutet als möglichen Einflussfaktor auf den Zusammenhang zwischen den externen Beckenmaßen individuelle Unterschiede (Heun, 2008). Denkbar wäre auch, dass das unterschiedliche Fütterungsmanagement auf den einzelnen Betrieben und die Genetik die Maße beziehungsweise die Entwicklung des Beckens beeinflussen.

Ein positiver Zusammenhang zeigte sich ebenfalls zwischen den externen Beckenmaßen und dem Alter der Tier. Einen solchen Zusammenhang beschreiben auch andere Autoren. Heun (2008) berichtet von einer Abhängigkeit der Hüftbreite und Beckenlänge vom Alter der Tiere. Eine solche Beziehung mit dem Alter konnte sie im Gegensatz zu dieser Studie nicht für die Sitzbeinbreite der Rinder feststellen. Analog zu den Ergebnissen dieser Studie beobachteten Coopman et al. (2003) sowie Murray et al. (2002) eine Korrelation aller externen Beckenmaße mit dem Alter. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass das (knöcherne) Becken des Rindes erst mit 6 Jahren voll ausgewachsen ist (Crichton, Aitken und Boyne., 1960) und das Alter der Tiere damit die externen Abmessungen des Beckens und so indirekt auch den Ablauf einer Geburt beeinflussen kann.

5.2.4 Befunde während der Geburt

Bevor der Auszug durchgeführt wurde, wurden bei 69,4% der Rinder dieser Studie die Fruchtblasen manuell eröffnet. Dies war teilweise durch den Versuchsaufbau bedingt. Bevor ein Auszug begonnen wurde, wurde eine vaginale Untersuchung durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Zervix geöffnet, der Geburtsweg ausreichend geweitet, das Kalb nicht absolut oder relativ zu groß war und ob eine korrekte Lage, Stellung und Haltung des Kalbes vorlagen. Die verminderte Aufweitung und die vorzeitige Austrocknung des weichen Geburtsweges sind mögliche Folgen eines vorzeitigen Eröffnens der Fruchtblase (Schulz, 2010; Straiton und Hollwich, 1996). Bei keinem der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Auszüge war der Geburtsweg nicht ausreichend geweitet oder zu trocken.

Schuijt und Ball (1980) empfehlen, dass für einen Auszug das Muttertier in rechte Seitenlage verbracht werden sollte. Für diese Empfehlung wurden keine Gründe angegeben. Im Gegensatz dazu sollen die Rinder laut Mee (2004) auf die linke Seite abgelegt werden, bevor das Kalb manuell extrahiert werden kann. Auch hier wird keine Begründung angegeben. Wehrend, Hofmann und Bostedt (2005) beobachteten Kühe, während sie spontan gebären. Dabei nahmen 14,7 % der Tiere die rechte, 84% der Tiere die linke Seitenlage ein und 1,3 % der Tiere standen während der gesamten Dauer der Geburt. Aufgrund dieser Beobachtungen empfehlen die Autoren die linke Seite zur Durchführung eines Auszuges. In dieser Studie wurde die rechte Seitenlage (36,5%) häufiger als die linke Seitenlage (25,4%) eingenommen. Die meisten Tiere standen während des Auszuges (38,1%). Diese Diskrepanz lässt sich vermutlich auf die vaginale Untersuchung und die Anwesenheit der zwei Hilfspersonen zurückführen. Wehrend, Hofmann und Bostedt (2005) untersuchten die Tiere vor der Umstallung in die Abkalbeboxen. Danach wurden nur noch Beobachtungen an den Tieren durchgeführt. Die Anwesenheit eines permanenten Beobachters kann sich negativ auf den Ablauf einer Geburt auswirken. Duffy (1981) berichtet von einer Zunahme der Dystokie- und Totgeburtenrate bei Hereford Färsen, die nicht auf der Weide und unter ständiger Beobachtung abkalbten.

5.2.5 Nachgeburtsverhaltung und Verletzungen der Muttertiere

Während in dieser Studie bei vier Rindern (8,4%) Nachgeburtsverhaltungen auftraten, beobachteten Kovács et al. (2016) eine höhere Prävalenz von Nachgeburtsverhaltungen bei Kühen, die nicht ohne Hilfe (25,0%) bzw. mit zu früh angewendeter Geburtshilfe (78,9%) abkalbten im Vergleich zu Kühen, die in einer Einzelbox ohne irgendwelche Hilfsmaßnahmen kalbten (14,3%). Die im Vergleich zu Kovács et al. (2016) geringe Inzidenz könnte damit erklärt werden, dass die manuelle Extraktion der Kälber bei Tieren durchgeführt wurde, die in den meisten Fällen keine geburtshilfflichen Maßnahmen benötigten.

Es zeigte sich, dass bei 33,3% der Rinder dieser Studie nach erfolgtem Auszug oberflächliche (in jedem Fall ≤ 1 cm tiefe) Verletzungen der Vaginalschleimhaut auftraten. Sie wurden bei Färsen (55,6%) häufiger beobachtet als bei mehrkalbigen Tieren (16,7%). Diese Ergebnisse decken sich mit den Angaben von Wehrend et al. (2003), die bei 29,2 % der Geburten, die alle mithilfe eines mechanischen Geburtshelfers durchgeführt wurden, Lazerationen oberflächlicher Art im weichen Geburtsweg beobachteten. Auch hier traten die Verletzungen häufiger bei Färsen als bei Mehrkalbinnen auf. Ähnliches beschreiben auch Vieira-Neto et al. (2016). Zum einen fanden sie heraus, dass Färsen ein höheres Risiko für einen höheren Vulvovaginal-Lazerations-Score (VLS) hatten als Kühe. Zum anderen zeigte sich, dass die Parität der Tiere und Dystokie die einzigen Einflussvariablen auf den VLS waren. Die Lage des Rindes während des Auszuges, die manuelle Eröffnung der Fruchtblase sowie der Auszugsmodus standen in der eigenen Untersuchung nicht in Zusammenhang mit Vaginalschleimhautverletzungen. Kovács et al. (2016) berichten von höheren Prävalenzen von vulvovaginalen Verletzungen bei Kühen, bei denen geburtshilffliche Maßnahmen angewendet wurden im Vergleich zu Tieren, die ohne Hilfsmaßnahmen in Einzelboxen abkalbten. Dabei war die Prävalenz für Verletzungen des weichen Geburtsweges bei der Gruppe, bei der zu früh in den Geburtsablauf eingegriffen und geburtshilffliche Maßnahmen angewendet wurden, hoch. Bei Rindern, die ohne geburtshilffliche Maßnahmen in einer Gruppenbox abkalbten, traten keine Verletzungen in der Vulva oder der Vagina auf. Diese Ergebnisse und die Erkenntnisse der eigenen Studie weisen darauf hin, dass die Parität sowie die Anwendung von Zughilfe bei der Geburt das Auftreten von oberflächlichen Rissen im vulvovaginalen Bereich begünstigen können. Laut Mee (2004) ist dies auch bei vorzeitiger

Geburtshilfe der Fall. Traumata im Bereich der Vagina oder der Vulva können allerdings auch bei Tieren ohne Dystokie oder Geburten ohne geburtshilfliche Maßnahmen auftreten (Vieira-Neto et al., 2016) und sollten deswegen nicht alleine zur Beurteilung beziehungsweise Bewertung von geburtshilflichen Maßnahmen herangezogen werden.

5.3 Kälber

5.3.1 Rasse und Geschlecht

Die Kälber dieser Studie gehörten größtenteils der Rasse Holstein Friesian an, wobei 68,3% der Kälber Holstein-Schwarzbunte und 9,5% Holstein-Rotbunte waren. Die restlichen Tiere waren Kreuzungsrinder von verschiedenen Fleischrassen, die alle auf Betrieb 2 geboren wurden. Den größten Anteil der Kreuzungskälber machten Einfachkreuzungen mit Weißblauen Belgier Bullen aus (11,1%). Diese Rassenverteilung entspricht dem Zuchtmanagement der einzelnen Betriebe (siehe 4.2.2 Reproduktionsdaten) und somit den Rassen der Muttertiere und der Bullen, die bereits diskutiert wurden (siehe **5.2.1 Alter und Rasse** und **5.2.2 Reproduktionsdaten**).

Der Anteil an Bullenkälber (65,1%), die im Rahmen dieser Studie manuell ausgezogen wurden, war höher als der Anteil an Kuhkälbern (34,9%). Dies gilt es bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen, da das Geschlecht der Kälber den Geburtsverlauf beeinflussen kann. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein männliches Kalb Geburtshilfe benötigt ist 25% höher als bei einem Kuhkalb (Johanson und Berger, 2003). Weiterhin hat das Geschlecht einen Effekt auf das Geburtsgewicht von Kälbern (Berglund und Philipsson, 1987). Dieses wiederum ist eines der geburtsrelevanten Strukturen des Kalbes in Vorderendlage (Johanson und Berger, 2003; Linden et al., 2009; Sieber et al., 1989) und wird später noch ausführlich diskutiert (siehe **5.5.2**).

5.3.2 Körpermaße

Die mittlere SSL der Kälber dieser Studie betrug $89,1 \pm 3,5$ (Mittelwerte \pm Stabw) cm und ist damit deutlich geringer als die von Becker (2008) beschriebene Scheitelsteißlänge von $92,0 \pm 3,5$ (Mittelwerte \pm Stabw) cm. Eine mögliche Ursache für die unterschiedlichen Messwerte könnte der Messvorgang sein. Obwohl die Messpunkte zur Bestimmung der SSL in beiden Studien gleich definiert wurden (Abstand vom Okzipitalgelenk bis zum ersten Schwanzwirbel), vermaß Becker (2008) tote Kälber in gestreckter Haltung. Eine andere Erklärung für die Diskrepanz zwischen den in dieser Studie ermittelten und den von anderen Autoren beschriebenen SSL (Becker, 2008) könnte die Parität der Muttertiere sein. Fast die Hälfte der Rinder dieser Studie waren Färsen, deren Kälber kleinere SSL als die Neugeborenen von mehrkalbigen Tieren aufwiesen. Nogalski (2003) berichtet ebenfalls von geringeren Körpermaßen (Widerristhöhe, Höhe der Hüfte und des Gesäßes, Brustumfang, Breite des Kopfes und Umfang der Vordergliedmaße) bei Kälbern von Färsen. Steiner (1979) weist auf große Schwankungen in Größe und Umfang bei Kälbern mit gleichem Körpergewicht hin. Nach Boecker (1982) ist eine Aussage über das Gewicht oder die Größe des Kalbes anhand der SSL nicht möglich. Im Gegensatz dazu gab es in dieser Studie eine positive Korrelation zwischen der Scheitelsteißlänge und dem Körpergewicht sowie dem Brustumfang der Kälber, was darauf hindeutet, dass dieser Parameter Rückschlüsse auf Größe und Gewicht der Kälber zulässt.

Entgegen der SSL wurde bei den Kälbern dieser Studie ein größerer Brustumfang ($82,0 \pm 3,0$ (Medain \pm MAD) cm) gemessen als bei den von Becker (2008) ($75,1 \pm 2,6$ (Mittelwerte \pm Stabw) cm) und Heun (2008) ($74,5 \pm 2,5$ (Mittelwerte \pm Stabw) cm) untersuchten Tieren. Eine Erklärung für diese Diskrepanz könnte sein, dass die Tiere, die für diese Studie vermessen wurden, zum Teil Kreuzungsrinder mit Weißblauen Belgier Bullen waren. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Nogalski (2003) waren die Brustumfänge der Kuhkälber nicht kleiner als die der Bullenkälber. Dafür decken sich die von Nogalski (2003) gemachten Beobachtungen, dass die Kälber von Färsen einen kleineren Brustumfang aufwiesen, mit den Ergebnissen dieser Studie. Das Alter der Mütter hat einen erheblichen Einfluss auf den Brustumfang der Kälber (Nogalski, 2003). Bei Färsen ist der Zusammenhang zwischen dem Brustumfang des Muttertieres und dem des Kalbes größer als der zwischen dem Brustumfang der Kälber, die von älteren Tieren geboren wurden und deren Muttertieren. Ähnlich dazu konnte in dieser

DISKUSSION

Studie eine positive Korrelation zwischen dem Brustumfang der Kälber und dem Alter der Muttertiere nachgewiesen werden. Zusätzlich korrelierte der Brustumfang der Kälber dieser Studie positiv mit den Tragetasen der Kühe. Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen von Nadarajah et al. (1989), dass die Größe des Kalbes einen Effekt auf die Trächtigkeitsdauer hat. Die Größe des Kalbes nahm mit der Trächtigkeitsdauer zu. Auch die positive Korrelation zwischen dem Körpergewicht des Kalbes und dem Brustumfang konnte in einer anderen Studie bestätigt werden (Unalan, 2009).

Das in dieser Studie ermittelte mittlere Geburtsgewicht von $42,1 \pm 5,9$ kg deckt sich mit den Angaben von anderen Autoren. Für Holsteinkälber geben Linden et al. (2009) ein mittleres Geburtsgewicht von $42,9 \pm 6,0$ kg an. Nach Essmeyer (2006) liegt es bei $43,90 \pm 0,28$ kg. Dass männliche Kälber leichter waren als weibliche, kann auch durch die Ergebnisse anderer Untersuchungen bestätigt werden (Philipsson und Berglund, 2003; Sieber et al., 1989). Wie bereits in anderen Studien beschrieben (Berglund, Steinbock und Elvander, 2003; Johanson und Berger, 2003) waren auch in dieser Untersuchung die Kälber von Färsen leichter als die Kälber von pluriparen Rindern. Berglund und Philipsson (1987) stellten insbesondere von der ersten zur zweiten Abkalbung eine Gewichtszunahme der Kälber fest. Die in dieser Studie beobachtete positive Korrelation zwischen dem Körpergewicht der Kälber und dem Alter der Tiere deckt sich mit diesen Angaben. In einer Untersuchung über den Zusammenhang der Trächtigkeitsdauer und anderen Reproduktionsmerkmalen bei Milchkühen trug eine Zunahme des Körpergewichtes des Kalbes signifikant zur Verlängerung der Trächtigkeitsdauer bei (Nogalski und Piwczyński, 2012). Nach Sieber et al. (1989) korrelierten die Beckenlänge und die Beckenbreite der Rinder positiv mit dem Körpergewicht der Kälber, weshalb er zu dem Schluss kam, dass Kälber von größeren und schwereren Rindern schwerer waren als die Kälber von kleineren und leichteren Muttertieren. Auch in dieser Studie gab es eine positive Korrelation zwischen dem Geburtsgewicht der Kälber und den in dieser Studie gemessenen externen Beckenmaßen (Beckenbreite, Beckenlänge und Sitzbeinbreite). Erwartungsgemäß hatte die Rasse der Kälber einen Effekt auf das Körpergewicht der Kälber. Die Kreuzungskälber mit Weißblauen Belgier Bullen beziehungsweise Angus Bullen und Holstein Friesian Muttertieren waren schwerer als die Kälber der Rasse Holstein Friesian. Vermutlich waren deshalb auch die Kälber von Betrieb 2 schwerer als die Neugeborenen von Betrieb 1, die ausschließlich Holstein Kälber waren.

5.3.3 Vitalität

Im Median wurde die Vitalität der Kälber dieser Studie direkt nach der manuellen Extraktion mit dem höchstmöglichen APGAR-Score-Wert von $8,0 \pm 0,0$ Punkten bewertet. Im Gegensatz dazu wurde in anderen Untersuchungen davon berichtet, dass spontan geborene Kälber vitaler waren als Kälber, die mithilfe von Geburtshilfe jeglicher Form (leichter oder schwerer Auszug, Kaiserschnitt) entwickelt wurden (Essmeyer, 2006; Kovács et al., 2016). Barrier et al. (2013) verglich in einer Untersuchung die Vitalität und das Verhalten drei Stunden nach der Geburt von spontan geborenen Kälbern mit Kälbern, bei denen Geburtshilfe angewendet wurde. Die Kälber, bei deren Geburt geholfen wurde, waren nicht nur weniger vital, sondern zeigten auch mehr Verzögerungen bei Aufsteh- und Gehversuchen und beim Erreichen des Euters des Muttertieres. Ein Grund für die vergleichsweise hohen APGAR-Score-Werte der Kälber dieser Studie könnte sein, dass die Kälber von Betrieb 1 vermutlich auch spontan, ohne jegliche Form der Geburtshilfe geboren worden wären, wenn sie nicht in die vorliegende Studie aufgenommen worden wären. Ein anderer Grund könnte sein, dass die Zughilfe in der vorliegenden Studie früh angewendet wurde. Eine Anwendung von Geburtshilfe wird 70 Minuten nach Erscheinen des Amnions bzw. 65 Minuten nach Sichtbarwerden der fetalen Gliedmaßen außerhalb der Scham des Muttertieres empfohlen (Schuenemann et al., 2011). Zu früh angewendete Geburtshilfe hat keinen Einfluss auf die Tageszunahmen, die Gesundheit oder das Überleben von Kälbern von Milchkühen bis zum Alter von sieben Wochen (Villettaz Robichaud et al., 2017). Kovács et al. (2016) fanden dagegen in einer Untersuchung über die Auswirkungen des Abkalbeprozesses auf die Ergebnisse der Geburt sowie die postpartale Gesundheit von Milchkühen heraus, dass die Vitalität der Kälber, bei deren Geburt vor der empfohlenen Zeit eingegriffen wurde, geringer war verglichen mit Kälbern, die spontan oder mittels Geburtshilfe nach der empfohlenen Zeit geboren wurden. Bei einem Vergleich mit den Ergebnissen der eigenen Studie sollte berücksichtigt werden, dass Kovács et al. (2016) für die Beurteilung der Vitalität den Vitalitätsscore empfohlen von Szenci (1982) verwendeten. In dieser Studie wurde die Vitalität der Kälber hingegen mittels APGAR-Score nach MÜLLING (1976) modifiziert nach BORN (1981) beurteilt.

Ähnlich zu den Ergebnissen der eigenen Untersuchungen gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen der Kälbervitalität der Kälber von Färsen und den Kälbern mehrkalbiger Tiere (Golob, 2015). Auch hier könnte der Zeitpunkt der angewendeten Geburtshilfe sowie die Tierausswahl der Tiere von Betrieb 1 der Grund für den fehlenden Unterschied der Vitalität der Kälber von Primiparen verglichen mit den Kälbern von mehrkalbigen Rindern sein.

5.4 Auszug

5.4.1 Dauer und Abschnitte

In dieser Studie wurde für die Dauer der manuellen Zughilfe beginnend mit dem Sichtbarwerden der Afterklauen außerhalb der Scham des Muttertieres (Dauer 1) ein Median von 207,0 Sekunden (\pm MAD: 105,0 (Sekunden)) ermittelt. Wurde der Auszug erst begonnen, nachdem das Flotzmaul des Kalbes bereits in der Schamspalte des Muttertieres sichtbar (Dauer 2; $121,0 \pm 60,0$ (Median \pm MAD) Sekunden) bzw. der Kopf des Kalbes bereits bis vor die Stirn des Kalbes aus der Vulva ausgetreten (Dauer 3; $46,0 \pm 19,0$ (Median \pm MAD) Sekunden) war, dauerte eine manuelle Extraktion des Kalbes erwartungsgemäß weniger lang. Diese Ergebnisse decken sich in etwa mit denen von Lange et al. (2019). Die Extraktion der Kälber mittels eines mechanischen Geburtshelfers dauerte im Mittel 3 Minuten 59 Sekunden \pm 3 Minuten 5 Sekunden. In einer vergleichbaren *in-vivo* Zugkraftstudie wurde die angewendete Zughilfe in drei Kategorien unterteilt (Wehrend et al., 2003). Eine Geburt mit leichter Zughilfe dauerte durchschnittlich 41 ± 21 Sekunden. Als Geburten mit mittelschwerer Zugkraft definierten Wehrend et al. (2003) Geburten mit Zughilfe, die im Mittel 86 ± 22 Sekunden und damit doppelt so lange andauerten wie die mit leichterem Zug. Ein Auszug mit starker Zughilfe dauerte laut Wehrend et al. (2003) 268 ± 117 Sekunden. Diese Kategorisierung kann nur bedingt auf die Ergebnisse dieser Studie angewendet werden, da die Zughilfe mithilfe eines mechanischen Geburtshelfers durchgeführt und die Kälber der eigenen Studie manuell ausgezogen wurden. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen Wehrend et al. (2003) sowie Lange et al. (2019) und der eigenen Studie für die mittlere Dauer der Auszüge ist daher fraglich. In einer Untersuchung zur Quantifizierung der Dauer und der Kräfte von Zughilfe bei Fleischrindern wurde ein Median von 112,6 Sekunden (Interquartile range 88,4–149,7) für die Dauer eines

manuellen Auszuges gemessen (Pearson et al., 2020). Der Median für die Dauer eines manuellen Auszuges des Kalbes vom Zeitpunkt des Sichtbarwerdens der Afterklauen außerhalb der Scham des Muttertieres (Dauer 1; $207,0 \pm 105,0$ Median \pm MAD) war deutlich höher als der von Pearson et al. (2020) angegebene Wert. Eine mögliche Ursache für diese Diskrepanz könnte die unterschiedliche Rasse der untersuchten Rinder sein. Während Pearson et al. (2020) Fleischrinder untersuchte, gehörten die Rinder, die in die eigene Studie aufgenommen wurden, alle der Rasse Holstein Friesian an. Außerdem handelte es sich bei den von Pearson et al. (2020) untersuchten Tieren ausschließlich um Färsen. Diese haben generell schwierigere Abkalbungen als Kühe (Zaborski et al., 2009b). Außerdem wird in den genannten Studien der genaue Anfangspunkt für die Messungen der Dauer der Zughilfe nicht genau definiert. Die Autoren geben zwar an, dass die Zughilfe immer in der Austreibungsphase (Wehrend et al., 2003) bzw. eine Stunde nach dem Sichtbarwerden der fetalen Klauen (Lange et al., 2019) sowie der Amnionblase (Pearson et al., 2020) erfolgte, aber nicht, wie weit das Kalb zum Beginn des Auszuges und der Messungen der Zugkräfte sowie der Dauer bereits aus der Scham des Muttertieres ausgetreten war. Somit ist eine Vergleichbarkeit nur bedingt möglich.

Je nachdem, wie weit Anteile des Kalbes bereits aus der Scham des Muttertieres herausragten bevor mit der manuellen Extraktion des Kalbes begonnen wurde, dauerte der Auszug bis zum vollständigen Austreten des Kopfes aus der Schamspalte der Kuh unterschiedlich lang. Im Median dauerte es $153,5 \pm 93,5$ (Median \pm MAD) Sekunden, den Kopf des Kalbes nach dem Sichtbarwerden der Afterklauen außerhalb der Vulva vollständig aus der Schamspalte auszuziehen (Abschnitt 1a). Waren zu Beginn des Auszuges das Flotzmaul außerhalb der Scham sichtbar (Abschnitt 1b; $80,0 \pm 54,0$ (Median \pm MAD) Sekunden) bzw. der Kopf bereits bis vor die Stirn außerhalb der Scham ausgezogen (Abschnitt 1c; $12,0 \pm 7,0$ (Median \pm MAD) Sekunden), dauerte es weniger lang, den Kopf vollständig manuell zu entwickeln. Ein Vergleich der eigenen Ergebnisse mit anderen Angaben über die Dauer eines Auszuges ist nur bedingt möglich, da in vergleichbaren *in-vivo* Studien, in denen die Zugkräfte sowie die Dauer der jeweiligen Zughilfe gemessen wurden (Lange et al., 2019; Pearson et al., 2020; Wehrend et al., 2003), die Gesamtdauer des Auszuges untersucht und der Auszug nicht in verschiedene Abschnitte eingeteilt wurde.

DISKUSSION

Die manuelle Extraktion des Kopfes (Abschnitt 1a und 1b) dauerte im Median länger als die Passage des Thorax (Abschnitt 2; $20,0 \pm 10,5$ (Median \pm MAD) Sekunden) und der Auszug des Beckens sowie der Hintergliedmaße des Kalbes (Abschnitt 3; $5,0 \pm 3,0$ (Median \pm MAD) Sekunden). Eine Ausnahme war die Dauer von Abschnitt 1c ($12,0 \pm 7,0$ (Median \pm MAD) Sekunden). War der Kopf bereits bis vor die Stirn aus der Schamspalte ausgetreten als mit der manuellen Extraktion begonnen wurde, dauerte der Auszug des Kopfes weniger lang als der des Brustkorbes oder des Beckens sowie der Hintergliedmaße des Kalbes. Diese Ergebnisse decken sich mit der Forderung, sich für den Auszug des Kalbes bis zur Sichtbarkeit der Augen außerhalb der Scham des Muttertieres am meisten Zeit zu lassen. Dieser Teil des Auszuges ist der am längsten dauernde (Mee, 2004). Zeitgleich oder kurz vor dem Austreten des Kopfes aus dem Beckenausgang treten die Ellenbogen in das knöchernen Becken ein (Becker, 2008). Es kann davon ausgegangen werden, dass zum Zeitpunkt des vollständigen Austretens des Kopfes aus der Scham bereits die Schultern des Kalbes in den Beckeneingang eingetreten sind. Das Eintreten der Schultern kann zu einer Verzögerung der Geburt führen (Schebitz, 1980a; Steiner, 1979) und eine mögliche Erklärung für die vergleichsweise lange Dauer des Abschnittes 1a sein.

In der vorliegenden Studie konnte weder ein Effekt der verschiedenen Auszugsmodi auf die Gesamtdauer noch auf die Dauer der einzelnen Abschnitte des Auszuges (Abschnitt 1a, 1b, 1c, 2 und 3) nachgewiesen werden. Die beiden *in-vitro* Studien, die die Zugkräfte bei verschiedenen Auszugsmodi miteinander vergleichen, untersuchten nicht die Dauer der jeweiligen Auszüge bzw. deren Abschnitte (Becker, 2008; Boecker, 1982). Da Becker (2008) in einer *in-vitro* Studie Unterschiede zwischen den Zugkräften während verschiedener Zugmodi nachweisen konnte, war die Theorie, dass sich die Gesamtdauer sowie die Dauer der einzelnen Abschnitte einer manuellen Extraktion zwischen dem simultanen Zug an den Vordergliedmaßen und dem alternierenden Zugmodus unterscheiden. Durch einen abwechselnden Zug an den Vordergliedmaßen passiert der Vorderkörper nicht mit seinen größten Querdurchmessern, den Ellenbogen- und Schultergelenksbreiten, den Beckeneingang (Benesch, 1950). Beim wechselseitigen Auszug sind die meisten Kälberdimensionen wie die Breite und die Fläche der Tuberculi maji, die Fläche der kranialen Ellenbogenhöcker und die Fläche und das Volumen von Kopf und Beinen kleiner als beim simultanen Zug (Heun, 2008). Folglich war zu erwarten, dass ein Auszug des Kalbes mit alternierendem Auszugsmodus weniger lang dauert als ein Auszug, bei dem gleichzeitig an den

Gliedmaßen des Kalbes gezogen wird. Ein Grund für den fehlenden Effekt des Auszugsmodus könnte die Stichprobenanzahl und die damit einhergehende statistische Power sein. Ein weiterer Grund könnte sein, dass die Tiere von Betrieb 1 keine Geburtshilfe benötigt hätten. Die Anpassung des Schultergürtels an die Raumverhältnisse im knöchernen und weichen Geburtsweg durch den alternierenden Zug (Benesch, 1950) wird vielleicht erst bei absolut oder relativ zu großer Frucht in Form eines Unterschiedes in der Dauer deutlich. Obwohl die Dauer ein Maß für die Schwere einer Geburt ist (Mee, 2004), ist sie vielleicht nicht unbedingt geeignet, um einen leichten Effekt heraus zu arbeiten.

Die Parität der Tiere hatte keinen Gesamteffekt auf die Dauer oder Abschnitte des Auszuges, aber es lagen einzelne Unterschiede vor. Die Dauer 2 war bei Färsen länger als bei Kühen. Weiterhin dauerte der Auszug des Kopfes (Abschnitt 1a und 1b) bei Färsen länger als bei Kühen. Bei Rindergeburten ohne Hilfeleistung wird die Austreibungsphase bei Färsen länger als die von Kühen beschrieben (Essmeyer, 2006; Grunert und Andresen, 1996b). Während dieser Phase der Geburt werden der Hymenalring und bei Färsen zusätzlich die Vulva durch den Kopf des Kalbes geweitet (Rüsse, 1987). Die Weitung des weichen Geburtsweges könnte also eine Erklärung für die unterschiedliche Dauer dieses Abschnittes einer manuellen Extraktion zwischen Färsen und Kühen sein.

Der Betrieb hatte keinen Gesamteffekt auf die Dauer der Auszüge oder der einzelnen Abschnitte des Auszuges. Allerdings war die Dauer 2 bei Betrieb 1 länger als bei Betrieb 2. Dieser Unterschied zwischen den Betrieben könnte indirekt mit der Parität der Versuchstiere zusammenhängen. Mehr als die Hälfte (55,2 %) der Rinder von Betrieb 1 waren Färsen. Auf Betrieb 2 wurden mehr Kühe (67,6 %) als Färsen in die Studie aufgenommen. Die kürzere Dauer 2 auf Betrieb 2 könnte auch durch die Tierausswahl bedingt sein. Ein Auszug erfolgte erst eine halbe Stunde nach Fehlen eines deutlichen Fortschrittes der Geburt. In dieser Zeit könnte eine Aufdehnung des Gewebes des weichen Geburtsweges stattgefunden haben, sodass der Geburtsweg zum Zeitpunkt des Auszuges besser vorbereitet war. Außerdem dauerte der Auszug des Beckens und der Hintergliedmaße des Kalbes (Abschnitt 3) auf Betrieb 1 länger als die Auszüge, die auf dem anderen Versuchsbetrieb durchgeführt wurden. Auch hier könnte die Parität der Versuchstiere eine Rolle spielen.

5.4.2 Zugkräfte

Die gemessene maximale Zugkraft für den ersten Teil des Auszuges (Beginn des Auszuges bis Kopf vollständig aus der Scham ausgetreten, MAX 1) betrug $541,1 \pm 212,7$ (Median \pm MAD) N. Während der Passage des Thorax durch den Geburtsweg wurde eine maximale Kraft von $400,5 \pm 171,4$ (Mittelwerte \pm Stabw) N an einer Gliedmaße des Kalbes gemessen. Das Becken und die Hintergliedmaße des Kalbes wurden mit einer Kraft von $244,3 \pm 78,7$ (Median \pm MAD) N ausgezogen. Diese Ergebnisse decken sich teilweise mit den Angaben anderer Studien über die Zugkraft bei der Geburtshilfe bei Rindern, wobei diese aufgrund des Versuchsaufbaus auch nur bedingt miteinander zu vergleichen sind (Padberg, 1993; Becker, 2008; Pearson et al., 2020). In einer Zugkraftstudie, die dem Aufbau der eigenen Studie ähnelt, in der Kräfte bei einer manuellen Extraktion mit den Kräften eines mechanischen Geburtshelfers verglichen werden, decken sich die maximalen Zugkräfte bei manuellen Auszügen ($56,9 \pm 22,9$ kg; das entspricht $558,19 \pm 224,65$ N) mit den Beobachtungen der eigenen Studie (MAX 1). In einer anderen *in-vivo* Studie wurde die Zugkraft bei der Anwendung eines mechanischen Geburtshelfers gemessen und die Schwere der Geburt anhand der dabei aufgetretenen Zugkraft und Extraktionsdauer beurteilt (Padberg, 1993). Nach der Klassifizierung von Padberg (1993) können die Kraftmaxima der eigenen Untersuchung im Mittel als leichte Zugkraft (40-60 kp pro Zugansatz) angesehen werden. Dies kann durch die Verwendung eines mechanischer Geburtshelfer erklärt werden, bei dessen Anwendung prinzipiell mehr Kraft ausgeübt wird als bei einer manuellen Extraktion (Pearson et al., 2020). Unabhängig vom Zugmodus waren die in dieser Studie ermittelten Werte für MAX 1 größer als die *in-vitro* auftretenden Kräfte an einer Gliedmaße vom Beginn des Auszuges bis zum Austreten des Kopfes aus dem knöchernen Becken (Becker, 2008). Das zweite von Becker (2008) ermittelte Kraftmaximum wurde von dem Eintreten bis zum Austreten des Brustkorbes aus dem Beckenausgang beobachtet. Verglichen damit ist der in der eigenen Studie gemessene Wert für die maximale Zugkraft während der Passage des Thorax durch den Geburtsweg (MAX 2) bei alternierendem Zug an den Vordergliedmaßen kleiner, bei Anwendung des simultanen Auszugsmodus größer (Becker, 2008). Die Diskrepanz könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich die Begebenheiten des *in-vitro* Modell nicht vollständig auf die tatsächlichen Begebenheiten einer Geburt übertragen lassen. Zwar wurde für die *in-vitro* Studie ein knöchernes Rinderbecken verwendet, doch war es wahrscheinlich schwierig den weichen Geburtsweg entsprechend nachzubilden. So

konnten die anatomischen Engstellen, der Hymenalring und die Rima vulvae (Walther und Marx, 1957) nicht berücksichtigt werden und führten so in der eigenen Untersuchung zu entsprechend höheren Kraftmaxima beim Durchtritt der Frucht durch diese Strukturen.

Außerdem wurde in anderen Zugkraftstudien die Kraft über die gesamte Dauer eines Auszuges gemessen (Lange et al., 2019; Padberg, 1993; Pearson et al., 2020) und nicht wie in der eigenen Studie für einzelne Teile des Auszuges untersucht (s. 3.7 Auswertung der Daten). Vergleichbare *in-vitro* Studien, in denen auch die Zugkraft bei unterschiedlichen Auszugsmodi gemessen wurden, beschränkten ihre Untersuchungen auf den fetalen Schultergürtel bzw. den Vorderkörper des Kalbes in Vorderendlage (Becker, 2008; Boecker, 1982) Es fehlen somit vergleichbare Werte für die maximale Kraft, die von dem vollständigen Austreten des Brustkorbes bis zur Vollendung des Auszuges an einer Gliedmaße des Kalbes auftritt.

Während des Auszuges des Kopfes trat das Kraftmaximum bei fast allen Auszügen vor dem Zeitpunkt auf, bei dem der Kopf bis vor die Stirn aus der Vulva des Muttertieres ausgetreten war. Im Gegensatz dazu wurde *in vitro* das erste Kraftmaximum erst nach dem vollständigen Austritt des Kopfes aus dem knöchernen Becken beobachtet (Becker, 2008). Dies könnte damit erklärbar sein, dass zu dem Zeitpunkt, als das Flotzmaul bereits außerhalb der Vulva sichtbar war, die Stirn des Kalbes aber noch nicht vollständig ausgezogen war, das Kalb bereits mit seinen Schultern in das Becken eingetreten war. Diese stellen die größte Breite des Vorderkörpers beim Kalb dar (Benesch, 1952; Momont, 2005). Außerdem werden der Hymenalring und die Vulva durch den Kopf des Kalbes aufgedehnt. Diese Gewebswiderstände können die Austreibung der Frucht hemmen (Grunert, 1993) und entsprechend mehr Zugkraft erforderlich machen.

Ähnlich zu den Ergebnissen von Becker (2008) wurde die maximale Zugkraft des zweiten Teiles des Auszuges während der Passage des Brustkorbes durch den Geburtsweg gemessen. Unabhängig davon ist der Brustkorb die größte anatomische Struktur des Vorderkörpers (Benesch, 1947; Heun, 2008; Momont, 2005; Schebitz, 1980a). Dementsprechend stellt der Brustkorb des Kalbes das größte Geburtshindernis dar und muss mit entsprechendem Kraftaufwand ausgezogen werden.

DISKUSSION

Der Auszugsmodus hatte einen Effekt auf die maximale Zugkraft während der Passage des Brustkorbes (MAX 2). Bei Verwendung des einseitigen Auszugsmodus war das Kraftmaximum beim Durchtritt des Brustkorbes ($503,2 \pm 179,3$ N) größer als bei simultanem Zug an den Vorderbeinen des Kalbes ($372,2 \pm 161,5$ N). Ein Grund für die größeren Kraftmaxima könnte eine Vergrößerung des Querschnittes im Brustbereich bei einseitigem Zug sein. Das Vorderbein der Frucht, an dem kein Zug ausgeübt wird, bleibt zurück. Dadurch wird das Buggelenk nach hinten abgebeugt, sodass es seitlich neben dem Thorax anliegt (Rüsse, 1983).

Erstaunlicherweise zeigten sich sonst keine Unterschiede zwischen den Auszugsmodi. Entgegen der Ergebnisse der *in-vitro* Studien mit einem Vergleich der Zugkräfte bei unterschiedlichen Auszugsmodi (Becker, 2008; Boecker, 1982) traten in der eigenen Studie *in vivo* keine Unterschiede zwischen SIM und ALT auf. Eine Erklärung dafür könnte die mangelnde Übertragbarkeit der *in-vitro* Ergebnisse sein. Sowohl Becker (2008) als auch Boecker (1982) verwendeten zur Vereinfachung und Reproduzierbarkeit ein knöchernes Rinderbecken. Der weiche Geburtsweg wurde in diesen Studien nur eingeschränkt simuliert. Auch die Geburtsmechanik des Beckens konnte nicht (Boecker, 1982) bzw. nur annähernd (Becker, 2008) im *in-vitro* Modell umgesetzt werden. Becker (2008) integrierte das mit Formalin konservierte knöcherne Becken zwar so in die Kälberextraktionsanlage, dass es horizontal frei beweglich und in linker Seitenlage ausgerichtet war. Eine Nachbildung der während der Geburt größeren Beweglichkeit (Benesch, 1957) und Raumzunahme (Rüsse, 1987; Schebitz, 1980b) des knöchernen Beckenringes durch die Hormone Relaxin und Östrogen waren aber in beiden Untersuchungen nicht möglich. Durch das Fehlen der Bauchpresse in beiden *in-vitro* Studien kann außerdem keine Vergrößerung der Pectenvertikale (Schebitz, 1980b) während der Passage des Kalbes stattfinden. Weiterhin ist nur eine Messung der relativen Kräfte während des Auszuges möglich. Für eine Messung der absoluten Kraft muss der weiche Geburtsweg sowie die Bauchpresse und die Wehen berücksichtigt werden (Becker, 2008). Eine weitere Erklärung könnte sein, dass die Kälber wie bereits diskutiert nicht absolut oder relativ zu groß waren, sodass eine Verkleinerung des Schultergürtels durch alternierenden Zug (Benesch, 1950) keinen Vorteil brachte. Das erste Kraftmaxima trat *in vivo* in den meisten Fällen auf, nachdem das Flotzmaul außerhalb der Scham des Muttertieres sichtbar, die Stirn des Kalbes aber noch nicht ausgezogen war. Der Hymenalring und die Vulva müssen zu diesem Zeitpunkt noch durch den Kopf des Kalbes geweitet

werden (Walther und Marx, 1957). Dafür ist eine Keilform besser geeignet, die durch simultanen Zug an den Gliedmaßen erreicht wird (Boecker, 1982).

Bei Färsen war das Maximum der Zugkraft für den ersten Teil des Auszuges größer als die bei pluriparen Tieren gemessene maximale Kraft. Da Färsen generell mehr Schweregeburten haben als pluripare Tiere (Zaborski et al., 2009), war ein Effekt der Parität auf die Zugkräfte zu erwarten. Zum einen weisen Färsen kleinere Beckeninnen- und -außenmaße auf als ältere Rinder (Heun, 2008). Zum anderen müssen der weiche Geburtsweg und insbesondere die anatomischen Engstellen besonders bei Färsen geweitet werden (Walther und Marx, 1957). Auf die maximale Zugkraft, die während der Passage des Thorax durch den Geburtsweg gemessen wurde, hatte die Parität der Tiere keinen Effekt. Eine mögliche Ursache dafür könnte die bereits erwähnte Verformbarkeit des Thorax (Heun, 2008; Schebitz, 1980b) sein. Diese Verformbarkeit ermöglicht eine Anpassung an den mütterlichen Geburtskanal (Heun, 2008; Schebitz, 1980) und macht so weniger Zugkraft für die Passage des Brustkorbes erforderlich. Andererseits war der Brustumfang von Kälbern, deren Muttertiere zum ersten Mal kalbten kleiner als der von Kälbern von pluriparen Rindern, sodass weniger Zugkraft notwendig war, um den Brustkorb durch das Becken zu ziehen. Außerdem waren in der aktuellen Studie keine Korrelation zwischen dem Brustumfang und der maximalen Zugkraft, die vom vollständigen Austreten des Kopfes bis zum vollständigen Austreten des Brustkorbes des Kalbes aus der Scham gemessen wurde, nachweisbar. Ein weiterer möglicher Grund für den fehlenden Effekt der Parität könnte sein, dass die anatomischen Engstellen, der Hymenalring und die Rima vulvae (Walther und Marx, 1957), bereits durch den Kopf des Kalbes soweit geweitet und aufgedehnt wurden, dass für die Passage des Thorax nicht mehr Zugkraft notwendig war als für den Auszug des Kopfes. Auf den letzten Teil des Auszuges wiederum hatte die Parität einen Effekt. Das Becken ist im Gegensatz zum Thorax wenig verformbar. Der Thorax hat im Querschnitt eine längsovale Form, die sich leicht der Form des mütterlichen Beckens anpasst (Rüsse, 1987). Das Becken und die Knie des Kalbes nehmen nach dem Austritt des Brustkorbes im Querschnitt mehr die Form eines Rechteckes an (Grunert, 1993). In einer Studie über die Beziehungen zwischen dem Verlauf der Geburt, dem Körpergewicht und den Abmessungen von Holstein-Friesian-Kälbern wiesen die Kälber, deren Geburt als schwierig eingestuft wurde, die breitesten Hüften auf (Nogalski, 2003).

Ein weiterer Parameter, der einen Einfluss auf bestimmte Teile des Auszuges (MAX 1 und 2) hatte, war die Lage der Tiere während der manuellen Extraktion. Bei einem Auszug bei Tieren, die während des Auszuges auf der linken Seite lagen ($291,1 \pm 108,3$ (Median \pm MAD) N), war die maximale Zugkraft größer als am stehenden ($217,5 \pm 76,8$ (Median \pm MAD) N) sowie einem auf der rechten Seite ($207,2 \pm 89,4$ (Median \pm MAD) N) liegenden Muttertier. Dieses Ergebnis deckt sich nicht mit der Empfehlung einiger Autoren, das Muttertier vor der Durchführung eines Auszuges niederzulegen (Arbeiter, 1993; Grunert und Andresen, 1996; Schuijt und Ball, 1980). Da zum einen die Beckenmechanik am liegenden Tier maximal wirksam ist (Baier und Berchthold, 1984) und zum anderen das Kalb bei einem stehenden Tier erst auf Höhe des mütterlichen Beckens gezogen werden muss (Norman und Youngquist, 2007), wäre zu erwarten gewesen, dass es einen Unterschied zwischen den stehenden und den Tieren in Seitenlage gibt. Bei einer Extraktion am stehenden Tier besteht auch die Gefahr, dass das Tier während des Auszuges plötzlich niedergeht und sich dabei verletzt. Außerdem zeigt eine einfache Vektoranalyse, dass es einen Verlust von bis zu 30 % des technischen Wirkungsgrades bei einem Auszug am stehenden Rind geben kann (Hindson, 1978). Auch Wehrend et al. (2005) empfehlen die Muttertiere vor Beginn der manuellen Extraktion des Kalbes in die linke Seitenlage zu bringen. Diese Empfehlung basiert auf der Beobachtung, dass bei Spontangeburt von Rindern 95% der untersuchten Tiere in linker Seitenlage gebären (Wehrend et al., 2005). In anderen Zugkraftstudien wurde nicht angegeben, ob der Auszug am stehenden oder liegenden Tier durchgeführt wurde (Lange et al., 2019; Padberg, 1993; Pearson et al., 2020). Somit fehlen vergleichbare Werte für die Zugkräfte und den Einfluss der Lage des Muttertieres auf diesen Parameter.

Erstaunlicherweise konnte in dieser Studie keine Korrelation zwischen den maximalen Kräften der einzelnen Teile des Auszuges (MAX 1, 2 und 3) und dem Körpergewicht des Kalbes nachgewiesen werden, obwohl das Körpergewicht des Kalbes in der Literatur als ein wichtiger Einflussfaktoren auf den Verlauf einer Geburt genannt wird (Johanson und Berger, 2003; Zaborski et al., 2009). Auch zwischen den Zugkräften und dem Brustumfang der Kälber, der die größte anatomische Struktur des Vorderkörpers (Heun, 2008) und damit ein Geburtshindernis ist, wurde keine Korrelation beobachtet. Eine mögliche Ursache hierfür könnte der Versuchsaufbau dieser Studie sein. Es wurde Zughilfe bei Tieren durchgeführt, die in den meisten Fällen auch spontan abgekalbt hätten (siehe 3.2 Studiendesign). Auch in der Studie

von Pearson et al. (2020) konnte kein Einfluss des Körpergewichts von Kälbern auf die maximalen Zugkräfte nachgewiesen werden. Daraus lässt sich schließen, dass der Brustumfang der Kälber sowie das Körpergewicht die Zughilfe und die damit verbundene auf das Kalb angewendete maximale Kraft weniger beeinflusst als bisher angenommen.

Im Gegensatz zum Körpergewicht und Brustumfang gab es zwischen der Zugkraft und der Scheitelsteißlänge des Kalbes eine Korrelation. Je größer bzw. länger das Kalb war, desto mehr Zugkraft musste während der manuellen Extraktion aufgewendet werden. Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen einer anderen Studie. Darin wird beschrieben, dass die Schwere der Geburt mit der Körperlänge des Kalbes zunahm (Padberg, 1993).

5.5 Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann gefolgert werden, dass anhand der Ergebnisse dieser Studie keine Empfehlung für den gleichzeitigen oder den alternierenden Zug gegeben werden kann. Die Arbeitshypothese, dass zwischen den beiden Auszugsmodellen Unterschiede in den Zugkräften sowie der Dauer der manuellen Extraktion auftreten, konnte somit in dieser Studie nicht bestätigt werden. Der einseitige Zug sollte nicht angewandt werden, da bei Ein- und Austreten des Brustkorbes aus dem Geburtsweg mehr Zugkraft auf eine Gliedmaße des Kalbes wirkt als bei Anwendung der anderen Zugmodi. Unabhängig von dem Auszugsmodus sollte sich für den Auszug des Kopfes Zeit genommen werden, da die maximalen Zugkräfte bis zum vollständigen Austritt des Kopfes größer sind als die Kräfte, die bei den anderen Teilen des Auszuges auftraten. Hier scheint der weiche Geburtsweg die Kräfte bis zum vollständigen Austreten des Kopfes außerhalb der Scham bei der Zughilfe zu beeinflussen. Der weiche Geburtsweg sollte bei manuellen Auszügen vorsichtig aufgedehnt werden. Dies gilt besonders für Färsen. Es sollten analog zu dieser *in-vivo* Studie weitere Untersuchungen über die Dauer sowie die Zugkräfte der einzelnen Abschnitte eines Auszuges (insbesondere des Auszuges des Beckens sowie der Hintergliedmaße des Kalbes) durchgeführt werden.

6. Zusammenfassung

Sarah Schmidt

Einfluss des Zugmodus auf die Zugdauer und -kräfte bei der manuellen Extraktion von Kälbern *in vivo*

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, den Einfluss von verschiedenen Auszugsmodi auf die Dauer und die maximale Zugkraft bei der manuellen Extraktion von Kälbern *in vivo* zu untersuchen.

Hierzu wurden bei 63 hochtragenden Holstein-Friesian Rindern von zwei Milchviehbetrieben in Niedersachsen eine manuelle Extraktion bei der Geburt von Kälbern in Vorderendlage vorgenommen. Randomisiert nach Färse oder Kuh bzw. Betrieb 1 oder 2 wurden die Kälber mit gleichzeitigem (SIM), alternierendem (ALT) sowie einseitigem (EIN) Zug ausgezogen. Dabei wurde die angewendete Zugkraft mithilfe eines Messsystems bestehend aus zwei Kraftaufnehmern, einem Konverter und einem Computer mit entsprechender Messsoftware gemessen. Der Auszug wurde mit einer Videokamera aufgezeichnet. Nach der manuellen Extraktion wurde das Muttertier vaginal auf mögliche Verletzungen untersucht und die externen Beckenmaße (Beckenbreite, -länge und Sitzbeinbreite) erfasst. Das Kalb wurde gewogen und die Scheitelsteißlänge sowie der Brustumfang ermittelt. Weiterhin wurde die Vitalität mit dem APGAR-Score beurteilt. Mithilfe der Videoaufzeichnungen wurde die Dauer des Auszuges von drei verschiedenen Anfangspunkten bestimmt (Afterklauen außerhalb der Scham sichtbar (Dauer 1); Flotzmaul außerhalb der Scham sichtbar (Dauer 2); Kopf bis vor Stirn ausgetreten (Dauer 3)). Zusätzlich wurde die Dauer der drei Teile eines Auszuges bestimmt (Abschnitt 1a (Erscheinen der Afterklauen bis vollständiges Austreten des Kopfes außerhalb der Schamspalte), Abschnitt 1b (Erscheinen des Flotzmaules außerhalb der Schamspalte bis vollständiges Austreten des Kopfes außerhalb der Schamspalte), Abschnitt 1c (Austreten des Kopfes bis vor die Stirn bis vollständiges Austreten des Kopfes außerhalb der Schamspalte), Abschnitt 2 (vollständiges Austreten des Kopfes bis vollständiges Austreten des Brustkorbes außerhalb der Schamspalte), Abschnitt 3 (vollständiges Austreten des Brustkorbes bis vollständiges Austreten des

ZUSAMMENFASSUNG

Neugeborenen außerhalb der Schamspalte). Die Kraft-Zeit-Kurven wurden in drei Teile unterteilt und für jeden dieser Teile die Kraftmaxima an jeweils einer Gliedmaße bestimmt. Somit ergaben sich für jeden Auszug jeweils drei Kraftmaxima (MAX 1 (Beginn des Auszuges bis Kopf vollständig aus Scham ausgetreten), MAX 2 (Kopf bis Thorax vollständig aus Scham ausgetreten) und MAX 3 (Thorax vollständig aus Scham ausgetreten bis Kalb komplett entwickelt). Aufgrund eines Defektes eines Kraftaufnehmers mussten MAX 1, 2 und 3 der betreffenden Gliedmaße retrospektiv aus der Wertung genommen werden.

Der Auszugsmodus zeigte weder einen Einfluss auf die Dauer noch auf die Dauer der einzelnen Abschnitte des Auszuges ($P > 0,10$). Eine manuelle Extraktion von Kälbern von Färsen dauerte länger als ein Auszug von Kälbern, deren Muttertiere pluripar waren (Dauer 2, $P \leq 0,05$). Die Parität der Versuchstiere hatte einen tendenziellen Effekt ($0,05 > P \leq 0,10$) auf die Dauer des ersten Abschnittes eines Auszuges (Abschnitt 1a und 1b). Bei Färsen dauerte das Sichtbarwerden der Afterklauen (Abschnitt 1a) bzw. des Flotzmaules (Abschnitt 1b) außerhalb der Vulva bis zum vollständigen Austritt des Kopfes des Kalbes länger als bei pluriparen Tieren ($P \leq 0,05$). Bei Kühen war die Dauer des Auszuges des Brustkorbes des Kalbes länger als bei Färsen ($P \leq 0,05$).

Das Körpergewicht und die Scheitelsteißlänge der Kälber korrelierten tendenziell ($0,05 > P \leq 0,10$) positiv mit der Dauer (Dauer 1) des Auszuges. Es wurde eine tendenzielle positive Korrelation zwischen der Dauer der Abschnitte eines Auszuges (Ab 1b, 1c und 2) und der SSL der Kälber beobachtet ($0,05 > P \leq 0,10$). Die Beckenlänge der Muttertiere korreliert tendenziell negativ mit der Dauer 3 sowie der Dauer des Auszuges des Kopfes (Ab 1b ; $0,05 > P \leq 0,10$). Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von vaginalen Verletzungen steigt mit der Dauer (Dauer 1) des Auszuges an ($P \leq 0,05$).

Der Auszugsmodus hatte einen Effekt auf die Passage des Thorax durch den Geburtsweg ($P \leq 0,05$). Während der Extraktion des Brustkorbes mit einseitigem Zug wurde eine größere maximale Zugkraft (MAX 2) gemessen als bei der Anwendung des simultanen Auszugsmodus ($P \leq 0,05$). Die maximale Zugkraft (MAX 2) des alternierenden Auszugsmodus unterschied sich nicht von der des simultanen und des einseitigen Auszugsmodus. Die maximalen Zugkräfte der anderen Teile des Auszuges (MAX 1 und MAX 3) wurden nicht durch den Auszugsmodus ($P > 0,10$) aber durch die Parität der Tiere ($P \leq 0,05$) beeinflusst. Bei der manuellen Zughilfe von Färsen war die gemessene maximale Zugkraft (MAX 1 und MAX 3) größer als die von Kühen ($P \leq 0,05$).

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde eine positive Korrelation der Dauer des Auszuges mit der maximalen Zugkraft der einzelnen Teile des Auszuges (Dauer 1 und Dauer 2 korrelierten positiv mit MAX 1, Dauer 3 korrelierte positiv mit MAX 2) beobachtet ($P \leq 0,05$). Die Dauer des Auszuges des Kopfes (Ab 1a und 1b) korrelierte mit der dazugehörigen maximalen Zugkraft (MAX1; $P \leq 0,05$). Mit zunehmender SSL des Kalbes nahm tendenziell auch MAX 1 zu ($0,05 > P \leq 0,10$).

Zusammenfassend kann geschlussfolgert werden, dass anhand der Dauer eines Auszuges sowie der an einer Vordergliedmaße gemessenen maximalen Zugkraft weder eine Empfehlung für den alternierenden noch für den simultanen Auszugsmodus gegeben werden kann. Für die Extraktion des Thorax aus dem Geburtsweg sollte nicht nur an einer Gliedmaße des Kalbes Zug angewendet werden. Die Parität der Rinder spielt eine große Rolle in Bezug auf die Dauer und die maximale Zugkraft, die während des Auszuges eines Kalbes angewendet wird. Für eine Zugempfehlung für die manuelle Extraktion eines Kalbes in Vorderendlage sind weitere Studien notwendig, die die Zugkräfte an beiden Extremitäten des Kalbes *in vivo* untersuchen.

7. Summary

Sarah Schmidt

Influence of traction mode on traction duration and forces during manual extraction of calves *in vivo*

The aim of the present study was to investigate the influence of different extraction modes on the duration and maximum traction force during manual extraction of calves *in vivo*.

Therefore, manual calving assistance was performed on 63 late gestation Holstein-Friesian cattle from two dairy farms in Lower Saxony. Randomized according to heifer or cow and farm 1 or 2, traction was applied simultaneously (SIM) to both legs, alternately (ALT) to one leg at a time or to one leg (ONE). Traction force was measured digitally on a single limb using a load cell, a converter and a computer with corresponding measuring software. Calving assistance was recorded by video camera. After manual extraction, the dam was vaginally examined for possible injuries and external pelvic measurements (pelvic width, length, and ischial width) were recorded. The calf was weighed, and the crown-rump length and chest girth were measured. Vitality was assessed using the APGAR score. Video recordings were used to determine the duration of manual extraction from three different starting points (dewclaws visible outside the vulva (duration 1); mouth visible outside the vulva (duration 2); head exiting the vulva excluded the forehead (duration 3)). In addition, the duration of the three parts of an extraction was determined (section 1a (appearance of the dewclaws until head exiting the vulva), section 1b (mouth visible outside the vulva until head exiting the vulva), section 1c (head exiting the vulva excluded the forehead until head exiting the vulva), section 2 (passage of the thorax through birth canal), section 3 (exit of the thorax to calf fully developed)). The time-force-diagrams were divided into three parts based on the points just mentioned and the maximum force at one limb was determined for each part. This resulted in three force maxima for each extraction (MAX 1 (start of extraction until exit of the head from the vulva), MAX 2 (passage of the thorax through the birth canal) and MAX 3 (exit of the thorax until the

SUMMARY

calf fully developed). Due to a defect in one of the load cells, MAX 1, 2 and 3 of the affected limb had to be subsequently removed from further evaluation.

Overall, traction mode had no effect on the duration or the duration of the different sections of extraction ($P > 0.10$). Manual extraction of calves from heifers took longer than extraction of calves whose dams were pluriparous (duration 2, $P \leq 0.05$). The parity of the animals had a tendential effect ($0.05 > P \leq 0.10$) on the duration of the first section of an extraction (stage 1a and 1b). In heifers, the visibility of the dewclaws (section 1a) or the mouth (section 1b) outside the vulva until full emergence of the calf's head took longer than in pluriparous animals ($P \leq 0.05$). The duration of passage of the thorax was longer in cows than in heifers ($P \leq 0.05$). Calf body weight and crown-rump length tended to be positively correlated ($0.05 > P \leq 0.10$) with the duration 1 of extraction. A tendential positive correlation ($0.05 > P \leq 0.10$) was observed between the sections of extraction (section 1b, 1c and 2) and the SSL of the calves. The pelvic length of the dams tended to correlate negatively with duration 3 as well as with the duration of extraction of the head (section 1b ; $0.05 > P \leq 0.10$). The probability of vaginal injuries increased with duration 1 of extraction ($P \leq 0.05$).

Traction mode influenced the passage of the thorax through the birth canal ($P \leq 0.05$). A greater MAX 2 was measured when the thorax was extracted with unilateral traction than when the simultaneous traction mode was used ($P \leq 0.05$), while MAX 2 of the alternative traction mode was not different from that of the simultaneous and unilateral traction modes. The maximum traction forces of the other parts of the extraction (MAX 1 and MAX 3) were not influenced by the extraction mode ($P > 0.10$), but by the parity of the cows ($P \leq 0.05$). When heifers were pulled manually, the measured maximum pulling force (MAX 1 and MAX 3) was greater than that of cows ($P \leq 0.05$). A positive correlation was observed between the duration of extraction and the maximum traction force of each part of extraction (duration 1 and 2 correlated positively with MAX 1, duration 3 correlated positively with MAX 2; $P \leq 0.05$). The duration extraction of the head (section 1a and 1b) correlated with the associated maximum traction force (MAX 1; $P \leq 0.05$). As the SSL of the calf increased, MAX 1 also tended to increase ($0.05 > P \leq 0.10$).

In summary, based on duration of extraction and maximum traction force measured on one forelimb, no recommendation can be made for either alternating or simultaneous traction mode. When extracting the thorax from the birth canal, traction should not be

SUMMARY

applied to only one limb of the calf. Bovine parity plays a major role in the duration and maximum traction applied during calf extraction. To make a recommendation for manual extraction of a calf in longitudinal anterior presentation, further studies are needed to investigate the traction forces on both limbs of the calf *in vivo*

8 Literaturverzeichnis

Aehnelt, E. und Grunert, E. (1972). Leitung der normalen Geburt. In E. Aehnelt (Hrsg.), Buiatrik. Mit 25 Abb. und 8 Tab (2. Aufl, S. 212-214). Hannover: Schaper.

Agerholm, J. S., Basse, A. und Arnbjerg, J. (1993). Vertebral fractures in newborn calves. *Acta Veterinaria Scandinavica (Denmark)*, 34(4), 379-384.

Ahlers, D. und Andresen, P. (1996). Trächtigkeit. In E. Grunert (Hrsg.), Buiatrik: Band I, Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie, Andrologie und Besamung (5. Aufl., S. 99–127). M. und H. Schaper.

Ahlers, D. (1993). Rechtsfragen der Tiergeburtshilfe: Auszug der Frucht. In J. Richter und R. Götze (Hrsg.), Tiergeburtshilfe (S. 613). Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey.

Albrecht, M. (1914). Zu starke Größe des Jungen., In M. Albrecht (Hrsg.), Handbuch der tierärztlichen Geburtshilfe (5., Vollst neu bearb. und verm. Aufl. , S. 289-395). Berlin: Parey.

Albrecht, M. und Göring, P. (1901). Zu starke Größe des Jungen. In M. Albrecht (Hrsg.), Handbuch der tierärztlichen Geburtshilfe (4., Vollst neu bearb. und verm. Aufl. , S. 453-458). Berlin: Parey.

Arbeiter, K. (1978a). Ausführung der Extraktion. In G. Rosenberger und J. Richter (Hrsg.), Tiergeburtshilfe (3., völlig Neubearb. Aufl., S. 414-416). Berlin [u.a.]: Parey.

Arbeiter, K. (1978b). Ausziehen der Frucht mit erlaubtem Kraftaufwand. In G. Rosenberger und J. Richter (Hrsg.), Tiergeburtshilfe (3., völlig Neubearb. Aufl. , S. 413-414). Berlin [u.a.]: Parey.

Arbeiter, K. (1993a). Ausziehen der Frucht mit erlaubtem Kraftaufwand. In G. Rosenberger und H. Tillmann (Hrsg.), Tiergeburtshilfe (S. 295-297). Berlin [u.a.]: Parey.

Arbeiter, K. (1993b). Konservative Verfahren zur Entwicklung des Fetus. In E. Grunert und K. Arbeiter (Hrsg.), Tiergeburtshilfe (4., völlig Neubearb. Aufl., S. 291-300). Berlin [u.a.]: Parey.

Baier, W. und Berchthold, M. (1981). Physiologie der Geburt. In W. Baier und F. Schaetz (Hrsg.), Tierärztliche Geburtshilfe (S. 83-107). Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.

Baier, W. und Berchthold, M. (1984). Physiologie der Geburt. In W. Baier und F. Schaetz (Hrsg.), Tierärztliche Geburtshilfe (5. Aufl., 1., durchges. Nachdr., S. 83-107). Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.

Barrier, A. C., Mason, C., Dwyer, C. M., Haskell, M. J. und Macrae, A. I. (2013). Stillbirth in dairy calves is influenced independently by dystocia and body shape. *The Veterinary Journal*, 197(2), 220–223.

<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.12.019>

Becker, M. (2008). *In vitro Studien für einen objektiven Vergleich geburtshilflicher Zugkräfte bei der Extraktion des Kalbes*. [Dissertation, Stiftung Tierärztliche Hochschule]. Hannover. https://elib.tiho-hannover.de/receive/etd_mods_00001583

Benesch, F. (1947). Extraktion unter verstärktem Zug. In F. Benesch (Hrsg.), Die Geburtshilfe bei Rind und Pferd (S. 43-54). München, Berlin, Wien: Verlag Urban und Schwarzenberg.

Benesch, F. (1950). Ausziehen der Frucht mit erlaubtem Kraftaufwand. In J. Richter und R. Götze (Hrsg.), Lehrbuch der Tiergeburtshilfe (S. 216-230). Berlin: Schoetz.

Benesch, F. (1952a). Extraktion unter verstärktem Zug. In F. Benesch (Hrsg.), Lehrbuch der tierärztlichen Geburtshilfe und Gynäkologie (S. 228-248). Wien [u.a.]: Urban und Schwarzenberg.

Benesch, F. (1952b). Geburtsraum und Lagerung des Muttertieres. In F. Benesch (Hrsg.), Lehrbuch der tierärztlichen Geburtshilfe und Gynäkologie (S. 220-221). Wien [u.a.]: Urban und Schwarzenberg.

Benesch, F. (1957a). Die normale Geburt. In F.Benesch (Hrsg.), Lehrbuch der tierärztlichen Geburtshilfe und Gynäkologie (2., neubearb. und erw. Aufl., S. 199-245). München: Urban und Schwarzenberg.

Benesch, F. (1957b). Extraktion unter verstärktem Zug. In F.Benesch (Hrsg.), Lehrbuch der tierärztlichen Geburtshilfe und Gynäkologie (2., neubearb. und erw. Aufl., S. 246-264). München: Urban und Schwarzenberg.

Benesch, F. (1957c). Anatomie des Genitale der weiblichen Haussäugetier In F. Benesch (Hrsg.), Lehrbuch der tierärztlichen Geburtshilfe und Gynäkologie (2., neubearb. und erw. Aufl., S. 1-14). München: Urban und Schwarzenberg.

Benesch, F. (1960). Ausziehen der Frucht mit erlaubtem Kraftaufwand. In J. Richter, R. Götze, G. Rosenberger und H. Tillmann (Hrsg.), Lehrbuch der tierärztlichen Geburtshilfe und Gynäkologie (2., völlig neubearb. Aufl., S. 324-335). Berlin [u.a.]: Parey.

Berglund, B. und Philipsson, J. (1987). The influence of relative birth weight and certain other factors on calving performance in Swedish dairy cattle breeds. *Animal Reproduction Science*, 15(1-2), 81-93.

doi:10.1016/0378-4320(87)90007-8

Berglund, B., Steinbock, L. und Elvander, M. (2003). Causes of stillbirth and time of death in Swedish Holstein calves examined post mortem. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 44(3/4), 111-120.

Binz, P. (1830). Technik der regelwidrigen Geburten. In Theoretisch-practische Geburtshülfe für die Haussäugethiere (S. 98-135). Freiburg: Groos.

Boecker, I. (1982). *Optimierung der Zughilfe zur Entwicklung des fetalen Schultergürtels beim Rind intra partum* [Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, Tierärztliche Fakultät]. München.

Boecker, I. und Rüsse, M. (1983). Zur Durchführung der Zughilfe bei Rindergeburten (gleichzeitiger oder abwechselnder Zug beim Kalb in Vorderendlage). *Dtsch Tierarztl Wochenschr*, 90(10), 395-398.

Bostedt, H. (2003). Geburt und Nachgeburtssperiode In H. Bostedt (Hrsg.), Fruchtbarkeitsmanagement beim Rind (4., neu überarb. Aufl., S. 191-257). Frankfurt am Main: DLG-Verlags GmbH.

Bostedt, H. (2006). Geburt und Nachgeburtssperiode. In H. Bostedt (Hrsg.), Fruchtbarkeitsmanagement beim Rind (5., erw. Aufl., S. 191-257). Frankfurt am Main: DLG-Verlags GmbH.

Busch, W. (1993). Störungen der Geburt. In W. Busch und J. Schulz (Hrsg.), Geburtshilfe bei Haustieren (S. 270-306). Jena [u.a.]: G. Fischer.

Coopman, F., De Smet, S., Gengler, N., Haegeman, A., Jacobs, K., Van Poucke, M. und Groen, A. F. (2003). Estimating internal pelvic sizes using external body measurements in the double-muscled Belgian Blue beef breed. *Animal Science*, 76(2), 229-235.

doi:10.1017/s1357729800053480

Crichton, J. A., Aitken, J. N. und Boyne, A. W. (1960). The effect of plane of nutrition during rearing on growth, production, reproduction and health of dairy cattle. II. Growth to maturity. *Animal Production ; volume 2, issue 01, page 45-57 ; ISSN 0003-3561*. doi:10.1017/s0003356100033481

Donkersgoed, J. v., Ribble, C. S., Booker, C. , McCartney, D., und Janzen, E. D. (1993). The predictive value of pelvimetry in beef cattle. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 57(3), 170-175.

Duffy, J. H. (1981). The influence of various degrees of confinement and supervision on the incidence of dystokia and stillbirths in Hereford heifers. *New Zealand Veterinary Journal*, 29(4), 44-48.

doi:10.1080/00480169.1981.34796

Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T. und Webster, G. (1989). A body condition scoring chart of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 72, 68-78

Essmeyer, K. (2006). *Aufklärung der Ursachen einer erhöhten Häufigkeit von Totgeburten in einem Milchviehbetrieb* [Dissertation, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover]. Hannover. https://elib.tiho-hannover.de/receive/etd_mods_00002145

Franck, L. und Albrecht, M. (1922). Physiologie der Geburt. In T. Oppermann (Hrsg.), *Handbuch der tierärztlichen Geburtshilfe* (6., neubearb. Aufl., S. 163-203). Berlin: Parey.

Gaines, J. D., Peschel, D., Kauffman, R. G., Schaefer, D. M., Badtram, G., Kumi-Diaka, J., Clayton, M. K. und Milliken, G. (1993). Pelvic growth, calf birth weight and dystocia in Holstein × Hereford heifers. *Theriogenology*, 40(1), 33–41. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(93\)90339-7](https://doi.org/10.1016/0093-691X(93)90339-7)

Golob, A.-L. (2015). *Einsatz von Denaverinhydrochlorid bei Milchkühen und Färsen mit gestörtem Geburtsvorgan* [Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen]. Gießen. <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2015/11767/>

Grunert, E. (1993). Die normale Geburt. In E. Grunert und K. Arbeiter (Hrsg.), *Tiergeburtshilfe* (4., völlig neubearb. Aufl., S. 83-104). Berlin [u.a.]: Parey.

Grunert, E. und Andresen, P. (1979). Leitung des Auszuges der Frucht. In E. Grunert (Hrsg.), *Buiatrik, kurzgefaßte Darstellung* (3., überarb. und erw. Aufl., S. 266-268hz). M. und H. Schaper, Hannover.

Grunert, E. und Andresen, P. (1996a). Geburtshilfe. In E. Grunert (Hrsg.), *Buiatrik* (Band I: Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie, Andrologie und Besamung, S. 129-190). M. und H. Schaper, Hannover.

Grunert, E. und Andresen, P. (1996b). Physiologie der Geburt. In E. Grunert (Hrsg.), *Buiatrik* (5., überarb. und erw. Aufl., Band I: Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie, Andrologie und Besamung, S. 129-133). M. und H. Schaper, Hannover.

Grunert, E. und Andresen, P. (1996c). Tierärztliche Leitung des Auszugs der Frucht. In E. Grunert (Hrsg.), Buiatrik (5., überarb. und erw. Aufl., Band I: Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie, Andrologie und Besamung, S. 136-138). M. und H. Schaper, Hannover.

Hamel, W. (1964). *Die Beziehungen zwischen den äußeren und inneren Breitenmaßen des Rinderbeckens und ihre Bedeutung für die Prophylaxe der Schweregeburten* [Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig]. Leipzig.

Hartwig, H. (1993). Entwicklung der normalen Gravidität. In W. Busch und J. Schulz (Hrsg.), *Geburtshilfe bei Haustieren* (S. 57-102). Jena [u.a.]: G. Fischer.

Heun, C. (2008). *Computertomographische Messungen zur Objektivierung und Optimierung geburtshilflicher Maßnahmen bei Holstein Friesian Rindern* [Dissertation, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover]. Hannover.

Hiew, M. W. H., Megahed, A. A., Townsend, J. R., Singleton, L., und Constable, P. D. (2016). Clinical utility of calf front hoof circumference and maternal intrapelvic area in predicting dystocia in 103 late gestation Holstein-Friesian heifers and cows. *Theriogenology*, 85(3), 384-395.

doi:10.1016/j.theriogenology.2015.08.017

Hindson, J. C. (1978). Quantification of obstetric traction. *Veterinary Record*, 102(15), 327-332.

Holm, D. E., Webb, E. C. und Thompson, P. N. (2014). A new application of pelvis area data as culling tool to aid in the management of dystocia in heifers. *Journal of animal science*, 92(5), 2296–2303.

<https://doi.org/10.2527/jas.2013-6967>

Jackson, P. G. G. (2004). Normal birth. In *Handbook of veterinary obstetrics* (2nd ed., pp. 1-13). Edinburgh [u.a.]: Saunders.

Jackson, P. G. G. (2007a). Manuelle Entbindung. In *Geburtshilfe in der Tiermedizin* (1. Aufl. , S. 76-78). München, Jena: Elsevier, Urban und Fischer.

Jackson, P. G. G. (2007b). Zughilfe. In *Geburtshilfe in der Tiermedizin* (1. Aufl. , S. 78-89). München, Jena: Elsevier, Urban und Fischer.

Jaekel, J. (1982). *Evaluation of the course of parturition in German Simmental cows. / Zur Beurteilung des Geburtsverlaufes bei Rindern der Rasse Deutsches Fleckvieh* [Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München].München.

Jansen, H. (2021). Erhöhung des Kälberwertes durch Kreuzungszucht. Retrieved from https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/37378_Erh%C3%B6hung_des_K%C3%A4lberwertes_durch_Kreuzungszucht

Johanson, J. M. und Berger, P. J. (2003). Birth Weight as a Predictor of Calving Ease and Perinatal Mortality in Holstein Cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(11), 3745-3755. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73981-2

Johnson, S. K., Deutscher, G. H. und Parkhurst, A. (1988). Relationships of pelvic structure, body measurements, pelvic area and calving difficulty. *J Anim Sci*, 66(5), 1081-1088.

doi:10.2527/jas1988.6651081x

König, H. E. und Liebich, H.-G. (2019). Weibliche Geschlechtsorgane (Organa genitalia feminina). In H. E. König und H.-G- Liebich (Hrsg.), *Anatomie der Haustiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis* (7., aktualisierte und erweiterte Auflage ., S. 853 Seiten). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

König, H. E., Liebich, H.-G., und Maierl, J. (2019). Knochen der Beckengliedmaße (Ossa membri pelvini). In H. E. König und H.-G- Liebich (Hrsg.), *Anatomie der Haustiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis* (4., aktualisierte und erweiterte Auflage ., S. 211-219): Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Kovács, L., Kézér, F. L. und Szenci, O. (2016). Effect of calving process on the outcomes of delivery and postpartum health of dairy cows with unassisted and assisted calvings. *J Dairy Sci*, 99(9), 7568–7573.

<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11325>

Krahmer, R., und Jahn, W. (1971). The significance of pelvic measurements of German Black Pied heifers during the growth period with particular regard to the dependence of internal pelvic measurements on external pelvic measurements. *Arch. Tierzucht*, 14, 41-54.

Lange, K., Heuwieser, W. und Fischer-Tenhagen, C. (2019). Influence of denaverine hydrochloride on calving ease in Holstein-Friesian heifers. *J Dairy Sci*, 102(6), 5410-5418.

[doi:10.3168/jds.2018-14930](https://doi.org/10.3168/jds.2018-14930)

Laster, D. B. (1974). Factors affecting pelvic size and dystocia in beef cattle. *Journal of animal science*, 496-503.

Liess, J. (1950). Leitung der normalen Geburt. In J. Richter und R. Götze (Hrsg.), *Lehrbuch der Tiergeburtshilfe* (S. 183-188). Berlin: Schoetz.

Liess, J. (1960). Leitung der normalen Geburt. In J. Richter, R. Götze, G. Rosenberger, und H. Tillmann (Hrsg.), *Tiergeburtshilfe* (2., völlig Neubearb. Aufl., S. 155-161). Berlin [u.a.]: Parey.

Linden, T. C., Bicalho, R. C., und Nydam, D. V. (2009). Calf birth weight and its association with calf and cow survivability, disease incidence, reproductive performance, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 92(6), 2580-2588.
[doi:10.3168/jds.2008-1603](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1603)

Lombard, J. E., Garry, F. B, Tomlinson, S. M. und Garber, L. P. (2007). Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. *J Dairy Sci*, 90(4), 1751–1760.

Malik, M. R., Taluja, J. S., und Parmar, M. L. (1992). Length and girth as an index to surface pelvimetry in cross-bred cow. *Indian Journal of Veterinary Anatomy*, 4(2), 54-57.

Marx, D., Grunert, E. und Bauer, C. (1987). A 25-year study of natural calvings in the two cattle herds of the University of Hohenheim. / Untersuchungen über die Beachtung des "natürlichen Abkalbevorgangs"-Ergebnisse einer 25 jährigen Tätigkeit in den beiden Rinderherden der Universität Hohenheim. *Tierärztliche Umschau*, 42(5;9), 350-712, 715.

Mee, J. F. (2004). Managing the dairy cow at calving time. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 20(3), 521-546.

doi:10.1016/j.cvfa.2004.06.001

Meijering, A. (1984). Dystocia and stillbirth in cattle — A review of causes, relations and implications. *Livestock Production Science*, 11(2), 143-177.

doi:10.1016/0301-6226(84)90057-5

Metzner, M., Heuwieser, W. und Klee, W. (1993). Die Beurteilung der Körperkondition (Body condition scoring) im Herdenmanagement. *Der praktische Tierarzt*. Vol. 74: S. 991-998

Momont, H. (2005). Bovine Reproductive Emergencies. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 21(3), 711-727.
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2005.07.004>

Murray, R. D., Cartwright, T. A., Downham, D. Y., Murray, M. A., und Kruif, A. d. (2002). Comparison of external and internal pelvic measurements of Belgian Blue cattle from sample herds in Belgium and the United Kingdom. *Reproduction in Domestic Animals*, 37(1), 1-7.

doi:10.1046/j.1439-0531.2002.00327.x

Naaktgeboren, C. und Slijper, E. J. (1969). Der Geburtsweg. In *Biologie der Geburt-Eine Einführung in die vergleichende Geburtskunde* (S. 34-42). Hamburg (und Berlin): Paul Parey

Naaktgeboren, C. und Slijper, E. J. (1970). Dauer der Geburt. In *Biologie der Geburt. Eine Einführung in die Geburtskunde* (S. 73-81). Hamburg (und Berlin): Paul Parey.

Nadarajah, K., Burnside, E. B. und Schaeffer, L. R. (1989). Factors affecting gestation length in Ontario Holsteins. *Canadian Journal of Animal Science*, 69(4), 1083–1086.

Nickel, R., Schummer, A., Wille, K. H., und Wilkens, H. (2004). Beckengürtel. In R. Nickel (Hrsg.), *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band I. Bewegungsapparat.* (8. unveränderte Auflage ., S. 97-106). Berlin; Germany: Verlag Paul Parey.

Noakes, D. E. (2009). Dystocia due to fetomaternal disproportion: treatment. In D. E. Noakes, T. J. Parkinson, und G. C. W. England (Hrsg.), *Veterinary reproduction and obstetrics* (9th ed ., pp. 280-285). Edinburgh [u.a.]: Saunders.

Noakes, D. E. und Taverne, M. (2009). Parturition and the care of parturient animals, including the newborns. In D. E. Noakes, T. J. Parkinson, und G. C. W. England (Hrsg.), *Veterinary reproduction and obstetrics* (9th ed., pp. 154-194). Edinburgh [u.a.]: Saunders.

Nogalski, Z. (2003). Relations between the course of parturition, body weights and measurements of Holstein-Friesian calves. *Czech Journal of Animal Science*, 48.

Nogalski, Z. und Piwczyński, D. (2012). Association of length of pregnancy with other reproductive traits in dairy cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(1), 22–27.

<https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11084>

Norman, S. und Youngquist, R. S. (2007). Parturition and Dystocia. In R. S. Youngquist und R. Threlfall (Hrsg.), *Current Therapy in Large Animal Theriogenology* (pp. 310-335). Saint Louis: B. Saunders.

Norman, H. D., Wright, J. R., Kuhn, M. T., Hubbard, S. M., Cole, J. B. und VanRaden, P. M. (2009). Genetic and environmental factors that affect gestation length in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 92(5), 2259-2269. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2007-0982>

Nusshag, W. (1947). Die Geburtshilfe. In W. Nusshag (Hrsg.), Erste Hilfe bei Krankheiten und Unfällen der Haustiere (Band 5). Berlin: Deutscher Bauernverlag GmbH.

Padberg, K.-B. (1993). *Zur Quantifizierung der Zugkräfte mechanischer Geburtshelfer bei Rindergeburten unter Praxisbedingungen*. [Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen, Fachbereich Veterinärmedizin]. Gießen.

Pearson, J. M., Pajor, E. A, Caulkett, N. A., Levy, M., Campbell, J. R. und Windeyer, M. C. (2019). Benchmarking calving management practices on western Canada cow-calf operations. *Transl Anim Sci*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1093/tas/txz107>

Pearson, J. M., Thomsen, C., Kusler, A., Pajor, E. A., Gurdita, A., Ungrin, M. D., und Windeyer, M. C. (2020). Quantifying the Forces Applied During Manually and Mechanically Assisted Calvings in Beef Cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. doi:10.3389/fvets.2020.00459

Pfarrer, C., Mülling, C., Reese, S., Kölle, S., Budras, K.-D., Jahrmärker, G., Starke, D. (2017). Beckenhöhle mit Leistengegend sowie Harn- und Geschlechtsorgane. In C.Pfarrer (Hrsg.), Atlas der Anatomie des Rindes (2., ergänzte und aktualisierte Auflage; S.78-79): Schlütersche.

Philipsson, J. und Berglund, B. (2003). The influence of relative birth weight and certain other factors on calving performance in Swedish dairy cattle breeds. *Animal Reproduction Science* 1987;15(1-2):81-93.

doi:10.1016/0378-4320(87)90007-8

PraeRi (Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in deutschen Milchkuhbetrieben – eine Prävalenzstudie.) (2020). *Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in*

deutschen Milchviehbetrieben- eine Prävalenzstudie (PraeRi). Abschlussbericht, 30.06.2020. Retrieved from https://ibe.tiho-hannover.de/praeeri/pages/69#_AB

Richter, J. (1920). Die Entwicklung des Jungen durch Zug. In J. Richter, J. Schmidt, und R. Reinhardt (Hrsg.), Harms Lehrbuch der tierärztlichen Geburtshilfe (5., völlig Neubearb. Aufl., S. 234-239). Berlin: Schoetz.

Richter, J. (1924). Die Entwicklung des Jungen durch Zug. In J. Richter, J. Schmidt, und R. Reinhardt (Hrsg.), Harms Lehrbuch der tierärztlichen Geburtshilfe (6. völlig Neubearb. Aufl., S. 243-248). Berlin: Schoetz.

Roberts, S. J. (1956a). Chapter VI - Parturition. In S. J. Roberts (ed.), *Veterinary obstetrics and genital diseases* (1. ed., pp. 116-135). Ithaca, N.Y. : The Author

Roberts, S. J. (1956b). Forced Extraction. In S. J. Roberts (ed.), *Veterinary obstetrics and genital diseases* (1. ed.), pp. 159-163). Ithaca, N.Y.: The Author.

Roberts, S. J. (1986). Obstretical operations. In S. J. Roberts (ed.), *Veterinary obstretics and genital disease* (pp. 301-307). Michigan: Edwards Brothers Inc.

Rüsse, M. W. (1963). Der Geburtsablauf beim Rind. *Arch. Exp. Vet. Med.*, 19, 763-870.

Rüsse, M. W. (1982). Zughilfe bei Rindergeburten. In M. Rüsse (Hrsg.), *Geburten im Stall* (S. 50-60). Frankfurt am Main: DLG-Verlag.

Rüsse, M. W. (1983). Die Geburt als Problemkreis für Kuh und Kalb aus tierärztlicher Sicht. *Prakt. Tierarzt mit Colleg. vet.* 13, 64, 55-59.

Rüsse, M. W. (1984a). Regeln und Technik der Extraktion der Feten. In W. Baier und F. Schaetz (Hrsg.), *Tierärztliche Geburtskunde* (5. Aufl., S. 126-129). Stuttgart: Enke.

Rüsse, M. W. (1984b). Voraussetzungen für die Geburtshilf In W. Baier und F. Schaetz (Hrsg.), *Tierärztliche Geburtskunde* (5. Aufl., 1., durchges. Nachdr, S. 108-129). Stuttgart: Enke.

Rüsse, M.W., Schmid, G., und Wilhelm, U. (1978). Dystocia in cows during assisted calving. / Zum "Hängenbleiben" bei Rindergeburten mit Zughilf *Berliner und Munchener Tierärztliche Wochenschrift*, 91(16), 321-324.

Rüsse, M. W (1987a). Die Geburt beim Rind. In M. W. Rüsse (Hrsg.),Geburten im Stall (2., überarb. Aufl , Band. 2., S. 27-47). Frankfurt a.M. u.a.: DLG-Verl. u.a.

Rüsse, M. W. (1987b). Geburtshilfe beim Rind. In M. W. Rüsse (Hrsg.),Geburten im Stall (2., überarb. Aufl, S. 48-63). Frankfurt a.M. u.a.: DLG-Verl. u.a.

Rüsse, M. W., Schmid, G., Hammerl, J., und Heinze, E. M. (1985). The Munich obstetric instruments for cattle. Use during the birth of calves in VEL. *Tierärztliche Praxis. Supplement*, 1, 58-65.

Schebitz, J. H. (1980a). *Determination of size of fetus and of pelvic cavity in cows at parturition. / Die Bestimmung der Fruchtgrosse und des mütterlichen Beckenraumes beim Rind unter der Geburt.*[Dissertation, Ludwig-Maximilians Universität München].München.

Schebitz, J. H. (1980b). Variations in pelvic volume in cows calving normally. / Veränderungen des Beckenraumes bei der normalen Geburt des Rindes. *Tierärztliche Umschau*, 35(6), 372-376, 379.

Scheibel, A. (1910). Abnorme Größe einer gesunden Frucht. In A.Scheibel (Hrsg.),Vademecum für die tierärztliche Geburtshilfe (S. 46-49). Hannover: Schaper.

Schuenemann, G. M., Nieto, I., Bas, S., Galvao, K. N. und Workman, J. D. (2011). Assessment of calving progress and reference times for obstetric intervention during dystocia in Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*, 94(11), 5494–5501. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4436>

Schuijt, G. (1988). Dystocia in the cow. The Utrecht way of physical examination, diagnosis, obstretical approach and delivery,. *Proceedings of the Annual Meetings of Society for Theriogenology, Orlando, Florida*, 99-121.

Schuijt, G., und Ball, L. (1980). Delivery by forced extraction and other aspects of bovine obstetrics. In D. A. Morrow (Ed.), *Current Therapy in Theriogenology* (pp. 247-257). Philadelphia, USA: B. Saunders Co.

Schulz, J. (1993a). Ablauf der Geburt. In *Busch und J. Schulz (Hrsg.), Geburtshilfe bei Haustieren* (S. 103-113). Jena [u.a.]: G. Fischer.

Schulz, J. (1993b). Zughilfe. In W. Busch und J. Schulz (Hrsg.), *Geburtshilfe bei Haustieren*. (S. 189-191). Jena; Germany: Gustav Fischer Verlag.

Schulz, J. (2010a). Die ungestörte Geburt. In J. Schulz (Hrsg.), *Tiermedizinische Geburtskunde und praktische Geburtshilfe* (S. 110-143). Berlin: Lehmanns Media.

Schulz, J. (2010b). Zughilfe (Extraktion). In J. Schulz (Hrsg.), *Tiermedizinische Geburtskunde und praktische Geburtshilfe* (S. 191-196). Berlin: Lehmanns Media.

Schulz, J., Brabant, W. und Erices, J. (1990). Zughilfe. In J. Schulz (Hrsg.), *Geburtskunde und praktische Geburtshilfe* (1. Aufl., S. 131-135). Leipzig: Hirzel.

Schulz, J. (2010). Die gestörte Geburt und geburtshilfliche Maßnahmen. In J. Schulz (Hrsg.), *Tiermedizinische Geburtskunde und praktische Geburtshilfe* (1. Aufl., S. 144–172). Berlin: Lehmanns Media.

Schwabe, A. E. und Hall, S. J. G. (1989). Dystocia in nine British breeds of cattle and its relationship to the dimensions of the dam and calf. *Veterinary Record*, 125(26/27), 636-639.

Sieber, M., Freeman, A. E. und Kelley, D. H. (1989). Effects of Body Measurements and Weight on Calf Size and Calving Difficulty of Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 72(9), 2402-2410.

doi:10.3168/jds.s0022-0302(89)79373-5

Sloss, V. und Duffy, J. H. (1980a). Traction. In *Handbook of bovine obstetrics*. (pp. 164-166). Baltimore, London: Verlag Williams and Wilkins.

Sloss, V. und Duffy, J. H. (1980b). Parturition. In *Handbook of bovine obstetrics* (pp. 162-180). Baltimore, London: Verlag Williams and Wilkins.

Steiner, J. F. (1979). *Innere und äußere Beckenmessungen bei Rindern unter Berücksichtigung des Geburtsverlaufes und der Größe der Kälber* [Dissertation, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover]. Hannover.

Steinhardt, M., Bünger, U., Langanke, M., Fiebig, U. und Gollnast, I. (1992). Geburtmassen und Maße einiger Körperteile totgeborener Kälber einer großen Milchrindherde. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift: wissenschaftliche Zeitschrift für die Veterinärmedizin*, 99(11), 454–458.

Stoss, A. O. (1944). Zu große Frucht. In *Tierärztliche Geburtskunde und Gynäkologie, einschließlich der Krankheiten der Neugeborenen* (2. durchges. Aufl, S. 134-138). Stuttgart: Verlag Ferdinand Enke.

Straiton, E. C., und Hollwich, W. (Hrsg) (1991). Das Kalben der Kuh. In *Rinder- und Kälberkrankheiten erkennen, behandeln, vermeiden +(und) Geburtshilfe* (5., überarb. und erw. Aufl., S. 159-238). München: BLV-Verl.-Ges. mbH.

Tapken, A. (1921). Unverhältnismäßige Größe. In L. Schmidt (Hrsg.), *Geburtshilfe* (5., durchgesehene und erg. Aufl., S. 84-89). Berlin.

Tomaskovic, A., Makek, Z., Cergolj, M., Herak, M., Susic, V., Dobranic, T. und Pavicic, Z. (1997). The effect of dystocia and calving assistance on calf losses. *Tierärztliche Umschau*, 52(9), 518-523.

Tryphonas, L., Hamilton, G. F., und Rhodes, C. S. (1974). Perinatal femoral nerve degeneration and neurogenic atrophy of quadriceps femoris muscle in calves. *J Am Vet Med Assoc*, 164(8), 801-807.

Tsousis, G., Heun, C., Becker, M. und Bollwein, H. (2010). Application of computed tomography for the evaluation of obstetrically relevant pelvic parameters in German Holstein-Friesian cows. *Theriogenology*. 2010 Feb;73(3):309-15.

doi: 10.1016/j.theriogenology.2009.09.014. Epub 2009 Dec 2. PMID: 19959219.

Unalan, A. (2009). Estimation of Genetic Parameters and Correlations among Some Body Measurements of Holstein Calves and Effects of These Measurements on Calving Difficulty. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2009;8(8):1589-1594. doi:<https://wwmedwellonlinet/fulltext/java/2009/1589-1594.pdf>

Vieira-Neto, A., Lima, F. S., Santos, J. E. P., Mingoti, R. D., Vasconcellos, G. S., Risco, C. A. und Galvao, K. N. (2016). Vulvovaginal laceration as a risk factor for uterine disease in postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4629-4637. doi:10.3168/jds.2016-10872

Villarroel, A. und Lane, V. M. (2010). Effect of systematic parturition induction of long gestation Holstein dairy cows on calf survival, cow health, production, and reproduction on a commercial farm. *Can J Vet Res*, 74(2), 136-144.

Villettaz Robichaud, M., Pearl, D. L., Godden, S. M., LeBlanc, S. J. und Haley, D. B. (2017). Systematic early obstetrical assistance at calving: I. Effects on dairy calf stillbirth, vigor, and passive immunity transfer. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 691–702.

<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11213>

Walther, A. und Marx, D. (1957). Normal parturition in cattle and the dangers of manual assistanc / Der biologische Geburtsablauf beim Rind und die Gefahren einer Beschleunigung durch Zughilfe. *Zuchthygiene, Fortpflanzungsstörungen und Besamung der Haustiere*, 1, 329-339.

Wehrend, A, Hofmann, E. und Bostedt, H (2005). Investigations into the duration of expulsion and the separation of the afterbirth in suckler cows - a contribution to improve the monitoring of parturition. / Untersuchungen zur Dauer der Austreibung und des Nachgeburtsabganges in der Mutterkuhhaltung - ein Beitrag zur Verbesserung der Geburtsüberwachung. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 112(1), 19–24.

Wehrend, A., Padberg, K.-B und Bostedt, H (2003). Elektronische Zugkraftquantifizierung bei Anwendung des mechanischen Geburtshelfers in der Rindergeburt. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 116(1-2), 12–19.

West, H. J. (1997). Dimensions and Weight of Belgian Blue and Crossbred Calves and the Pelvic Size of the Dam, *Veterinary Journal*, 153(2), 225–228

Weiher, O., Hoffmann, G. und Sass, D. (1992). Relationships between internal and external pelvic measurements in Black Pied cows. / Untersuchungen über Beziehungen zwischen Beckeninnen- und Beckenaussenmassen bei Schwarzbuntkühen. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 99(11), 452-454.

Winstanley, E. W. (1973). Fractures of the fore-leg caused by traction at calving. *Irish Veterinary Journal*, 218-221.

Wohanka, K., Schulz, J. und Eulenberger, K. (1982). Bemerkungen zu Fragen der Geburtshilfe in unseren Milchbeständen. *Monatsh. Veterinärmed.*, 37, 22-26.

Wollrab, J. (1977). Trächtigkeit und Geburt. In E Wiesner (Hrsg.), Rinderkrankheiten. Fachbuch für Tierproduzenten (3., überarb. Aufl., S. 248-288). Berlin: Dt. Landwirtschaftsverl.

Wullinger, E. (1985). *Measurement of traction in bovine obstetrics. Possibility for objective prognosis*. [Dissertation, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München]. München.

Zaborski, D., Grzesiak, W., Szatkowska, I., Dybus, A., Muszynska, M. und Jedrzejczak, M. (2009a). Factors Affecting Dystocia in Cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 44(3), 540–551.

<https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01123.x>

Zaremba, W., Gutebrock, W., Ahlers, D. (1995). Einfluss von Zughilfe bei geburtshilflichem Eingreifen auf den Gesundheitszustand des Kalbes in der peri- und postnatalen Phase. *Prakt. Tierarzt mit Colleg. vet.* 13(76), 870–876

LITERATURVERZEICHNIS

Zhang, W C., Nakao, T., Moriyoshi, M., Nakada, K., Ribadu, A. Y., Ohtaki, T. und Tanaka, Y. (1999a). Relationship of maternal plasma progesterone and estrone sulfate to dystocia in Holstein-Friesian heifers and cows. *The Journal of veterinary medical science*, 61(8), 909–913.

<https://doi.org/10.1292/jvms.61.909>

9 Anhang

9.1 Kraftzeitkurven

9.1.1 Kraftzeitkurve eines gleichzeitigen Auszuges

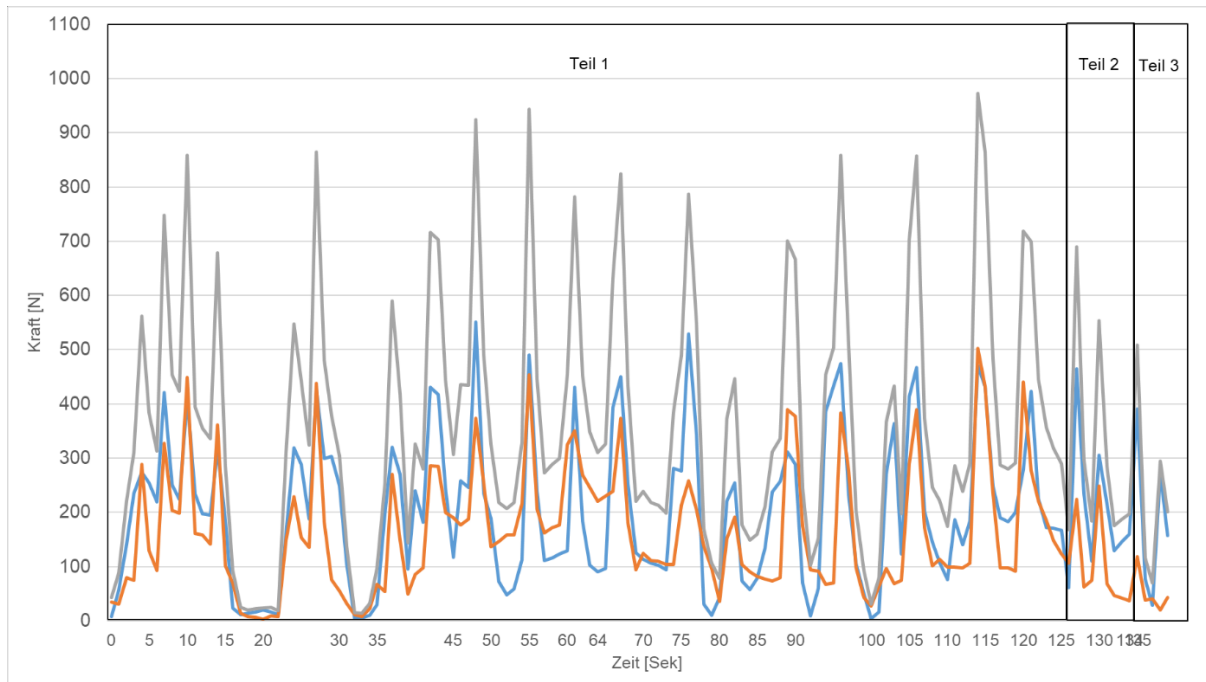


Abb. 7: Layout einer Kraftzeitkurve dargestellt mit dem Programm Microsoft Excel 2016 (Microsoft Office®, Redmond, USA) bei gleichzeitigem Zugmodus (Methode SIM). Die gemessenen Zugkräfte [N] beider Kraftaufnehmer sind in Abhängigkeit der Zeit [Sek] dargestellt. Die Kraft-Zeit-Kurve wurde in drei Teile gegliedert (Teil 1: Anfang des Auszuges (=Erscheinen der Afterklauen bzw. des Flotzmaules oder Austreten des Kopfes bis vor Stirn) bis vollständiges Austreten des Kopfes außerhalb der Schamspalte; Teil 2: vollständiges Austreten des Kopfes bis vollständiges Austreten des Brustkorbes des Kalbes außerhalb der Schamspalte; Teil 3: vollständiges Austreten des Brustkorbes bis vollständiges Austreten des Kalbes außerhalb der Schamspalte).

blaue Linie: Kraftkurve [N] des Kraftaufnehmers der rechten Gliedmaße; orange Linie: Kraftkurve [N] des Kraftaufnehmers der linken Gliedmaße; graue Linie: Kraftkurve [N] der Summe der beiden Kraftaufnehmer

9.1.2 Kraftzeitkurve eines alternierenden Auszuges

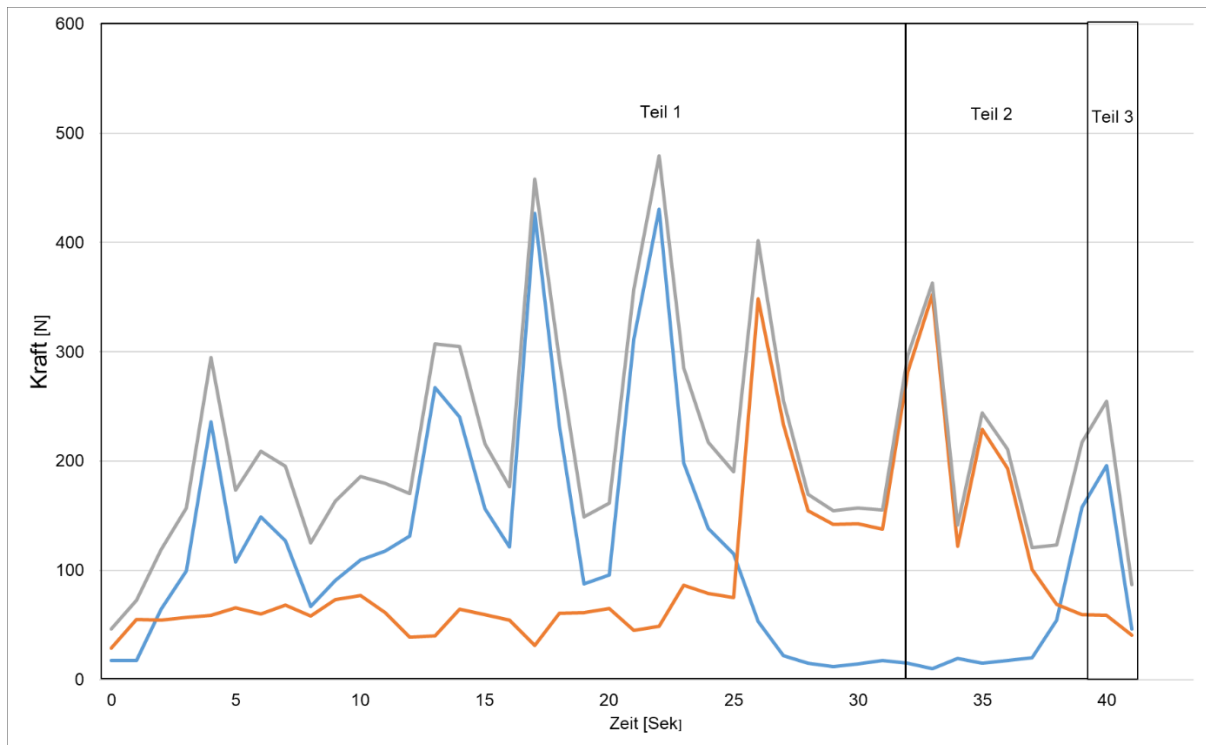


Abb. 8: Layout einer Kraftzeitkurve dargestellt mit dem Programm Microsoft Excel 2016 (Microsoft Office®, Redmond, USA) bei alternierendem Zugmodus (Methode ALT). Die gemessenen Zugkräfte [N] beider Kraftaufnehmer sind in Abhängigkeit der Zeit [Sek] dargestellt. Die Kraft-Zeit-Kurve wurde in drei Teile gegliedert (Teil 1: Anfang des Auszuges (=Erscheinen der Afterklauen bzw. des Flotzmaules oder Austreten des Kopfes bis vor Stirn) bis vollständiges Austreten des Kopfes außerhalb der Schamspalte; Teil 2: vollständiges Austreten des Kopfes bis vollständiges Austreten des Brustkorbes des Kalbes außerhalb der Schamspalte; Teil 3: vollständiges Austreten des Brustkorbes bis vollständiges Austreten des Kalbes außerhalb der Schamspalte).

blaue Linie: Kraftkurve [N] des Kraftaufnehmers der rechten Gliedmaße; orange Linie: Kraftkurve [N] des Kraftaufnehmers der linken Gliedmaße; graue Linie: Kraftkurve [N] der Summe der beiden Kraftaufnehmer

9.1.3 Kraftzeitkurve eines einseitigen Auszuges

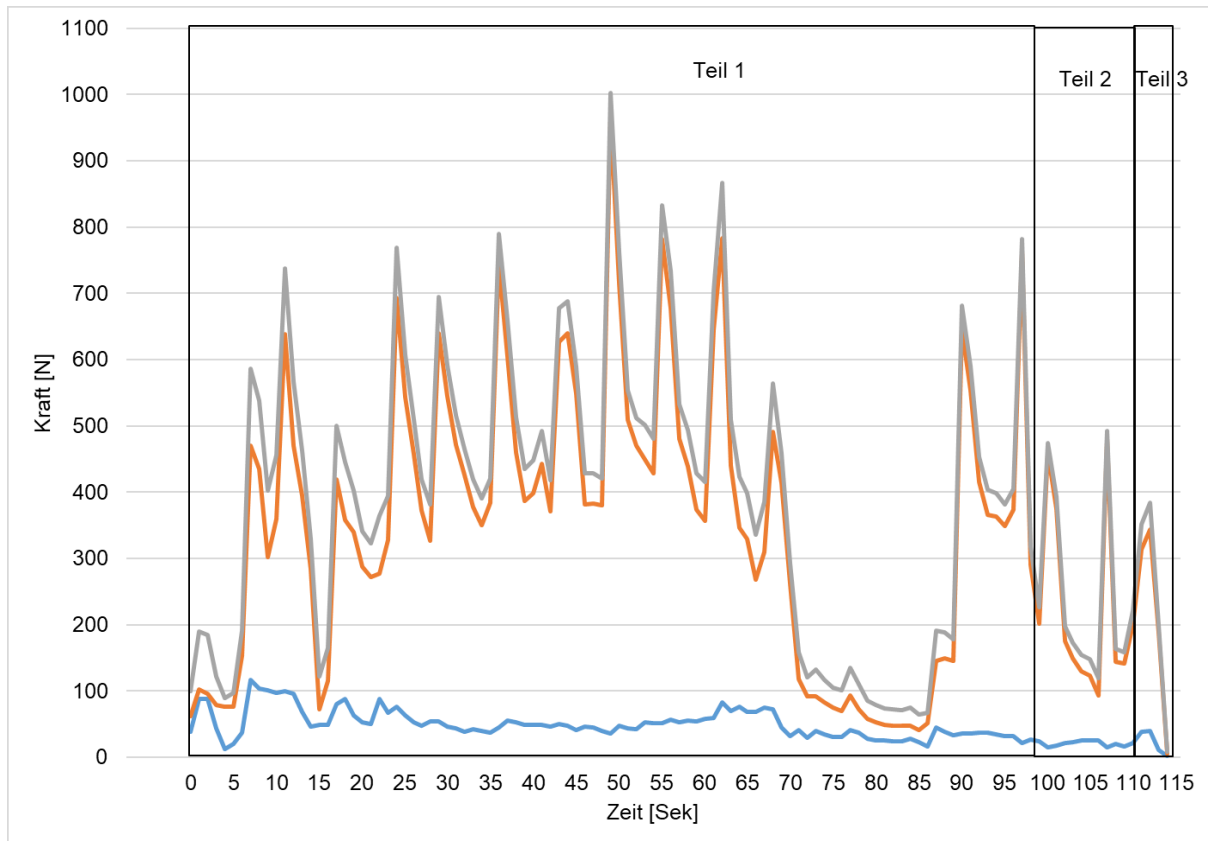


Abb. 9: Layout einer Kraftzeitkurve dargestellt mit dem Programm Microsoft Excel 2016 (Microsoft Office®, Redmond, USA) bei einseitigem Zugmodus (Methode EIN). Die gemessenen Zugkräfte [N] beider Kraftaufnehmer sind in Abhängigkeit der Zeit [Sek] dargestellt. Die Kraft-Zeit-Kurve wurde in drei Teile gegliedert (Teil 1: Anfang des Auszuges (=Erscheinen der Afterklauen bzw. des Flotzmaules oder Austreten des Kopfes bis vor Stirn) bis vollständiges Austreten des Kopfes außerhalb der Schamspalte; Teil 2: vollständiges Austreten des Kopfes bis vollständiges Austreten des Brustkorbes des Kalbes außerhalb der Schamspalte; Teil 3: vollständiges Austreten des Brustkorbes bis vollständiges Austreten des Kalbes außerhalb der Schamspalte).

blaue Linie= Kraftkurve [N] des Kraftaufnehmers der rechten Gliedmaße; orange Linie= Kraftkurve [N] des Kraftaufnehmers der linken Gliedmaße; graue Linie= Kraftkurve [N] der Summe der beiden Kraftaufnehmer

9.2 Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

In dieser Arbeit wurden neben den allgemein üblichen Abkürzungen folgende spezielle Kurzformen verwendet:

Abb.	Abbildung
ALT	alternierender Auszugsmodus
BCS	Bodyconditionscore
BU	Brustumfang
Cv	Conjugata vera
D	Diagonale des Beckeneinganges
DA	Angus
dQ	dorsaler Querdurchmesser des Beckeneinganges
EIN	einseitiger Auszugsmodus
FV	Fleckvieh
HF	Holstein Friesian
KB	künstliche Besamung
kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht
Kp	Kilopond
kQ	kaudaler Querdurchmesser der Beckenhöhle
MAD	mittlere Abweichung vom Median
MAX	maximale Zugkraft
m	Meter
m ²	Quadratmeter
min	Minute(n)
mQ1	mittlerer Querdurchmesser des Beckeneingangs
mQ2	mittlerer Querdurchmesser der Beckenhöhle
N	Newton
n	Anzahl
P	Irrtumswahrscheinlichkeit
Pv	Pektenvertikale
Sec	Sekunde
SIM	simultaner Auszugsmodus
Stabw	Standardabweichung

ANHANG

Tab.	Tabelle
TMR	Totale Mischratio
vQ	ventraler Querdurchmesser des Beckeneinganges
WBB	Weißblauer Belgier
%	Prozent

9.3 Veröffentlichungen

Teile dieser Arbeit wurden bereits veröffentlicht.

Schmidt, S (2023,5.Mai): *Einfluss des Zugmodus auf die Zugdauer und -kräfte bei der manuellen Extraktion von Kälbern in vivo* [Konferenzbeitrag]. 17. Oberschleißheimer Wiederkäuertagung, München, Deutschland.

Schmidt, S; Bollwein, H. und Heppelmann, M. (2023). Extraction forces at different traction modes during manually assisted calving: An in vivo study, Abstract. *Reprod Dom Anim*, 58: 3-38. <https://doi.org/10.1111/rda.14313> und J. Reproduktionsmed. Endokrinol 2023; 20 (1), 14-37

Schmidt, S., Bollwein, H. und Heppelmann, M. (2022). In vivo Studie über die Auszugsdauer bei unterschiedlichen Zugmodi bei der Extraktion von Kälbern. In *DVG-Vet-Congress, Fachgruppenübergreifende Buiatrik-Tagung*. DVG-Service

Danksagung

Für die Überlassung der Doktorarbeit bedanke ich mich bei PD Dr. Maike Heppelmann. Danke für das praktische und spannende Thema sowie die Betreuung während des Schreibens. Ich danke auch für die schnellen Korrekturen und die Mitnahme auf den DVG-Kongress und die Februartagung.

Herr Prof. Dr. Heinrich Bollwein danke ich herzlich für die Überlassung der Kraftaufnehmer, ohne die diese Studie nicht möglich gewesen wäre. Danke auch für die Korrekturen der Abstracts der Poster für den DVG-Kongress 2022 sowie die Februartagung 2023.

Außerdem danke ich Wiebke Mysegades sowie Ulrich Thielemann für die Erlaubnis, die Auszüge auf Ihren Milchviehbetrieben durchführen zu dürfen. Vielen lieben Dank auch an alle Mitarbeitenden für tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Auszüge und für die Anrufe, sobald eine Kuh in Geburt war. Mein besonderer Dank gilt Markus, Gregor, Pascal, Pit und Manuel. Danke, dass ihr zu jeder Tages- und Nachtzeit mit mir zusammen meine Auszüge durchgeführt habt! Ohne euch wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Auch meinen Doktorandenkollegen gilt ein großes Dankeschön. Für das Tauschen von Diensten, wenn ich dringend zu einer Abkalbung musste. Für die Hilfe bei Fragen zu der Statistik oder allem anderen, was mit dieser Doktorarbeit zu tun hatte. Und natürlich für die gegenseitige Motivation und Hilfe auch bei den Stalldiensten. Liebe Laura, Charly, Andreas, Teresa, Kathi, Marlena und Maike, ihr seid großartig! Danke für Alles.

Ich danke allen Assistenzärzten der Klinik für Rinder für Alles, was ich in meiner Zeit dort von ihnen lernen konnte und durfte. Danke für die vielen Erklärungen, auch wenn es Mal stressig war. Danke für die angenehme Zusammenarbeit!

Ein großer Dank geht auch an Peter Venjakob und Imke Cohrs. Danke, dass ihr mir die Zeit gegeben habt, um das Ganze hier rechtzeitig fertig zu schreiben! Danke auch für das Korrekturlesen und die Hilfe bei meinen Abbildungen. Ihr seid super und ich bin froh, mit euch in einem Team zu arbeiten.

Auch Michaela Becker danke ich dafür, dass sie kurzfristig alles Korrektur gelesen hat. Vielen lieben Dank, du kannst jederzeit einen Kaffee bei mir trinken!

Der größte Dank geht an meine Familie:

An meine wunderbaren Großeltern, Waltraud und Ulrich Thielemann. Danke, dass ich immer zu euch kommen konnte. Danke, dass ihr sogar nachts mit mir Geburtsüberwachung gemacht habt. Danke, dass es immer etwas für mich zu essen gab. Danke für die Hilfe bei unzähligen Umzügen. Tausend Mal Danke für Alles. Ich hab euch lieb.

An meine wundervolle zweite Familie in Hannover, Heike, Robert, Helen und Victoria Vossage. Danke, dass ihr mir ein zweites Zuhause gegeben habt. Danke für die Unterstützung und die schönen Ausflüge und Essen. Die Zeit mit und bei euch war wundervoll!

Vor allem an meine großartigen Eltern, ohne die ich nie so weit gekommen wäre. Danke, ohne euch hätte ich das nie geschafft! Danke, dass ich immer mit allem zu euch kommen kann. Danke, für die erholsamen Wochenenden und die Urlaube, die ich bei und mit euch verbringen durfte.

Danke auch an meine wunderbaren Geschwister. Danke, dass ihr da wart und immer seid, wenn ich etwas brauche.