

Untersuchungen zur Schmerzäußerung
bei Kälbern
nach Schwanzspitzenamputation

von Carina Theresa Mayer

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Untersuchungen zur Schmerzäußerung
bei Kälbern
nach Schwanzspitzenamputation

von Carina Theresa Mayer
aus München

München 2019

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie der Wiederkäuer

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Univ.-Prof. Dr. Gabriela Knubben-Schweizer

Mitbetreuung durch:

Dr. Melanie Feist

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Gabriela Knubben-Schweizer

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Dorothea Döring

Tag der Promotion: 27. Juli 2019

Meiner Familie

INHALTSVERZEICHNIS

I. EINLEITUNG.....	1
II. LITERATURÜBERSICHT.....	3
1. Schwanzspitzenentzündung.....	3
1.1. Ätiologie und Verlauf von Schwanzspitzenentzündungen	3
1.2. Technik der prophylaktischen Schwanzspitzenamputation	6
1.3. Grundlagen zur Genehmigung prophylaktischer Schwanzspitzenamputation	7
2. Schmerzdefinition und -physiologie	8
2.1. Physiologie der Nozizeption.....	9
2.2. Substanz P	10
2.3. Physiologie der autonomen Schmerzreaktion	13
2.4. Kortisol.....	13
3. Schmerzbeurteilung nach Amputation beim Menschen.....	14
4. Schmerzbeurteilung beim Rind.....	14
5. Schmerzbeurteilung nach haltungstechnischen Eingriffen anhand von Laborparametern.....	19
5.1. Kortisoluntersuchungen nach haltungstechnischen Eingriffen	19
5.2. Substanz P-Untersuchungen nach haltungstechnischen Eingriffen.....	20
6. Schmerzbeurteilung nach Schwanzamputation beim Rind anhand von Verhaltensparametern	22
6.1. Aktivität/ Unruhe	22
6.2. Bewegungen in Richtung Hinterhand und Schwanz	23
6.3. Schwanzposition und Bewegung	23
7. Chronischer Schmerz nach Amputation.....	24
III. MATERIAL UND METHODEN	26
1. Allgemeines	26
2. Vorbereitende Tests	27
2.1. Überprüfung der Accelerometer	27

2.2.	Einrichten der Videoaufzeichnung	27
2.3.	Entwicklung der Speichelprobenahme.....	27
3.	Versuchstiere.....	27
3.1.	Auswahl- und Ausschlusskriterien	28
3.2.	Abbruchkriterien.....	28
3.3.	Aufstellung	29
3.4.	Pflege und Versorgung.....	29
4.	Versuchsaufbau.....	30
4.1.	Doppelblindstudie	30
4.2.	Schwanzspitzenamputation mittels Gummiring.....	30
4.3.	Beurteilung des Schwanzes	31
4.4.	Laborprobenentnahme und Verarbeitung der Blut- und Speichelproben zur Kortisol- und Substanz P-Bestimmung.....	32
4.4.1.	Legen des Jugularvenenkatheters	32
4.4.2.	Entnahme von Blutproben aus dem Jugularvenenkatheter	33
4.4.3.	Weiterverarbeitung der Blutproben	33
4.4.4.	Entnahme von Speichelproben	34
4.4.5.	Weiterverarbeitung der Speichelproben.....	35
4.4.6.	Kortisol-Bestimmung im Blutplasma	35
4.4.7.	Kortisol-Bestimmung Speichel.....	36
4.4.8.	Substanz P-Bestimmung Blutplasma und Speichel.....	36
4.5.	Verhalten	36
4.5.1.	Aktivitätsmessung mittels Accelerometern.....	36
4.5.1.1.	Accelerometer.....	36
4.5.1.2.	Auswertung der Aktivitätsparameter	37
4.5.2.	Videobeobachtung	37
4.5.2.1.	Videotechnik.....	37
4.5.2.2.	Verhaltensbeobachtung anhand der Videoaufnahmen.....	39
4.5.2.3.	Instantaneous scan sampling	40
4.5.2.4.	Continuous focal animal sampling	41
5.	Statistische Auswertung.....	41
5.1.	Datensatz	41
5.2.	Statistische Datenanalyse	41

5.2.1.	Metrische Variablen.....	41
5.2.1.1.	Laborwerte.....	42
5.2.1.2.	Aktivitätsdaten.....	43
5.2.2.	Kategoriale Variablen	43
5.2.3.	Verhaltensbeobachtungsdaten	43
5.3.	Graphische Darstellung der Daten.....	44
IV. ERGEBNISSE.....		45
1.	Bonitur der Schwanzspitzen.....	45
2.	Laborwerte.....	45
2.1.	Plasmakortisol	45
2.2.	Plasma-Substanz P	46
2.3.	Speichelkortisol	47
2.4.	Speichel-Substanz P	47
2.5.	Korrelationsanalysen.....	47
3.	Aktivitätsdaten.....	48
3.1.	Mittlere im Liegen verbrachte Zeit.....	48
3.1.1.	Stundendurchschnitt Tag -1 bis +4	48
3.1.2.	Stundensummen Tag 0 von 9:00 bis 16:00 Uhr	49
3.2.	Mittlere im Stehen verbrachte Zeit.....	50
3.2.1.	Stundendurchschnitt Tag -1 bis +4	50
3.2.2.	Stundensummen Tag 0 von 9:00 bis 16:00 Uhr	50
3.3.	Mittlere in Bewegung verbrachte Zeit	51
3.3.1.	Stundendurchschnitt Tag -1 bis +4	51
3.3.2.	Stundensummen Tag 0 von 9:00 bis 16:00 Uhr	52
3.4.	Mittlere Schrittzahl	52
3.4.1.	Stundendurchschnitt Tag -1 bis +4	53
3.4.2.	Stundensummen Tag 0 von 9:00 bis 16:00 Uhr	53
3.5.	Mittlere Summe von Aufsteh- und Ablegeereignissen	53
3.5.1.	Stundendurchschnitt Tag -1 bis +4	53
3.5.2.	Stundensummen Tag 0 von 9:00 bis 16:00 Uhr	54
4.	Verhaltensbeobachtungsdaten.....	54
4.1.	Schwanzschlagen	54

4.1.1.	Stundendurchschnitte Schwanzschlagen Tag -1 bis +4	55
4.1.2.	Stundenwerte Schwanzschlagen an Tag 0	55
4.2.	Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktion.....	56
4.2.1.	Stundendurchschnitte Kopf-Hinterhand-Interaktion Tag -1 bis +4.....	56
4.2.2.	Stundenwerte Kopf-Hinterhand-Interaktion an Tag 0	57
4.3.	Abnormale Schwanzposition.....	57
4.3.1.	Tagesanteile beobachteter abnormaler Schwanzposition von Tag -1 bis +4	57
4.3.1.	Stundenwerte beobachteter abnormaler Schwanzposition an Tag 0	57
4.4.	Schlafen.....	57
4.4.1.	Tagesanteile beobachteten Schlafens von Tag -1 bis +4	57
4.4.2.	Stundenwerte beobachteten Schlafens an Tag 0.....	58
4.5.	Wiederkauen.....	58
4.5.1.	Tagesanteile beobachteten Wiederkauens von Tag -1 bis +4	58
4.5.1.	Stundenwerte beobachteten Wiederkauens an Tag 0.....	58
4.6.	Futteraufnahme.....	58
4.6.1.	Tagesanteile beobachteter Futteraufnahme von Tag -1 bis +4.....	58
4.6.1.	Stundenwerte beobachteter Futteraufnahme an Tag 0.....	59
4.7.	Wasseraufnahme	59
4.7.1.	Tagesanteile beobachteter Wasseraufnahme von Tag -1 bis +4	60
4.7.1.	Stundenwerte beobachteter Wasseraufnahme an Tag 0.....	60
4.8.	Lecken am Salzleckstein	60
4.8.1.	Tagesanteile beobachteten Leckens am Salzleckstein von Tag -1 bis +4 ..	60
4.8.2.	Stundenwerte beobachteten Leckens am Salzleckstein an Tag 0.....	60
4.9.	Körperpflege.....	61
4.9.1.	Tagesanteile beobachteter Körperpflege von Tag -1 bis +4	61
4.9.1.	Stundenwerte beobachteter Körperpflege an Tag 0.....	61
V. DISKUSSION	62	
1.	Plasmakortisol.....	62
2.	Plasma-Substanz P	63
3.	Speichelkortisol.....	65
4.	Speichel-Substanz P	66

5.	Korrelationen der Laborparameter	67
5.1.	Kortisol und Substanz P	67
5.2.	Kortisol in Blutplasma und Speichel	68
5.3.	Substanz P in Blutplasma und Speichel	68
6.	Aktivitätsdaten.....	69
6.1.	Im Liegen und Stehen verbrachte Zeit.....	69
6.2.	In Bewegung verbrachte Zeit und Schrittzahl.....	71
6.3.	Summe der Aufsteh- und Ablegeereignisse	72
7.	Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktionen.....	73
8.	Schwanzschlagen.....	74
9.	Schwanzposition.....	76
10.	Sonstige physiologische Verhaltensweisen	77
10.1.	Körperpflege.....	77
10.2.	Schlafen.....	78
10.3.	Wiederkauen.....	78
10.4.	Futteraufnahme.....	78
10.5.	Wasseraufnahme.....	79
10.6.	Lecken am Salzleckstein	79
11.	Fazit.....	79
VI.ZUSAMMENFASSUNG		81
VII.	SUMMARY	83
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS.....	85
IX.ANHANG		100
X. DANKSAGUNG		119

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

°C	Grad Celsius
1. Schn.	Erster Schnitt
Abs.	Absatz
ACTH	Adrenocorticotropes Hormon
ANOVA	Analysis of Variance
Arg	Arginin (Aminosäure)
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung des Tierschutzgesetztes
„Bewegung“	Schwanzschlagen
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BNC	Bayonet Neill Concelman
bzw.	beziehungsweise
Ca	Calcium
CGRP	Calcitonin Gene-related Peptide
CIF	Common Intermediate Format
cm	Zentimeter
CRH	Corticotropin-releasing Hormone
CVBS	Color Video Blanking Sync
d	Tag
EDTA	Ethyldiamintetraessigsäure
EFSA	European Food Safety Authority
einschl.	Einschließlich
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
et al.	et alii
FA	Firma
g	Gramm
GB	Gigabyte
GHz	Gigahertz
Gln	Glutamin
Gly	Glycin
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Gruppe a	Amputationsgruppe
Gruppe k	Kontrollgruppe
h	Stunde
HHN-Achse	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse

i. d. R.	in der Regel
i.v.	Intravenös
IASP	International Association for the Study of Pain
“Interaktion”	Interaktion des Kopfes mit dem Schwanz
IP	International Protection Code
IR	Infrarot
kg	Kilogramm
KIU	Kallikrein Inhibitor Unit
l	Liter
LCD	Liquid Christals Display
LED	Light emitting diode
Leu	Leucin
LH	Luteinisierendes Hormon
Lys	Lysin
µg	Mikrogramm
µl	Mikroliter
m	Meter
M. triceps brachii	Musculus triceps brachii
MAT	Milchaustauscher
Met	Methionin
mg	Milligramm
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
mm	Millimeter
MW	Mittelwert
N	Stickstoff
NaCl	Natriumchlorid
NH ₂	Aminogruppe
NK 1 - 3	Neurokininrezeptoren 1 – 3
NKA	Neurokinin A
NKB	Neurokinin B
nmol	Nanomol
Nr.	Nummer
OM-Nummer	Ohrmarkennummer
P	Phosphor
p-Wert	Signifikanzwert/ probability-Value
p.o.	per os
PBS	Phosphatgepufferte Salzlösung

PC	Personal Computer
pg	Pikogramm
Phe	Phenylalanin
„Physio c“	im continuous focal animal sampling beobachtete physiologische Verhaltensweise
„Physio i“	im instantaneous scan sampling beobachtete physiologische Verhaltensweise
PNS	Peripheres Nervensystem
„Position“	Schwanzposition
Pro	Prolin
RispSpreiz.	(Stadium des) Rispenspreizens
Rp	Rohprotein
SA-System	Sympathoadrenerges System
SD	Secure Digital
SDHC	Secure Digital High Capacity
SojaExtrSchrot	Sojaextraktionsschrot
STD	Standard deviation/ Standardabweichung
TAC 1 - 4	Preprotachykinin 1 – 4
TFT	Thin-film transistor
Tier a	Tier des Versuchsdurchgangs mit niedrigerer Ohrmarkennummer
Tier b	Tier des Versuchsdurchgangs mit höherer Ohrmarkennummer
TMR	Totale Mischartion
TNF α	Tumornekrosefaktor- α
TSchG	Tuerschutzgesetz
TVL	Television Lines
USB	Universal Serial Bus
VGA	Video Graphics Array
XP	aufgenommenes Rohfutterprotein
z. B.	zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem
zw.	zwischen

I. EINLEITUNG

Das in den letzten Jahren stetig steigende Interesse der Verbraucher am Wohlergehen von Nutztieren rückt die konventionelle Tierhaltung zur Nahrungsmittelproduktion immer stärker in den Fokus der Aufmerksamkeit und damit auch in die Kritik. So werden früher selbstverständliche, haltungstechnische Maßnahmen wie Kastration, Enthornung oder Schwanzspitzenamputation, mit denen man das Tier seiner künstlichen Haltungsumwelt anpasst, heute kritisch hinterfragt. Während zur Schmerzhaftigkeit von Kastration und Enthornung sowie möglichen Analgesiemethoden zahlreiche wissenschaftliche Studien existieren, gibt es bei Weitem weniger Arbeiten, die sich mit Schwanzamputation beim Rind beschäftigen.

Ziel der Schwanzamputation mittels elastischer Gummiringe bei Mastrindern in Deutschland ist die Vermeidung des Auftretens von Schwanzspitzennekrosen. Im Laufe der Mastdauer kann es bei Bullen zu einer purulenten Infektion der Schwanzspitze kommen, welche beispielsweise in den Rückenmarkskanal, Gelenke oder andere Lokalisationen streuen und dort zu abszedierenden Infektionen führen kann. Schwanzspitzennekrosen stellen in der Rindermast ein ernst zu nehmendes und häufiges Tierschutzproblem dar. Sie sind vor Allem in ihren schweren Verlaufsformen mit erheblichen Leiden für das betroffene Tier verbunden. Laut Tierschutzgesetz (§6 Abs. 3) besteht zur Verhinderung der Erkrankung unter bestimmten Voraussetzungen und nach amtlicher Genehmigung die Möglichkeit eine prophylaktische Amputation des bindegewebigen Schwanzendes durchzuführen. Diese Maßnahme reduziert die Inzidenz der Schwanzspitzennekrose merklich.

Der Rinderbestand in Deutschland betrug laut statistischem Bundesamt im Mai 2018 12.093.375 Tiere. Unter der Annahme, dass in der Altersgruppe von Kälbern unter 8 Monaten, welche nicht gesondert nach Geschlecht aufgeschlüsselt wurden, der Anteil männlicher Tiere 50 % beträgt, befinden sich unter den ca. 12 Millionen Rindern knapp 2,7 Millionen männliche Jungtiere (DESTATIS, 2018). Leider konnten im Zeitraum der Erstellung dieser Arbeit trotz erfolgter Anfrage bei Veterinäramt und Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz keine offiziellen Zahlen zur Häufigkeit der Erteilung der Ausnahmegenehmigung in Erfahrung gebracht werden.

Da das Kupieren der Schwänze bei anderen Tierarten wie Schwein oder Hund

mittlerweile öffentlich scharf kritisiert wird, oder bereits verboten ist, wird sich diese Meinung sicher auch im Wiederkäuerbereich künftig durchsetzen. Nicht nur von Verbraucherseite wird die Schwanzspitzenamputation in Frage gestellt. In einem jüngst erschienenen Positionspapier (BUNDESTIERÄRZTEKAMMER, 2017) fordert auch die Bundestierärztekammer den Gesetzgeber auf, das „Kürzen des bindegewebigen Endstückes des Schwanzes bei männlichen Kälbern ... unter Berücksichtigung wissenschaftlicher und praktischer Erkenntnisse zu untersagen“. Bis zum Abschluss dieser Dissertation konnte jedoch trotz intensiver Literaturrecherche und seit Jahrzehnten durchgeführter Praxis der Schwanzspitzenamputation keine veröffentlichte Studie gefunden werden, die die Schmerzhaftigkeit der in Deutschland praktizierten Variante untersucht.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es deshalb, erstmals auf Schmerz hinweisende Parameter nach Schwanzspitzenamputation mittels Gummiring festzuhalten und auszuwerten. Die Einbeziehung mehrerer Labor- und Verhaltensparameter diente dazu, die Belastung für das Kalb bestmöglich abzuschätzen.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Schwanzspitzenentzündung

Ziel der Schwanzspitzenamputation bei Mastrindern in Deutschland ist die Prophylaxe von Schwanzspitzenentzündungen. Seit Mitte der 70er Jahre tritt diese Erkrankung durch die Intensivierung der Rinderhaltung häufiger auf und steht seither im Interesse der tiermedizinischen Forschung (METZNER, 1994).

1.1. Ätiologie und Verlauf von Schwanzspitzenentzündungen

Der Begriff Schwanzspitzenentzündung bezeichnet eine purulente Entzündung der Schwanzspitze unterschiedlicher Ausprägung. Die Infektion kann systemisch streuen oder entlang der Wirbelsäule nach kranial fortschreiten und somit zu Abszessen an anderen Stellen des Körpers führen (LENK, 1981). Die Entzündung kann ebenso lokal zu Nekrosen der Schwanzspitze führen oder komplikationslos abheilen (Abbildung 1). Bei systemischer Ausbreitung der Entzündung durch Streuung der Erreger ist die Erkrankung mit erheblichen Leiden für das Tier verbunden. Je nach betroffenem Organ oder Gewebe sind die Auswirkungen für das Tier unterschiedlich. Ist der Bewegungsapparat betroffen, so treten beispielsweise durch Arthritis oder Epiphysitis starke Schmerzen auf. Fand eine Streuung ins Herz statt belastet eine Endokarditis den gesamten Kreislauf des Tieres und kann direkt zum Tod führen (DIRKSEN und BAUMGARTNER, 2006).

DROLIA et al. (1991) beobachteten, dass bei Mastbullen zum Zeitpunkt der Schlachtung 34,5 % der Tiere von Veränderungen am Schwanz betroffen waren. Eine Studie aus Deutschland zeigte, dass innerhalb einer Versuchsgruppe von 224 Tieren jedes Tier in der frühen Mastphase im Schnitt 1,2 mal und in der späten Mastphase sogar 2,2 mal erkrankte (METZNER, 1994). Das wiederholte Auftreten der Veränderungen ist möglicherweise auf eine im selben Versuch beobachtete Reversibilität der Veränderungen zurückzuführen. Eine jüngere amerikanische Studie aus dem Jahr 2014 beobachtete bei 60 bis 76 % der insgesamt knapp 200 untersuchten Kälber im Alter von 5-8 Monaten während der Versuchsphasen Veränderungen an den Schwänzen (KROLL et al., 2014b). Treten Schwanzspitzenentzündungen im Betrieb gehäuft auf, so sind ernstzunehmende negative Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Tiere und dadurch

ebenso auf deren Wirtschaftlichkeit für den Mäster zu befürchten. Die MastbulLEN, bei welchen die Veränderungen eine kurative Amputation notwendig machte (18 %), erreichten in einer Studie ein deutlich geringeres Mastendgewicht (METZNER, 1994).

Die Untersuchung potentieller Auslöser der Erkrankung und ihr Zusammenwirken lieferte bis heute unterschiedliche Ergebnisse. Es gilt jedoch als gesichert, dass die meisten Faktoren auf die in den letzten Jahrzehnten stark intensivierte Haltung zurückzuführen sind (STÖBER, 1987). Besonders die Aufstellung auf Spaltenböden, wie sie in den meisten Betrieben erfolgt, führt laut einer Studie von DROLIA et al. (1991) im Vergleich zu Betrieben mit planbefestigten Böden zu signifikant häufigeren Abgängen und tierärztlichen Behandlungen aufgrund von Schwanzspitzennekrosen. Als Erklärung hierfür wird die erhöhte Verletzungsgefahr durch die Spalten selbst, sowie die glatte Oberfläche des Spaltenbodens angeführt. In Folge des unsicheren Standes kann es durch veränderte Bewegungsmuster beim Aufstehen und Ablegen vermehrt zum Einklemmen des Schwanzes unter dem Körper kommen. Neben der Bodenbeschaffenheit könnte sich auch eine hohe Besatzdichte negativ auswirken. Ein höheres Platzangebot pro Tier verminderte in einer Studie die Gefahr von wegbereitenden Schwanzverletzungen (DROLIA et al., 1991). Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen zeigte eine unterschiedliche Besatzdichte in einer Studie von METZNER (1994) keinen Einfluss auf die Häufigkeit des Auftretens von Schwanzspitzenentzündungen. Auch bessere Strukturierung des Futters sowie die Verwendung von Stroheinstreu, die ebenfalls von den Rindern aufgenommen wird, hatte einen positiven Effekt. Gute Futterstruktur wirkt der Entstehung von Pansenazidosen entgegen und verhindert durch eine gesunde Pansenwand den Übergang von Toxinen und Erregern aus dem Pansen ins Blut. Diese Toxine oder Erreger könnten analog zur Klauenrehe zu Veränderungen an der Schwanzspitze führen (HUNERMUND et al., 1980). Weitere Faktoren wie das Gewicht (SCHRADER et al., 2001) und Geschlecht des Mastrindes (MADSEN und NIELSEN, 1985), Umstellungen in den Haltungsbedingungen (DROLIA et al., 1990), Rasseprädispositionen, Räudebefall und systemische Vorerkrankungen, durch die eine Minderdurchblutung des Schwanzendes bewirkt oder begünstigt wird, stehen ebenfalls unter Verdacht. Das Problem muss als multifaktoriell angesehen werden (Abbildung 1).

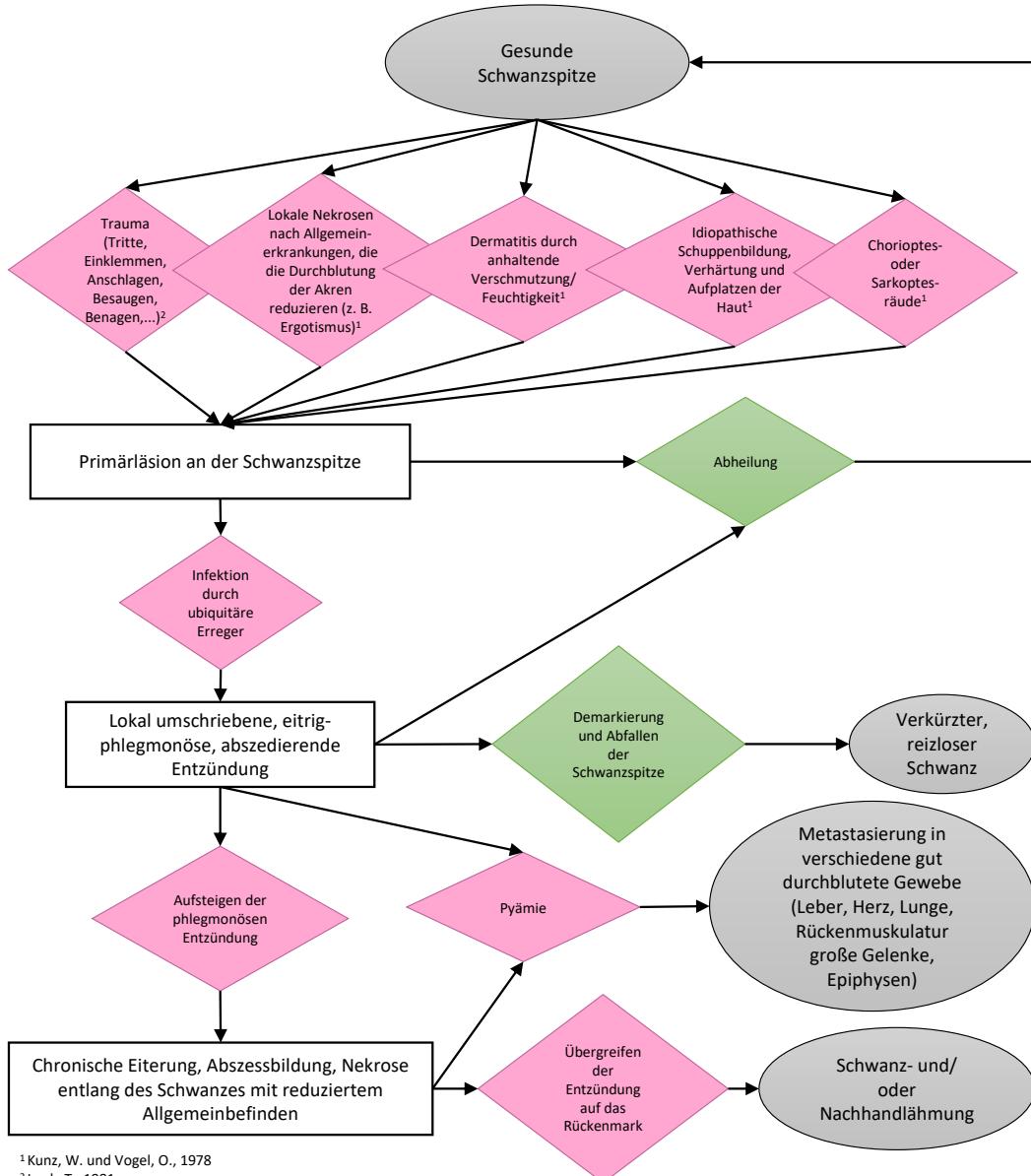


Abbildung 1: Flussdiagramm zu Ätiologie, Symptomatik und Verlauf von Schwanzspitzenentzündungen nach KUNZ und VOGEL (1978), LENK (1981), METZNER (1994), DIRKSEN und BAUMGARTNER (2006)

Offenbart sich während der klinischen Untersuchung eines betroffenen Tieres eine Erregerstreuung, beispielsweise anhand des Auftretens von Entzündungen in Gelenken oder an Herzklappen, ist die Prognose infaust und eine Euthanasie indiziert. Ist das Geschehen noch lokal begrenzt kann bei geringer Ausprägung der Symptome eine konservative Therapie mit Reinigung, Desinfektion sowie Auftragen einer Salbe auf die betroffene Stelle versucht werden. Voraussetzung für diese Variante ist die Möglichkeit zur Verlaufskontrolle der Abheilung.

Bei schwereren Fällen der lokalen Entzündung mit oder ohne bereits eintretender Nekrose ist eine chirurgische Amputation des betroffenen Schwanzabschnitts angezeigt. Fakultativ kann ergänzend ein Verband angelegt und eine systemische Antibiose verabreicht werden. Auch nach gelungenem Eingriff und Entfernung der lokalen Veränderungen ist eine bereits erfolgte Erregerstreuung, die sich erst später klinisch manifestiert, nicht ausgeschlossen (DIRKSEN und BAUMGARTNER, 2006).

1.2. Technik der prophylaktischen Schwanzspitzenamputation

Da es in der Regel nur mit hohem Aufwand langfristig gelingt in bestehenden Betrieben bei Erhaltung der Wirtschaftlichkeit die Haltungsumwelt wirksam umzustellen, wird in einigen Betrieben bereits im Kälberalter nach amtlicher Genehmigung eine prophylaktische Amputation des Schwanzendes vorgenommen. Die Länge des amputierten Schwanzteils ist dabei unterschiedlich. In Deutschland ist nur noch die Entfernung des bindegewebigen Schwanzendstückes gestattet (TSchG §6 Abs.3 Nr.3), während in anderen Ländern besonders bei laktierenden Tieren teilweise nur einige Zentimeter des Schwanzes stehen bleiben (SUTHERLAND und TUCKER, 2011). Letztere Variante soll sowohl die Euterhygiene als auch den Arbeitskomfort für den Melker verbessern. Um Schwanzspitzenentzündungen zu vermeiden reicht nach BUSCH und KRAMER (1995) die Entfernung des etwa 2 cm langen, bindegewebigen Endstückes in den meisten Fällen aus. Die Entfernung eines längeren Abschnittes reduziert das Auftreten der Erkrankung nicht weiter und benachteiligt das Tier zudem in der Fliegenabwehr (STULL et al., 2002). Im Folgenden wird die Entfernung des bindegewebigen Endstückes mit „Schwanzspitzenamputation“ bezeichnet, im Gegensatz zur bereits erwähnten „Schwanzamputation“, bei welcher ein größerer Abschnitt des knöchernen Schwanzes entfernt wird. Das Kupieren erfolgt i. d. R. ohne Betäubung durch Anbringung eines Gummiringes um den Schwanz, der so eng anliegt, dass er die Blutversorgung nach distal unterbricht (PETRIE et al., 1996; TOM et al., 2002b; TOM et al., 2002a). Durch die darauf einsetzende Ischämie stirbt das abgebundene Schwanzende ab und fällt binnen weniger Tage von selbst ab bzw. kann einfach entfernt werden (SCHREINER und RUEGG, 2002; TOM et al., 2002b; TOM et al., 2002a).

1.3. Grundlagen zur Genehmigung prophylaktischer Schwanzspitzenamputation

Die prophylaktische Amputation mag zweckmäßig erscheinen, widerspricht grundsätzlich jedoch eindeutig den §§5 und 6 des Tierschutzgesetzes (TSchG). Diese verbieten an Wirbeltieren sowohl die vollständige oder teilweise Amputation von Körperteilen, als auch schmerzhafte Eingriffe ohne Betäubung. Aktuell ist jedoch nach Genehmigung eine Ausnahme des Amputationsverbotes bei unter 3 Monaten alten männlichen Kälbern möglich. Dann ist die Kürzung des bindegewebigen Endstücks des Schwanzes mittels elastischer Ringe zur Prophylaxe der Schwanzspitzenentzündung durch eine sachkundige Person erlaubt (TSchG §6 Abs. 3 Nr. 3). Genannte Ausnahmegenehmigung darf nur erteilt werden, wenn glaubhaft dargelegt werden kann, dass der Eingriff für die vorgesehene Nutzung zum Schutz der Tiere unerlässlich ist (TSchG §6 Abs. 3), demnach keine andere Maßnahme möglich ist, um das Auftreten von Schwanzspitzenentzündungen zu vermeiden. In der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (im Folgenden AVV genannt) zur Durchführung des Tierschutzgesetzes wird genauer auf die zu erfüllenden Voraussetzungen für die Erteilung einer Ausnahmegenehmigung eingegangen. So sind mindestens eine Bestätigung über das Auftreten von Schwanzspitzenentzündungen im Betrieb und über die bereits zu deren Bekämpfung ergriffenen Maßnahmen erforderlich, sowie eine Bestätigung des betreuenden Tierarztes über die Richtigkeit dieser Angaben. Die Behörde prüft daraufhin den Antrag auch durch Inaugenscheinnahme des Betriebs. Eine erteilte Erlaubnis ist auf maximal fünf Jahre befristet (AVV Abschnitt 4.2).

Ein jüngst erschienenes Positionspapier der BUNDESTIERÄRZTEKAMMER (2017) geht noch einen Schritt weiter und fordert den Gesetzgeber auf, das Kürzen des bindegewebigen Endstückes des Schwanzes bei männlichen Kälbern zu untersagen. Im Tierschutzbericht der Bundesregierung findet eine 2014 gestartete Initiative für mehr Tierwohl in der Tierhaltung Erwähnung. Inhaltlich sollen unter anderem „Nicht-kurative Eingriffe bei Nutztieren ... beendet werden“, hier wird unter mehreren Beispielen jedoch nicht die Schwanzspitzenamputation beim Mastbulle kalb genannt. Das Programm setzt unter dem Schlagwort „verbindliche Freiwilligkeit“ zunächst auf freiwilliges Engagement der Wirtschaft (LANDWIRTSCHAFT, 2015). Nicht nur auf nationaler Ebene findet das Thema Beachtung. Die im Hinblick auf die europäische Gesetzgebung unterstützende und beratende Europäische Behörde für

Lebensmittelsicherheit (European Food Safety Authority - EFSA) erwähnt die Schwanzamputation beim Mastrind ebenfalls in ihrem wissenschaftlichen Gutachten (WELFARE, 2012). Sie bewertet den Eingriff als wahrscheinlich schmerhaft und das natürliche Verhalten des Tieres beeinträchtigend. Sie bezeichnet die Amputation als nicht akzeptable Möglichkeit Schwanzspitzennekrosen vorzubeugen und verweist zu diesem Zweck stattdessen darauf Überbelegung zu verhindern, die Bodenverhältnisse zu verbessern und Spaltenböden in den Liegebereichen ganz zu vermeiden.

Zur Häufigkeit der aktuell in Deutschland erteilten Ausnahmengenehmigungen oder Anzahl prophylaktisch schwanzamputierter Tiere lassen sich keine Zahlen finden. Weder im alle vier Jahre vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) herausgegebenen Tierschutzbericht, noch unabhängigen wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Auch Anfragen bei Behörden blieben unbeantwortet. Der einzige diesbezügliche Hinweis findet sich in einer, von der Österreichischen Buiatrischen Gesellschaft veröffentlichte Studie, die 63 Bullenmastbetrieben in Österreich, Italien und Deutschland untersuchte. In vier der Betriebe fanden sich durchschnittlich 11 % der Tiere mit prophylaktisch gekürzten Schwänzen. In welchem der eingeschlossenen Länder sich diese vier Betriebe befanden fand keine Erwähnung. In Österreich ist die gesetzliche Regelung für die Erlaubnis zur prophylaktischen Amputation mit der zusätzlichen Voraussetzung versehen, dass es sich um auf Vollbetonspaltenböden gehaltene Tiere handeln muss (KIRCHNER, 2015).

2. Schmerzdefinition und -physiologie

Schmerz ist nach der International Association for the Study of Pain (IASP) definiert als „unangenehmes Sinnes- oder Gefühlserlebnis, das mit tatsächlicher oder potenzieller Gewebeschädigung einhergeht oder von betroffenen Personen so beschrieben wird, als wäre eine solche Gewebeschädigung die Ursache“ (1979). WILLIAMS und CRAIG (2016) schlagen auf Basis dieser und anhand des in den letzten Jahrzehnten hinzugewonnenen Wissens eine neue Definition vor. Sie beschreiben Schmerz als eine leidvolle Erfahrung, assoziiert mit tatsächlicher oder potenzieller Gewebeschädigung und bestehend aus sensorischen, emotionalen, kognitiven und sozialen Komponenten. In jedem Fall ist der Begriff des Schmerzes abzugrenzen von dem der Nozizeption. Letztere ist definiert als die Kodierung und Verarbeitung eines schmerhaften Reizes im Nervensystem (BELL, 2018).

2.1. Physiologie der Nozizeption

Das nozizeptive System dient der Erkennung, Weiterleitung und Verarbeitung potentieller Gewebeschädigung (ENGELHARDT, 2015). Zu diesem Zweck werden mechanische, thermische oder chemische noxische Reize durch spezifische Nozizeptoren erfasst, deren Signale über vier Ebenen an das Rückenmark und Gehirn weitergeleitet und verarbeitet (MUIR und WOOLF, 2001) (Abbildung 2).

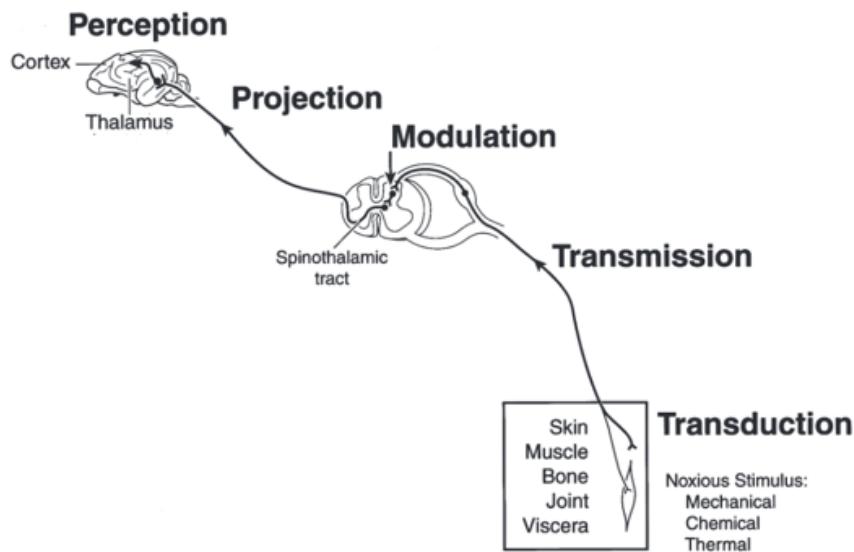


Abbildung 2: Schematische Darstellung an der Schmerzwahrnehmung beteiligter Strukturen und Prozesse von MUIR und WOOLF (2001)

Die Transduktion bezeichnet die Übertragung des einwirkenden Reizes von der Körper- oder Organoberfläche zum Rezeptor. Die darauffolgende Transmission, die Fortleitung des Signals über afferente Nervenbahnen erfolgt über dünn myelinisierte A δ - oder unmyelinisierte C-Fasern. Dabei handelt es sich bei Ersteren um schnell leitende Fasern mit Rezeptoren, die eine hohe mechanische Reizschwelle aufweisen, und bei Letzteren um langsamer leitende Fasern mit polymodaler Erregbarkeit. Polymodal bedeutet, dass die Rezeptoren nicht ausschließlich auf noxische Reize reagieren, sondern ein breiteres Spektrum aufweisen. Beim Menschen erzeugt ein durch A δ -Fasern weitergeleiteter Reiz einen schnellen, scharfen Schmerz, ein durch C-Fasern weitergeleiteter Reiz einen langsamen, dumpfen Schmerz (ENGELHARDT, 2015). Am Rückenmark findet durch synaptische Übertragung eine Modulation des Signals und Umschaltung auf Dorsalhornneuronen statt (VINUELA-FERNANDEZ et al., 2007). Als Reaktion erfolgen daraufhin nozifensive Reflexe sowie autonome, motorische und affektive

Mechanismen (ENGELHARDT, 2015) sowie nach Projektion auf den Hirnstamm die als Perzeption bezeichnete, bewusste Wahrnehmung von Schmerz über Thalamus und Großhirnrinde.

2.2. Substanz P

Das Neurokinin Substanz P wurde in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entdeckt. VON EULER und GADDUM (1931) isolierten aus Gehirn- und Organ-Gewebeproben von Pferden eine Substanz, die lokal auf die Muskulatur appliziert in der Lage war die Kontraktion von glatter, intestinaler Muskulatur hervorzurufen und intravenös appliziert hypotensiv zu wirken. Aufgrund seiner nach der Extraktion puderförmigen Textur wurde der Stoff „Substanz P“ benannt (GADDUM und SCHILD, 1935).

Zunächst war seine Funktion unklar, in den 50er Jahren jedoch ließ die Arbeit von LEMBECK (1953) darauf schließen, dass es sich um einen Neurotransmitter primär sensorischer afferenter Nervenfasern handelt, welcher eine Rolle in der Nozizeption spielt. Zu diesem Schluss kam man durch den Nachweis hoher Konzentrationen des Stoffes in der Dorsalwurzel des Rückenmarks, wo die erste Umschaltung der ankommenden Signale der Nozizeptoren stattfindet (ENGELHARDT, 2015). Zur gleichen Erkenntnis kam parallel dazu PERNOW (1953). Er beschrieb im peripheren Nervensystem (PNS) generell eine geringere Konzentration als im zentralen (ZNS), jedoch schienen besonders die Dorsalwurzeln des Rückenmarks, die präganglionären sympathischen Fasern und der Nervus Vagus sehr reich an Substanz P zu sein.

Die Aminosäurestruktur von Substanz P, Arg-Pro-Lys-Pro-Gln-Gln-Phe-Phe-Gly-Leu-MetNH₂ wurde 1971 entschlüsselt (CHANG et al., 1971). Isoliert wurde es hier aus dem Hypothalamus des Rindes. Die gleiche Arbeitsgruppe stellte das Undecapeptid erstmals synthetisch her (TREGEAR et al., 1971) und entwickelte ein zugehöriges Radioimmunoassay (POWELL et al., 1973). Substanz P war das erste beforschte Säuger-Neuropeptid. Später wurde der Stoff den Tachykininen zugeordnet, einer Gruppe von Peptiden, die als Neurotransmitter und Gewebshormone wirken. Teil dieser Gruppe, benannt nach ihrer Fähigkeit schnelle Kontraktionen der glatten Muskulatur auszulösen, sind außerdem die in den 80er Jahren entdeckten Neurokinine A (NKA) und B (NKB) (KIMURA et al., 1983). Alle diese Stoffe haben ihren Ursprung auf dem TAC1 (oder PPT-A)- oder TAC3 (oder PPT-B)-Gen. Seit der Identifizierung eines TAC4 (PPT-C)-Gens vergrößert sich die Zahl der bei verschiedenen Säugerspezies

identifizierten Tachykinine weiter (STEINHOFF et al., 2014). Säuger-Tachykinine werden spezifischer als Neurokinine bezeichnet (DEVANE, 2001).

Substanz P wird in den Ribosomen von Nervenzellen synthetisiert (HARMAR et al., 1980; HARMAR und KEEN, 1982), in Vesikeln (MERIGHI et al., 1988; PLENDERLEITH et al., 1990) axonal entlang der zentralen und peripheren Äste (TAKAHASHI und OTSUKA, 1975; HARMAR und KEEN, 1982) zu den Axonterminalen transportiert und dort final prozessiert (BRIMIJOIN et al., 1980). Der größte Anteil wird dabei in sensorischen Ganglionzellen produziert. Substanz P wird schließlich von den peripheren und zentralen Terminalen primär afferenter Neuronen freigesetzt und wirkt dort in der neuronalen Schmerzübertragung (OTSUKA und YOSHIOKA, 1993). Somit kommt es zentral bei der Übertragung des Signals von primärer Afferenz auf das Rückenmark sowie peripher an der rezeptiven Endigung des Nozizeptors zum Einsatz (ENGELHARDT, 2015).

Das Neurokinin aktiviert die in vielen Geweben vorhandenen Neurokininrezeptoren NK1, NK2 und NK3 und entfaltet über diese seine biologische Wirkung (REGOLI et al., 1994). NK1 hat die höchste Affinität zu Substanz P, NK2 zu NKA und NK3 zu NKB, wobei Substanz P mit geringerer Affinität auch an letztere binden kann. Substanz P und sein wichtigster Rezeptor NK1 sind an vielen Stellen des zentralen Nervensystems zu finden, jedoch in größter Konzentration in den oberflächlichen Bereichen des Dorsalhorns des Rückenmarks (DEVANE, 2001).

Zunächst nahm man an, dass es sich bei Substanz P um einen afferenten Schmerz-Neurotransmitter handelt, welcher nach einem schmerzhaften Stimulus Teil dessen Übertragung an das Gehirn ist. Neuere Studien lassen eine dezidiertere Funktion vermuten. Das Neuropeptid scheint viel mehr Teil der Modulation zu sein und die Neuronen im Dorsalhorn für ein ankommendes Signal empfindlicher zu machen. Die Initiation der Exzitation der postsynaptischen Nervenzelle erfolgt durch ein Zusammenspiel von Substanz P mit gleichzeitig in die Synapse ausgeschütteten, exzitorisch wirkenden Aminoglykosiden, wie zum Beispiel Glutamat (RADHAKRISHNAN und HENRY, 1995). Anhand von Versuchen mit Substanz P-Antagonisten, welche den NK1-Rezeptor blockieren, erkannte man, dass das Neuropeptid nicht Teil der schnellen Schmerzantwort ist, sondern vielmehr bei andauerndem Schmerzreiz die Schmerzantwort modifiziert (RADHAKRISHNAN und

HENRY, 1995). In diesem Rahmen trägt es bei wiederholtem Schmerzreiz zur Bildung von Hyperalgesie oder Hyperästhesie im ZNS bei (DE FELIPE et al., 1998).

Des Weiteren spielt Substanz P eine Rolle im Vorgang der neurogenen Entzündung. Bei Einwirkung noxischer Reize auf sensorische Afferenzen werden an den peripheren Nervenendigungen Substanz P und das Calcitonin Gene-related Peptide (CGRP) freigesetzt. Dies führt über Mediatoren lokal und über die exakte Einwirkstelle des Reizes hinaus zu Ödematisierung, Hyperämie und Erythembildung, welche in ihrem Zusammenspiel und aufgrund des Mechanismus ihrer Entstehung als neurogene Entzündung bezeichnet werden (HERBERT und HOLZER, 2002).

In Kombination mit anderen Stoffen scheint Substanz P sowohl im zentralen als auch im peripheren Nervensystem noch weitere Funktionen zu erfüllen (HARRISON und GEPPETTI, 2001). So trägt es zum Beispiel durch seine vasodilatatorische Wirkung zur Regulation des Blutdrucks bei (KOHLMANN et al., 1997), und wirkt im Hormonsystem über NK1-Rezeptoren an Hypothalamus und/oder Hypophyse regulierend auf den LH-Anstieg (KERDELHUE et al., 1997). Neben physischem Stress wird es auch bei psychischem Stress im Gehirn ausgeschüttet und scheint eine Rolle bei Depressionen beim Menschen zu spielen (RUPNIAK und KRAMER, 1999). Diese werden vermutlich durch anhaltende Stressbelastung und daraus resultierende Veränderungen im ZNS begünstigt (DEVANE, 2001). Substanz P und die Entwicklung möglicher Antagonisten ist auf Grund vielfältiger, unter anderem pathologischer Mechanismen, in die das Neuropeptid involviert ist, Gegenstand aktueller humanmedizinischer Forschung.

Zudem findet Substanz P Einsatz als Schmerzmarker. LISOWSKA et al. (2016) wiesen beispielsweise eine Korrelation zwischen der postoperativ von Patienten empfundenen, akuten Schmerzintensität und dem gleichzeitig bestimmten Serum-Substanz P-Wert nach. Im Gegensatz zu Tieren ist es dem Menschen möglich sich zu seiner Schmerzempfindung zu äußern. Eine derartige Korrelation stellt einen wichtigen Zusammenhang dar, der Substanz P zur Einschätzung der Schmerzbelastung eines Individuums empfiehlt und ihn gegenüber Kortisol abgrenzt, die eher ein Maß für Stressbelastung darstellen.

2.3. Physiologie der autonomen Schmerzreaktion

Die auf Schmerz- bzw. allgemeine Stressreize folgende autonome Reaktion des Körpers erfolgt vor Allem über zwei Systeme. Zum einen das sympathikoadrenerge System (SA-System), über welches schnelle „fight or flight“ Reaktionen vermittelt werden. Zum Anderen über die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HHN-Achse), durch welche länger andauernde, Heilung vermittelnde Funktionen initiiert werden (MELLOR und STAFFORD, 1999). Die Wirkung des SA-Systems wird vom sympathischen Nervensystem gesteuert, welches in physischen oder psychischen Alarmsituationen aktiviert wird. An den Zellen des Nebennierenmarks ankommende Nervenimpulse präganglionärer sympathischer Fasern führen zur Ausschüttung von Adrenalin und Noradrenalin ins Blut. Die Wirkung der HN-Achse wird durch das Steroid-Hormon Kortisol vermittelt. Bei Stress wird über Freisetzung von Corticotropin-releasing Hormone (CRH) aus dem Hypothalamus die Ausschüttung von Adrenocorticotropem Hormon (ACTH) im Hypophysenvorderlappen induziert. ACTH wiederum entfaltet seine Wirkung an der Nebennierenrinde, wo es folglich zur Freisetzung von Kortisol kommt (SILBERNAGL et al., 2018). Beide Systeme wirken zudem synergistisch und fördern die Freisetzung der jeweils anderen Komponente (HOFMANN, 2006).

2.4. Kortisol

Das Glukokortikoid und Steroidhormon Kortisol wird in der Nebennierenrinde synthetisiert und freigesetzt und besitzt ein breites Wirkungsspektrum im Organismus. Angeregt wird die Freisetzung über die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HHN-Achse).

Kortisol spielt eine wichtige Rolle in allen Erhaltungs-, Wachstums- und Reparaturvorgängen des Körpers. Es wird zudem häufig als „Stresshormon“ bezeichnet, da im Rahmen der Antwort auf umweltassoziierten, emotionalen oder physischen Stress (HART, 2012) eine erhöhte Synthese und Freisetzung stattfindet. Glukokortikoide haben unter anderem die Aufgabe katabol zu wirken, also gespeicherte Energie im Körper zu mobilisieren und diese zur Reaktion und Beseitigung bereitzustellen. Aus diesem Grund wird sowohl innerhalb medizinischer Fragestellungen als auch zur Evaluierung von Tierwohl häufig Kortisol gemessen, um daraus Rückschlüsse auf eine mögliche Stressbelastung zu ziehen (RALPH und TILBROOK, 2016). Die Quantifizierung von Stress anhand neuroendokriner Parameter wird teilweise als

objektiver als eine diesem Zweck dienende Verhaltensbeobachtung angesehen (HART, 2012).

Die Messung des Glukokortikoids kann in verschiedenen Geweben, Sekreten oder Exkreten erfolgen wie zum Beispiel in Blut (MOLONY et al., 1995), Speichel (NEGRAO et al., 2004), Kot (MOSTL et al., 2002) und in Haaren (COMIN et al., 2013). Die breite Verteilung im Körper macht die Messung von Kortisol vielseitig anwendbar.

3. Schmerzbeurteilung nach Amputation beim Menschen

Die nach Amputation von Gliedmaßen auftretenden Schmerzen lassen sich in zwei Kategorien unterteilen. Einerseits den Stumpfschmerz, der am übriggebliebenen Anteil der Gliedmaße wahrgenommen wird und andererseits den Phantomschmerz, definiert als ein in einem fehlenden Gliedmaßenteil wahrgenommener Schmerz (DAVIS, 1993). Die Entstehung von Letzterem ist noch nicht restlos aufgeklärt, scheint jedoch auf strukturellen Veränderungen in der Peripherie als auch im ZNS zu beruhen (FLOR, 2002). Zu diesen Veränderungen trägt nicht nur die Amputation bei, sondern auch der präoperativ an der noch bestehenden Gliedmaße aufgetretene Schmerz (KATZ und MELZACK, 1990). Stumpf- und Phantomschmerz treten zunächst akut in der postoperativen Phase auf, persistieren jedoch in vielen Fällen auch nach der akuten Phase. In einer Studie zur akuten Schmerzempfindung von Patienten in den ersten fünf Tagen nach Amputation an den unteren Extremitäten befragten RAICHLE et al. (2015) 89 Patienten. Diese sollten ihre subjektiv empfundene Schmerzstärke auf einer Skala von 0 bis 10 bewerten, wobei 5 und 6 im Nachhinein als „moderater Schmerz“, 7 bis 10 als starker Schmerz definiert wurden. Die Auswertung für die ersten fünf Tage nach Amputation ergab im Mittel bis zu 26,1 % der Patienten mit moderat oder stark empfundenen Phantomschmerz und bis zu 42 % der Patienten mit moderat oder stark empfundenem Stumpfschmerz. Hierbei ist zu beachten, dass alle Patienten postoperativ analgetisch mit Opioiden versorgt waren und mittels gesteuerter Anästhesie selbst die Möglichkeit hatten auf die Dosierung Einfluss zu nehmen.

4. Schmerzbeurteilung beim Rind

Da die Schmerzdefinition beim Menschen (IASP, 1979) sehr auf der Fähigkeit beruht, sich dazu äußern zu können ist sie beim Tier nur begrenzt anwendbar (ANAND und CRAIG, 1996). Daher schlagen MOLONY und KENT (1997) eine etwas andere

Definition für Schmerz beim Tier vor. Die Autoren beschreiben den tierischen Schmerz als „eine aversive sensorische oder emotionale Erfahrung, die aus Erwartung des Tieres von potentieller Zerstörung oder Verletzung der Integrität seiner Gewebe resultiert; es verändern sich Physiologie und Verhalten des Tieres um die Gewebszerstörung zu vermindern oder verhindern, um die Wahrscheinlichkeit eines Wiederauftretens zu reduzieren und um die Heilung zu fördern; ...“. Während beim Menschen der Schmerz immer eine subjektive Komponente mit sich bringt, ist uns diese in Bezug auf schmerzhafte Zustände beim Tier verborgen. Die Feststellung von Schmerz kann also nur von außen über die Analyse dadurch veränderter, schmerz-assozierter Parameter erfolgen. Zudem ist das durch Schmerz verursachte Leiden auch beim Tier aller Wahrscheinlichkeit nach aus emotionalen und physischen Komponenten zusammengesetzt. Die Messung von physischen Parametern wie Kortisol oder Verhaltensänderungen, die auf Stress hinweisen, bezieht automatisch beide Komponenten mit ein. Rückschlüsse auf die subjektive Komponente des Schmerzes können ohne eine gemeinsame Sprache von Mensch und Tier jedoch nur Vermutungen sein (MELLOR und STAFFORD, 1999).

Schmerz beim Nutztier hat lange Zeit weit weniger Beachtung gefunden als zum Beispiel bei Hund oder Katze. Die selteneren und geringeren Äußerungen von Schmerz bei Beutetieren im Vergleich zu Raubtierspezies ist jedoch vermutlich nicht durch geringeres Schmerzempfinden, sondern durch eine weniger deutliche Verhaltensreaktion begründet (VINUELA-FERNANDEZ et al., 2007). Schwäche gegenüber potentiellen Angreifern nicht zu zeigen stellt seit jeher bei Beutetieren einen evolutionären Vorteil dar und ist somit tief in deren Verhalten verankert. Besonders Rinder werden oft als „stoisch“ bezeichnet, obwohl nichts in ihrer Anatomie oder Physiologie darauf hinweist, dass sie weniger schmerzempfindlich sein könnten als andere Säugetiere (GLEERUP et al., 2015). Dennoch ist es aus Gründen des Tierschutzes unerlässlich, schmerzhafte Zustände zu erkennen, um sie zu beheben oder vermeiden zu können. Schmerz beim Tier kann auf drei Wegen evaluiert werden. Anhand der Messung von Leistungs- und Vitalparametern wie Gewichtszunahme oder Futteraufnahme, anhand der Beobachtung des Verhaltens, sowie anhand der Messung von physiologischen Parametern wie Kortisol oder Herzfrequenz (WEARY et al., 2006). In jedem Fall ist es die Abweichung von den Normwerten des gesunden Tieres, die Hinweis auf einen Schmerzzustand gibt. Gerade die Kombination verschiedener

Arten von Schmerz-Parametern erhöht die Chance ein Schmerzgeschehen beim Tier zu erkennen (PRUNIER et al., 2013).

In Bezug auf prophylaktische Schwanzamputation mittels verschiedener Methoden und unterschiedlicher analgetischer Versorgung wurden beim Rind bereits diverse Parameter als Hinweis auf Schmerz in Betracht gezogen und untersucht (Tabelle 1).

Tabelle 1: Studien zur Schmerzbeobachtung nach Schwanzamputation.

Leistungs-Parameter	
Milchleistung	TOM et al. (2002b)
Gewichtszunahme	TOM et al. (2002a) KROLL et al. (2014b)
Schlachtkörper	KROLL et al. (2014b)
Vitalparameter	
Futter-/ Milchaufnahmemenge	EICHER et al. (2000) SCHREINER und RUEGG (2002) TOM et al. (2002b) TOM et al. (2002a) KROLL et al. (2014a)
Kotmenge	TOM et al. (2002a)
Herzfrequenz	SCHREINER und RUEGG (2002)
Körpertemperatur	SCHREINER und RUEGG (2002) TOM et al. (2002a)
Verhaltensparameter – „Wohlbefinden“	
Wiederkauen	SCHREINER und RUEGG (2002) KROLL et al. (2014a)
Spielverhalten	TOM et al. (2002a) SCHREINER und RUEGG (2002)
Körperpflege (selbst oder untereinander)	TOM et al. (2002a) EICHER et al. (2000)

Aktivität (Liegen-Stehen-Gehen)	EICHER et al. (2000) SCHREINER und RUEGG (2002) EICHER und DAILEY (2002) TOM et al. (2002a) PETRIE et al. (1995) KROLL et al. (2014a)
Verhaltensparameter – schmerzspezifisch	
Steifes Stehen	SCHREINER und RUEGG (2002)
Stampfen	KROLL et al. (2014a) PETRIE et al. (1995) EICHER et al. (2006) TOM et al. (2002a) SCHREINER und RUEGG (2002)
Kopf-/Ohren schütteln	EICHER und DAILEY (2002) TOM et al. (2002a)
Lautäußerungen	KROLL et al. (2014a) PETRIE et al. (1995) TOM et al. (2002a) SCHREINER und RUEGG (2002)
Zähne knirschen	SCHREINER und RUEGG (2002)
Verhaltensparameter – besondere Auffälligkeiten nach Schwanzamputation	
Schwanzschütteln	KROLL et al. (2014a) PETRIE et al. (1995) EICHER et al. (2006) TOM et al. (2002a) EICHER und DAILEY (2002) TOM et al. (2002b) SCHREINER und RUEGG (2002)
Schwanzzucken	KROLL et al. (2014a) EICHER et al. (2006)

Schwanzposition zum Körper	SCHREINER und RUEGG (2002) TOM et al. (2002b) KROLL et al. (2014a)
Bewegung Kopf zu Schwanz/Hinterhand	KROLL et al. (2014a) PETRIE et al. (1995) TOM et al. (2002a) EICHER und DAILEY (2002) SCHREINER und RUEGG (2002) EICHER et al. (2000)
Laborparameter	
Kortisol	EICHER et al. (2000) SCHREINER und RUEGG (2002) MELLOR et al. (2002) PETRIE et al. (1996) TOM et al. (2002a)
Haptoglobin	EICHER und DAILEY (2002) EICHER et al. (2000)
α 1-Acid-Glycoprotein	EICHER und DAILEY (2002) EICHER et al. (2000)
TNF α	EICHER et al. (2000)
Lymphozyten	EICHER et al. (2000)
Adrenalin	MELLOR et al. (2002)
Noradrenalin	MELLOR et al. (2002)

5. Schmerzbeurteilung nach haltungstechnischen Eingriffen anhand von Laborparametern

Laborparameter erscheinen auf den ersten Blick objektiver als die Ergebnisse von Verhaltensbeobachtungen. Auch sie sind jedoch zu einem gewissen Grad unspezifisch, da sie sowohl bei Stress als auch bei Schmerz verändert sein können (HANSEN, 1997). Dennoch kann die Messung von Laborparametern bei Tieren, die Schmerzzustände lange maskieren, von besonderem Vorteil sein, um auch niederschwellige schmerzhafte Zustände früh zu erkennen (WEARY et al., 2006).

5.1. Kortisoluntersuchungen nach haltungstechnischen Eingriffen

Auf dem Gebiet der Schwanzamputation (PETRIE et al., 1996; EICHER et al., 2000; MELLOR et al., 2002; SCHREINER und RUEGG, 2002; TOM et al., 2002a) aber auch bei der Untersuchung anderer haltungstechnischer Eingriffe wie Kastration (MOLONY und KENT, 1997; MELLOR et al., 2002) und Enthornung (MELLOR et al., 2002) wurde in den letzten Jahren vor Allem der Plasmakortisolspiegel zur Evaluierung von Schmerzgeschehen herangezogen.

MELLOR et al. (2002) beobachteten in einer Studie engmaschig den Verlauf der Plasmakortisolkurve nach haltungstechnischen Eingriffen bei Lämmern und Kälbern. Männliche Lämmer wurden einer kombinierten Gummiring-Kastration und Gummiring-Schwanzamputation unterzogen, Kälber einer blutigen Zangen-Enthornung mit oder ohne Lokalanästhesie. In beiden Fällen wurde zudem eine Kontrollgruppe untersucht, die weder einen Eingriff noch eine Anästhesie erfuhr. Bei den schwanzamputierten und kastrierten Lämmern zeigte sich im Vergleich zu den Kontrolllämmern zwischen 20 und 180 Minuten nach dem Eingriff ein signifikant höherer mittlerer Kortisolwert. Bei Letzteren erhöhte sich die Plasmakortisol-Konzentration während der ersten 10 Minuten nach Kontrollhandling und Blutprobennahme minimal und erreichte den Ausgangswert 90 Minuten nach der Manipulation wieder. Bei den ohne Anästhesie enthornten Kälbern zeigte sich eine signifikant höhere mittlere Kortisol-Konzentration gegenüber der Kontrollgruppe zwischen 40 und 210 Minuten nach Enthornung. Der Kortisolspiegel der Kontrollgruppe erhöhte sich nur geringfügig und erreichte bereits nach 150 Minuten wieder den Ausgangswert.

Nicht nur bei Rindern und Schafen werden prophylaktische Schwanzamputationen

vorgenommen, auch beim Ferkel findet diese Praxis Anwendung. SUTHERLAND et al. (2008) zeigten in einer Studie, dass sechs Tage alte Ferkel nach blutig-chirurgischer Schwanzamputation eine Stunde nach dem Eingriff signifikant höhere Kortisolwerte aufwiesen als mit einem Kauter amputierte Tiere oder Kontrolltiere ohne Eingriff. Zwischen Kontrolltieren und Kauter-amputierten zeigte sich kein signifikanter Unterschied. PRUNIER et al. (2005) konnten letzteren Umstand in ihrer Studie analog dazu bestätigen. In beiden Fällen maskierte möglicherweise der umweltbedingte Stress durch Handling die eventuell vergleichsweise geringe Auswirkung des Eingriffs.

Nach Gummiring-Schwanzamputation bei jungen Kälbern fanden TOM et al. (2002a) im Vergleich zu nicht amputierten Kälbern eine signifikant höhere Konzentration des Plasmakortisols bei 60 Minuten nach Anbringung des Gummiringes. EICHER et al. (2000), SCHREINER und RUEGG (2002) und PETRIE et al. (1996) konnten hingegen bei Kälbern keinen signifikanten Anstieg der Kortisol-Konzentration nach Schwanzamputation mittels eines Gummiringes im Vergleich zu nichtamputierten Kontrolltieren feststellen.

Neben der Messung im Blutplasma ist Kortisol auch beim Rind im Speichel bestimmbar und wurde bereits in einer Studie zur Enthornung angewendet. MEHNE et al. (2013) verglichen diesbezüglich Speichelproben 15 Minuten vor, direkt nach sowie 45 Minuten und 24 Stunden nach Hornanalgenentfernung mittels Brenneisen. Die vier Behandlungsgruppen umfassten eine ohne Analgesie enthornte Gruppe (1), zwei mit verschiedener Analgesie enthornte Gruppen (2 und 3), sowie eine nicht enthornte Kontrollgruppe ohne Analgesie (4). Die Analgesie-Gruppen erhielten Xylazin, Meloxicam und lokal Eisspray (2) oder Xylazin, Meloxicam und eine Leitungsanästhesie (3). 45 Minuten nach Enthornung zeigte Gruppe 1 signifikant höhere Kortisolwerte als alle anderen Gruppen und Gruppe 2 signifikant höhere Werte als Gruppe 3. Gruppe 4 zeigte keine signifikanten Unterschiede zu den beiden Letzteren.

5.2. Substanz P-Untersuchungen nach haltungstechnischen Eingriffen

Substanz P wurde bisher noch nicht im gleichen Umfang am Tier getestet wie Kortisol. Beide Stoffe sind Marker für Stress und Schmerz (DEVANE, 2001), jedoch ist es bei Kortisol oft schwierig zu differenzieren, ob eine Erhöhung tatsächlich durch Schmerz stimuliert wurde oder durch Handling wie Blutabnahme, Transport, Fütterung oder Ähnlichem. Auch diese Faktoren allein sind im Stande, zu einer beträchtlichen

Erhöhung der Werte zu führen (LESTER et al., 1991a; MOLONY und KENT, 1997). Substanz P hingegen ist Teil der Nozizeptions-Signalübertragung und steigt infolge eines Schmerzreizes wesentlich deutlicher an als zum Beispiel durch Handling. Die Vermutung, dass Substanz P-Plasmakonzentration dazu dienen könnte, zwischen Schmerz und anderen Stressursachen zu unterscheiden, bestätigten COETZEE et al. (2008) in einer Studie zur Schmerhaftigkeit der Kastration bei Mastkälbern. Die mittlere Plasmakonzentration von Substanz P war nach Kastration ($506,43 \pm 38,11$ pg/ml) signifikant höher als bei Kälbern der Kontrollgruppe ($386,42 \pm 40,09$ pg/ml), während die durchschnittliche Veränderung des Plasmakortisol beinahe identisch war ($78,88 \pm 10,07$ nmol/l und $73,01 \pm 10,07$ nmol/l).

Generell wird von der Arbeitsgruppe um J. F. Coetze seit 2007 Pionierarbeit bezüglich der Verwendung des Neuropeptids als Schmerzmarker beim Rind geleistet, die auch bei anderen Tierarten Bedeutung findet. Mehrere Studien zur Schmerhaftigkeit der Enthornung und Kastration von Kälbern, prophylaktischer Schwanzamputation beim Ferkel, sowie zu Transport, Elektroejakulation und Pneumonien beim Rind wurden bis Anfang 2018 veröffentlicht.

Die Studien zur Enthornung lassen sich anhand der Enthornungsmethode, dem Alter der Kälber und der angewandten Analgesie unterscheiden. Bei jungen Kälbern wurde die Hornanlage jeweils mit einem elektrischen Brennstab entfernt (ALLEN et al., 2013; STOCK et al., 2015; STOCK et al., 2016; KLEINHENZ et al., 2017), bei älteren mit Hilfe einer scharfen Enthornungszange bei darauffolgender Verödung der blutenden Gefäße (COETZEE et al., 2012; GLYNN et al., 2013). Auf ihre analgetische Wirksamkeit wurden verschiedene, i. v., p. o. oder transdermal verbreichte Analgetika überprüft. In der Hälfte der Studien zeigte sich bei der jeweils ohne Analgesie verbleibenden Kontrollgruppe eine signifikant höhere Substanz P-Konzentration im Blut, als bei den Vergleichsgruppen mit Analgesie (COETZEE et al., 2012; ALLEN et al., 2013; GLYNN et al., 2013).

In Bezug auf die Schmerzreaktion nach Kastration männlicher Kälber mittels verschiedener Techniken sowie teilweise in Verbindung mit Analgesie fanden mehrere Studien statt, welche unter Anderem Substanz P untersuchten (COETZEE et al., 2008; DOCKWEILER et al., 2013; REPENNING et al., 2013; MINTLINE et al., 2014). In einer der Studien (COETZEE et al., 2008) zeigte sich nach chirurgischer Kastration

ohne systemische Analgesie oder Lokalanästhesie im Vergleich zu einer unkastrierten Kontrollgruppe eine signifikant höhere mittlere Substanz P-Konzentration im Blutplasma. Die ebenfalls bestimmten Kortisolwerte zeigten im Gegensatz dazu keinen Unterschied zwischen den Gruppen. Zudem zeigte sich eine Korrelation der erhöhten Substanz P-Werte mit gleichzeitig auftretenden, abweichenden und für Schmerz sprechenden Verhaltensweisen.

6. Schmerzbeurteilung nach Schwanzamputation beim Rind anhand von Verhaltensparametern

Nach PRUNIER et al. (2013) hat die Messung von Verhaltensparametern das beste Potential für die Früherkennung von Schmerz. Es werden fünf Hauptkategorien beschrieben, in welche sich von Schmerz beeinflusstes Verhalten aufteilen lässt. (1) Vermeidungs- und Abwehrverhalten, (2) Lautäußerungen, (3) Verhaltensweisen in Richtung der schmerzhaften Bereiche, (4) Haltungen und Verhalten, welche die schmerzhaften Bereiche entlasten, sowie (5) generelle Veränderungen in der Aktivität der Tiere.

6.1. Aktivität/ Unruhe

Die am häufigsten beobachtete Verhaltensabweichung nach Schwanzamputation ist Unruhe, sie wurde erstmals in einer Studie von PETRIE et al. (1995) hervorgehoben. SCHREINER und RUEGG (2002) unterschieden in ihrer Studie zwischen jüngeren (7-21 Tage alt) und älteren Kälbern (22-42 Tage alt). Die schwanzamputierten älteren Kälber zeigten nach Amputation signifikant mehr Ruhelosigkeit als gleich behandelte jüngere Kälber, aber auch als Kontrolltiere gleichen Alters. EICHER und DAILEY (2002) beobachteten während einer zweistündigen Überwachungsperiode nach der Amputation einen reduzierten Anteil von im Liegen und einen erhöhten Anteil von stehend oder laufend verbrachter Zeit bei drei Wochen alten schwanzamputierten Kälbern im Vergleich zur Kontrollgruppe. Diese Beobachtungen decken sich auch mit den Ergebnissen von TOM et al. (2002a). Hier fand sich bei den 7 - 17 Tage alten, schwanzamputierten Kälbern eine erhöhte Frequenz von Liegen und Stehen am Tag der Behandlung. Außerdem zeigt die Amputationsgruppe an den Folgetagen einen geringeren Anteil der Liegezeit in autoauskultatorischer Position, der natürlichen Ruheposition junger Kälber (Brustlage mit zur Seite gelegtem Kopf), im Vergleich zu den Kontrolltieren. In der zum Zeitpunkt der Recherche aktuellsten Studie von KROLL

et al. (2014a) wurde nach Schwanzamputation mit Hilfe einer großen Schere das Aktivitätsverhalten der Versuchstiere mit Accelerometern aufgezeichnet. Mit Hilfe der durch diese Geräte gewonnenen, lückenlosen Bewegungsdaten konnte eine genauestmögliche Auswertung erfolgen. An sechs der insgesamt 12 Aufzeichnungstage (Tag 0, 3, 4, 9, 10, 13) zeigte die schwanzamputierte Gruppe signifikant ($P < 0,05$) mehr Aktivität als die Kontrollgruppe. An den restlichen sechs Tagen zeigte sich eine ähnliche Tendenz, jedoch ohne signifikanten Unterschied ($P < 0,1$). Die Amputationsgruppe tat sich 75 % der Zeit zusätzlich mit einer signifikant höheren Schrittzahl und innerhalb der ersten Tage nach Amputation signifikant höheren Frequenz der Liegeperioden bei gleichzeitig geringerer Dauer dieser Perioden hervor.

6.2. Bewegungen in Richtung Hinterhand und Schwanz

Nach Schwanzamputation wurde ebenfalls auffällig und mehrfach ein vermehrtes Umsehen in Richtung Hinterhand bzw. Schwanz beobachtet, das teilweise mit Benagen oder Belecken des Schwanzes einherging. Ältere schwanzamputierte Kälber von SCHREINER und RUEGG (2002) verbrachten mehr Zeit damit sich zu ihrer Hinterhand umzusehen als gleichaltrige Tiere der Kontrollgruppe. EICHER und DAILEY (2002) legten eine Kopf-zu-Schwanz-Bewegung als spezifische Schmerzindikator-Bewegung fest und beobachteten diese innerhalb der zweistündigen Aufzeichnung nach Behandlung bei amputierten Kälbern fast achtmal so häufig wie bei nicht amputierten Tieren. An Tag 0 zeigten die schwanzamputierten Tiere bei KROLL et al. (2014a) mehr Kopf-zu-Schwanz Bewegungen als die Kontrolle, an Tag 1 und 2 zeigte sich ein entgegengesetztes Ergebnis. Signifikant vermehrtes Benagen und Belecken des Schwanzes nach dem Anlegen der Gummiringe an Tag 0, 1 und 5 stellten TOM et al. (2002a) im Vergleich zu einer Kontrollgruppe mit intaktem Schwanz sowie zu einer Tiergruppe fest, die mit einem Amputationseisen behandelt wurden.

6.3. Schwanzposition und Bewegung

Nach Schwanzamputation bei laktierenden Kühen beobachteten TOM et al. (2002b) Auswirkungen auf Bewegung und Haltung des Schwanzes. Die amputierten Tiere zeigten am selben und in den folgenden Tagen weniger Schwanzschütteln als die Kontrollgruppe. Außerdem hielten weniger von ihnen am Tag der Amputation ihren Schwanz in einer erhobenen Position, die bei einer Mehrheit der nicht amputierten Tiere beobachtet wurde. An Tag 6 nach dem Eingriff pressten schwanzamputierte Kühe ihren

Schwanz öfter und länger an den Körper. Diese Verhaltensweisen beschränken sich nicht nur auf adulte Rinder, sondern wurden von EICHER und DAILEY (2002) auch für Kälber nachgewiesen. Die schwanzamputierten Kälber zeigten eine geringere Frequenz von Schwanzbewegungen zur Fliegenabwehr als Kälber der Kontrollgruppe. In der Studie von KROLL et al. (2014a) wurden an Tag 0 ($P < 0,05$) und 1 ($P < 0,01$) amputierte Tiere signifikant häufiger dabei beobachtet, mit dem Schwanz zu zucken als Kontrolltiere. An Tag 0 war ein Schwingen des Schwanzes bei der Kontrollgruppe häufiger zu beobachten ($P < 0,05$), an Tag 3 bei der Amputationsgruppe ($P < 0,001$).

7. Chronischer Schmerz nach Amputation

Neben dem akuten, postoperativen Schmerz sind nach Gliedmaßenamputationen auch Langzeitfolgen bekannt. Für den chronischen oder persistierenden Schmerz sind hier beim Menschen in der Literatur Prävalenzen von 51 % bis 85 % für Phantomschmerz, sowie 45 % bis 74 % für Stumpfschmerz beschrieben (KENT et al., 2017). Beim Großteil der Patienten tritt der Schmerz chronisch, episodisch, kurzzeitig und mit mittlerer Intensität auf, bei 30 % der Patienten jedoch auch mit starker Intensität (EHDE et al., 2000).

In Bezug auf chronischen Schmerz nach Schwanzamputation beim Rind, vergleichbar mit Phantom- und Stumpfschmerzen nach Gliedmaßenamputation beim Menschen, existieren bisher nur vereinzelte wissenschaftliche Arbeiten. In Versuchen zeigten sich jedoch bereits Hinweise auf ein solches Geschehen (EICHER et al., 2006; TRONCOSO et al., 2018). Analog zu Menschen mit amputierten Gliedmaßen, die unter chronischen Amputationsschmerzen leiden, zeigten hier schwanzamputierte Kalbinnen erhöhte Temperaturempfindlichkeit am Amputationsstumpf.

Stumpfschmerzen entstehen unter anderem durch die Bildung von Neuromen im Amputationsstumpf. Hierbei handelt es sich um sehr sensible Aufreibungen an Nervenstümpfen, welche sich innerhalb weniger Wochen nach Verletzung oder bei chronischer Irritation eines Nervs bilden können (HENROT et al., 2000). Diese Veränderungen prädisponieren beim Menschen zudem für das Auftreten von Phantomschmerzen (RAJPUT et al., 2012) und konnten nach Amputation auch schon beim Tier nachgewiesen werden. Hier sind Lämmer (FRENCH und MORGAN, 1992), Schweine (SIMONSEN et al., 1991; HERSKIN et al., 2015) und Hunde (GROSS und CARR, 1990) nach Schwanzamputation zu nennen, sowie Schnabelspitzen-amputiertes

Geflügel (BREWARD und GENTLE, 1985). Auch beim Rind ergaben sich nach Schwanzamputation bereits Hinweise darauf (BARNETT et al., 1999; EICHER et al., 2006), welche jedoch bisher nicht gesondert publiziert wurden.

III. MATERIAL UND METHODEN

1. Allgemeines

Der Tierversuch mit der Kurzbezeichnung „Schwanzamputations-Studie“ und Aktenzeichen-Nr. 55.2-1-54-2532-163-2016 des Tierversuchsantrags wurde von und an der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der LMU München durchgeführt. Ziel des Versuches war eine Evaluation der Schmerhaftigkeit prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation bei Mastbullenkälbern. Der erste von insgesamt acht Versuchsdurchläufen begann am Montag, den 22.5.2017, der letzte endete am Mittwoch, den 18.10.2017. Etwa alle zwei Wochen startete in diesem Zeitraum ein neuer Versuchsdurchgang.

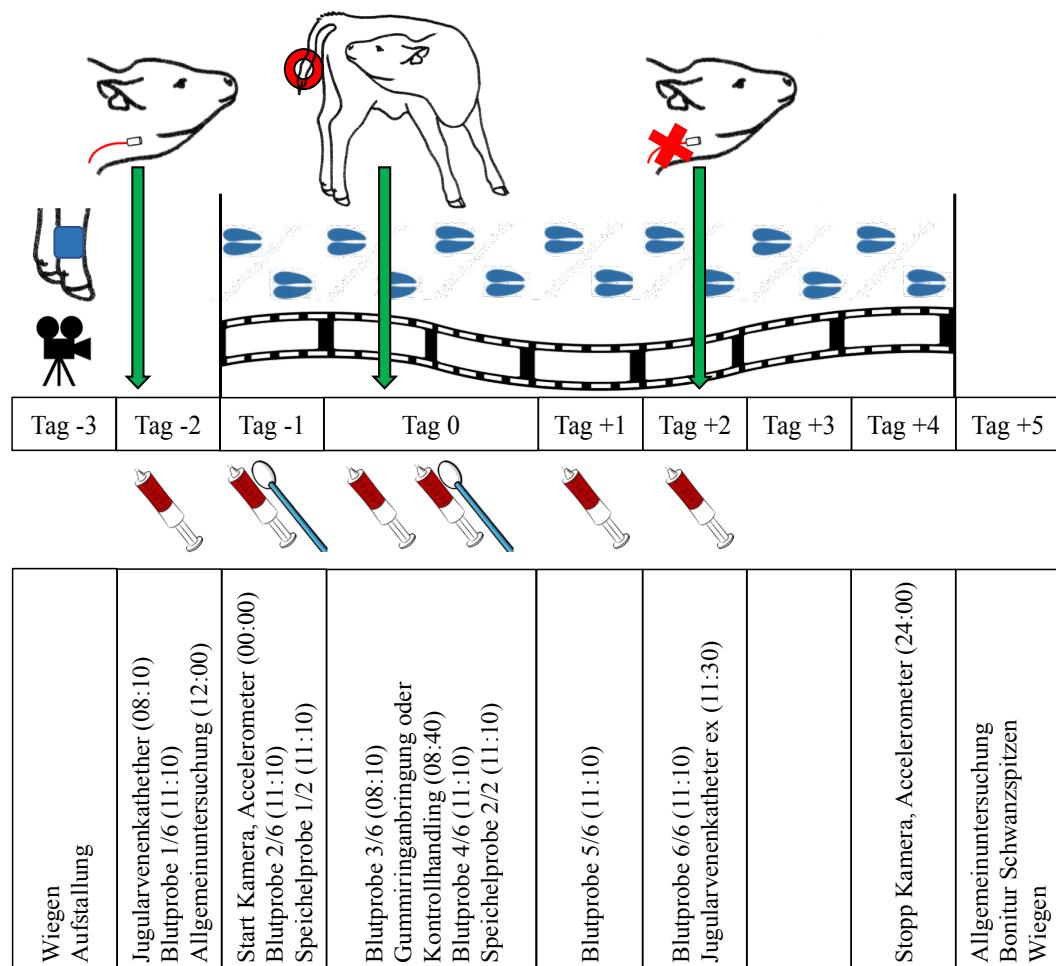


Abbildung 3: Übersichtsskizze zum Versuchsablauf der Studie zur Evaluation der Schmerhaftigkeit prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation bei Mastbullenkälbern

In jedem Durchgang wurden zwei Kälber aufgestellt und durchliefen gemeinsam den Versuch. Bei einem der beiden Kälber erfolgte eine Schwanzspitzenamputation mittels Gummiring, das andere Kalb diente als Kontrolle ohne den Eingriff. Der Versuchsablauf kann Abbildung 3 entnommen werden und wird in den folgenden Abschnitten detailliert ausgeführt.

2. Vorbereitende Tests

2.1. Überprüfung der Accelerometer

Da die genutzten Accelerometer ursprünglich nicht für Kälber, sondern für ausgewachsene Tiere entwickelt wurden, musste vorab sichergestellt werden, dass sie auch für die zwei Monate alten Versuchskälber einwandfrei aufzeichnen. Hierfür wurde vorab einem Kalb diesen Alters zweimalig für jeweils eine Stunde ein Gerät angelegt und gleichzeitig beobachtet und händisch notiert, wann das Kalb steht und liegt. Die Ergebnisse zeigten beinahe perfekte Übereinstimmung. Die geringe Abweichung ist darauf zurückzuführen, dass das Gerät auch die sehr kurzen Geh-Perioden aufzeichnet, während dies händisch nicht zu quantifizieren war.

2.2. Einrichten der Videoaufzeichnung

Zur Einstellung des Equipments zur Videobeobachtung wurde zunächst für jeweils einen Tag und eine Nacht eine Auflösung von 320x240 (CIF) im Vergleich zu 640x480 (VGA) getestet. Obwohl erstere nur etwa die Hälfte an Speicherplatz benötigte war letztere optisch deutlich klarer und demzufolge besser auszuwerten. Deshalb fiel die Wahl auf die höhere Auflösung.

2.3. Entwicklung der Speichelprobenahme

Für die Speichelprobenahme wurden Salivetten® der Firma Sarstedt verwendet. Eine Einwirkdauer von 60 sec. stellte sich bei auf der Watte kauendem Probanden als ausreichend heraus. So war eine Probemenge von circa 1-2 ml Speichel pro Salivette gewinnbar, wobei das Kauen auf dem stabilen Röllchen für ideale Durchweichung sorgte, ohne es dabei zu beschädigen.

3. Versuchstiere

Für den Versuch wurden männliche Kälber der Rasse deutsches Fleckvieh und Fleckvieh-Kreuzungen verwendet. Alle Tiere stammen aus eigener Nachzucht der, der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung direkt benachbarten

Milchkuhherde des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim. Im Herkunftsbetrieb wurden sie in der zweiten oder dritten Lebenswoche unter Sedation sowie lokaler und systemischer Analgesie enthornt. Des Weiteren wurden die Kälber vor Versuch in der 2., 6. und 10. Lebenswoche gegen Rindergrippe sowie in der 4. und 6. Lebenswoche gegen Trichophythie geimpft. Nach dem Versuch wurden sie, nach einer erneuten Allgemeinuntersuchung wie alle männlichen Kälber des Herkunftsbetriebs, an einen kommerziellen Mastbetrieb abgegeben.

3.1. Auswahl- und Ausschlusskriterien

Neben den Grundvoraussetzungen wie Rasse, Alter und Geschlecht war es, um einer Verfälschung der Ergebnisse entgegenzuwirken wichtig, nur gesunde Tiere in den Versuch einzubeziehen. Aus diesem Grund erfolgte bereits an Tag -6 in der Vorwoche des Versuches im Herkunftsbetrieb eine klinische Untersuchung der ausgewählten Tiere. Nach Einstallung der Tiere an der Klinik wurde diese Untersuchung zum Ausschluss bestehender bzw. eingetretener neuer Erkrankungen wiederholt, zudem wurde eine Blutprobe zur Laboranalyse entnommen. Nicht in den Versuch genommen wurden Tiere mit einer Körpertemperatur außerhalb der Normwerte, Durchfallerkrankungen, mittel- bis hochgradigen Lungenveränderungen oder Hinweisen auf Nabelerkrankungen.

3.2. Abbruchkriterien

Bei unerwartet hoher Belastung der Tiere durch die Amputation oder auftretende Begleiterkrankungen sollte der Versuchsdurchgang abgebrochen werden. Bei Letzteren könnte es sich beispielsweise um Durchfall- oder Atemwegserkrankungen handeln, welche durch stressbedingte Herabsetzung der Immunabwehr auftreten können. Von Tag -2 bis Tag +2 wurde bei der täglichen Blutprobennahme der Allgemeinzustand der Kälber überprüft. Hierfür wurde eigens ein sogenanntes „Score Sheet“ erarbeitet und die Kriterien Verhalten, Körperhaltung, Hydratationsstatus und Atmung damit beurteilt (Tabelle 2 im Anhang). Vorab definierte Ausprägungen der Kriterien wurden je nach Stärke der Belastung des Tieres bewertet. Dies ergab für jedes Kriterium einen Einzelscore, so wie durch Summierung der Einzelscores einen Gesamtscore. Sollte zu einem der Zeitpunkte ein Einzelscore ≥ 3 oder der Gesamtscore ≥ 5 betragen, so wurde der Versuch für dieses Tier sofort abgebrochen und entsprechende Maßnahmen für das Wohl des Tieres ergriffen (Tabelle 3 im Anhang).

3.3. Aufstellung

Die Kälber wurden während des Versuchs in einem Stallzelt an der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung untergebracht. Das Zelt mit rechteckiger Grundfläche der Maße 3580 cm x 3000 cm ist zu den Seiten mit Metallgattern auf Höhe von 2200 cm begrenzt, wobei diese zusätzlich zur Wetterseite mit stabilen, wasser- und winddichten Planen abgeschlossen sind. Die nicht mit Planen verschlossenen Seiten sorgen für Luftaustausch und für Aussenklima im Abteil. Das Zelt besitzt ein Satteldach mit einer Firsthöhe von 3300 cm. Das Dach ist ebenfalls mit stabiler, wasser- und winddichter Plane gedeckt und fällt zu den Seiten auf eine Höhe von 2200 cm zu den Seitenwänden hin ab. Der planbesetzte Betonboden mit Drainagespalten war immer etwa 10 cm dick mit Stroh eingestreut. Zur Versorgung der Tiere war ein Futtertrog für die Totale Mischnahrung (TMR) sowie eine stabile Plastik-Wasserwanne als Tränke installiert. Da es sich um noch nicht von der Milch abgesetzte Kälber handelte, waren an eine offene Seite des Gatters Haken für zwei, von außen einhängbare Milch-Tränkeeimer angebracht.

3.4. Pflege und Versorgung

Um die Pflege und Versorgung der Tiere kümmerten sich Tierpflegerinnen und Tierpfleger der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung.

Täglich zwischen 7:00 und 8:00 Uhr wurden Kot und verschmutztes Stroh entfernt und der Stall mit sauberem Stroh eingestreut. Im Anschluss wurde die Futterraufe mit Kälber-Trocken-TMR nach Bedarf aufgefüllt, sowie das Trinkwasser komplett erneuert. Die TMR (Abbildung 22 im Anhang) sowie Trinkwasser standen den Kälbern ad libitum zur Verfügung.

Dreimal täglich erhielten die Kälber analog zu ihrer Versorgung vor Einstallung an der Klinik eine Milchaustauschertränke (50 % Magermilchpulveranteil, 125 g MAT/1 l Wasser) in individueller und gewohnter Menge. Je nach Alter betrug diese Menge etwa 2,5 l je Mahlzeit. Angeboten wurde die Tränke jeweils um 07:00, 13:00 und 19:00 Uhr. Die Qualität der Tränkeaufnahme wurde beurteilt und bei mäßigem oder schlechtem Trinken die Menge des Verzehrs gemessen.

Zur Prävention von Durchfallerkrankungen durch Kokzidien erhielt jedes Kalb am Ankunftstag 1 ml/2,5 kg Körpergewicht Diclazuril (Vecoxan® 2,5 mg/ml, FA Elanco) p. o..

4. Versuchsaufbau

4.1. Doppelblindstudie

Die Studie war doppelt verblindet und randomisiert geplant. Zur doppelten Verblindung erfuhren zum einen die Kälber beider Gruppen identisches Handling. Zum anderen hatte auch die Beobachterin (Doktorandin) während der Versuchsdurchführung und Auswertung keine Information über die Gruppenzugehörigkeit des Einzeltieres.

Kälber aus der Kontrollgruppe durchliefen an Tag 0 statt des Anlegens des Gummirings ein Kontrollhandling an derselben Stelle. Vorab wurden an Tag -2 auch bei beiden Gruppen die untersten 3 cm der Schwanzspitze ausgeschoren und makroskopisch begutachtet. Die Gruppenzugehörigkeit zu Amputations- oder Kontrollgruppe, im Folgenden mit Gruppe a und k bezeichnet wurde zur Randomisierung an Tag 0 morgens von einer Tierärztin/ einem Tierarzt der Klinik gelöst. Die Ohrmarkennummern in Verbindung mit der Gruppenzugehörigkeit wurden im Anschluss von dieser Person notiert und die Aufzeichnung versiegelt. Das Anlegen des Gummirings wurde ebenfalls von der Person durchgeführt, die vorab die Gruppenzugehörigkeit gelöst hatte. Der Gummiring wurde so am ausgeschorenen Ende des Schwanzes angebracht, dass der proximale Teil der Schwanzquaste darüber lag. Somit war er für die Doktorandin auch bei Laborprobennahme und späterer Videobeobachtung nicht sichtbar. Nach Ende der Versuchsphase (Tag +5) beurteilte eine Tierärztin/ein Tierarzt der Klinik die Schwänze der Tiere. Die Doktorandin hatte vor Beendigung der Verhaltensbeobachtung anhand der Videos und Bewegungszähler keinen Einblick in die Aufzeichnungen zu Gruppenzugehörigkeit und Beurteilung der Schwanzspitzen.

Um auszuschließen, dass Alter und Enthornungszeitpunkt einen Einfluss auf die Ergebnisse hatten wurde mittels T-Test überprüft, ob diesbezüglich ein Unterschied zwischen den Gruppen bestand. Für beide Größen lag kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vor. So waren die Kälber der Amputationsgruppe zum Zeitpunkt der Aufstellung $64 \pm 6,69$ Tage alt, die Kälber der Kontrollgruppe $63 \pm 5,93$ Tage. Der Abstand von der Enthornung zur Aufstellung zum Versuch an Tag -3 betrug in Gruppe a $48,33 \pm 7,1$ Tage, in Gruppe k $47,33 \pm 6,98$ Tage.

4.2. Schwanzspitzenamputation mittels Gummiring

Die Amputation der Schwanzspitze erfolgte durch Anlegen elastischer Gummiringe um das bindegewebige Schwanzendstück. An Tag -2 wurde der Bereich von der Spitze bis

3 cm oberhalb ausgemessen und ausgeschoren, um einen definierten Sitz des Gummiringes zu gewährleisten. An Tag 0 um 8:40 Uhr wurde bei jeweils einem der beiden Kälber pro Versuchsdurchgang, das vorab Gruppe a zugelost wurde mit Hilfe einer zugehörigen Zange und nach Abmessung mit einem Maßband der Gummiring 3 cm oberhalb der Schwanzspitze um das Schwanzende angebracht (Abbildung 4). Das Kontrolltier, zugehörig zu Gruppe k wurde im Sinne eines Kontrollhandlungs für eine Zeitspanne, die der des Ring-Anlegens entsprach einer Scheinamputation unterzogen. Das Tier wurde ohne Anlegen eines Ringes an der Amputationsstelle manipuliert und vorab für den Eingriff gemeinsam mit dem anderen Tier mit einem Halfter fixiert. Nach Anlegen des Gummiringes bzw. dem Kontrollhandling durften die Tiere sich sofort wieder frei in der Box bewegen.



Abbildung 4: Anbringung des Gummiringes drei Zentimeter oberhalb der Schwanzspitze mit Hilfe einer Elastratorzange zur prophylaktischen Schwanzspitzenamputation beim MastbulLENkalb

4.3. Beurteilung des Schwanzes

Im Rahmen der Allgemeinuntersuchung an Tag -2 wurde auch die Schwanzspitze der Tiere ausgeschoren und dabei auf Verkrustungen, Verletzungen oder andere Auffälligkeiten begutachtet und dokumentiert. Nach Ende des Versuchszeitraums an Tag +5 erfolgte eine erneute Bonitur anhand eines Protokolls (Tabelle 6 im Anhang und Abbildung 5). Beurteilt wurden der Sitz des Gummiringes, sowie evtl. vorhandene Schwellungen, Atrophien, Rötungen oder sonstige Auffälligkeiten. Durchgeführt wurde diese Beurteilung nicht durch die Doktorandin/Beobachterin, sondern durch eine/einen andere/-n Tierärztin/Tierarzt der Klinik, um vor Beendigung der Verhaltensauswertung bezüglich der Gruppenzugehörigkeit verblindet zu bleiben.



Abbildung 5: Bonitur der Schwanzspitzen bei Versuchstier (links) und Kontrolltier (rechts) an Tag +5 nach Gummiringanbringung zur prophylaktischen Schwanzspitzenamputation beim MastbulLENkalb

4.4. Laborprobenentnahme und Verarbeitung der Blut- und Speichelproben zur Kortisol- und Substanz P-Bestimmung

4.4.1. Legen des Jugularvenenkatheters

Um das Legen des Katheters für die Tiere so stressfrei wie möglich zu gestalten wurden die Kälber vorab mit 0,1 mg Xylazin (Xylavet® 20 mg/ml, FA cp-pharma) pro kg Körpergewicht sediert. Das Medikament wurde intramuskulär in den M. triceps brachii appliziert. Nach Abliegen wurden die Kälber von einer Hilfsperson in Seitenlage auf dem Boden fixiert. Die Haut über der Jugularvene wurde geschoren (professionelle Akku Tierschermaschine, Moser® ARCO AnimalLine, FA Wahl GmbH) und anschließend mit Wasser, Seife und einer Einwegbürste gereinigt, dann mit Alkohol und Jodlösung entfettet und desinfiziert. Vor dem Legen des Venenverweilkatheters wurde eine Lokalanästhesie gesetzt. Im Sinne einer Infiltrationsanästhesie wurden 2 ml Procainhydrochlorid (Procasel-2 %® 20mg/ml, FA Selectavet) subkutan, sternförmig über der Jugularvene appliziert. Der Katheter (Cavafix Certo Splittocan® 335, FA BRAUN) wurde mit einer sterilen Schere auf 20 cm gekürzt. Diese Länge entspricht der Distanz zwischen Eintrittsstelle des Katheters und Apertura thoracis cranialis. Durch das Kürzen wird die passende Länge eingestellt und ein Vorschieben bis zur Herzbasis verhindert. Nach 10-minütigem Einwirken des Lokalanästhetikums wurde der Katheter entsprechend der Herstellerangaben vorgehend in die Vena jugularis eingebracht, mit 3 Hautheften fixiert, mit 0,9 %-iger Natriumchlorid-Lösung gespült und mit einem Mandrin verschlossen (Abbildung 6).



Abbildung 6: Mastbullenkalb mit frisch gelegtem Venenverweilkatheter in der linken Jugularvene zur Bestimmung von Schmerz- und Stressparametern im Blut nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation

4.4.2. Entnahme von Blutproben aus dem Jugularvenenkatheter

Zunächst wurde das Tier durch ein angelegtes Halfter am Stallgatter fixiert. Zur Entnahme von Blutproben für die Kortisol- und Substanz P-Bestimmung wurde vorab der Mandrin im Katheter entfernt, dann der Katheter mit 4 ml NaCl 0,9 % gespült. Mit einer Spritze wurden dann 10 ml Blut aufgezogen und dieses, möglicherweise durch das Spülen verdünnte Blut verworfen. Danach wurden für die Probe 4 ml Blut in einer Spritze aufgezogen und auf zwei EDTA-Probenröhrchen verteilt (Abbildung 7). Eines der beiden EDTA Röhrchen wurde vorab mit Aprotinin (9 μ l Aprotinin-PBS Lösung 55KIU/ μ l; Endkonzentration 250KIU/ml Blut) versehen. Es diente zur späteren Bestimmung von Substanz P.

Die Röhrchen wurden zudem vorab eindeutig mit der Kliniknummer des Tieres, Zeit und Datum beschriftet und nach der Beprobung sofort zur Kühlung auf Eis in einen Styroporbehälter gelegt und ins Labor gebracht.

4.4.3. Weiterverarbeitung der Blutproben

Die Blutproben wurden innerhalb einer Stunde nach der Entnahme im Labor, bei 4°C mit RCF 1600 für 15 Minuten zentrifugiert (ROTIXA 50 RF, FA Hettich Zentrifugen).

Danach wurde das abgetrennte Serum (circa 1 ml pro EDTA-Röhrchen) in vorbereitete und beschriftete 2 ml fassende Eppendorf Reaktionsgefäße pipettiert. Der Inhalt des

Aprotinin-EDTA-Röhrchens wurde zu gleichen Teilen von je circa 0,5 ml auf ein Eppendorf Reaktionsgefäß zur späteren Substanz P-Bestimmung und ein Eppendorf Reaktionsgefäß als Rückstellprobe aufgeteilt. Der Inhalt des EDTA-Röhrchens ohne Aprotinin (circa 1 ml) wurde zur späteren Kortisolbestimmung in ein drittes Eppendorf Reaktionsgefäß pipettiert (Abbildung 7). Alle befüllten Gefäße wurden bis zur Auswertung von November 2017 bis Januar 2018 bei -26°C tiefgefroren.

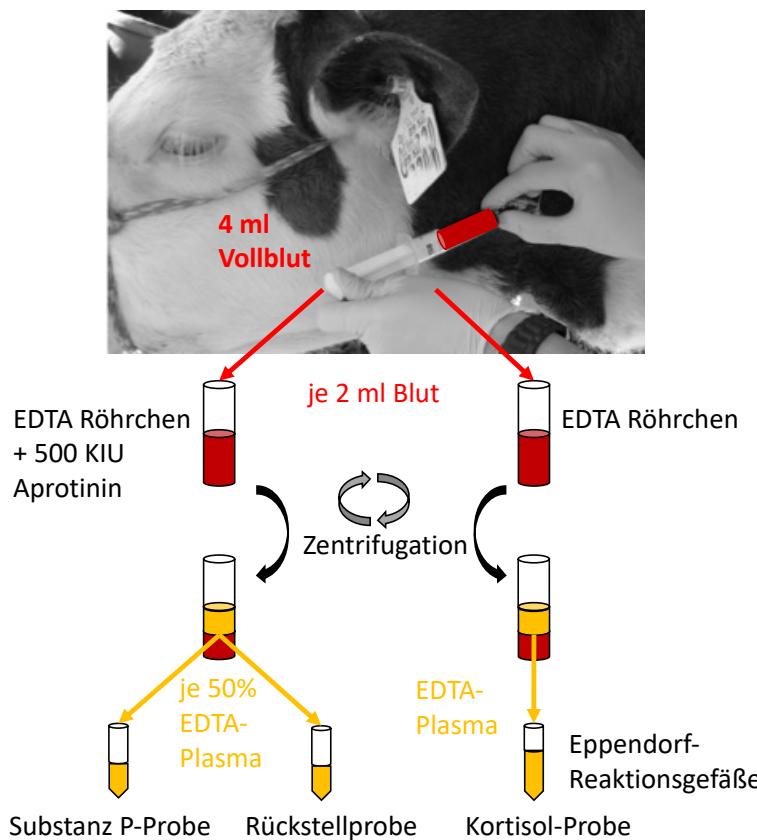


Abbildung 7: Weiterverarbeitung der Blutproben für die spätere Substanz P- und Kortisolbestimmung, als Schmerz- und Stressparameter nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation beim Mastbulleenkalb

4.4.4. Entnahme von Speichelproben

Zur Entnahme von Speichelproben zur Kortisol- und Substanz P-Bestimmung wurde vorbereitend das saugfähige Kunstfaserröllchen einer Kortisol Salivette® (FA SARSTEDT) mit einem 10 cm langen Seiden-Rückholfaden versehen (Silkam® white, USP 4, Metric 6, FA BRAUN/AESCLAP). Zur Probennahme wurden zwei Probenträgerröllchen nacheinander für jeweils eine Minute so ins Maul des Tieres gelegt, dass es darauf herumkauen konnte (Abbildung 8). Der Rückholfaden wurde dabei festgehalten, um das Trägerröllchen nach Ablauf der Zeit wieder aus dem Maul

entfernen zu können. Der vollgesogene Kunststoff wurde dann wieder in das dafür vorgesehene, vorab mit Ohrmarkennummer des Tieres, Zeit und Datum beschriftete Röhrchen geschoben und unter Kühlung ins Labor gebracht.



Abbildung 8: Zur Speichelprobengewinnung mit einem Rückholfaden versehene Salivette (links) und Probenträger mit fixiertem Rückholfaden im Maul eines darauf kauenden Maxstbullenkalbes (rechts) zur Bestimmung von Schmerz- und Stressparametern nach Gummiring-Schwanzspitzenamputation

4.4.5. Weiterverarbeitung der Speichelproben

Die je zwei Salivetten pro Tier mit darin enthaltenem, vollgesogenem Kunststoffröhrlchen wurden bei 20°C mit RCF 210 für 2 Minuten zentrifugiert (ROTIXA 50 RF, Hettich Zentrifugen). Der danach unten im Röhrchen angesammelte Speichel wurde in je ein vorab beschriftetes Eppendorf Reaktionsgefäß abpipettiert. Eines der beiden Eppendorf Reaktionsgefäße wurde dabei vorab mit 250KIU Aprotinin (4,5 µl einer Aprotinin-Lösung 55KIU/µl PBS) versetzt. In dieses Eppendorf Reaktionsgefäß wurde der Speichel zur späteren Substanz P-Bestimmung pipettiert. In das zweite Eppendorf Reaktionsgefäß, ohne Aprotinin, wurde aus der zweiten Salivette der Speichel für die spätere Kortisolbestimmung pipettiert. Alle befüllten Eppendorf Reaktionsgefäße wurden bis zur Auswertung in November 2017 bis Januar 2018 bei -26°C tiefgefroren.

4.4.6. Kortisol-Bestimmung im Blutplasma

Zur Bestimmung des Kortisolgehalts im Blutplasma wurde ein kommerziell erhältliches 96 Well Cortisol ELISA Kit (FA Enzo, Katalognummer ADI-900-071) verwendet. Das Auslesen der Platten und die Auswertung erfolgte mittels Microplate Reader (CLARIOstar, FA BMG Labtec) und der zugehörigen Software (MARS Analysis, FA

BMG Labtec).

4.4.7. Kortisol-Bestimmung Speichel

Zur Bestimmung des Kortisolgehalts im Speichel wurde ein kommerziell erhältliches 96 Well Salivary Cortisol ELISA-Kit (FA DRG, REF SLV-2930) verwendet. Laut Hersteller liegt der Messbereich zwischen 0,09 und 30 ng/ml. Das Auslesen der Platten erfolgte technisch analog zu den Platten zur Kortisolbestimmung im Plasma.

4.4.8. Substanz P-Bestimmung Blutplasma und Speichel

Für die Bestimmung von Substanz P in Blutplasma wurde jeweils das gleiche ELISA-Kit verwendet (FA Enzo, Katalognummer: ADI-901-018). Das Auslesen der Platten erfolgte technisch analog zu den Platten zur Kortisolbestimmung.

4.5. Verhalten

4.5.1. Aktivitätsmessung mittels Accelerometern

4.5.1.1. Accelerometer

Zur Aufzeichnung des Aktivitätsverhaltens wurden Bewegungsmessgeräte des RumiWatchSystems® der Firma ITIN + HOCH GmbH, Fütterungstechnik (RumiWatchPedometer mit Mirco USB-Dose, SanDisc® MicroSDHC 4GB, und Firmware Version 2.25 für Kuh) verwendet. Die Accelerometer zeichneten durchgehend das Liege-, Steh- und Gehverhalten der Tiere inklusive der Schrittzahl auf. Die Programmierung der Geräte sowie die Überwachung der Messung erfolgten mittels der zugehörigen Software RumiWatch Manager (Version 2.2.0.0). Zu Beginn der Eingangsuntersuchung an Tag -2 wurden die Pedometer lateral, direkt oberhalb des Fesselgelenks der linken Hintergliedmaße angebracht (Abbildung 9), an Tag +5 wieder entfernt. Mit Hilfe des mitgelieferten USB-Antennensticks (RumiWatchUSB-Reader 2.4 GHz) wurde eine tägliche Zusammenfassung der Bewegungsdaten ausgelesen und im Manager in Form von Tabellen und Diagrammen visualisiert. So wurde ein Überblick geschaffen und die Funktion des Systems überprüft. Zudem wurde täglich durch optische Kontrolle der Sitz des Geräts am Bein kontrolliert. Nach Ende jedes Versuchsdurchlaufs wurden die, auf den Geräten aufgezeichneten Rohdaten per USB Verbindung mittels der zugehörigen Software RumiWatch Manager ausgelesen und abgespeichert.



Abbildung 9: Accelerometer, lateral am linken Hinterbein eines Mastbullenkalbes angebracht zur Aufzeichnung von durch Schmerz oder Stress beeinflussten Aktivitätsparametern nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation

4.5.1.2. Auswertung der Aktivitätsparameter

Nach Ende aller Versuchsdurchgänge wurden die Accelerometer-Rohdaten mit der diesen zugehörigen Software RumiWatch Converter (Version 0.7.3.2) in Excel-Files konvertiert. Als Zeitintervalle wurden Tages-/24 h- und 1 h-Zusammenfassungen für alle Tage (Tag -1 bis +4) ausgegeben und abgespeichert. Die erzeugten Parameter waren die im Stehen verbrachte Zeit, die im Liegen verbrachte Zeit, die in Bewegung verbrachte Zeit, die Schrittzahl sowie die Summe der Aufsteh- und Ablege-Ereignisse.

4.5.2. Videobeobachtung

4.5.2.1. Videotechnik

Mit einer zentral über dem Stallabteil installierten DIS-Sensor Farbkamera, mit 1000 TVL Auflösung und 2,8 – 12 mm Objektiv (FA sygonix®) wurden die Videos aufgenommen (Abbildung 10).

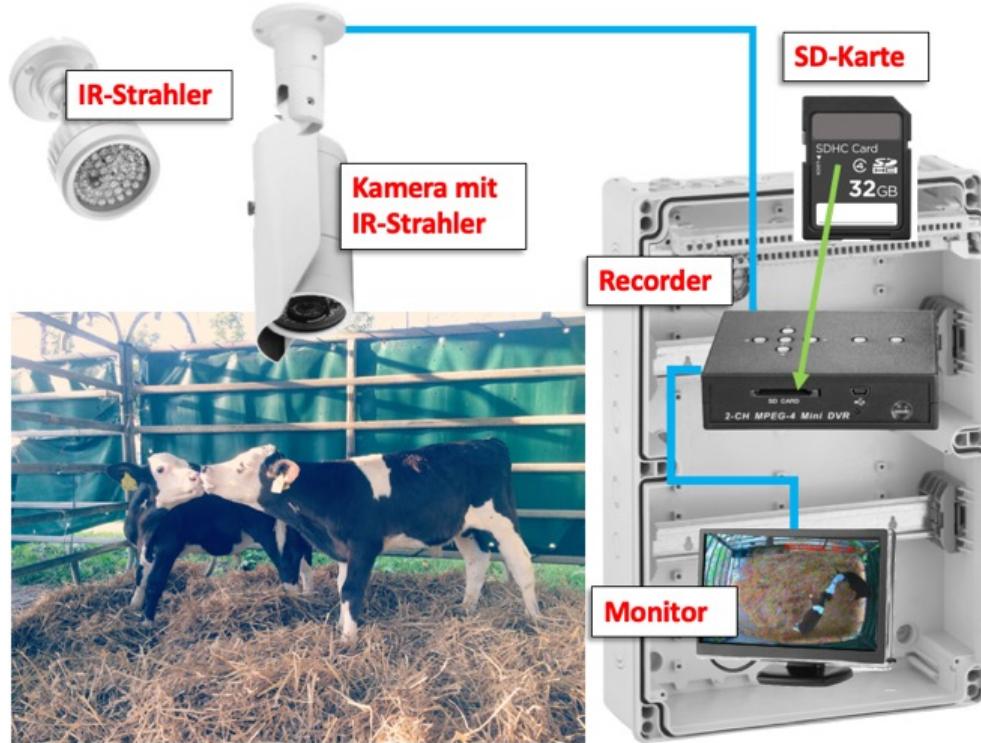


Abbildung 10: Schematische Darstellung der Videotechnik zur Verhaltensaufzeichnung von durch Schmerz oder Stress beeinflussten Verhaltensparametern nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation bei Mastbulenkälbern

Durch die in die Kamera integrierten Infrarot (=IR)-LEDs und den IR-Sensor (42 IR-LEDs, Reichweite max. 30 m) waren auch Nachtaufnahmen möglich. Wegen des aus der relativ geringen Aufhängenhöhe der Kamera von circa 3300 cm resultierenden, schmalen IR-Lichtkegels der Kamera wurde zur besseren Ausleuchtung ein zweiter IR-Strahler (sygonix® 48 IR-LEDs, Reichweite max. 50 m, Abstrahlwinkel ca. 45°) angebracht. Die Verarbeitung der Bilddaten erfolgte durch einen 2-Kanal SDHC-Digitalrecorder (FA renkforce®), welcher die Daten abwechselnd nach je 48 Stunden auf zwei manuell gewechselte 32 GB SD Karten (FA SanDisk® und Transcend®) speicherte. Um die Kamera einstellen zu können, konnte über einen verbundenen BNC/CVBS zu VGA Video Converter (FA WINGONEER®) zeitweise ein PC-Bildschirm angeschlossen werden. Um darüber hinaus auch während laufender Aufnahmen oder beim Wechsel der SD-Karten die Funktion überprüfen zu können wurde zudem ein kleiner, digitaler 4.3 Zoll TFT LCD Monitor (FA ePathChina®) fest

installiert. Da die Technik durch die Zeltbauweise Wind, Luftfeuchtigkeit und unter Umständen auch Niederschlag ausgesetzt sein konnte, musste die Installation wetterfest sein. Hierfür wurden alle empfindlichen Bauteile mit Ausnahme der wetterfesten Außenkamera (IP 65) und der verbindenden Kabel in einem verschließbaren Verteilerkasten (IP 65, FA Spelsberg Modell AK) installiert. Durch zugehörige Dichtelemente wurden auch die kabelführenden Austrittslöcher vor Feuchtigkeitseintritt geschützt.

4.5.2.2. Verhaltensbeobachtung anhand der Videoaufnahmen

Waren die Tiere aufgrund ihrer Fellzeichnung und -färbung nicht eindeutig und einfach voneinander zu unterscheiden, wurde eins der beiden aufgestallten Tiere an Tag -2 am Rücken mit einem farbigen Kreuz auf einer weißen Fellstelle markiert. Die Zeichnung, Färbung und gegebenenfalls die Markierung der Kälber wurde in Verbindung mit deren Ohrmarkennummer für die spätere Zuordnung festgehalten.

Zur Auswertung der Videodaten (Abbildung 11) wurde zunächst ein Ethogramm (Tabelle 4 im Anhang) für alle relevanten Verhaltensausprägungen erstellt. Als Basis sollten die wichtigsten physiologischen Verhaltensweisen aufgenommen werden, welche sich den Großteil des Tages abwechseln. Eine Ausnahme bildeten Aktivitätsparameter wie Liegen, Gehen und Stehen, da diese separat mittels der Accelerometer aufgezeichnet wurden. Genauere Betrachtungen kamen zudem entsprechend der Fragestellung dem Schwanz zu. Sowohl seine Position, Bewegungen, sowie Interaktion von Kopf und Schwanz beziehungsweise Kopf und Hinterhand waren von zentralem Interesse. Das Ethogramm sowie die zugehörige Definition der einzelnen Verhaltensweisen wurden spezifisch für die in unserem Versuch verwendete Kameraperspektive erstellt. In der Draufsicht zeigten sich Verhaltensweisen anders, als bei üblicher Betrachtung von der Seite. Die Definitionen entstanden soweit übertragbar auf Basis der Verhaltens-beobachtungskriterien von TOM et al. (2002a); KROLL et al. (2014a) nach Schwanzamputation bei Kalb. Es sollte für alle Tiere der Zeitraum von Tag -1 00:00 Uhr bis einschließlich Tag +4 24:00 Uhr ausgewertet werden. Daraus ergaben sich pro Versuchsdurchgang sechs Tage Videomaterial zu je 24 Stunden.

Da der Zeit- und Personalaufwand eine durchgängige Betrachtung und Auswertung der insgesamt 1059 Stunden Videomaterial nicht möglich machte wurde ein Auswertungsschema entworfen. Zu jeder vollen Stunde des sechstägigen Zeitraumes wurde ein fünfminütiges Intervall beobachtet, das sich jeweils auf 5 Minuten vor der

vollen Stunde erstreckte. Für beispielsweise 8:00 Uhr also von 07:55 Uhr bis 08:00 Uhr. Hierbei wurden langandauernde Verhaltensweisen mittels instantaneous scan sampling und kurzandauernde mittels continuous focal-animal sampling kontinuierlich erfasst (Tabelle 4 im Anhang). Bei Betrachtung der Videos wurden die Beobachtungen zunächst in ein dafür entwickeltes Handprotokoll (Tabelle 5 und Abbildung 23 im Anhang) eingetragen und die gewonnenen Daten im Anschluss digitalisiert.

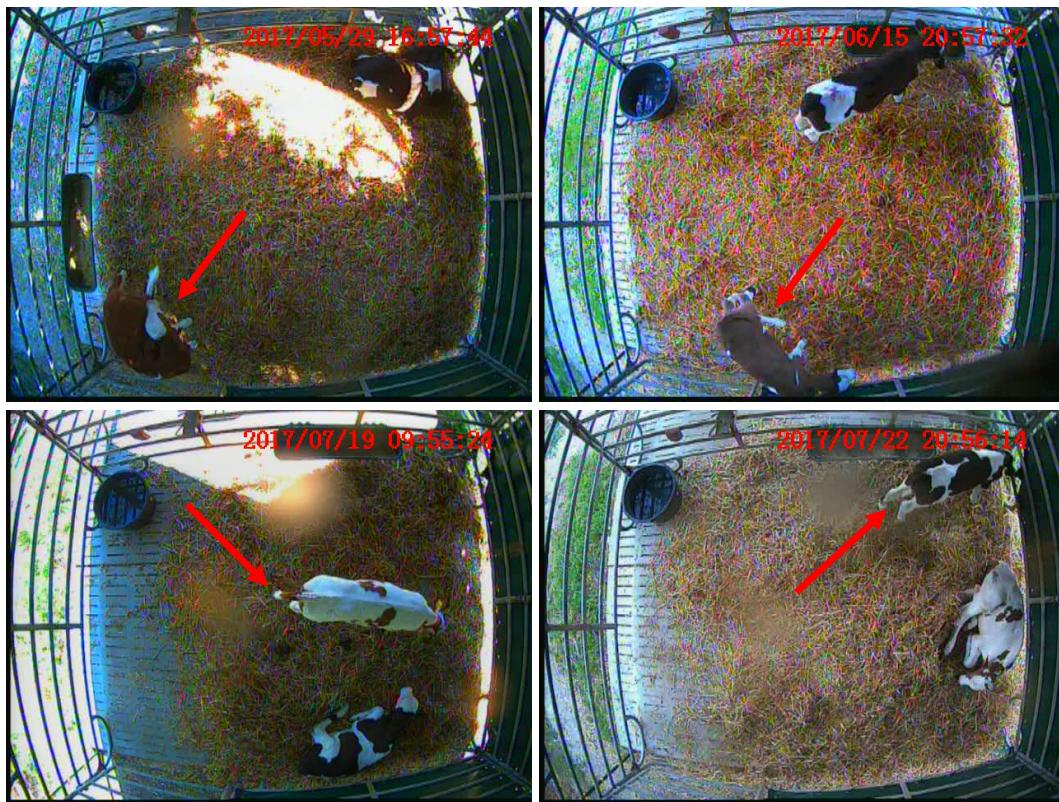


Abbildung 11: In der Videobetrachtung beobachtete Verhaltensweisen exemplarisch: am Schwanz knabberndes Kalb (links oben), mit dem Schwanz schlagendes Kalb (rechts oben), Kalb mit abgestellt getragenem Schwanz (links unten) und Kalb mit zwischen den Hinterbeinen eingeklemmtem Schwanz (rechts unten) nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation

4.5.2.3. Instantaneous scan sampling

Für das instantaneous scan sampling wurde zu Beginn des 5 Minuten-Intervalls ein Tier nach dem anderen für einen Moment betrachtet. Es wurde festgehalten, ob es auf den ersten Blick gerade wiederkaut, schläft oder andere nicht näher definierte Verhaltensweisen zeigt. Zudem wurde bei stehenden Tieren die Schwanzposition als locker getragen, abgestellt oder an den Körper gepresst bewertet (Abbildung 11). Bei liegenden Tieren konnte eine entsprechende Bewertung nicht vorgenommen werden.

4.5.2.4. Continuous focal animal sampling

Während der sich an die erste Momentaufnahme anschließenden fünf Minuten wurden die Verhaltensweisen beider Tiere nacheinander im continuous focal animal sampling beobachtet. Dafür wurde jede Videosequenz für die Betrachtung beider im Versuch befindlichen Tiere jeweils einzeln abgespielt. Es wurden Schwanzbewegungen, sowie Interaktionen des Kopfes mit dem Schwanz oder der hinteren Körperhälfte quantitativ erfasst (Abbildung 11), sowie kurz andauernde physiologische Verhaltensweisen qualitativ festgehalten. Letzteres umfasste die Beobachtungen, ob das Kalb in den fünf Minuten Futteraufnahme und/oder Wasseraufnahme zeigte, Körperpflege betrieb oder am Salzleckstein geleckt hatte.

5. Statistische Auswertung

Alle Daten wurden mittels Microsoft® Excel für Mac 2016 Version 16.16.5 und IBM® SPSS® Statistics 2017 Version 25 ausgewertet. Für die Umwandlung der Accelerometer-Rohdaten in Aktivitätsparameter wurde die zugehörige Software RumiWatch Converter (Version 0.7.3.2) verwendet.

5.1. Datensatz

Der Datensatz umfasste sechs Versuchsdurchgänge. Von den insgesamt acht durchgeführten Durchgängen wurden die Durchgänge 4 und 5 aus der Auswertung genommen. Bei Durchgang 4 musste der Versuch an Tag +1 um 11:00 Uhr wegen einer aufgetretenen Otitis media abgebrochen werden. Durchgang 5 wurde wegen deutlicher und langanhaltender Reduktion des Allgemeinbefindens nach Legen der Jugularvenenkatheter bei beiden Kälbern aus der Auswertung herausgenommen. Zusätzlich ging bei Durchgang 8 aufgrund eines technischen Problems das Videomaterial von Tag +2, 12:00 Uhr bis Tag +4, 10:00 Uhr verloren. Alle anderen Zeiträume wurden hier jedoch in die Auswertung integriert.

5.2. Statistische Datenanalyse

Das Signifikanzniveau α wurde auf 0,05 festgelegt. Damit wurden p -Werte $\leq 0,05$ als signifikant betrachtet.

5.2.1. Metrische Variablen

Zunächst wurden für alle gemessenen Variablen deskriptiv Median, Mittelwert, erstes und drittes Quartil sowie die Standardabweichung jeweils innerhalb der beiden

Behandlungsgruppen zu den einzelnen Zeitpunkten oder Intervallen bestimmt. Dann wurde für alle Parameter der zum Test auf Normalverteilung bei kleinem Stichprobenumfang ($N=12$, $n=6$) spezialisierte Shapiro-Wilk-Test durchgeführt.

Bei normalverteilten Parametern wurden jeweils Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STD) für die beiden Gruppen berechnet. Im Folgenden dargestellt in der Form „ $MW \pm STD$ “. Zur Auswertung der Daten wurde eine einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung angewandt.

Bei nicht normalverteilten Parametern wurden die Daten rangtransformiert und dann ebenfalls eine einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung angewandt (CONOVER und IMAN, 1981). Dargestellt wurden diese Daten mit Median, sowie erstem und drittem Quartil, im Folgenden in der Form „Median (1. Quartil/3. Quartil)“.

Der ANOVA mit Messwiederholung vorgeschalten wurde ein Mauchly-Test auf Sphärizität. Bei Ablehnung der Sphärizität wurde je nach Ausmaß der Verletzung der Sphärizität bei einem Greenhouse-Geisser- $\epsilon < 0,75$ die konservativere Greenhouse-Geisser-Korrektur vorgenommen, bzw. bei einem Greenhouse-Geisser- $\epsilon > 0,75$ die liberalere Huyn-Feldt-Korrektur.

Da eine ANOVA mit Messwiederholung bei unter $n=5$ aufgrund weniger Beobachtungen zu einzelnen Zeitpunkten die zugehörigen Tiere für alle Zeitpunkte ausgeschlossen hätte, wurden in diesen Fällen stattdessen univariate Tests durchgeführt. Dies erfolgte, um die vorhandenen Daten bestmöglich nutzen zu können und kam nur bei nicht normalverteilten Parametern vor. Hier wurde dann zum Vergleich der Gruppen zu den verschiedenen Zeitpunkten ein Mann-Whitney-U-Test angewandt, für den Vergleich der verschiedenen Zeitpunkte innerhalb der Gruppen ein Friedman-Test. Ergaben sich bei Letzterem Unterschiede, wurden diese mittels paarweisen Wilcoxon-Tests genauer lokalisiert.

5.2.1.1. Laborwerte

Bei den Laborwerten handelte es sich ausschließlich um metrische Daten. Für die Auswertung der Substanz P- und Kortisol-Plasmaproben wurde aus den erhaltenen Messwerten der Proben von Tag -2 (11:10 Uhr), -1 (11:10 Uhr) und 0/ Probe 1 (08:10 Uhr) ein Durchschnittswert als Basalwert berechnet. Mit diesem wurden die nach Anlegen des Gummiringes erhaltenen Plasmawerte von Tag 0/Probe 2 (11:10 Uhr), +1 (11:10 Uhr) und +2 (11:10 Uhr) verglichen. Die Speichelkonzentrationen von Kortisol

und Substanz P wurden an Tag -1 (11:10 Uhr) sowie an Tag 0 (11:10 Uhr) bestimmt. Somit lag zur Auswertung bezogen auf das Anlegen des Gummiringes an Tag 0 (08:00 Uhr) ein Vorher- und ein Nachher-Wert vor.

Die gewonnenen Werte für Kortisol im Blutplasma und im Speichel sowie für Substanz P im Blutplasma und im Speichel wurden zudem auf mögliche Korrelationen untereinander überprüft. Für die Beurteilung der Korrelationen wurde der Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient (rho) verwendet. Es wurde für jede Parameter-Kombination die Korrelation innerhalb der Gruppe (a respektive k), als auch gruppenübergreifend über alle 12 Tiere berechnet.

5.2.1.2. Aktivitätsdaten

Für die Auswertung der ausschließlich metrischen Aktivitätsdaten konnten die mittels des RumiWatch Converter erzeugten Excel-Files direkt verwendet werden.

Für die Tage - 1 bis + 4 wurden errechnete Stundendurchschnitte verglichen. Hier diente Tag -1 als Basalwert. Zudem wurden an Tag 0 die sieben Stundensummen zwischen 09:00 und 16:00 Uhr mit einem Basalwert verglichen. Als Basalwert diente der Durchschnitt der gleichen Stundensummen von Tag -1.

5.2.2. Kategoriale Variablen

Die kategorialen Variablen wurden für den Tagesvergleich zu Anteilen positiver Beobachtungen an den gesamten Beobachtungen am Tag umgewandelt. So konnten sie als metrische Variablen ausgewertet werden. Für den Vergleich der engmaschigeren Zeiträume an Tag 0 wurden die kategorialen Daten in Kreuztabellen, welche die Gruppen zu den Zeitpunkten gegenüberstellten, und dem exakten Test nach Fisher ausgewertet.

5.2.3. Verhaltensbeobachtungsdaten

Die Verhaltensbeobachtung lieferte metrische sowie kategoriale Daten. Diese wurden von Tag -1 bis +4 jeweils in einem 5-minütigen Beobachtungszeitraum zu jeder vollen Stunde gesammelt.

Für die metrischen Daten wurden die Durchschnittswerte pro Beobachtung für die Tage -1 bis +4 berechnet und verglichen. Tag -1 diente hier als Basalwert. Zudem wurden an Tag 0 sieben 5-minütige Beobachtungszeiträume nach Anlegen des Gummiringes um 09:00, 09:30, 10:00, 10:30, 11:00, 11:30 und 12:00 Uhr mit einem Basalwert verglichen. Letzterer berechnete sich aus dem Durchschnitt der gleichen Zeiträume an Tag -1.

Für die kategorialen Variablen der Videobeobachtung wurde von Tag -1 bis +4 zu jeder vollen Stunde ein 5-minütiger Zeitraum beobachtet und für jede Verhaltensweise jeweils ja/nein für beobachtet/nicht beobachtet notiert. Für den Vergleich der Tage wurden für die ja/nein-Beobachtungen die Anteile positiver Beobachtungen an den gesamten Beobachtungen am Tag berechnet. Eine positive Beobachtung bedeutete, dass die Verhaltensweise bei dieser Beobachtung vom Tier gezeigt wurde. Die Daten wurden somit in metrische Variablen umgewandelt und als solche ausgewertet. Dadurch wurde der, je nach Parameter unterschiedlichen Anzahl an überhaupt möglichen Beobachtungen Rechnung getragen, da zum Beispiel die Schwanzposition im Liegen nicht beobachtet werden kann. Zusätzlich zu den Tagesvergleichen wurden an Tag 0 nach Anlegen des Gummiringes von 09:00 bis 12:00 Uhr zu jeder halben Stunde 5-minütige Beobachtungen zwischen den Gruppen verglichen.

Die ursprünglich drei Kategorien zur Beurteilung der Schwanzposition wurden aufgrund der sehr geringen Beobachtungshäufigkeit durch meist im Liegen vorgefundene Kälber zudem in zwei Kategorien transformiert. So wurden abgestellte oder eingeklemmte Schwanzhaltung als abnormal und lockere Schwanzhaltung als normal klassifiziert. Somit hatten nunmehr alle kategorialen Daten zwei Kategorien.

5.3. Graphische Darstellung der Daten

Die Visualisierung der Daten erfolgte über gruppierte Boxplots mit der Clustervariable Gruppe. So konnten die beiden Gruppen a und k einander in einer Grafik zu allen ausgewerteten Zeitpunkten gegenübergestellt werden. Dabei wurden auf der x-Achse die Zeitpunkte und auf der y-Achse der untersuchte Parameter aufgetragen. Dargestellt im Boxplot sind der Median der Daten als Linie innerhalb der Box, sowie erstes und drittes Quartil der Daten als oberes und unteres Ende der Box. Zudem erstrecken sich von der Box aus nach oben und unten sogenannte „Whiskers“ um maximal das 1,5-fache des Interquartilsabstandes, jedoch nur bis zum letzten, innerhalb dieses Bereichs liegenden Wert. Werte, die außerhalb des 1,5-fachen liegen werden als Ausreißer mit Sternchen oder Punkten dargestellt. außerhalb stellen Ausreißer dar.

IV. ERGEBNISSE

1. Bonitur der Schwanzspitzen

In der Allgemeinuntersuchung an Tag -2 vor Versuchsbeginn zeigte sich bei keinem der Tiere eine Veränderung an der Schwanzspitze.

Zur Bonitur der Schwanzspitzen an Tag +5 saß bei allen, Gruppe a zugehörigen Tieren, der Gummiring noch an der Schwanzspitze. Bei fünf dieser sechs Tiere zeigte sich dabei proximal des Ringes eine gering- bis mittelgradige Schwellung des Gewebes. Alle sechs Tiere wiesen außerdem distal des Ringes eine geringgradige Atrophie der Schwanzspitze auf. Eine Rötung des umliegenden Gewebes distal und/ oder proximal des Gummiringes zeigte sich bei keinem der Tiere aus Gruppe a. In Gruppe k zeigte keines der Tiere an Tag +5 eine Veränderung an der Schwanzspitze.

2. Laborwerte

2.1. Plasmakortisol

Die vom Hersteller angegebene Standardkurve und Sensitivität des ELISA-Kits konnte in unserem Versuch nicht erreicht werden, daher wurde aus den erhaltenen Werten analog zum Vorgehen des Herstellers eine Sensitivität von 586,51 pg/ml berechnet. Diese liegt zwar höher als die vom Hersteller angegebene (56,72 pg/ml), jedoch fallen nur sehr wenige der erhaltenen Werte unter diese Grenze. Die erhaltene Sensitivität war somit ausreichend.

Es lag keine Normalverteilung der Daten vor, daher wurden sie zunächst rangtransformiert. Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigten auch die Baselines beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Messzeitpunkte war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant. Letzteres bedeutet, dass auch zu den Messzeitpunkten nach Anbringung des Gummiringes kein signifikanter Unterschied in der Höhe des Plasmakortisolos zwischen den beiden Gruppen bestand (Tabelle 7 im Anhang). An Tag 0, 2,5 Stunden nach dem Eingriff zeigte Gruppe a eine Plasmakortisol-Konzentration von 1337,92 (940,50/2661,04) pg/ml, Gruppe k von 1127,60 (597,71/3495,73) pg/ml.

2.2. Plasma-Substanz P

Für das ELISA-Kit, welches für die Substanz P-Bestimmung in Plasma und Speichel verwendet wurde, wurde im Labor der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung eine Sensitivität von 43,91 pg/ml erreicht. Diese liegt zwar höher, als die vom Hersteller angegebene (8,04 pg/ml), jedoch fällt keiner der erhaltenen Werte unter diese Grenze. Die erhaltene Sensitivität war somit ausreichend.

Die Daten waren normalverteilt. Der Gruppeneffekt war signifikant ($p = 0,045$). Gruppe a zeigte über alle Tage inklusive des Basalwerts höhere mittlere Substanz P-Plasmakonzentrationen als Gruppe k (Abbildung 12). Der Effekt der Messzeitpunkte war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant. Dies bedeutet, dass auch zu den Messzeitpunkten nach Anbringung des Gummirings kein signifikanter Unterschied in der Höhe der Substanz P-Konzentration im Plasma zwischen den beiden Gruppen bestand (Tabelle 8 im Anhang). An Tag 0, 2,5 Stunden nach dem Eingriff zeigte Gruppe a eine Plasma-Substanz P-Konzentration von $443,49 \pm 90,43$ pg/ml, Gruppe k von $366,84 \pm 96,41$ pg/ml.

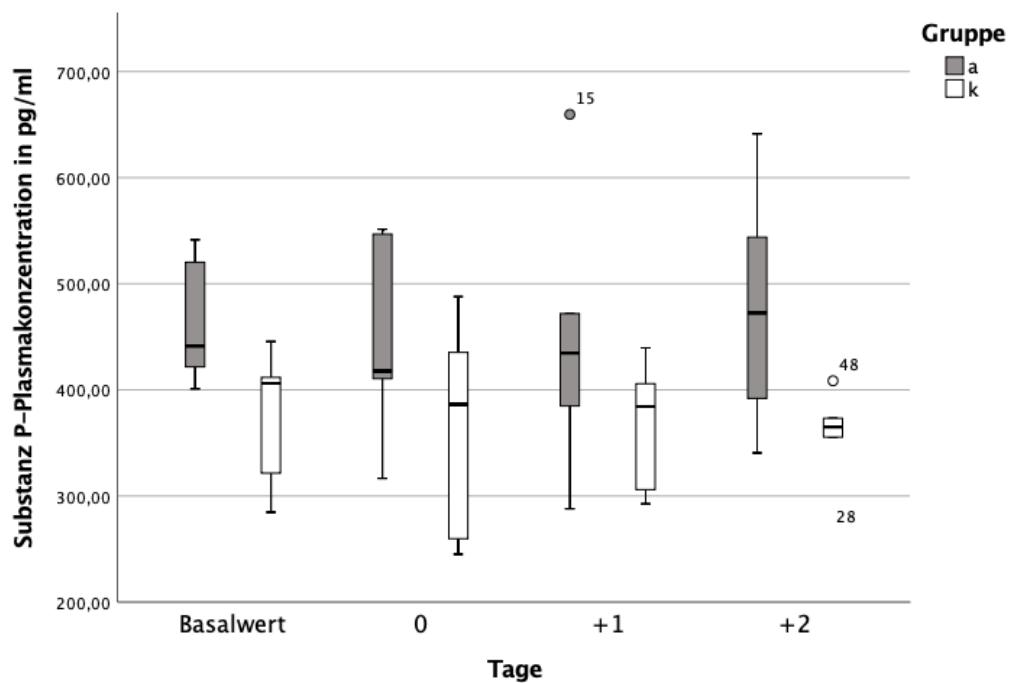


Abbildung 12: Substanz P-Plasmakonzentrationen der Amputationsgruppe „a“ und der Kontrollgruppe „k“ gemessen jeweils um 11:10 Uhr zur Schmerzbeurteilung nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation an Tag 0 (08:40 Uhr) beim Mastbullekalb

2.3. Speichelkortisol

Der vom Hersteller angegebene Messbereich liegt zwischen 0,09 und 30 ng/ml, die angegebene Sensitivität wurde von uns erreicht. Die Daten waren nicht normalverteilt, daher wurde eine Rangtransformation durchgeführt. Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte sich auch im Wert von Tag -1 vor Anlegen des Gummiringes kein Unterschied zwischen den Gruppen. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Messzeitpunkte war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant. Letzteres bedeutet, dass sich auch nach dem Eingriff kein signifikanter Unterschied in der Höhe der Speichelkortisol-Konzentration zwischen den beiden Gruppen zeigte (Tabelle 9 im Anhang). An Tag 0, 2,5 Stunden nach Anlegen des Gummiringes zeigte Gruppe a eine Speichelkortisol-Konzentration von 724,50 (197,25/1091,25) pg/ml, Gruppe k von 303,00 (166,25/690,00) pg/ml.

2.4. Speichel-Substanz P

Es lag eine Normalverteilung der Daten vor. Der Effekt der Gruppe war nicht signifikant, dementsprechend zeigte sich auch vor Anlegen des Gummiringes kein Unterschied zwischen Gruppe a und k. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Messzeitpunkte war ebenfalls nicht signifikant. Auch die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe ergab keinen signifikanten Unterschied. Somit zeigte sich auch nach Anlegen des Gummiringes kein signifikanter Unterschied in der Höhe der Substanz P-Speichelkonzentration (Tabelle 10 im Anhang). An Tag 0, 2,5 Stunden nach Anlegen des Gummiringes zeigte Gruppe a eine Speichel-Substanz P-Konzentration von $49,29 \pm 35,56$ pg/ml, Gruppe k von $42,88 \pm 25,89$ pg/ml.

2.5. Korrelationsanalysen

In Gruppe k konnte zwischen der Substanz P- und der Kortisolkonzentration im Blutplasma eine mäßige negative Korrelation ($\rho = -0,388$, $p = 0,061$) nachgewiesen werden (Abbildung 13). Sowohl innerhalb der Gruppen a und k, als auch global über alle Tiere beider Gruppen konnten keine weiteren Korrelationen festgestellt werden (Tabellen 11, 12 und 13 im Anhang).

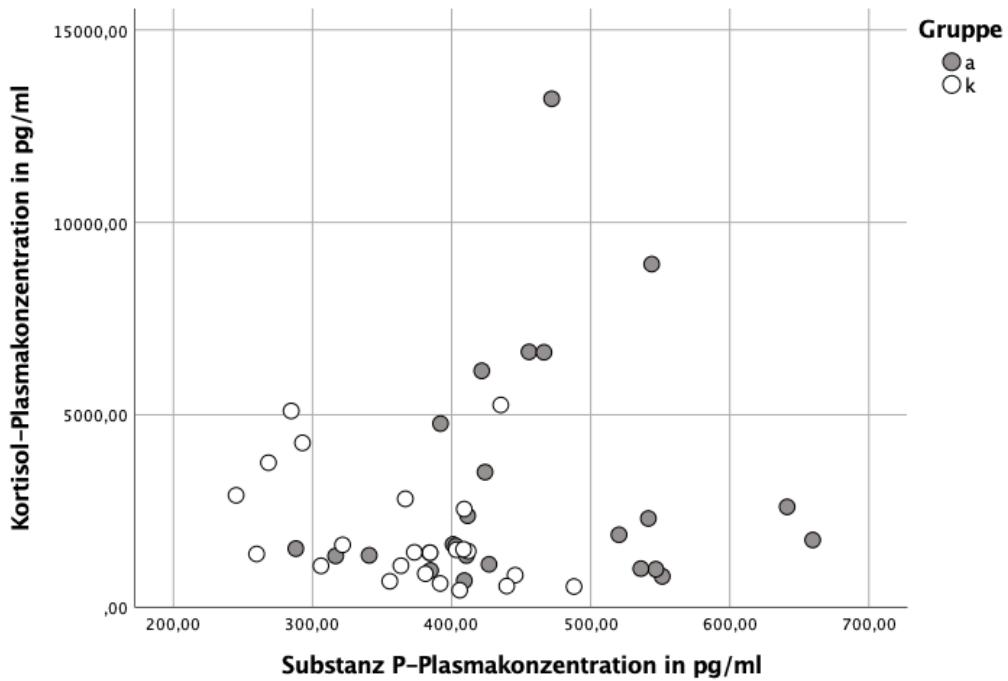


Abbildung 13: Streudiagramm zur Korrelation der Konzentrationen der Schmerz- und Stressparameter Kortisol und Substanz P im Blutplasma zur Schmerzbeurteilung nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation beim MastbulLENkalb

3. Aktivitätsdaten

3.1. Mittlere im Liegen verbrachte Zeit

Die mittlere pro Stunde im Liegen verbrachte Zeit war in beiden Gruppen im Tagesvergleich normalverteilt. Innerhalb der an Tag 0 genauer betrachteten einzelnen Stundenzeiträume von 09:00 bis 16:00 Uhr war die pro Stunde im Liegen verbrachte Zeit in beiden Gruppen ebenfalls normalverteilt.

3.1.1. Stundendurchschnitt Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Stundendurchschnitt von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tageswerte war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 14 im Anhang). Der Stundendurchschnitt an Tag 0 betrug in Gruppe a $42,25 \pm 3,04$ min/h, in Gruppe k $39,76 \pm 2,86$ min/h.

3.1.2. Stundensummen Tag 0 von 9:00 bis 16:00 Uhr

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Stundendurchschnitt von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Basalwert von Tag -1 betrug für Gruppe a $41,61 \pm 6,52$ min/h, für Gruppe k $40,12 \pm 9,41$ min/h. Der Effekt der Stundenwerte war signifikant ($p < 0,001$). Es zeigten sich über beide Gruppen im paarweisen, Bonferroni korrigierten Vergleich signifikante Unterschiede zwischen Basalwert und 13:00 bis 14:00 Uhr, zwischen 09:00 bis 10:00 und 10:00 bis 11:00 Uhr, zwischen 09:00 bis 10:00 und 13:00 bis 14:00 Uhr, zwischen 10:00 bis 11:00 und 11:00 bis 12:00 Uhr, zwischen 10:00 bis 11:00 und 12:00 bis 13:00 Uhr, zwischen 11:00 bis 12:00 und 13:00 bis 14:00 Uhr, zwischen 11:00 bis 12:00 und 15:00 bis 16:00 Uhr, sowie zwischen 12:00 bis 13:00 und 13:00 bis 14:00 Uhr (Abbildung 14). Zudem gab es tendenzielle Unterschiede zwischen Basalwert und 10:00 bis 11:00 Uhr und zwischen 09:00 bis 10:00 Uhr und 14:00 bis 15:00 Uhr. Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 19 im Anhang)

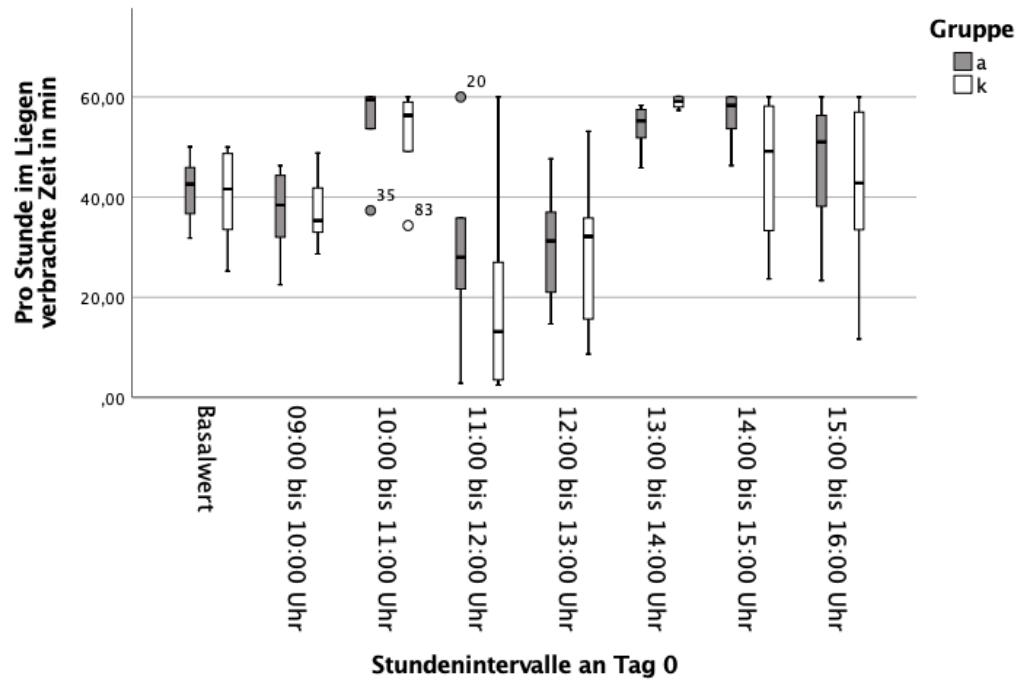


Abbildung 14: Pro Stunde im Liegen verbrachte Zeit an Tag 0 bei Amputationsgruppe „a“ und Kontrollgruppe „k“ zur Schmerzbeurteilung nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation an Tag 0 (08:40 Uhr) beim Mastbullenkalb

3.2. Mittlere im Stehen verbrachte Zeit

Die mittlere im Stehen verbrachte Zeit pro Stunde war in beiden Gruppen im Tagesvergleich normalverteilt. Innerhalb der an Tag 0 genauer betrachteten einzelnen Stundenzeiträume von 09:00 bis 16:00 Uhr war die pro Stunde im Stehen verbrachte Zeit in beiden Gruppen ebenfalls normalverteilt.

3.2.1. Stundendurchschnitt Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Stundendurchschnitt von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tageswerte war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 15 im Anhang). Der Stundendurchschnitt an Tag 0 betrug in Gruppe a $17,20 \pm 2,96$ min/h, in Gruppe k $19,67 \pm 2,96$ min/h.

3.2.2. Stundensummen Tag 0 von 9:00 bis 16:00 Uhr

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Stundendurchschnitt von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Basalwert von Tag -1 betrug für Gruppe a $17,63 \pm 5,85$ min/h, für Gruppe k $19,38 \pm 9,03$ min/h. Der Effekt der Stunde war signifikant ($p < 0,001$). Es zeigten sich über beide Gruppen im paarweisen, Bonferroni korrigierten Vergleich signifikante Unterschiede zwischen Basalwert und 13:00 bis 14:00 Uhr, zwischen 09:00 bis 10:00 Uhr und 11:00 bis 12:00 Uhr, zwischen 09:00 bis 10:00 und 13:00 bis 14:00 Uhr, zwischen 10:00 bis 11:00 und 11:00 bis 12:00 Uhr, zwischen 10:00 bis 11:00 und 12:00 bis 13:00 Uhr, zwischen 11:00 bis 12:00 und 13:00 bis 14:00 Uhr, zwischen 11:00 bis 12:00 und 14:00 bis 15:00 Uhr, sowie zwischen 12:00 bis 13:00 und 13:00 bis 14:00 Uhr (Abbildung 15). Zudem ergab sich ein tendenzieller Unterschied zwischen Basalwert und 10:00 bis 11:00 Uhr. Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 20 im Anhang).

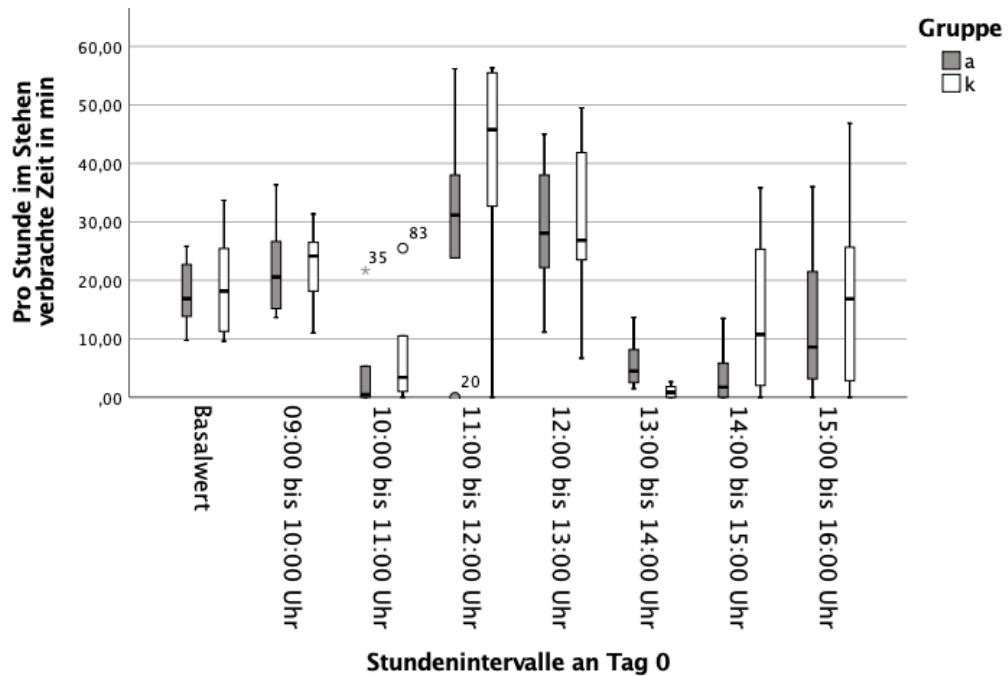


Abbildung 15: Pro Stunde im Stehen verbrachte Zeit an Tag 0 in min bei Amputationsgruppe „a“ und Kontrollgruppe „k“ zur Schmerzbeurteilung nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation an Tag 0 (08:40 Uhr) beim Mastbulle

3.3. Mittlere in Bewegung verbrachte Zeit

Die mittlere, pro Stunde in Bewegung verbrachte Zeit, war in beiden Gruppen im Tagesvergleich normalverteilt. Innerhalb der an Tag 0 genauer betrachteten einzelnen Stundenzeiträume von 09:00 bis 16:00 Uhr war die pro Stunde in Bewegung verbrachte Zeit in beiden Gruppen ebenfalls normalverteilt.

3.3.1. Stundendurchschnitt Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Stundendurchschnitt von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tageswerte war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 16 im Anhang). Der Stundendurchschnitt an Tag 0 betrug in Gruppe a $0,57 \pm 0,22$ min/h, in Gruppe k $0,58 \pm 0,11$ min/h.

3.3.2. Stundensummen Tag 0 von 9:00 bis 16:00 Uhr

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Stundendurchschnitt von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Basalwert von Tag -1 betrug für Gruppe a $0,77 \pm 0,81$ min/h, für Gruppe k $0,51 \pm 0,44$ min/h. Der Effekt der Stundenwerte war signifikant ($p < 0,001$). Es zeigte sich im paarweisen, Bonferroni korrigierten Vergleich, dass die Stundensummen über beide Gruppen von 12:00 bis 13:00 und von 13:00 bis 14:00 Uhr signifikant verschieden waren (Abbildung 16). Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 21 im Anhang).

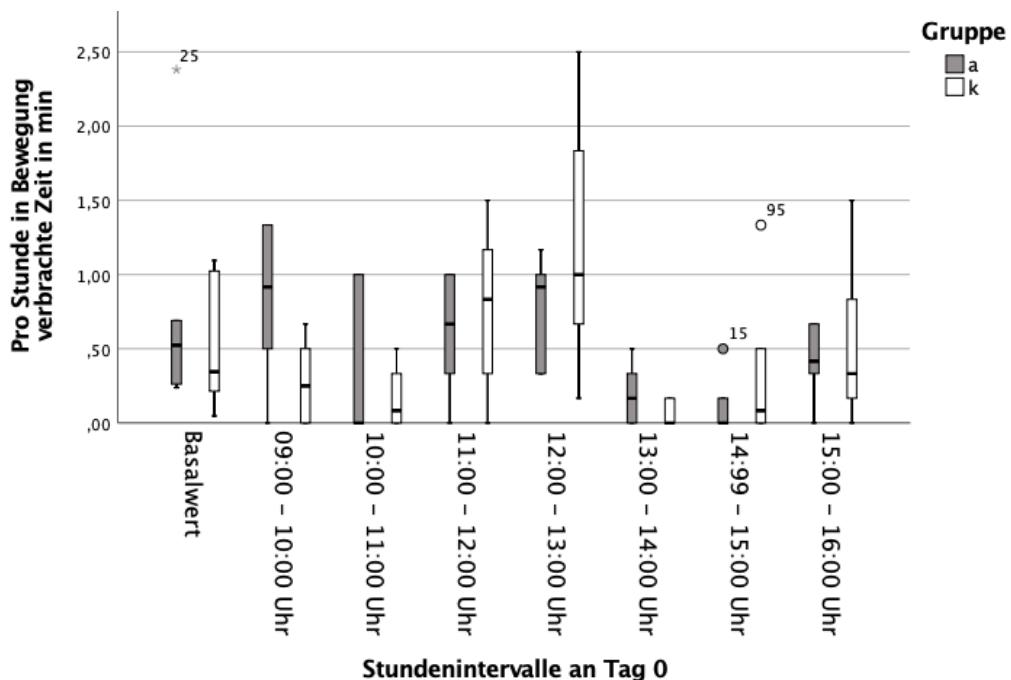


Abbildung 16: Pro Stunde in Bewegung verbrachte Zeit an Tag 0 in min bei Amputationsgruppe „a“ und Kontrollgruppe „k“ zur Schmerzbeurteilung nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation an Tag 0 (08:40 Uhr) beim Mastbullenkalb

3.4. Mittlere Schrittzahl

Die mittlere Anzahl an Schritten, pro Stunde war in beiden Gruppen im Tagesvergleich normalverteilt. Innerhalb der an Tag 0 genauer betrachteten einzelnen Stundenzzeiträume von 09:00 bis 16:00 Uhr war die Schrittzahl pro Stunde in beiden Gruppen nicht normalverteilt und wurde daher rangtransformiert.

3.4.1. Stundendurchschnitt Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Stundendurchschnitt von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tageswerte war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 17 im Anhang). Der Stundendurchschnitt an Tag 0 betrug in Gruppe a $11,87 \pm 4,81$ Schritte/h, in Gruppe k $11,66 \pm 22,17$ Schritte/h.

3.4.2. Stundensummen Tag 0 von 9:00 bis 16:00 Uhr

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der berechnete Basalwert von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Basalwert von Tag -1 betrug für Gruppe a 10,07 (6,36/24,39) Schritte/h, für Gruppe k 6,68 (3,32/20,21) Schritte/h. Der Effekt der Stunden war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Stunde und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also auch in den Stunden nach Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 22 im Anhang).

3.5. Mittlere Summe von Aufsteh- und Ablegeereignissen

Die durchschnittliche Anzahl an Aufsteh- und Ablegeereignissen pro Stunde war in beiden Gruppen im Tagesvergleich normalverteilt. Innerhalb der an Tag 0 genauer betrachteten einzelnen Stundenzeiträume von 09:00 bis 16:00 Uhr war die Anzahl an Aufsteh- und Ablegeereignissen pro Stunde in beiden Gruppen nicht normalverteilt und wurde daher rangtransformiert.

3.5.1. Stundendurchschnitt Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der berechnete Basalwert von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tage war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Stunde und Gruppe war signifikant ($p = 0,013$). Es zeigte sich im paarweisen, Bonferroni korrigierten Vergleich an Tag 0 eine Tendenz ($p = 0,070$) zu mehr Aufsteh- und Ablegeereignissen bei Gruppe a ($1,72 \pm 0,29$ Ereignisse/h) als bei Gruppe k ($1,35 \pm 0,35$ Ereignisse/h) (Tabelle 18 im Anhang sowie Abbildung 17).

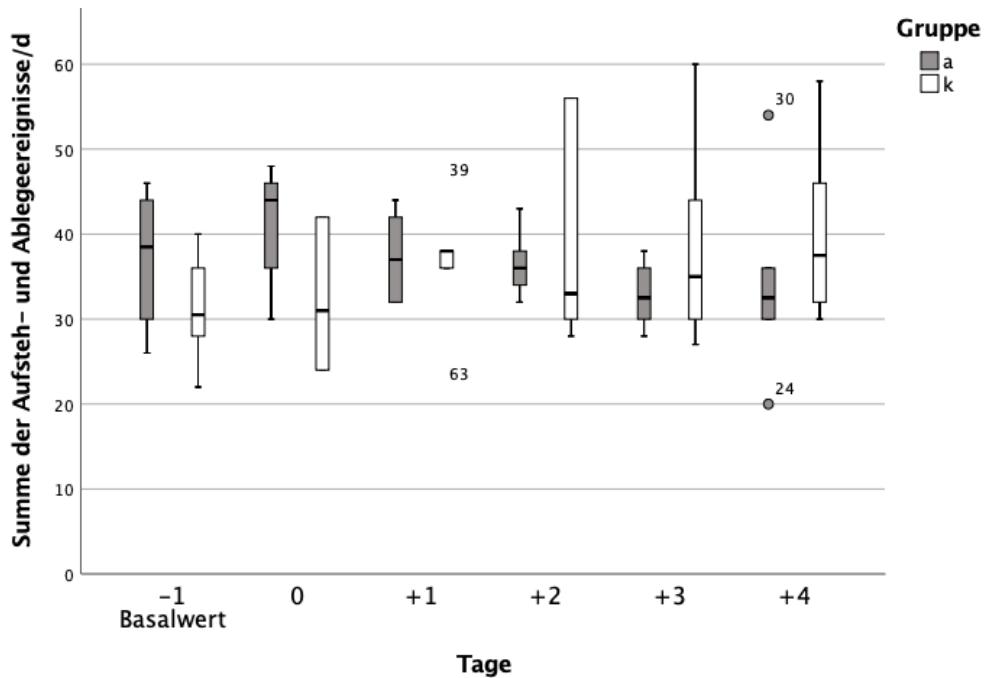


Abbildung 17: Summe der Aufsteh- und Ablegeereignisse bei Amputationsgruppe „a“ und Kontrollgruppe „k“ pro Tag zur Schmerzbeurteilung nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation an Tag 0 beim MastbulLENkalb

3.5.2. Stundensummen Tag 0 von 9:00 bis 16:00 Uhr

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der berechnete Basalwert von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Basalwert von Tag -1 betrug für Gruppe a 1,71 (1,14/2,11) Ereignisse/h, für Gruppe k 1,07 (0,89/1,96) Ereignisse/h. Der Effekt der Stunde war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Stunde und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also in den einzelnen Stunden nach Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 23 im Anhang).

4. Verhaltensbeobachtungsdaten

4.1. Schwanzschlagen

Die Stundendurchschnitte pro Tag waren normalverteilt. Die an Tag 0 genauer betrachteten halbstündlich stattfindenden, 5-minütigen Beobachtungen zwischen 9:00 und 12:00 Uhr, sowie der zugehörige errechnete Basalwert von Tag -1 waren nicht normalverteilt und wurden daher rangtransformiert.

4.1.1. Stundendurchschnitte Schwanzschlagen Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Stundendurchschnitt von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tageswerte war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 24 im Anhang). Der Durchschnitt an Tag 0 betrug in Gruppe a $7,75 \pm 2,89$ Schläge/5 min, in Gruppe k $7,04 \pm 3,76$ Schläge/5 min.

4.1.2. Stundenwerte Schwanzschlagen an Tag 0

Die aufgrund der geringen Beobachtungszahl anstatt der ANOVA durchgeführten univariaten Tests ergaben zwischen den Gruppen weder im Basalwert, noch zu den anderen Zeitpunkten einen signifikanten Unterschied. In Gruppe a zeigten sich jedoch Unterschiede innerhalb der Gruppe. Im Vergleich zum Basalwert von Tag -1 von 3,75 (0,19/16,56) Schläge/5 min ließ sich an Tag 0 um 9:00 Uhr mit 71,00 (29,00/122,50) Schlägen/5 min tendenziell ($p = 0,08$) sowie um 10:30 mit 14,50 (4,50/34,50) Schlägen/5 min signifikant ($p = 0,046$) häufigeres Schwanzschlagen beobachten (Tabelle 26 im Anhang sowie Abbildung 18).

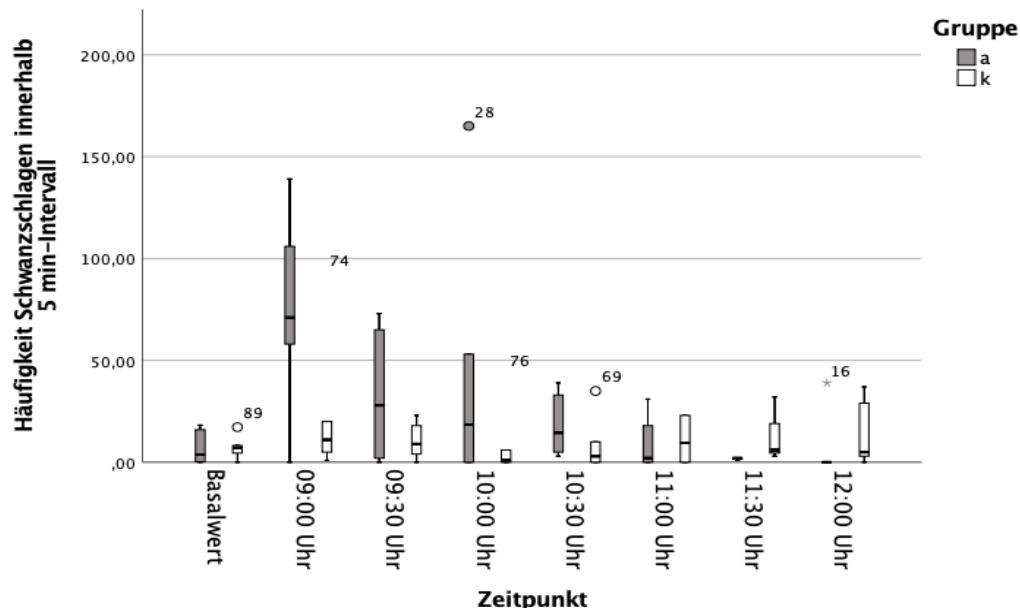


Abbildung 18: Häufigkeit von Schwanzschlagen innerhalb 5-minütiger Beobachtungsintervalle an Tag 0 bei Amputationsgruppe „a“ und Kontrollgruppe „k“ zur Schmerzbeurteilung nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation an Tag 0 (08:40 Uhr) beim Mastbullenkalb

4.2. Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktion

Die Stundendurchschnitte pro Tag waren normalverteilt. Die an Tag 0 genauer betrachteten, halbstündlichen, 5-minütigen Beobachtungszeiträume zwischen 9:00 und 12:00 Uhr, sowie der zugehörige errechnete Basalwert von Tag 0 waren nicht normalverteilt und wurden daher rangtransformiert.

4.2.1. Stundendurchschnitte Kopf-Hinterhand-Interaktion Tag -1 bis +4

Die Gruppenzugehörigkeit zeigte eine Tendenz ($p = 0,087$). Die Werte von Gruppe k lagen inklusive Tag -1 vor Anbringung des Gummirings höher als die Werte von Gruppe a. Auch der Tag zeigte einen tendenziellen Effekt ($p = 0,082$), wobei sich im paarweisen, Bonferroni korrigierten Vergleich Tag +1 tendenziell von Tag 0 unterschied. Die Wechselwirkung von Messzeitpunkt und Gruppe war nicht signifikant. Letzteres bedeutet, dass die Stundendurchschnitte der Tage ab Anbringung des Gummirings keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen zeigten (Tabelle 25 im Anhang sowie Abbildung 19). Der Durchschnitt an Tag 0 betrug in Gruppe a $0,40 \pm 0,09$ Interaktionen/5 min, in Gruppe k $0,46 \pm 0,40$ Interaktionen/5 min.

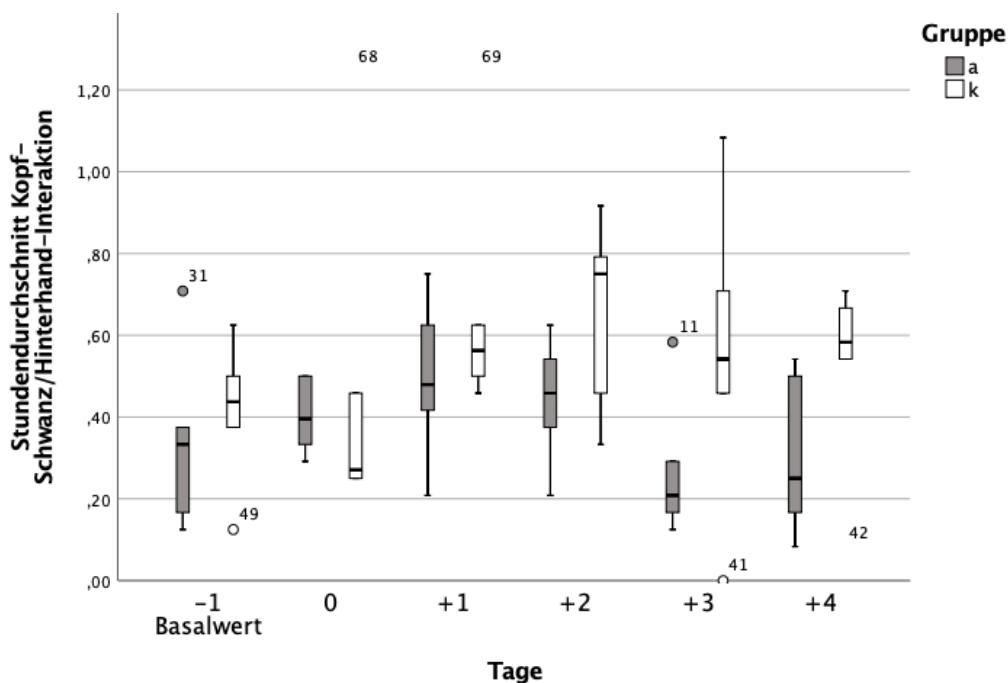


Abbildung 19: Durchschnittliche Häufigkeit einer Interaktion des Kopfes mit Schwanz oder Hinterhand innerhalb 5-minütiger Beobachtungsintervalle bei Amputationsgruppe „a“ und Kontrollgruppe „k“ zur Schmerzbeurteilung nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation an Tag 0 beim MastbulLENkalb

4.2.2. Stundenwerte Kopf-Hinterhand-Interaktion an Tag 0

Die aufgrund der geringen Beobachtungszahl anstatt der ANOVA durchgeführten univariaten Tests ergaben zwischen den Gruppen weder im Basalwert, noch zu den anderen Zeitpunkten einen signifikanten Unterschied. Es zeigten sich auch keine Unterschiede innerhalb der Gruppen zwischen den Zeitpunkten (Tabelle 27 im Anhang). Der Basalwert von Tag -1 betrug in Gruppe a 5,00 (3,00/8,25) Interaktionen/5 min, in Gruppe k 8,25 (3,00/9,88) Interaktionen/5 min.

4.3. Abnormale Schwanzposition

Die Tagesanteile der positiven Beobachtungen abnormaler Schwanzposition waren normalverteilt.

4.3.1. Tagesanteile beobachteter abnormaler Schwanzposition von Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Tagesanteil von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tage war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Tag und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 28 im Anhang). Der Anteil beobachteter abnormaler Schwanzposition an Tag 0 betrug in Gruppe a $23 \pm 34\%$, in Gruppe k $22 \pm 21\%$ der Beobachtungen.

4.3.1. Stundenwerte beobachteter abnormaler Schwanzposition an Tag 0

Die Anzahl der positiven Beobachtungen unterschied sich zu keinem der sieben halbstündlichen Werte an Tag 0 von 09:00 bis 12:00 Uhr zwischen den Gruppen a und k (Tabelle 35 im Anhang). Der Anteil positiver Beobachtungen an gesamten Beobachtungen lag im Schnitt über beide Gruppen bei 8 %.

4.4. Schlafen

Die Tagesanteile der positiven Beobachtungen von Schlafen waren normalverteilt.

4.4.1. Tagesanteile beobachteten Schlafens von Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Tagesanteil von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tage war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Tag und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen

ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 29 im Anhang). Der Anteil beobachteten Schlafens an Tag 0 betrug in Gruppe a $18 \pm 5\%$, in Gruppe k $19 \pm 5\%$ der Beobachtungen.

4.4.2. Stundenwerte beobachteten Schlafens an Tag 0

Die Anzahl der positiven Beobachtungen unterschied sich zu keinem der sieben halbstündlichen Werte an Tag 0 von 09:00 bis 12:00 Uhr zwischen den Gruppen a und k (Tabelle 36 im Anhang). Der Anteil positiver Beobachtungen an gesamten Beobachtungen lag im Schnitt über beide Gruppen bei 15 %.

4.5. Wiederkauen

Die Tagesanteile der positiven Beobachtungen von Wiederkauen waren normalverteilt.

4.5.1. Tagesanteile beobachteten Wiederkauens von Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Tagesanteil von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tage war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Tag und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 30 im Anhang). Der Anteil beobachteten Wiederkauens an Tag 0 betrug in Gruppe a $23 \pm 13\%$, in Gruppe k $28 \pm 7\%$ der Beobachtungen.

4.5.1. Stundenwerte beobachteten Wiederkauens an Tag 0

Die Anzahl der positiven Beobachtungen unterschied sich zu keinem der sieben halbstündlichen Werte an Tag 0 von 09:00 bis 12:00 Uhr zwischen den Gruppen a und k (Tabelle 37 im Anhang). Der Anteil positiver Beobachtungen an gesamten Beobachtungen lag im Schnitt über beide Gruppen bei 15 %.

4.6. Futteraufnahme

Die Tagesanteile der positiven Beobachtungen von Futteraufnahme waren normalverteilt.

4.6.1. Tagesanteile beobachteter Futteraufnahme von Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Tagesanteil von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tage zeigte eine Tendenz ($p = 0,082$). Es zeigte sich im paarweisen, Bonferroni korrigierten Vergleich ein tendenzieller Unterschied

zwischen Tag 0 und +4 (Abbildung 20). Der Anteil beobachteter Futteraufnahme an Tag 0 betrug in Gruppe a $8 \pm 7\%$, in Gruppe k $9 \pm 7\%$ der Beobachtungen. An Tag +4 in Gruppe a $14 \pm 5\%$, in Gruppe k $19 \pm 9\%$. Die Wechselwirkung von Tag und Gruppe war nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 31 im Anhang).

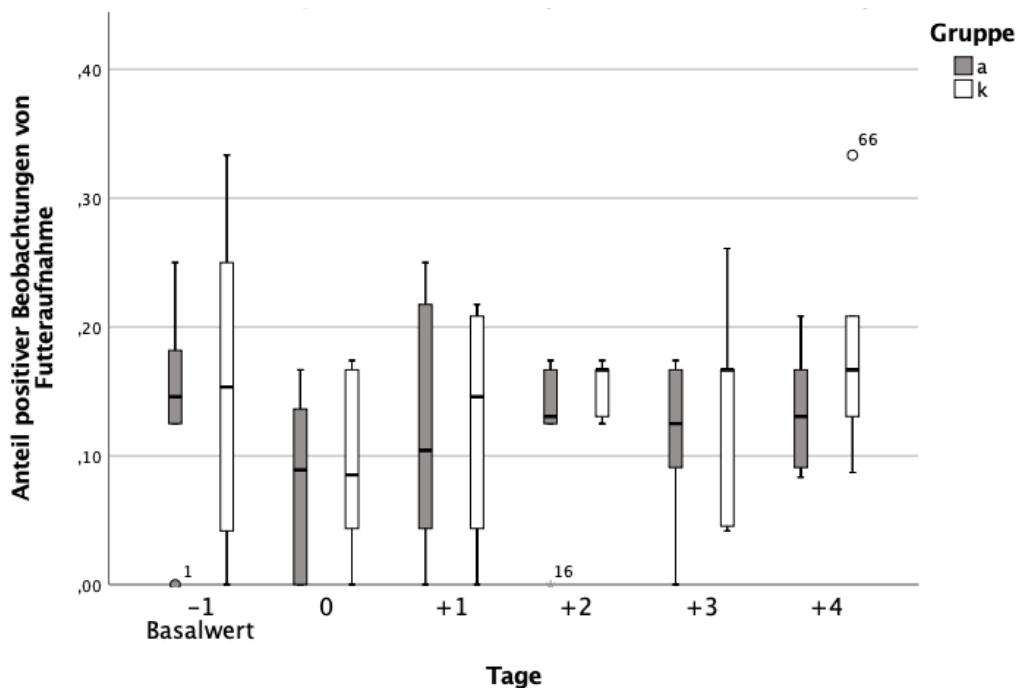


Abbildung 20: Anteil der Beobachtungsintervalle mit stattfindender Futteraufnahme an den gesamten Beobachtungen des Tages bei Amputationsgruppe „a“ und Kontrollgruppe „k“ zur Schmerzbeurteilung nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation an Tag 0 beim MastbulLENkalb

4.6.1. Stundenwerte beobachteter Futteraufnahme an Tag 0

Die Anzahl der positiven Beobachtungen unterschied sich zu keinem der sieben halbstündlichen Werte an Tag 0 von 09:00 bis 12:00 Uhr zwischen den Gruppen a und k (Tabelle 38 im Anhang). Der Anteil positiver Beobachtungen an gesamten Beobachtungen lag im Schnitt über beide Gruppen bei 14 %.

4.7. Wasseraufnahme

Die Tagesanteile der positiven Beobachtungen von Wasseraufnahme waren normalverteilt.

4.7.1. Tagesanteile beobachteter Wasseraufnahme von Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Tagesanteil von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tage war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Tag und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 32 im Anhang). Der Anteil beobachteter Wasseraufnahme an Tag 0 betrug in Gruppe a $3 \pm 4 \%$, in Gruppe k $6 \pm 5 \%$ der Beobachtungen.

4.7.1. Stundenwerte beobachteter Wasseraufnahme an Tag 0

Die Anzahl der positiven Beobachtungen unterschied sich zu keinem der sieben halbstündlichen Werte an Tag 0 von 09:00 bis 12:00 Uhr zwischen den Gruppen a und k (Tabelle 39 im Anhang). Der Anteil positiver Beobachtungen an gesamten Beobachtungen lag im Schnitt über beide Gruppen bei 10 %.

4.8. Lecken am Salzleckstein

Die Tagesanteile der positiven Beobachtungen von Lecken am Leckstein waren normalverteilt.

4.8.1. Tagesanteile beobachteten Leckens am Salzleckstein von Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt war nicht signifikant, dementsprechend zeigte auch der Tagesanteil von Tag -1 beider Gruppen keinen Unterschied. Dies spricht für eine erfolgreiche Randomisierung. Der Effekt der Tage war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Tag und Gruppe war ebenfalls nicht signifikant, es zeigten sich also auch an den Tagen ab Anbringung des Gummiringes keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 33 im Anhang). Der Anteil beobachteten Leckens am Salzleckstein an Tag 0 betrug in Gruppe a $5 \pm 3 \%$, in Gruppe k $6 \pm 12 \%$ der Beobachtungen.

4.8.2. Stundenwerte beobachteten Leckens am Salzleckstein an Tag 0

Die Anzahl der positiven Beobachtungen unterschied sich zu keinem der sieben halbstündlichen Werte an Tag 0 von 09:00 bis 12:00 Uhr zwischen den Gruppen a und k (Tabelle 40 im Anhang). Der Anteil positiver Beobachtungen an gesamten Beobachtungen lag im Schnitt über beide Gruppen bei 12 %.

4.9. Körperpflege

Die Tagesanteile der positiven Beobachtungen von Körperpflege waren normalverteilt.

4.9.1. Tagesanteile beobachteter Körperpflege von Tag -1 bis +4

Der Gruppeneffekt zeigte einen tendenziellen Unterschied zwischen Gruppe a und k ($p = 0,052$), dementsprechend zeigte auch der Tagesanteil von Tag -1 beider Gruppen einen tendenziellen Unterschied. Der Effekt der Tage war nicht signifikant. Die Wechselwirkung von Tag und Gruppe war signifikant ($p = 0,043$), es zeigte sich im paarweisen, Bonferroni korrigierten Vergleich ein tendenzieller Unterschied an Tag +2 ($p = 0,056$) mit häufigerer Körperpflege in Gruppe k mit $39 \pm 8\%$ der Beobachtungen, als in Gruppe a mit $30 \pm 10\%$ der Beobachtungen (Tabelle 34 im Anhang sowie Abbildung 21).

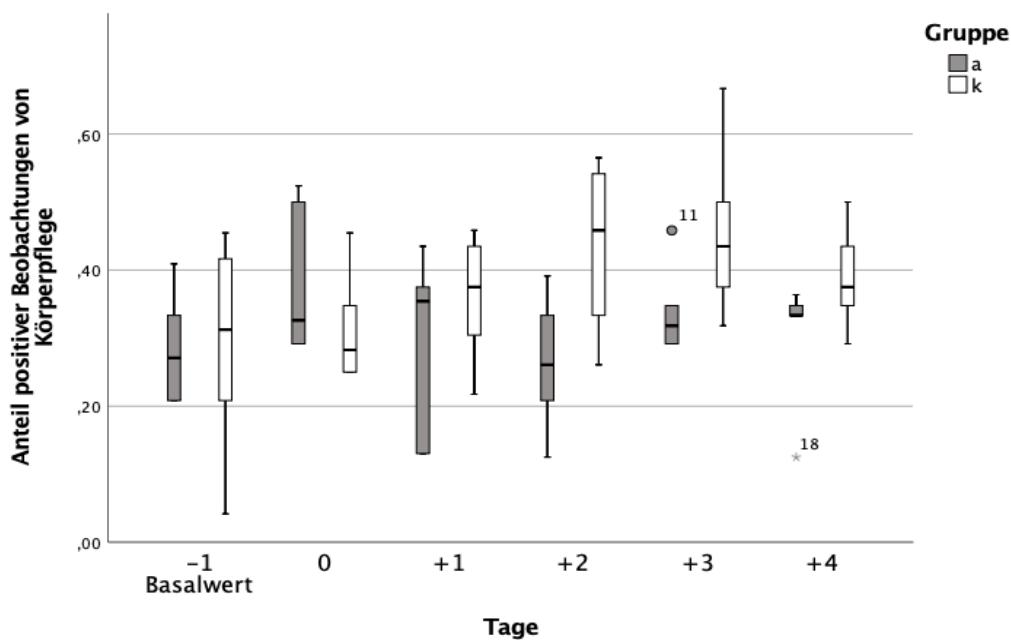


Abbildung 21: Anteil der Beobachtungsintervalle mit stattfindender Körperpflege an den gesamten Beobachtungen des Tages bei Amputationsgruppe „a“ und Kontrollgruppe „k“ zur Schmerzbeurteilung nach prophylaktischer Gummiring-Schwanzspitzenamputation an Tag 0 beim Mastbullekalb

4.9.1. Stundenwerte beobachteter Körperpflege an Tag 0

Die Anzahl der positiven Beobachtungen unterschied sich zu keinem der sieben halbstündlichen Werte an Tag 0 von 09:00 bis 12:00 Uhr zwischen den Gruppen a und k (Tabelle 41 im Anhang). Der Anteil positiver Beobachtungen an gesamten Beobachtungen lag im Schnitt über beide Gruppen bei 35%.

V. DISKUSSION

Zur Schmerzhaftigkeit der in Deutschland praktizierten Form der prophylaktischen Schwanzspitzenamputation liegen unserer Kenntnis nach noch keine wissenschaftlichen Erkenntnisse vor. Aus diesem Grund, fällt vorliegender Studie die Rolle einer Pilotstudie zu, mit dem Ziel, das Thema so breit wie möglich anzugehen. Die Kombination spezifischer Labor- und Verhaltensdaten, letztere gewonnen aus Accelerometeraufzeichnungen und Videobeobachtung, sollte einen möglichst umfassenden Überblick über den Schmerz- beziehungsweise Stresszustand eines Kalbes bei diesem Eingriff liefern.

1. Plasmakortisol

Eine signifikante Erhöhung des Plasmakortisolspiegels im Vergleich zur Kontrollgruppe konnte nach Schwanzamputation beim Kalb mittels Gummiringen bisher lediglich in einer Studie und nur zu einem bestimmten Zeitpunkt nachgewiesen werden (TOM et al., 2002a). Alle anderen Studien, die selbiges untersucht haben, lieferten keine signifikanten Unterschiede zwischen Kontroll- und Amputationsgruppe, weder für Kälber (PETRIE et al., 1996), noch für Kalbinnen (EICHER et al., 2000; SCHREINER und RUEGG, 2002). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie, die keinen Unterschied in der Plasmakortisolkonzentration zwischen den beiden Gruppen zeigen, decken sich somit mit der Mehrzahl der Ergebnisse der betreffenden Publikationen.

Die Schwanzamputation geht im Vergleich zu anderen Eingriffen wie der Enthornung und der Kastration mit geringerer Gewebeschädigung einher. Gerade bei solch niederschwelligen Schmerzreizen kann darauf erfolgender Anstieg der Kortisol-Konzentration durch den diurnal pulsatilen Rhythmus (HUDSON et al., 1975) der Kortisolausschüttung oder zeitgleich bestehende Stressreize maskiert werden (MOLONY und KENT, 1997). In der vorliegenden Studie wurde zwar darauf geachtet, jeglichen Stress außerhalb der Amputation gering zu halten, jedoch kam es trotzdem zu zahlreichen Umstellungen für die Tiere. Zu nennen sind hier die Umstallung in fremde Umgebung, die Veränderung der sozialen Strukturen von der Großgruppe zur Zweiergruppe, Änderungen in der Fütterungsweise von automatischer Selbst- auf dreimal tägliche Eimertränke, sowie neue betreuende Personen. In beiden Gruppen ist der mittlere Plasmakortisol Basalwert höher als die Werte von Tag 0, +1 und +2. Dies spricht womöglich dafür, dass die Eingewöhnungszeit von zwei Tagen von Aufstallung

bis Versuchsbeginn zu kurz gewählt war. Neben der grundlegenden Haltungsumstellung könnte auch das Handling im Rahmen der Versuchsdurchführung einen deutlichen Anstieg der Kortisolausschüttung zur Folge gehabt haben (LESTER et al., 1991b), welcher nur schwer von leichter Schmerzreaktion auf den Gummiring zu differenzieren wäre. Die Eingangsuntersuchung, das Legen eines Jugularvenenkatheters unter Sedation, das Anlegen der Gummiringe beziehungsweise das Handling der Kontrollgruppe an Tag 0 (PETRIE et al., 1996), sowie die Probenahmen an Tag 0 bis +2 könnten sich hier ausgewirkt haben. Besonders das Legen des Jugularvenenkatheters inklusive der Sedation mit Xylazin stellte einen größeren Stressfaktor für die Tiere dar. Da ein solcher Katheter jedoch nur so wenige Tage wie möglich in der Vene verbleiben sollte, um das Risiko einer Entzündung zu minimieren, konnte kein größerer zeitlicher Abstand zwischen dem Legen des Katheters und der ersten Probenahme eingeplant werden.

Neben einer ausgedehnten Eingewöhnungszeit oder idealerweise einer Versuchsdurchführung in der gewohnten Umgebung der Tiere wäre also eine weniger invasive Möglichkeit der Kortisolmessung von entscheidendem Vorteil. Das Glukokortikoid lässt sich unter anderem in Speichel und Kot bestimmen und könnte so unverfälschtere Information liefern (LANE, 2006). Selbst dann kann jedoch immer nur der auf allen Ebenen durch den Eingriff verursachte Stress, nicht aber die in der Stressreaktion enthaltene Schmerz-Komponente für sich beurteilt werden.

2. Plasma-Substanz P

Nach unseren Erkenntnissen ist die vorliegende Studie ist die erste, die Veränderungen der Substanz P-Konzentration im Blutplasma beim Kalb nach Gummiring-Schwanzamputation untersucht. Nach Schwanzamputation beim Ferkel wurde Substanz P bereits von BATES et al. (2014) als Schmerzmarker bestimmt. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in der Plasma-Substanz P-Konzentration zwischen Tiergruppen mit und ohne Analgesie.

In Bezug auf Schmerzempfinden nach anderen haltungstechnischen Eingriffen wie Enthornung (COETZEE et al., 2012; ALLEN et al., 2013; GLYNN et al., 2013; STOCK et al., 2015; STOCK et al., 2016; KLEINHENZ et al., 2017) und Kastration (COETZEE et al., 2008; DOCKWEILER et al., 2013; REPENNING et al., 2013; MINTLINE et al., 2014), aber auch nach chirurgischen Eingriffen wie Nabelbruchoperationen (TSCHONER et al., 2018) wurde Substanz P beim Kalb bereits untersucht. Am

vergleichbarsten mit der Gummiring Schwanzamputation im Hinblick auf den Verlauf der Gewebszerstörung erscheint die Kastration mittels Gummiring (DOCKWEILER et al., 2013; REPENNING et al., 2013). In beiden vorgenannten Studien konnte kein signifikanter Unterschied der Plasma Substanz P-Konzentration zwischen der Kontrollgruppe und der ohne Analgesie kastrierten Gruppe nachgewiesen werden.

In der vorliegenden Studie konnte ein signifikanter Effekt der Behandlungsgruppe nachgewiesen werden. Gruppe a zeigte inklusive des Basalwerts signifikant höhere Plasma-Substanz-P Werte als Gruppe k. Dies spricht für eine fehlgeschlagene Randomisierung der Gruppenzuteilung in Bezug auf Substanz P. Da die Zeitpunkte der Probenahmen zur Bestimmung des Basalwerts vor der Auslösung der Gruppenzugehörigkeit stattfanden kann hier ein Unterschied im Handling der beiden Gruppen ausgeschlossen werden. Die Ursache für den grundlegenden Unterschied der mittleren Substanz P-Plasmakonzentration zwischen den Gruppen bleibt offen. Ungeachtet des Gruppenunterschiedes konnte kein signifikanter Anstieg der Substanz P-Plasmakonzentration nach Anlegen des Gummiringes im Vergleich zum Basalwert festgestellt werden. Neben der Hypothese, dass der durch den Gummiring verursachte Schmerzreiz vergleichsweise zu gering ist, um eine sichtbare Substanz P-Erhöhung zu erzeugen, könnte auch der Messzeitpunkt eine Rolle spielen. In der vorliegenden Studie wurde ab Anlegen des Gummiringes von Tag 0 bis +2 jeweils nur einmal täglich um 11:10 Uhr eine Probe gezogen. So lag die erste Bestimmung bei 2,5 Stunden nach dem Eingriff. Ein mutmaßlicher Peak der Substanz P-Plasmakonzentration an Tag 0 könnte zeitlich vor oder nach der Probenahme gelegen haben und somit durch die nur einmal tägliche Probenahme nicht abgebildet worden sein. Für Ersteres spräche der sofortige Anstieg nach invasiveren Eingriffen wie chirurgischer Kastration (COETZEE et al., 2008) oder innerhalb einer Nabelbruch-Operation (TSCHONER et al., 2018). Letzteres könnte aufgrund der im Vergleich zu einem chirurgischen Eingriff verzögerten und langsam fortschreitenden Gewebszerstörung durch die vom Gummiring hervorgerufene Ischämie möglich sein. Der zeitliche Abstand von 2,5 Stunden zwischen Anlegen des Gummiringes und erster Beprobung wurde gewählt, um die Aktivitätsparameter als Hauptzielgröße der Studie so wenig wie möglich zu beeinflussen. Häufigere Probenahmen hätten zum einen durch den verursachten Stress die Aktivität der Tiere beeinflusst (WEARY et al., 2006), zum anderen auch jedes Mal eine Fixation der Tiere bedeutet, während der keinerlei Auswertung von Verhaltensparametern hätte stattfinden können.

Um den Verlauf der Substanz P-Plasmakonzentration nach Gummiring Schwanzspitzenamputation beim Kalb und einen möglichen Peak genauer abbilden zu können sind weitere Studien, welche diese Fragestellung in den primären Fokus stellen notwendig. Besonders an Tag 0 wären dafür engere Intervalle der Beprobung denkbar, würden allerdings eine gleichzeitige Verhaltensbeobachtung stark beeinflussen und damit einschränken.

3. Speichelkortisol

Während sich in unserer Studie bei der Speichelkortisol-Konzentration kein Unterschied zwischen der Gruppe mit Eingriff und der Kontrollgruppe zeigte, wurde ein solcher nach Enthornung (TASCHKE und FOLSCH, 1997; MEHNE et al., 2013) und Kastration (GONZALEZ et al., 2010; MELENDEZ et al., 2018) nachgewiesen. Bei einer ersten Messung, 45 Minuten nach Enthornung zeigte sich bei MEHNE et al. (2013) eine signifikant höhere Kortisolkonzentration im Vergleich zur Kontrollgruppe. Zum nächsten Messzeitpunkt, 24 Stunden nach Enthornung war die Kortisolkonzentration wieder auf den Basalwert abgesunken. Ähnliches beobachteten TASCHKE und FOLSCH (1997). Hier wurde 30 Minuten nach Enthornung ein Speichelkortisol-Peak erreicht und bis zu zwei Stunden nach dem Eingriff eine signifikant höhere Speichelkortisol-Konzentration im Vergleich zur Kontrollgruppe gemessen. Auch nach Kastration mittels Gummiringen fanden GONZALEZ et al. (2010) bei Messungen 1 und 2 Stunden nach dem Eingriff sowie MELENDEZ et al. (2018) 1 und 1,5 Stunden nach dem Eingriff eine signifikant höhere Speichelkortisol-Konzentration im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. Aus diesen Studien lässt sich erkennen, dass die maximale Kortisolkonzentration jeweils in einem zeitlichen Abstand von 30 bis 90 Minuten nach dem Eingriff gemessen wurde. Vorliegende Studie könnte demnach einen Peak im selben Zeitraum durch die Messung nach 2,5 Stunden verpasst und somit eine mögliche Erhöhung nach Anlegen des Gummiringes nicht abgebildet haben.

Zudem scheint ein einwirkender Stimulus zwar einen korrelierenden, aber deutlich geringeren Konzentrationsanstieg im Speichel zu bewirken, als im Plasma. Dies wurde bei direkt aufeinanderfolgender Messung in beiden Fluiden nach ACTH-Injektion beim Kalb nachgewiesen (NEGRAO et al., 2004). Somit könnte die Messung im Speichel gerade für niederschwellige Stressreize weniger geeignet sein. Die HHN-Achse reagiert gleichzeitig auf verschiedenste physische und psychische Reize mit Kortisol Ausschüttung (MORMEDE et al., 2007), wodurch ein geringgradiger Schmerzreiz, wie

er vermutlich durch unseren Eingriff verursacht wurde, im Grundrauschen untergegangen sein könnte. Gleichzeitig konnte die Kortisol-Bestimmung im Speichel ihren großen Vorteil der geringeren Invasivität im Vergleich zur Blutprobenahme in vorliegender Studie nicht ausspielen, da letztere ebenfalls durchgeführt wurde und somit auch Auswirkungen auf die Kortisolkonzentration im Speichel hatte. Eine ausschließliche Bestimmung des Kortisols im Speichel hätte hier womöglich differenziertere Ergebnisse geliefert.

4. Speichel-Substanz P

Beim Menschen zeigen sich je nach Methodik der Probengewinnung große Unterschiede in der Substanz P-Speichelkonzentration (JASIM et al., 2018). Abhängig von erfolgter Stimulation der Speicheldrüsen (durch Kauen, Zitronensäure oder ohne Stimulation) und je nach Zusammensetzung des Speichels bezüglich der beteiligten Speicheldrüsen differieren die Ergebnisse deutlich. So konnte in Speichel der Sublingualen und Submandibularen Drüsen im Vergleich zu Speichel mit großem Ohrspeicheldrüsen-Anteil eine deutlich höhere Substanz P-Konzentration nachgewiesen werden. Dies spiegelte sich auch in Speichel wider, dessen Produktion durch Kauen stimuliert wurde, da hier besonders die Speichelproduktion der Ohrspeicheldrüse angeregt wird. Diese Ergebnisse sind besonders interessant, da die gleichen ELISA-Kits wie in unserem Versuch verwendet wurden. Es könnte somit auf die Methodik der Probenahme zurückzuführen sein, dass in vorliegender Studie keine Auswirkung der Schwanzamputation auf die Speichel-Substanz P-Konzentration nachgewiesen werden konnte. Unsere Kälber konnten zur Probengewinnung für eine Minute auf dem Salivetten-Probenträger kauen, der sich dabei auf Höhe der Backentasche befand. Es ist anzunehmen, dass durch dieses Vorgehen ein großer Anteil des gewonnenen Speichels aus den Ohrspeicheldrüsen stammte und somit grundsätzlich geringe Konzentrationen von Substanz P aufwies, falls sich obengenannte Ergebnisse vom Menschen auf das Rind übertragen lassen. Eine andere Methodik der Probenahme ließe sich beim Tier, dem man im Gegensatz zum Menschen das Kauen auf dem Probenträger nicht verbieten und es nicht bitten kann, in ein Probengefäß zu spucken schwierig zu realisieren. Allenfalls könnte versucht werden, analog zum Vorgehen von JASIM et al. (2018) selektiv eine Probe der sublingualen Speicheldrüsen zu gewinnen, in dem der Probenträger dort platziert und die Speichelsekretion dort selektiv durch Zitronensäure stimuliert wird. Dieses Vorgehen wäre jedoch, wenn überhaupt realisierbar, wieder mit deutlich größerer Belastung für das Tier verbunden, als unser

Vorgehen, bei dem die Kälber durchweg sehr bereitwillig auf den Watteträgern kauten und könnte die gewonnenen Werte damit wieder beeinflussen.

Beim Tier existieren bisher unserer Kenntnis nach keine Studien zum Einsatz der Speichelkonzentration von Substanz P als Schmerzmarker. Auch in der Humanmedizin sind Studien, die sich auf die Messung von akutem Schmerz beziehen rar und zeigen unterschiedliche Ergebnisse. DALBY et al. (1997) konnten bei Patientinnen nach chirurgischen Eingriffen keine erhöhte Substanz P-Speichelkonzentration nachweisen. Eine Studie von MARUKAWA et al. (1996) dagegen zeigte bei Patienten mit akutem Spannungskopfschmerz höhere Konzentrationen von Substanz P im Speichel, als bei gesunden Individuen. Hier ist jedoch zu beachten, dass die Kopfschmerzpatienten chronisch von diesem Problem betroffen waren und auch in den schmerzfreien-Phasen deutlich höhere Substanz P-Werte zeigten, als bei der gesunden Kontrolle. Es ist in dieser Studie also nicht die Reaktion der Speichel-Substanz P-Konzentration eines gesunden Probanden auf einen akuten, erstmalig erfolgenden Schmerzstimulus abgebildet, wie sie in unserem Versuch erfolgte. Diese Ergebnisse legen nahe, dass sich eine Bestimmung des Parameters im Speichel eventuell weniger in Bezug auf akuten Schmerz, als eher zum Nachweis chronischer Schmerzzustände eignet.

5. Korrelationen der Laborparameter

5.1. Kortisol und Substanz P

Während bei uns in der Kontrollgruppe eine schwache negative Korrelation zwischen Kortisol und Substanz P im Blutplasma vorlag, konnte (TSCHONER et al., 2018) eine schwache, aber statistisch signifikante positive Korrelation nach Nabelbruchoperation beim Kalb beobachten. Im Gegensatz zur vorliegender Studie war dort auch ein deutlicher Anstieg der Substanz P-Plasmakonzentration zu beobachten, welcher vermutlich durch höhere Invasivität und damit Schmerhaftigkeit des Eingriffs begründet ist. Schmerz ist ein Stressfaktor (ANDERSON und MUIR, 2005) und beeinflusst damit über die HHN-Achse die Kortisolausschüttung (SILBERNAGL et al., 2018). Substanz P ist zudem auch direkt an der Nebennierenrindenzenellen in der Lage, genau wie ACTH, die Freisetzung von Kortisol zu triggern (YOSHIDA et al., 1992). Eine starke Nozizeption wirkt also in hohem Maße auf die Kortisolausschüttung ein. Niederschwelliger Schmerz dagegen, wie er vermutlich in unserer Studie vorlag, geht in seiner Wirkung auf den Plasmakortisolgehalt zwischen anderen Haltungs- oder Handingstressoren eher unter.

5.2. Kortisol in Blutplasma und Speichel

Nach ACTH-Injektion beim Kalb wiesen NEGRAO et al. (2004) eine Korrelation des Anstiegs von Kortisol in Plasma und Speichel nach. Gleiches gelang HERNANDEZ et al. (2014) , die mit engmaschiger Beprobung zusätzlich darstellen konnten, dass der Anstieg der Kortisol-Konzentration im Speichel im Vergleich zu dem im Plasma um 10 Minuten verzögert ist. Berücksichtigte man dies, ergab sich eine noch stärkere Korrelation der Werte. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen zeigte sich in unserer Studie keine Korrelation zwischen den Kortisolwerten in Plasma und Speichel. Die könnte der Tatsache geschuldet sein, dass wir nicht, wie in den oben genannten Studien (NEGRAO et al., 2004; HERNANDEZ et al., 2014) das gleiche ELISA-Kit für die Bestimmung in beiden Fluiden verwendeten. Der Hersteller der von uns genutzten Kits vertreibt gesondert auf Plasma und Speichel spezialisierte Kits, was vermutlich die Sensitivität verbessert, aber eine Vergleichbarkeit einschränken könnte. Zudem ist die Kortisolkonzentration ein tierindividuell und situationsabhängig sehr stark variierender Parameter (NEGRAO et al., 2004). Bei einer größeren Stichprobenmenge, als der in unserer Studie untersuchten, hätte sich eine Korrelation der Werte möglicherweise besser abgebildet.

5.3. Substanz P in Blutplasma und Speichel

JASIM et al. (2018) gewannen Speichelproben in unterschiedlichen Varianten hinsichtlich Stimulation und Probenahme. Die Proben unterschieden sich schließlich deutlich in ihrer Zusammensetzung, was die Herkunft aus den verschiedenen Speicheldrüsen anbelangt. Auch der Gehalt an Substanz P in den verschiedenen Proben gleicher Probanden variierte erheblich. Letztendlich korrelierte keiner der Werte mit der gleichzeitig im Blutplasma der Probanden bestimmten Substanz P-Konzentration. Auch in unserer Studie konnte keine Korrelation zwischen der Plasma- und der Speichel-Substanz P-Konzentration festgestellt werden. Eine mögliche Erklärung für diese könnte die Vielzahl an, mit der Substanz P-Messung interferierenden Stoffen im Speichel sein. Unter Anderem sind hier Mikroorganismen, Futterpartikel, weiße Blutzellen, Epithelzellen und proteolytische Enzyme zu nennen, welche die Speichel-Werte verfälschen (DALBY et al., 1997). Da sie in ihrer Zusammensetzung von Messzeitpunkt zu Messzeitpunkt sehr variabel sind und damit auch die Messwerte variabel beeinflussen, können sie eine mögliche Korrelation beeinflussen.

6. Aktivitätsdaten

Die Aufzeichnung der Aktivitätsparameter erfolgte automatisiert und digital unter Verwendung der Pedometer von RumiWatch®. Mit Hilfe dieser Bewegungs-Datenlogger mit sehr hoher Korrelation zur Videobeobachtung, die als Goldstandard gesetzt wird (ALSAAOOD et al., 2015) war es möglich einen kompletten Datensatz der untersuchten Tage zu erhalten. Im Vergleich zu einer Live- oder Videobeobachtung der Tiere ist die Verwendung der Bewegungszähler objektiver sowie mit weniger Zeitaufwand verbunden und daher lückenlos möglich. Sowohl Hardware als auch Software, die in unserem Versuch verwendeten Geräte stellten sich als sehr robust und anwenderfreundlich heraus.

6.1. Im Liegen und Stehen verbrachte Zeit

Die beiden Parameter der pro Stunde anteilig im Liegen beziehungsweise im Stehen verbrachten Zeit stehen in vorliegender Studie in beinahe linearem Zusammenhang. Gemeinsam mit der in Bewegung verbrachten Zeit bilden diese drei sich gegenseitig ausschließenden Verhaltensweisen 100 % der Zeitanteile. Der Anteil, der in Bewegung verbrachten Zeit war allerdings hier sehr gering. So betrug der höchste gemessene Tagesdurchschnitt $1,67 \pm 1,68$ min/h, die höchste ausgewertete Stundensumme an Tag 0 $1,19 \pm 0,85$ min/h.

KROLL et al. (2014a) nutzten ebenfalls in einer Studie zur Schwanzamputation Accelerometer zur lückenlosen Aufzeichnung des Aktivitätsverhaltens der Kälber. Hier zeigte sich an Tag 0, +1 und +2 nach Schwanzamputation eine signifikant kürzere Liegezeit pro Stunde im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. Gleicher beobachteten EICHER und DAILEY (2002) für die zwei Stunden nach Anbringung des Gummiringes, ausgewertet an Hand von Videobeobachtungen. In der vorliegenden Studie wurden ebenfalls für alle Aktivitätsdaten Stundendurchschnitte der Tage -1 bis +4, sowie sieben detailliertere Stundenwerte von 09:00 bis 16:00 Uhr an Tag 0 ausgewertet. Im Gegensatz zu den oben genannten Studien konnten wir keinen signifikanten Unterschied in der Liegezeit zwischen den Gruppen feststellen. Weder in den Stundendurchschnitten der Tage, noch in den Stundensummen an Tag 0. Dies könnte durch höhere die Schmerzhaftigkeit der in oben genannten Studien verwendeten Amputationsmethoden begründet sein. So wurde in einer der Studien eine chirurgische Amputation durchgeführt und das Schwanzende mit Hilfe einer Schere 25 cm distal der Schwanzbasis im Zwischenwirbelpalt abgetrennt (KROLL et al., 2014a). In der

anderen Studie wurde zwar ein Gummiring verwendet, dieser aber weiter proximal im Vergleich zu unserem Vorgehen, auf Höhe eines Zwischenwirbelspalts 45 cm unterhalb der Vulva angesetzt (EICHER und DAILEY, 2002). Es könnte außerdem eine Rolle spielen, dass in unserer Studie im Gegensatz zu KROLL et al. (2014a) an Tag 0 auch die Stunden vor Anbringung des Gummiringes um 08:10 Uhr in den Tagesdurchschnitt eingerechnet wurden. Dies könnte einen nach dem Eingriff stattfindenden Effekt verwaschen. Dem steht entgegen, dass auch in den genauer betrachteten Stundensummen an Tag 0 von 09:00 bis 16:00 Uhr kein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe a und k bestand.

Während die Gruppe keinen Effekt auf die Stundensummen von im Liegen und im Stehen verbrachter Zeit an Tag 0 hatte, zeigte sich für den gleichen Zeitraum ein signifikanter Effekt des Zeitpunktes. Betrachtet man die Daten beider Parameter fällt vor Allem auf, dass der Anteil im Liegen verbrachter Zeit an Tag 0 von 10:00 bis 11:00, von 13:00 bis 14:00 und von 14:00 bis 15:00 Uhr besonders hoch, sowie von 15:00 bis 16:00 Uhr geringgradig höher ist, als der Basalwert von Tag -1. Dagegen sind die Werte von 11:00 bis 12:00 und von 13:00 bis 14:00 Uhr im Vergleich zum Basalwert besonders niedrig. Für die im Stehen verbrachte Zeit zeigt sich folgerichtig das umgekehrte Bild. Die erste Phase mit niedrigem Anteil im Liegen verbrachter Zeit von 11:00 Uhr bis 12:00 Uhr ist durch die Fixation zur Probenahme um 11:10 Uhr zu erklären. Hier wurden die Tiere nicht nur für circa 10 Minuten im Stehen fixiert, sondern dafür auch vorher aufgetrieben, falls sie sich in liegender Position befanden. Zudem legten sich die Tiere in der Regel durch den Stress der Probenahme auch nicht sofort nach Beendigung der Fixation wieder hin, sondern blieben noch eine Weile stehen. Die zweite Phase mit geringerem Anteil im Liegen verbrachter Zeit von 11:00 Uhr bis 13:00 Uhr kann durch die mittägliche Milchtränke zwischen 12:00 und 13:00 Uhr erklärt werden, welche die Kälber im Stehen zu sich nahmen. Zudem erhoben sich die Kälber in Erwartung der Milch meist bereits vor Anbringung der Eimer, als sie die beginnende Mittagstränke anderer in Sichtweite befindlicher Kälber wahrnahmen. Die im Vergleich zum Basalwert von Tag -1 höher ausfallenden Anteile im Liegen verbrachter Zeit von 10:00 bis 11:00 und in den drei Stundenintervallen zwischen 13:00 und 16:00 Uhr könnten durch einen Basalwert zu erklären sein, der keinen „Normalwert“ darstellt, sondern darunter liegt. In unserer Studie wurde der Basalwert zum Vergleich mit den sieben Stundensummen von 09:00 bis 16:00 Uhr an Tag 0 aus dem Durchschnitt selbiger Stundensummen an Tag -1 berechnet. Folgerichtig enthält auch dieser Wert mit den

Stundensummen von 11:00 bis 12:00 und von 12:00 bis 13:00 Uhr an Tag -1 die Blutprobenahme und die Mittagstränke. 2/7 (28,6 %) des Durchschnitts bildeten also Phasen mit durch äußere Faktoren verminderter Liegezeit. Dieser Anteil ist im Vergleich zu einem tatsächlichen Tagesdurchschnitt mit 4/24 (16,7 %) verminderter Liegezeit (dreimalige Tränke plus einmalige Probenahme) deutlich erhöht. Von Vorteil wäre also gewesen, solche Phasen erhöhter Aktivität aus der Auswertung auszuschließen oder mit etwas älteren Kälbern zu arbeiten, welche bereits auf eine täglich zweimalige Tränke umgestellt wurden und somit ein größeres Zeitfenster ungestörter Beobachtung böten. Jedoch ist hier der Spielraum zwischen dem Alter der in diesem Versuch verwendeten Kälbern von 8 bis 10 Wochen und der Altersbeschränkung für prophylaktische Schwanzspitzenamputationen von 3 Monaten (TSchG §6 Abs. 3) gering.

6.2. In Bewegung verbrachte Zeit und Schrittzahl

Sowohl vermehrte Bewegung als auch Bewegungslosigkeit können nach einem Eingriff ein Zeichen von Schmerz sein (PRUNIER et al., 2013). Ersteres ist dabei vermutlich der Versuch einer Flucht vor dem Schmerz und wird, wenn erfolglos schließlich häufig von Letzterem abgelöst um die schmerzhafte Bewegung zu vermeiden (MOLONY und KENT, 1997). Unsere Daten zeigen, dass die in Bewegung verbrachte Zeit in direktem Zusammenhang zur Schrittzahl steht. Es zeigte sich für Schrittzahl und in Bewegung verbrachter Zeit weder in den Tagesdurchschnitten, noch in den an Tag 0 genauer betrachteten Stundensummen von 09:00 bis 16:00 Uhr ein Unterschied. Bezieht man in die Beurteilung der Stundensummen an Tag 0 jedoch die erhöhte Aktivität durch Tränke und Probenahmen in den beiden Stundenintervallen von 11:00 bis 13:00 Uhr mit ein und betrachtet die restlichen Stundensummen unabhängig davon, ergibt sich ein anderes Bild. Nun zeigt Gruppe a an Tag 0 von 09:00 bis 10:00 Uhr sowohl die höchste Schrittzahl (Tabelle 22 im Anhang), als auch am meisten in Bewegung verbrachte Zeit (Tabelle 21 im Anhang). Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien. Kälber zeigten hier nach dem Eingriff ebenfalls eine höhere Schrittzahl oder mehr in Bewegung verbrachte Zeit im Vergleich zu Kontrolltieren ohne Amputation (EICHER und DAILEY, 2002; KROLL et al., 2014a). Alternativ zu schmerzbedingtem Verhalten könnte eine erhöhte in Bewegung verbrachte Zeit nach Schwanzamputation auch dadurch begründet sein, dass das Tier nicht mehr fähig ist durch Schlagen mit dem Schwanz adäquat Fliegen abzuwehren. Eine daraus resultierende erhöhte Fliegenbelastung führt nachweislich zu erhöhter Aktivität der Tiere (HARVEY und

LAUNCHBAUGH, 1982). In Studien, in welchen den Kälbern ein großer Teil des Schwanzes abgetrennt wurde, ist dieser Effekt besonders naheliegend (KROLL et al., 2014a). Unser Vorgehen unterschied sich hiervon deutlich, so wurden die distalen 3 cm der Schwanzspitze lediglich abgebunden und blieben physisch somit zunächst erhalten. Aus diesem Grund dürfte der Eingriff keine drastische Einschränkung für die Fliegenabwehr bedeutet haben. Auch langfristig betrachtet war das abgebundene Stück so klein, dass auch nach Abfallen des Anteils distal des Ringes noch der Großteil der Schwanzquaste erhalten blieb. Die einzige Studie, die die in Bewegung verbrachte Zeit nach Schwanzamputation auswertete, aber keine Erhöhung dieses Parameters beobachten konnte wurde an adulten Rindern durchgeführt (EICHER et al., 2000). Eine Erklärung für dieses, den Untersuchungen an Kälbern entgegengesetzte Ergebnis könnte die Aufstallung auf relativ engem Raum sein. Diese schränkte die Bewegungsfreiheit der ausgewachsenen Tiere möglicherweise ein.

6.3. Summe der Aufsteh- und Ablegeereignisse

Vermehrte Aufsteh- und Ablegeereignisse oft mit „Unruhe“ bezeichnet, können nach Schwanzamputation als Indikator für Unwohlsein oder Schmerz betrachtet werden. Hervorgerufen werden diese Empfindungen durch den Druck des Gummiringes und den, der Ischämie folgenden Gewebszerfall (TOM et al., 2002a). In unserer Studie zeigte Gruppe a an Tag 0 passend dazu tendenziell mehr Aufsteh- und Ablegeereignisse pro Stunde als Gruppe k. Innerhalb der genauer betrachteten Stundenintervalle an Tag 0 von 09:00 bis 16:00 Uhr ergab sich dagegen kein Unterschied. Das ist damit zu begründen, dass die Tiere generell selten Aufstanden und sich wieder ablegten und sich eine Veränderung somit deutlicher in Summe über den Tag wiederspiegelt. Andere Studien, die das Verhalten von Kälbern nach Schwanzamputation untersuchten, stellten ebenfalls einheitlich eine höhere Frequenz von Stehen und Liegen nach dem Eingriff fest (PETRIE et al., 1995; SCHREINER und RUEGG, 2002; TOM et al., 2002a; KROLL et al., 2014a). Gleichermaßen wiesen GRAHAM et al. (1997) für Lämmer nach. Auch hier zeigten die Tiere nach Anlegen der Gummiringe deutlich vermehrte Aufsteh- und Ablegeereignisse im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. Die Annahme, dass diese Verhaltensreaktion schmerzbedingt ist, wird durch eine dort gleichzeitig erfolgte Erhöhung des Plasmakortisol bekräftigt. Es ist jedoch zu beachten, dass zumindest nach Kastration die schmerzbedingte „Unruhe“ als Parameter speziespezifisch bei Lämmern noch deutlicher auftritt, als bei Kälbern (ROBERTSON et al., 1994). Die Messung der Aufsteh- und Ablegeereignisse scheint in Bezug auf Schmerzhaftigkeit

nach Schwanzamputation beim Kalb dennoch ein sehr sensitiver Parameter zu sein. So konnten wir bei vergleichsweise geringer Tierzahl und einer wenig invasiven Variante des Eingriffs einen Zusammenhang aufzeigen. Dieser wurde nicht von beeinflussenden Ereignissen wie Milchtränke und Blutprobennahme überlagert.

7. Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktionen

Die Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktion wurde in mehreren Studien zur Schwanzamputation untersucht. Dabei wurden jeweils unterschiedliche Varianten dieses Verhaltensspektrums erfasst. Eine tendenziell erhöhte Frequenz von „Umsehen in Richtung der Hinterhand oder des Schwanzes“ in den ersten drei Stunden nach Gummiringapplikation bei Kälbern mit einem Alter von über 3 bis 6 Wochen beschreiben SCHREINER und RUEGG (2002). Dieser Effekt trat in der gleichen Studie bei jüngeren Kälbern jedoch nicht auf. TOM et al. (2002a) werteten die Häufigkeit des „Beleckens eines Teils des Schwanzes inklusive der Schwanzbasis“ aus. Sie beobachteten dieses Verhalten an Tag 0, +1 und +5 signifikant häufiger im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. Bei EICHER und DAILEY (2002) legten „eine Bewegung des Kopfes um den Schwanz zu berühren“ sogar als spezifische Schmerz-Indikator-Bewegung in Bezug auf Schwanzamputation fest. Sie beobachteten diese von Tag 0 bis +4 bei Kälbern der Amputationsgruppe signifikant häufiger als in der Kontrollgruppe. KROLL et al. (2014a) wiesen eine „Bewegung des Kopfes um den Schwanz zu berühren oder zu betrachten, nicht um Fliegen zu verjagen oder Körperpflege zu betreiben“ nach chirurgischer Schwanzamputation im Vergleich zu einer Kontrollgruppe häufiger nach.

In vorliegender Studie wurden alle oben genannten Varianten eines Kopf-Schwanz/Hinterhand-Kontaktes zu einem Parameter zusammengefasst. So wurde sowohl ein physischer Kontakt der Nase oder der Zunge mit dem Schwanz oder der Hinterhand, als auch das Umsehen danach gewertet. Trotzdem zeigten sich in den nach Anlegen des Gummiringes genauer betrachteten, stündlichen Werten an Tag 0 im Vergleich zum Basalwert keine Unterschiede zwischen den Gruppen oder innerhalb der beiden Gruppen. Im Tagesdurchschnitt der Beobachtungen ergab sich eine Tendenz für häufigere Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktion in Gruppe k im Vergleich zu Gruppe a. Da sich diese Tendenz auch für den Basalwert beider Gruppen gilt, spricht dies in Bezug auf diesen Parameter für eine fehlgeschlagene Randomisierung. Da die Gruppenauslosung erst an Tag 0 erfolgte, der Basalwert an Tag -1 jedoch auch diesen Unterschied aufweist, kann ein unterschiedliches Handling der Gruppen als Ursache

ausgeschlossen werden. Die zugrundeliegende Ursache für die höheren Werte in Gruppe k bleiben dabei unklar.

Generell wurden Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktionen, trotz der bewusst weit gefassten Definition der Verhaltensweise, nur sehr selten beobachtet. Gerade für selten auftretende und kurz andauernde Verhaltensweisen wie diese wäre es von Vorteil gewesen, ein längeres Beobachtungsintervall als 5 Minuten für die kontinuierliche Beobachtung der Tiere zu wählen (NAGUIB, 2006) . EICHER und DAILEY (2002) nutzten jedoch ebenfalls 5 Minuten-Intervalle für die Beobachtung und erhielten mit 8-mal häufigere Kopf-Schwanz-Interaktionen in der Amputationsgruppe eine deutliche Differenz zur Kontrollgruppe. Auch ihr Versuch fand im Sommer bei hoher Fliegenbelastung statt, jedoch waren die Kälber etwas jünger (3-5 Wochen), als die Versuchstiere der vorliegenden Studie (8-10 Wochen). Ursache für die differierenden Ergebnisse der beiden Studien könnte das Alter der Tiere sein. Hierfür würde sprechen, dass EICHER et al. (2000) bei Kalbinnen kurz vor der ersten Kalbung ebenfalls keinen Unterschied in der Häufigkeit eines „Kontaktes des Kopfes (üblicherweise der Zunge oder Nase) mit dem Schwanz“ feststellen konnten. Eine weitere Einflussgröße könnte die Invasivität des Eingriffs darstellen, so wurde der Gummiring in vorliegender Studie distal des letzten Schwanzwirbels im bindegewebigen Endstück angebracht, während bei EICHER und DAILEY (2002) zwischen zwei Schwanzwirbeln amputiert wurde. Eine enger gefasste Definition der schwanzwärts gerichteten Bewegungen, wie die von EICHER und DAILEY (2002) hätte möglicherweise mehr Bewegungen ausgeschlossen, die nicht auf eine unangenehme Empfindung am Schwanz zurückzuführen sind. Diese könnten das Ergebnis verfälscht haben.

8. Schwanzschlagen

KROLL et al. (2014a) beobachteten an Tag 0 und +1 nach chirurgischer Schwanzamputation vermehrtes „Schwanzzucken“, aus welchem sie per Definition „Schwanzwedeln“ zur Fliegenabwehr ausschlossen. Nach Anlegen eines Gummiringes zur Schwanzamputation beobachteten PETRIE et al. (1995) bei Kälbern ebenfalls vermehrtes Schwanzschlagen. Sie führten dies darauf zurück, dass der Druck des Gummiringes und/ oder die einsetzende Ischämie sich für die Kälber unangenehm oder schmerhaft anfühlt. Folglich kann das Schwanzschlagen als Abwehrbewegung gedeutet werden, durch die das Tier versucht, dieser negativen Empfindung zu entkommen (PRUNIER et al., 2013) und in diesem Fall den Gummiring loszuwerden.

Zudem scheint das Schlagen mit dem Schwanz auch unabhängig von der Lokalisation des schmerzhaften Stimulus Teil der physiologischen Schmerzreaktion beim Kalb zu sein. Sowohl nach Enthornung (TASCHKE und FOLSCH, 1997; SYLVESTER et al., 2004), als auch nach Kastration (MOLONY et al., 1995; OBRITZHAUSER et al., 1998) wurde es wiederholt beobachtet.

In unserer Studie zeigten sich in den Tagesdurchschnitten keine Unterschiede. Auch in den genauer betrachteten Intervallen an Tag 0 gab es keine Unterschiede zwischen den Gruppen. In Gruppe a war jedoch im Vergleich zum Basalwert um 09:00 Uhr tendenziell, sowie um 10:30 signifikant häufiger Schwanzschlagen zu beobachten. Dass sich kein deutlicher Unterschied zwischen den Gruppen ergab ist vor Allem auf die sehr breite Streuung der Werte in Gruppe a zurückzuführen (Tabelle 26 im Anhang und Abbildung 18). Diese ist vermutlich in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die Tiere während der gesamten Versuchsphase und auch nach Anbringung der Gummiringe viel Zeit im Liegen verbrachten. Jene Tiere, welche bis zum Ablegen hochfrequent mit dem Schwanz geschlagen hatten, zeigten dieses Verhalten in deutlich niedrigerer Frequenz im Liegen. Zudem war in Fällen, in denen die Tiere auf ihren Schwänzen lagen oder diese durch ihren Körper verdeckt waren keine Beobachtung möglich. So wurde die hohe Frequenz des Schwanzschlagens, die fast alle Tiere aus Gruppe a innerhalb der ersten 2 bis 3 Stunden nach Anlegen des Ringes zeigten, so lange sie standen, statistisch ausgeglichen. Um den tatsächlichen Wert des Schwanzschlagens beurteilen zu können müssten die Tiere folglich für die ersten 3 bis 4 Stunden nach dem Eingriff so fixiert werden, dass ein Ablegen nicht möglich ist. Zudem könnte eine automatisierte Aufzeichnung der Schwanzbewegungen beispielsweise mittels Bewegungszählern am Schwanz (OLSON et al., 2016) die Überwachung dieses Parameters vereinfachen. Anstatt der Beschränkung auf ausgewählte Intervalle könnten so 100 % der Daten gewonnen und ausgewertet werden. Voraussetzung hierfür wäre jedoch, dass der Bewegungszähler selbst das Tier nicht stört und somit nicht selbst Einfluss auf den Parameter nimmt.

Entgegen den oben genannten Ergebnissen beobachteten SCHREINER und RUEGG (2002) bei adulten Kühen und Kälbern nach Gummiring-Schwanzamputation kein vermehrtes Schwanzschlagen im Vergleich zu Kontrollgruppen. Andere Studien zeigten sogar verminderter Schwanzschlagen nach dem Eingriff bei Kühen (TOM et al., 2002b) und Kälbern (EICHER und DAILEY, 2002). Als Ursache dieser Ergebnisse wird das lernpsychologische Prinzip der „Erlernten Hilflosigkeit“ (EICHER und DAILEY, 2002)

vermutet. Geprägt wurde dieser Begriff zunächst in Versuchen mit Hunden (OVERMIER und SELIGMAN, 1967; SELIGMAN und MAIER, 1967), untersucht wird dieses Phänomen jedoch mittlerweile auch beim Pferd (HALL et al., 2008). Dahinter verbirgt sich die Annahme, dass ein Individuum, das einem negativen Stimulus ausgesetzt ist dem es durch keine Variante der Verhaltensreaktion entgehen kann, entsprechende Versuche irgendwann einstellt. Trotz anhaltendem Stimulus zeigt es keine Verhaltensreaktion mehr darauf. Im vorliegenden Fall ist es dem Tier nicht möglich, dem Druck des Gummiringes durch Schwanzschlagen zu entgehen, so dass es dieses Verhalten einstellt. Dies deckt sich mit dem Verlauf der in unserer Studie erhaltenen Daten für die ersten Stunden nach dem Eingriff. Es zeigt sich in der Häufigkeit des Schwanzschlagens zwischen 09:00 und 12:00 Uhr bei Gruppe a nach einem initialen Anstieg im Vergleich zum Basalwert ein konstanter Abfall bis unter den Basalwert auf beinahe 0. Betrachtet man daneben Gruppe k, so bleiben die Werte konstant auf dem Level des Basalwertes.

Abschließend ist zudem zu erwähnen, dass eine Versuchsdurchführung im Sommer in Bezug auf den Parameter „Schwanzschlagen“ nicht optimal ist. Durch eine erhöhte Fliegenbelastung, welche nachweislich vermehrtes Schwanzschlagen zur Folge hat (HARVEY und LAUNCHBAUGH, 1982), verwaschen die Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen.

9. Schwanzposition

Wir unterschieden zwischen physiologischer Schwanzposition, also locker getragenem Schwanz, und abnormaler Schwanzposition. Letztere war definiert als Einklemmen oder Abstellen beziehungsweise Abstrecken des Schwanzes. Die beiden nicht physiologischen Varianten wurde zu einer Kategorie zusammengefasst, da durch das häufige Liegen der Kälber die Schwanzposition generell nur sehr selten beobachtet werden konnte. Unsere Daten zeigen keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen und entsprechen somit den Ergebnissen der einzigen Studie, die bislang die Schwanzposition bei Kälbern nach Anlegen eines Gummiringes untersuchte: (SCHREINER und RUEGG, 2002) beobachteten nach Anlegen des Gummiringes bei Kälbern und Kalbinnen, ob der Schwanz in eingeklemmter Position getragen wurde. In beiden Altersklassen ergaben sich keine Unterschiede zwischen Amputations- und Kontrollgruppe. TOM et al. (2002b) beschreiben bei Milchkühen in der Kontrollgruppe signifikant mehr Tiere mit abgestellter Schwanzposition im Vergleich zur

Amputationsgruppe. Eine eingeklemmte Schwanzposition wurde erst signifikant häufiger in der Amputationsgruppe beobachtet, als an Tag 6 das Gewebe distal des Ringes chirurgisch entfernt wurde. Die deutliche Reaktion der Tiere auf das Absetzen des vermeintlich bereits abgestorbenen Gewebes ist interessant. Es stellt sich die Frage, ob es sich dabei um eine Schmerzreaktion handelte, also doch Sensibilität distal des Ringes vorhanden war. Alternativ könnte schlicht das plötzlich verminderte Gewicht des Schwanzes oder der veränderte Kontakt zur Hinterhand eine für die Tiere ungewohnte Empfindung sein, auf die sie mit Einklemmen des Schwanzrestes reagierten.

10. Sonstige physiologische Verhaltensweisen

Neben direkt auf potenzielle Schmerhaftigkeit einer Schwanzamputation hinweisenden Parametern wurden auch physiologische Verhaltensweisen in der Häufigkeit ihres Auftretens ausgewertet. Letztere werden unter Stress und/oder Schmerz vermindert gezeigt (WEARY et al., 2006), was auf eine erhöhte Aktivität des sympathischen Nervensystems zurückzuführen ist (ANDERSON und MUIR, 2005). In selteneren Fällen sind nach schmerzhaften Stimuli aber auch bestimmte physiologische Verhaltensweisen wie Futteraufnahme häufiger zu beobachten. Dies kann möglicherweise als Übersprungshandlung gewertet werden (EICHER et al., 2000). Verursacht wird diese durch die Unfähigkeit des Tieres dem Stimulus zu entkommen oder durch die Beeinträchtigung der Ausführung eines physiologischen Verhaltens, zum Beispiel der Schwanzbewegungen (KROLL et al., 2014a).

10.1. Körperpflege

In vorliegender Studie zeigte sich eine Tendenz zu häufigerer Körperpflege bei Gruppe k im Vergleich zu Gruppe a. Die auch separat ausgewerteten Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktionen fielen definitionsgemäß auch unter das Verhalten der Körperpflege. Da diese einen Großteil des Körperpflegeverhaltens ausmachten, erklärt dies die analoge Tendenz in beiden Auswertungen. Die Tendenz zu mehr Körperpflege in Gruppe k über alle Tage, inklusive Tag -1 vor Anbringung des Gummiringes, spricht für eine fehlgeschlagene Randomisierung der Gruppenzuteilung in Bezug auf diesen Parameter. In anderen Studien, welche diesen Parameter nach Schwanzamputation untersuchten, fanden sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen, weder bei Kalbinnen (EICHER et al., 2000) noch bei Kälbern (EICHER und DAILEY, 2002; TOM et al., 2002a). Jedoch wurde hier zum Teil die Körperpflege an Schwanz oder Schwanzbasis aus der Definition ausgeschlossen.

10.2. Schlafen

TOM et al. (2002a) werteten die verschiedenen Liegepositionen von Kälbern nach Gummiringschwanzamputation sehr detailliert aus. Es wurden sowohl Körper- als auch Fuß- und Kopfposition beim Liegen gesondert notiert und in ihren möglichen Kombinationen statistisch verglichen. Das einzig signifikante Ergebnis lieferte die Kombination aus Brustlage und seitlich eingeschlagenem Kopf. Diese Position beschreiben die Autoren als häufige Ruheposition junger Kälber. An Tag +1 und +5 nach Gummiring-Schwanzamputation verbrachten Tiere der Amputationsgruppe weniger Zeit in dieser Position als Tiere der Kontrollgruppe. Aufgrund dieses Ergebnisses definierten wir diese Körperposition als „Schlafen“. Damit sollte ein Verhalten eingegrenzt werden, welches nur dem Ausruhen diente und sich somit unter Anderem von im Liegen wiederkauend verbrachter Zeit abgrenzte. Es zeigte sich in unseren Werten weder in den Tagesdurchschnitten noch in den genauer betrachteten Intervallen an Tag 0 ein Unterschied zwischen den Gruppen. Möglicherweise hätte man in die Definition des Schlafens zusätzlich die in flacher Seitenlage verbrachte Zeit einbeziehen sollen. Auch in dieser Position waren die Kälber im Schlaf ohne beeinträchtigtes Allgemeinbefinden zu beobachten.

10.3. Wiederkauen

Unsere Daten zeigten keinen Unterschied in der Häufigkeit des Wiederkauens zwischen Gruppe a und Gruppe k. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen der meisten anderen Studien zur Schwanzamputation, vorgenommen bei Kalbinnen (SCHREINER und RUEGG, 2002) und Milchkühen (TOM et al., 2002b). Einzig KROLL et al. (2014a) beschreiben nach chirurgischer Amputation am Tag der Amputation bei Kälbern selteneres Wiederkauen in der Amputationsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dies weist darauf hin, dass diese invasivere Variante des Eingriffs vermutlich akut schmerzhafter für die Tiere ist, als die Gummiringamputation.

10.4. Futteraufnahme

EICHER et al. (2000) beobachteten, dass Kalbinnen nach Anlegen des Gummiringes signifikant mehr Zeit mit Futteraufnahme verbrachten, als die Kontrollgruppe. Die Mehrzahl der Studien fand jedoch nach Schwanzamputation keine Unterschiede in der Futteraufnahme, weder bei Kälbern (EICHER und DAILEY, 2002; SCHREINER und RUEGG, 2002; TOM et al., 2002a), noch bei Kalbinnen (SCHREINER und RUEGG, 2002) oder Milchkühen (TOM et al., 2002b). KROLL et al. (2014b) konnten nach

chirurgischer Amputation auch langfristig keinen Unterschied in den durchschnittlichen täglichen Zunahmen einjähriger Mastbullen feststellen. Auch in unserer Studie war kein Unterschied zwischen den Gruppen in Bezug auf die Futteraufnahme nachweisbar. Dass in beiden Gruppen an Tag 0 seltener Futteraufnahme beobachtet wurde ist vermutlich auf den Stress durch Handling und Blutprobenahme zurückzuführen.

10.5. Wasseraufnahme

In der Häufigkeit der Wasseraufnahme konnten EICHER et al. (2000) nach Anlegen von Gummiringen zur Schwanzamputation bei Kalbinnen keine Unterschiede zwischen Amputations- und Kontrollgruppe feststellen. Wegen sehr geringer Inzidenz wurde die Verhaltensweise in einer anderen Studie aus der Auswertung ausgeschlossen (TOM et al., 2002b). Wir konnten Wasseraufnahme ebenfalls nur relativ selten beobachten, die Auswertung der Daten ergab keinen Unterschied zwischen Gruppe a und k.

10.6. Lecken am Salzleckstein

Das Lecken am Salzleckstein wurde noch in keiner Studie ausgewertet, die Schmerzäußerungen von Kälbern nach Schwanzamputation untersuchte. Anhand der Vorversuche stuften wir diese Verhaltensweise jedoch als wichtigen Bestandteil des Ethogramms (Tabelle 4 im Anhang) ein und integrierten es in die Auswertung. Es konnte nach Analyse der gewonnenen Daten jedoch keine Unterschiede zwischen Amputations- und Kontrollgruppe in Bezug auf die Häufigkeit des Leckens am Salzleckstein festgestellt werden.

11. Fazit

Die gewonnenen Daten legen nahe, dass präventive Schwanzspitzenamputation für das betroffene Tier mit zumindest milder Belastung am Tag des Eingriffes verbunden ist. Unruhe, die sich in häufigerem Aufstehen und Ablegen am Tag des Eingriffs niederschlägt sowie vermehrtes Schwanzschlagen in den Stunden nach Anlegen des Gummiringes können als schmerzbedingt gedeutet werden.

Die Erfassung von Schmerzempfindung beim Tier ist gerade bei niederschwelligen Schmerzreizen schwierig. Die geringgradigen Schmerzäußerungen können leicht von anders motiviertem Verhalten überlagert werden. Als am wenigsten störungsanfällig und gleichzeitig lückenlos möglich stellte sich die automatische Aufzeichnung der Aktivitätsparameter mittels Accelerometern heraus. Zukünftige Untersuchungen der Schmerzäußerung nach Schwanzspitzenamputation sollten aus diesem Grund zusätzlich

eine ebenso automatisierte Erfassung der Schwanzbewegung in Erwägung ziehen. Daneben wäre zur differenzierten Betrachtung dieses Parameters eine Versuchsdurchführung im Winter, ohne Verfälschung der Daten durch Schwanzschlagen zur Fliegenabwehr ratsam.

Um die Inzidenz von Schwanzspitzennekrosen zu vermindern, sollten unter dem Aspekt des Tierschutzes Umstellungen der Haltungsumwelt vorgezogen werden, anstatt das Tier dieser durch einen Eingriff anzupassen. Dies geschähe auch im Sinne der Verbraucher/-innen deren Wunsch nach tiergerechterer Nutztierhaltung aktuell immer lauter wird (SPILLER et al., 2015). Sollte die präventive Schwanzspitzenamputation dennoch genehmigt und durchgeführt werden, empfehlen wir zur Reduktion der Belastung für das Tier die Applikation eines nichtsteroidalen Antiphlogistikums vor Anlegen des Gummiringes.

Neben der akuten Schmerzkomponente gilt es gerade bei Amputationen auch die Entwicklung chronischen Schmerzes zu beachten. In diesem Bereich besteht weiterer Forschungsbedarf um eine daraus resultierende dauerhafte Verhaltenssuppression des Tieres erkennen und damit vermeiden zu können.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund: Eine prophylaktische Amputation der bindegewebigen Schwanzspitze mittels Gummiringen kann in Deutschland nach Ausnahmegenehmigung bei Mastbullenkälbern bis zu einem Alter von drei Monaten erfolgen. Analgesie ist zur Durchführung des Eingriffs nicht vorgeschrieben und findet dementsprechend in der Regel keine Anwendung. Die Amputation erfolgt zur Vermeidung multifaktoriell bedingter Schwanzspitzennekrosen und reduziert deren Inzidenz merklich. Haltungstechnische Eingriffe bei Kälbern wie Kastration und Enthornung sind nachweislich mit Schmerzen und Stress für das Tier verbunden. Unterschiedliche Methoden in Verbindung mit diversen analgetischen Protokollen wurden überprüft und erwiesen sich als in verschiedenem Maße belastend für das Tier. Zur Amputation der bindegewebigen Schwanzspitze mittels Gummiringen existiert Stand März 2019 unserer Kenntnis nach jedoch keine Untersuchung, welche die entstehende Belastung für das Kalb evaluiert. Ziel der vorliegenden Studie war es deshalb, zahlreiche Parameter bezüglich ihrer Eignung als Schmerzindikator nach diesem Eingriff im Sinne einer Pilotstudie zu evaluieren.

Material und Methoden: Insgesamt 16 männliche Fleckvieh- oder Fleckvieh-kreuzungskälber im Alter von 8 bis 10 Wochen wurden zufällig einer von zwei Behandlungsgruppen zugeordnet. Der Amputationsgruppe (a) wurde an Tag 0 ein eng schließender Gummiring 3 cm oberhalb der Schwanzspitze um das bindegewebige Schwanzende angelegt. Die Kontrollgruppe (k) erfuhr direkt im Anschluss an selbiger Stelle für die gleiche Zeitspanne ein Kontrollhandling. An den Tagen -2 bis +2 wurde im Blut, entnommen aus einem Jugularvenenkatheter, jeweils einmal täglich die Plasmakonzentration von Kortisol und Substanz P bestimmt. An Tag -1 und 0 zudem gleichzeitig eine Speichelprobe zur Kortisol- und Substanz P-Bestimmung gewonnen. Von Tag -1, um 00:00 Uhr, bis Tag +4, um 24:00 Uhr, erfolgte eine Videoaufzeichnung zur späteren Verhaltensauswertung. Innerhalb dieser Zeitspanne erfassten zudem am Bein befestigte Accelerometer Aktivitätsparameter der Tiere auf.

Ergebnisse: Nach Anbringung der Gummiringe zeigte sich kein Unterschied in der Plasma- oder Speichelkonzentration von Kortisol oder Substanz P zwischen den beiden Gruppen. Bezuglich der Aktivitätsparameter erzeugte der Eingriff keinen messbaren Effekt auf die im Stehen, im Liegen und in Bewegung verbrachte Zeit sowie die

Schrittzahl. Die mittlere Summe an Aufsteh- und Ablegeereignissen an Tag 0 ließ jedoch eine Tendenz ($p = 0,70$) zu häufigerem Aufstehen und Ablegen bei Gruppe a im Vergleich zu Gruppe k erkennen. Die Video-Verhaltensbeobachtung ergab in der Amputationsgruppe an Tag 0, 1 Stunde nach dem Eingriff tendenziell ($p = 0,08$) sowie 2,5 Stunden nach dem Eingriff signifikant ($p = 0,046$) häufigeres Schwanzschlagen im Vergleich zum Basalwert von Tag -1. Bezüglich der Interaktion des Kopfes mit Schwanz und/oder Hinterhand, Schwanzposition, Körperpflege, Schlafen, Wiederkauen, Wasseraufnahme und Lecken am Salzleckstein ergaben die aufgezeichneten Daten keine Unterschiede.

Diskussion: Häufigeres Aufstehen und Ablegen in der Amputationsgruppe an Tag 0 im Vergleich zur Kontrollgruppe lässt sich als Zeichen für Unruhe interpretieren. Gehäuftes Schwanzschlagen zu zwei Beobachtungszeitpunkten an Tag 0 in Gruppe a ist ein Zeichen für Abwehrverhalten gegenüber der unangenehmen Empfindung durch den Druck des Gummiringes. Die Veränderung der physiologischen Verhaltensweisen, sprechen für eine schmerzhafte Belastung des Kalbes durch das Anlegen des Gummiringes. Basierend auf dieser Erkenntnis sind unter dem Aspekt des Tierschutzes zuallererst prophylaktische Maßnahmen wie die Verbesserung der Haltungsumwelt zu ergreifen, um die Inzidenz von Schwanzspitzennekrosen im Betrieb zu vermindern. Sollte der Eingriff dennoch genehmigt werden, empfehlen wir die Applikation eines nichtsteroidalen Antiphlogistikums vor Anlegen des Gummiringes. Im Sinne des Tierschutzes soll dies dazu dienen, eine akute und potentiell chronische Schmerzbelastung der Tiere nach Schwanzspitzenamputation zu reduzieren.

VII. SUMMARY

Background: Preventive amputation of the soft tissue part of the tail tip using rubber rings is only allowed with special permission of the local authorities in Germany. This option is limited to male fattening bull calves up to 3 months of age. Analgesia is not mandatory and therefore rarely provided. The procedure is performed to prevent tail tip necrosis and is able to reduce the incidence of the multifactorial disease significantly. Other management procedures in calves like castration and dehorning are proven to be pain- and stressful for the animal. However the degree of negative effects depends on which method is chosen and if analgesia is provided. The stress- and painfulness of docking the soft tissue tail tip using rubber rings in calves has, to our knowledge, not been assessed until now (March 2019). The objective of this pilot study was therefore to evaluate numerous parameters regarding their suitability as an indicator of pain after the treatment.

Material and methods: A total number of 16 male Fleckvieh- or Fleckvieh-crossbreed calves between 8 and 10 weeks of age were randomly assigned to one of two treatment groups. On day 0 a tight rubber ring was placed in the soft tissue 3 cm above the tail tip of the amputation group (a). The control group (k) experienced subsequent control handling which was identical in location and duration. From day -2 to day +2 blood samples were collected from a jugular vein catheter once a day and plasma concentrations of cortisol and substance P were determined. On day -1 and 0 additional to the plasma samples saliva samples were collected simultaneously to determine concentrations of cortisol and substance P. For behaviour analysis video recording was performed from day -1 at 00:00 to day +4 at 24:00. Activity parameters were recorded over the same period of time by using accelerometers attached to the animals hind leg.

Results: There was no difference between group a and k in plasma or saliva concentrations of cortisol or substance P detectable after the application of the rubber ring. Activity parameters also showed no difference between the groups regarding the time spent standing, lying und walking and the step counts. However, the mean total amount of getting up and lying down on day 0 showed by tendency ($p = 0.70$) more events in group a compared to k. The video behaviour sampling revealed by tendency ($p = 0.08$) more frequent tail swings in group a 1 hour after application of the rubber ring and significantly more tail swings ($p = 0.046$) after 2.5 hours on day 0 compared to

baseline values. There were no differences detectable for interaction of the head with tail or rear quarters, tail position, grooming, sleeping, rumination, water or feed intake and licking at the salt lick.

Discussion: More frequent getting up and lying down on day 0 in group a compared to group k can be interpreted as restlessness. A greater number of tail swings at two points of time marks defensive behaviour to escape the unpleasant pressure of the rubber ring. These changes in physiological behaviours suggest that the calves are experiencing pain initiated by application of the rubber ring. Based on these findings and considering the importance of animal welfare prophylactical changes in management and housing are preferable to reduce the incidence of tail tip necrosis in a herd. Therefore, we recommend the application of non-steroidal anti-inflammatory drugs prior to application of the rubber ring in cases of permitted tail tip docking. This approach is supposed to reduce acute and potential chronic pain induced by tail docking in cattle which is beneficial for animal welfare.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

Allen KA, Coetzee JF, Edwards-Callaway LN, Glynn H, Dockweiler J, KuKanich B, Lin H, Wang C, Fraccaro E, Jones M, Bergamasco L. The effect of timing of oral meloxicam administration on physiological responses in calves after cauterity dehorning with local anesthesia. *Journal of Dairy Science* 2013; 96: 5194-205.

Alsaad M, Niederhauser JJ, Beer G, Zehner N, Schuepbach-Regula G, Steiner A. Development and validation of a novel pedometer algorithm to quantify extended characteristics of the locomotor behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2015; 98: 6236-42.

Anand KJS, Craig KD. New perspectives on the definition of pain. *Pain* 1996; 67: 3-6.

Anderson DE, Muir WW. Pain management in cattle. *Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice* 2005; 21: 623-35.

Barnett JL, Coleman GJ, Hemsworth PH, Newman EA, Fewings-Hall S, Ziini C. Tail docking and beliefs about the practice in the Victorian dairy industry. *Australian Veterinary Journal* 1999; 77: 742-7.

Bates JL, Karriker LA, Stock ML, Pertzbom KM, Baldwin LG, Wulf LW, Lee CJ, Wang C, Coetzee JF. Impact of Transmammary-Delivered Meloxicam on Biomarkers of Pain and Distress in Piglets after Castration and Tail Docking. *Plos One* 2014; 9: 1-19.

Bell A. The neurobiology of acute pain. *Veterinary Journal* 2018; 237: 55-62.

Breward J, Gentle MJ. Neuroma Formation and Abnormal Afferent Nerve Discharges After Partial Beak Amputation (Beak Trimming) in Poultry. *Experientia* 1985; 41: 1132-4.

Brimijoin S, Lundberg JM, Brodin E, Hokfelt T, Nilsson G. Axonal transport of Substance-P in the vagus and sciatic nerves of the guinea pig. *Brain Research* 1980; 191: 443-57.

Bundestierärztekammer Dd (2017) Positionspapier der Bundestierärztekammer zu notwendigen Weiterentwicklungen der Rechtsetzung zur Verbesserung des Tierschutzes bei Nutztieren, Berlin

Busch B, Kramer S. [Preventative tail amputation in fattening bulls]. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 1995; 102: 127-9.

Chang MM, Leeman SE, Niall HD. AMINO-ACID SEQUENCE OF SUBSTANCE P. *Nature-New Biology* 1971; 232: 86-7.

Coetzee JF, Lubbers BV, Toerber SE, Gehring R, Thomson DU, White BJ, Apley MD. Plasma concentrations of substance P and cortisol in beef calves after castration or simulated castration. *Am J Vet Res* 2008; 69: 751-62.

Coetzee JF, Mosher RA, KuKanich B, Gehring R, Robert B, Reinbold JB, White BJ. Pharmacokinetics and effect of intravenous meloxicam in weaned Holstein calves following scoop dehorning without local anesthesia. *Bmc Veterinary Research* 2012; 8: 1-15.

Comin A, Peric T, Corazzin M, Veronesi MC, Meloni T, Zufferli V, Cornacchia G, Prandi A. Hair cortisol as a marker of hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation in Friesian dairy cows clinically or physiologically compromised. *Livestock Science* 2013; 152: 36-41.

Conover WJ, Iman RL. Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. *American Statistician* 1981; 35: 124-9.

Dalby PL, Ramanathan S, Rudy TE, Roy L, Amenta JS, Aber A. Plasma and saliva substance P levels: The effects of acute pain in pregnant and non-pregnant women. *Pain* 1997; 69: 263-7.

Davis RW. Phantom sensation, phantom pain, and stump pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1993; 74: 79-91.

De Felipe C, Herrero JF, O'Brien JA, Palmer JA, Doyle CA, Smith AJH, Laird JMA, Belmonte C, Cervero F, Hunt SP. Altered nociception, analgesia and aggression in mice lacking the receptor for substance P. *Nature* 1998; 392: 394-7.

Destatis (2018) Viehbestand - Vorbericht. Statistisches Bundesamt

DeVane CL. Substance P: a new era, a new role. *Pharmacotherapy* 2001; 21: 1061-9.

Dirksen G, Baumgartner W (2006) Innere Medizin und Chirurgie des Rindes, 5 edn. Parey, Stuttgart. XLVII, 1325 S.

Dockweiler JC, Coetzee JF, Edwards-Callaway LN, Bello NM, Glynn HD, Allen KA, Theurer ME, Jones ML, Miller KA, Bergamasco L. Effect of castration method on neurohormonal and electroencephalographic stress indicators in Holstein calves of different ages. *Journal of Dairy Science* 2013; 96: 4340-54.

Drolia H, Luescher UA, Meek AH. Tail-tip necrosis in ontario feedlot cattle - 2 case-control studies. *Preventive Veterinary Medicine* 1990; 9: 195-205.

Drolia H, Luescher UA, Meek AH, Wilcock BP. Tail Tip Necrosis in Ontario Beef Feedlot Cattle. *Canadian Veterinary Journal-Revue Veterinaire Canadienne* 1991; 32: 23-9.

Ehde DM, Czerniecki JM, Smith DG, Campbell KM, Edwards WT, Jensen MP, Robinson LR. Chronic phantom sensations, phantom pain, residual limb pain, and other regional pain after lower limb amputation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2000; 81: 1039-44.

Eicher SD, Morrow-Tesch JL, Albright JL, Dailey JW, Young CR, Stanker LH. Tail-docking influences on behavioral, immunological, and endocrine responses in dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 2000; 83: 1456-62.

Eicher SD, Dailey JW. Indicators of acute pain and fly avoidance behaviors in Holstein calves following tail-docking. *Journal of Dairy Science* 2002; 85: 2850-8.

Eicher SD, Cheng HW, Sorrells AD, Schutz MM. Short communication: Behavioral and physiological indicators of sensitivity or chronic pain following tail docking. *Journal of Dairy Science* 2006; 89: 3047-51.

Engelhardt Wv (2015) *Physiologie der Haustiere*, 5 edn. Enke, Stuttgart. XXIV, 712 S.

Flor H. Phantom-limb pain: characteristics, causes, and treatment. *Lancet Neurology* 2002; 1: 182-9.

French NP, Morgan KL. Neuromas in Docked Lambs Tails. *Research in Veterinary Science* 1992; 52: 389-90.

Gaddum JH, Schild H. Depressor substances in extracts of intestine. *Journal of Physiology-London* 1935; 83: 1-14.

Gleerup KB, Andersen PH, Munksgaard L, Forkman B. Pain evaluation in dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 2015; 171: 25-32.

Glynn HD, Coetzee JF, Edwards-Callaway LN, Dockweiler JC, Allen KA, Lubbers B, Jones M, Fraccaro E, Bergamasco LL, Kukanich B. The pharmacokinetics and effects of meloxicam, gabapentin, and flunixin in postweaning dairy calves following dehorning with local anesthesia. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 2013; 36: 550-61.

Gonzalez LA, Schwartzkopf-Genswein KS, Caulkett NA, Janzen E, McAllister TA, Fierheller E, Schaefer AL, Haley DB, Stookey JM, Hendrick S. Pain mitigation after band castration of beef calves and its effects on performance, behavior, *Escherichia coli*, and salivary cortisol. *Journal of Animal Science* 2010; 88: 802-10.

Graham MJ, Kent JE, Molony V. Effects of four analgesic treatments on the behavioural and cortisol responses of 3-week-old lambs to tail docking. *Veterinary Journal* 1997; 153: 87-97.

Gross TL, Carr SH. Amputation Neuroma of Docked Tails in Dogs. *Veterinary Pathology* 1990; 27: 61-2.

Hall C, Goodwin D, Heleski C, Randle H, Waran N. Is there evidence of learned helplessness in horses? *Journal of Applied Animal Welfare Science* 2008; 11: 249-66.

Hansen B. Through a glass darkly: Using behavior to assess pain. *Seminars in Veterinary Medicine and Surgery-Small Animal* 1997; 12: 61-74.

Harmar A, Schofield JG, Keen P. Cycloheximide-sensitive synthesis of Substance-P by isolated dorsal root-ganglia. *Nature* 1980; 284: 267-9.

Harmar A, Keen P. Synthesis, and central and peripheral axonal-transport of Substance-P in a dorsal-root ganglion-nerve preparation invitro. *Brain Research* 1982; 231: 379-85.

Harrison S, Geppetti P. Substance P. *International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 2001; 33: 555-76.

Hart KA. The use of cortisol for the objective assessment of stress in animals: Pros and cons. *Veterinary Journal* 2012; 192: 137-9.

Harvey TL, Launchbaugh JL. Effect of horn flies (diptera, muscidae) on behavior of cattle. *Journal of Economic Entomology* 1982; 75: 25-7.

Henrot P, Stines S, Walter F, Martinet N, Paysant J, Blum A. Imaging of the painful lower limb stump. *Radiographics* 2000; 20: 219-35.

Herbert MK, Holzer P. Neurogenic inflammation. I. Basic mechanisms, physiology and pharmacology. *Anasthesiologie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie* 2002; 37: 314-25.

Hernandez CE, Thierfelder T, Svennersten-Sjaunja K, Berg C, Orihuela A, Lidfors L. Time lag between peak concentrations of plasma and salivary cortisol following a stressful procedure in dairy cattle. *Acta Veterinaria Scandinavica* 2014; 56: 1-8.

Herskin MS, Thodberg K, Jensen HE. Effects of tail docking and docking length on neuroanatomical changes in healed tail tips of pigs. *Animal* 2015; 9: 677-81.

Hofmann E (2006) *Medizinische Biochemie systematisch*, 4 edn. UNI-MED-Verl., Bremen [u.a.]. 911 S. :

Hudson S, Mullord M, Whittlestone WG, Payne E. Diurnal-variations in blood cortiaol in dairy cow. *Journal of Dairy Science* 1975; 58: 30-3.

Hunermund G, Romer H, Wagenseil F, Albrecht E. Tail Tip Necrosis - Experiences of the South Wurtemberg Cattle Health-Services. *Tierarztliche Umschau* 1980; 35: 238-45.

IASP IAfTSoPSoT. The need of a taxonomy. *Pain* 1979; 6: 247-52.

Jasim H, Carlsson A, Hedenberg-Magnusson B, Ghafouri B, Ernberg M. Saliva as a medium to detect and measure biomarkers related to pain. *Scientific Reports* 2018; 8: 1-9.

Katz J, Melzack R. Pain memories in phantom limbs - review and clinical observations. *Pain* 1990; 43: 319-36.

Kent ML, Hsia HLJ, Van de Ven TJ, Buchheit TE. Perioperative Pain Management Strategies for Amputation: A Topical Review. *Pain Medicine* 2017; 18: 504-19.

Kerdelhue B, Gordon K, Williams R, Lenoir V, Fardin V, Chevalier P, Garret C, Duval P, Kolm P, Hodgen G, Jones H, Jones GS. Stimulatory effect of a specific substance P antagonist (RPR 100893) of the human NK1 receptor on the estradiol-induced LH and FSH surges in the ovariectomized cynomolgus monkey. *Journal of Neuroscience Research* 1997; 50: 94-103.

Kimura S, Okada M, Sugita Y, Kanazawa I, Munekata E. Novel neuropeptides, Neurokinin-Alpha and Neurokinin-Beta isolated from porcine spinal-cord. *Proceedings of the Japan Academy Series B-Physical and Biological Sciences* 1983; 59: 101-4.

Kirchner M. Die Verbesserung von Tiergesundheit und Wohlergehen auf Maststierbetrieben-eine Einsatzmöglichkeit des Welfare Quality® Protokolls. *Klauentierpraxis* 2015; 23: 101-7.

Kleinhenz MD, Van Engen NK, Gorden PJ, Ji J, Walsh P, Coetzee JF. Effects of transdermal flunixin meglumine on pain biomarkers at dehorning in calves. *Journal of Animal Science* 2017; 95: 1993-2000.

Kohlmann O, Cesaretti ML, Ginoza M, Tavares A, Zanella MT, Ribeiro AB, Ramos OL, Leeman SE, Gavras I, Gavras H. Role of substance P in blood pressure regulation in salt-dependent experimental hypertension. *Hypertension* 1997; 29: 506-9.

Kroll LK, Grooms DL, Siegfried JM, Schweihoffer JP, Daigle CL, Metz K, Ladoni M. Effects of tail docking on behavior of confined feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 2014a; 92: 4701-10.

Kroll LK, Grooms DL, Siegfried JM, Schweihoffer JP, Metz K, Rust SR. Effects of tail docking on health and performance of beef cattle in confined, slatted-floor feedlots. *Journal of Animal Science* 2014b; 92: 4108-14.

Kunz W, Vogel O. Inflammations of tail - new health problem among cattle. *Tierarztliche Umschau* 1978; 33: 344-53.

Landwirtschaft BfEu (2015) Tierschutzbericht der Bundesregierung. Ed Landwirtschaft BfEu

Lane J. Can non-invasive glucocorticoid measures be used as reliable indicators of stress in animals? *Animal Welfare* 2006; 15: 331-42.

Lembeck F. Zur Frage der zentralen Übertragung afferenter Impulse - 3. Das Vorkommen und die Bedeutung der Substanz-P in den dorsalen Wurzeln des Rückenmarks. *Naunyn-Schmiedebergs Archiv Fur Experimentelle Pathologie Und Pharmakologi* 1953; 219: 197-213.

Lenk T. Zum Wundinfektionsgeschehen in Bullenmastanlagen mit Laufstallhaltung unter Berücksichtigung prophylaktischer Schwanzamputationen. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 1981; 36: 699-702.

Lester SJ, Mellor DJ, Ward RN, Holmes RJ. Cortisol responses of young lambs to castration and tailing using different methods. *N Z Vet J* 1991a; 39: 134-8.

Lester SJ, Mellor DJ, Ward RN. Effects of repeated handling on the Cortisol responses of young lambs castrated and tailed surgically. *New Zealand Veterinary Journal* 1991b; 39: 147-9.

Lisowska B, Siewruk K, Lisowski A. Substance P and Acute Pain in Patients Undergoing Orthopedic Surgery. *Plos One* 2016; 11: 1-11.

Madsen EB, Nielsen K. A Study of Tail Tip Necrosis in Young Fattening Bulls on Slatted Floors. *Nordisk Veterinaer Medicin* 1985; 37: 349-57.

Marukawa H, Shimomura T, Takahashi K. Salivary substance P, 5-hydroxytryptamine, and gamma-aminobutyric acid levels in migraine and tension-type headache. *Headache* 1996; 36: 100-4.

Mehne D, Steinhoff-Ooster A, Frenzel K, Sauter-Louis C, Rattenberger E, Bauer U, Randt A. Schonendes Veröden der Hornanlagen bei Kälbern. *Tierärztl. Umschau* 2013; 477-85.

Melendez DM, Marti S, Pajor EA, Moya D, Gellatly D, Janzen ED, Schwartzkopf-Genswein KS. Effect of a single dose of meloxicam prior to band or knife castration in 1-wk-old beef calves: I. Acute pain. *Journal of Animal Science* 2018; 96: 1268-80.

Mellor D, Stafford K. Assessing and minimising the distress caused by painful husbandry procedures in ruminants. *In Practice* 1999; 21: 436-46.

Mellor DJ, Stafford KJ, Todd SE, Lowe TE, Gregory NG, Bruce RA, Ward RN. A comparison of catecholamine and cortisol responses of young lambs and calves to painful husbandry procedures. *Australian Veterinary Journal* 2002; 80: 228-33.

Merighi A, Polak JM, Gibson SJ, Gulbenkian S, Valentino KL, Peirone SM. Ultrastructural studies on calcitonin gene-related peptide-immunoreactive, tachykinin-immunoreactive and somatostatin-immunoreactive neurons in rat dorsal-root ganglia - evidence for the colocalization of different peptides in single secretory granules. *Cell and Tissue Research* 1988; 25: 101-9.

Metzner M, Hofmann, W., Heckert, H. P., Koberg, J., Raue, F. Zur Epidemiologie der Schwanzspitzenentzündung bei Mastbullen. *Tierärztliche Umschau* 1994; 49: 348-55.

Mintline EM, Varga A, Banuelos J, Walker KA, Hoar B, Drake D, Weary DM, Coetzee JF, Stock ML, Tucker CB. Healing of surgical castration wounds: a description and an evaluation of flunixin. *Journal of Animal Science* 2014; 92: 5659-65.

Molony V, Kent JE, Robertson IS. Assessment of acute and chronic pain after different methods of castration of calves. *Applied Animal Behaviour Science* 1995; 46: 33-48.

Molony V, Kent JE. Assessment of acute pain in farm animals using behavioral and physiological measurements. *Journal of Animal Science* 1997; 75: 266-72.

Mormede P, Andanson S, Auperin B, Beerda B, Guemene D, Malmkvist J, Manteca X, Manteuffel G, Prunet P, van Reenen CG, Richard S, Veissier I. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior* 2007; 92: 317-39.

Mostl E, Maggs JL, Schrotter G, Besenfelder U, Palme R. Measurement of cortisol metabolites in faeces of ruminants. *Veterinary Research Communications* 2002; 26: 127-39.

Muir WW, Woolf CJ. Mechanisms of pain and their therapeutic implications. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 2001; 219: 1346-56.

Naguib M (2006) Methoden der Verhaltensbiologie, 1 edn. Springer, Berlin [u.a.]. XVI, 233 S.

Negrao JA, Porcionato MA, de Passille AM, Rushen J. Cortisol in saliva and plasma of cattle after ACTH administration and milking. *Journal of Dairy Science* 2004; 87: 1713-8.

Obritzhauser W, Deutz A, Kofer J. Comparison of two castration methods in calves: Changes in cortisol concentration, white blood count and behaviour. *Tierarztliche Praxis Ausgabe Grobtiere Nutztiere* 1998; 26: 119-26.

Olson ME, Ralston B, Burwash L, Matheson-Bird H, Allan ND. Efficacy of oral meloxicam suspension for prevention of pain and inflammation following band and surgical castration in calves. *Bmc Veterinary Research* 2016; 12: 1-11.

Otsuka M, Yoshioka K. Neurotransmitter functions of mammalian tachykinins. *Physiological Reviews* 1993; 73: 229-308.

Overmier JB, Seligman ME. EFFECTS OF INESCAPABLE SHOCK UPON SUBSEQUENT ESCAPE AND AVOIDANCE RESPONDING. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 1967; 63: 28-33.

Pernow B. Distribution of Substance-P in the central and peripheral nervous system. *Nature* 1953; 171: 746.

Petrie NJ, Stafford KJ, Mellor DJ, Bruce RA, Ward RN. The behaviour of calves tail docked with a rubber ring used with or without local anaesthesia. In: *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, Vol 55 1995. Elvidge DG, ed. Hamilton: New Zealand Soc Animal Production Inc 1995: 58-60.

Petrie NJ, Mellor DJ, Stafford KJ, Bruce RA, Ward RN. Cortisol responses of calves to two methods of tail docking used with or without local anaesthetic. *New Zealand Veterinary Journal* 1996; 44: 4-8.

Plenderleith MB, Haller CJ, Snow PJ. Peptide coexistence in axon terminals within the superficial dorsal horn of the rat spinal-cord. *Synapse* 1990; 6: 344-50.

Powell D, Leeman S, Tregear GW, Niall HD, Potts JT. Radioimmunoassay for Substance-P. *Nature-New Biology* 1973; 241: 252-4.

Prunier A, Mounier AM, Hay M. Effects of castration, tooth resection, or tail docking on plasma metabolites and stress hormones in young pigs. *Journal of Animal Science* 2005; 83: 216-22.

Prunier A, Mounier L, Le Neindre P, Leterrier C, Mormede P, Paulmier V, Prunet P, Terlouw C, Guatteo R. Identifying and monitoring pain in farm animals: a review. *Animal* 2013; 7: 998-1010.

Radhakrishnan V, Henry JL. Electrophysiology of neuropeptides in the sensory spinal cord. In: *Neuropeptides in the Spinal Cord*. Nyberg F, Sharma HS, Wiesenfeld-Hallin Z, eds. Amsterdam: Elsevier Science Bv 1995: 175-95.

Raichle KA, Osborne TL, Jensen MP, Ehde DM, Smith DG, Robinson LR. Preoperative State Anxiety, Acute Postoperative Pain, and Analgesic Use in Persons Undergoing Lower Limb Amputation. *Clinical Journal of Pain* 2015; 31: 699-706.

Rajput K, Reddy S, Shankar H. Painful Neuromas. *Clinical Journal of Pain* 2012; 28: 639-45.

Ralph CR, Tilbrook AJ. Invited review: The usefulness of measuring glucocorticoids for assessing animal welfare. *Journal of Animal Science* 2016; 94: 457-70.

Regoli D, Boudon A, Fauchere JL. Receptors and antagonists for Substance-P and related peptides. *Pharmacological Reviews* 1994; 46: 551-99.

Repenning PE, Ahola JK, Callan RJ, French JT, Giles RL, Bigler BJ, Coetzee JF, Wulf LW, Peel RK, Whittier JC, Fox JT, Engle TE. Impact of oral meloxicam administration before and after band castration on feedlot performance and behavioral response in weanling beef bulls. *Journal of Animal Science* 2013; 91: 4965-74.

Robertson IS, Kent JE, Molony V. Effect of different methods of castration on behavior and plasma-cortisol in calves of 3 ages. *Research in Veterinary Science* 1994; 56: 8-17.

Rupniak NMJ, Kramer MS. Discovery of the anti-depressant and anti-emetic efficacy of substance P receptor (NK1) antagonists. *Trends in Pharmacological Sciences* 1999; 20: 485-90.

Schrader L, Roth HR, Winterling C, Brodmann N, Langhans W, Geyer H, Graf B. The occurrence of tail tip alterations in fattening bulls kept under different husbandry conditions. *Animal Welfare* 2001; 10: 119-30.

Schreiner DA, Ruegg PL. Responses to tail docking in calves and heifers. *Journal of Dairy Science* 2002; 85: 3287-96.

Seligman ME, Maier SF. Failure to escape traumatic shock. *Journal of Experimental Psychology* 1967; 74: 1-8.

Silbernagl S, Despopoulos A, Draguhn A (2018) Taschenatlas Physiologie, 9 edn. Georg Thieme Verlag, Stuttgart ; New York. 472 Seiten :

Simonsen HB, Klinken L, Bindseil E. Histopathology of Intact and Docked Pigtails. *British Veterinary Journal* 1991; 147: 407-12.

Spiller A, Gault M, Balmann A, Bauhus J, Birner R, Bokelmann W, Christen O, Entenmann S, Grethe H, Knierim U. Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. *Berichte über Landwirtschaft-Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 2015;

Steinhoff MS, von Mentzer B, Geppetti P, Pothoulakis C, Bunnett NW. Tachykinins and their receptors: contributions to physiological control and the mechanisms of disease. *Physiological Reviews* 2014; 94: 265-301.

Stöber M. Eingriffe an Rindern. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 1987; 94: 116-7.

Stock ML, Millman ST, Barth LA, Van Engen NK, Hsu WH, Wang C, Gehring R, Parsons RL, Coetze JF. The effects of firocoxib on cauterity disbudding pain and stress responses in preweaned dairy calves. *Journal of Dairy Science* 2015; 98: 6058-69.

Stock ML, Barth LA, Van Engen NK, Millman ST, Gehring R, Wang C, Voris EA, Wulf LW, Labeur L, Hsu WH, Coetzee JF. Impact of carprofen administration on stress and nociception responses of calves to cauterity dehorning. *Journal of Animal Science* 2016; 94: 542-55.

Stull CL, Payne MA, Berry SL, Hullinger PJ. Evaluation of the scientific justification for tail docking in dairy cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 2002; 220: 1298-303.

Sutherland MA, Bryer PJ, Krebs N, McGlone JJ. Tail docking in pigs: acute physiological and behavioural responses. *Animal* 2008; 2: 292-7.

Sutherland MA, Tucker CB. The long and short of it: A review of tail docking in farm animals. *Applied Animal Behaviour Science* 2011; 135: 179-91.

Sylvester SP, Stafford KJ, Mellor DJ, Bruce RA, Ward RN. Behavioural responses of calves to amputation dehorning with and without local anaesthesia. *Australian Veterinary Journal* 2004; 82: 697-700.

Takahashi T, Otsuka M. Regional distribution of Substance-P in spinal-cord and nerve roots of cat and effect of dorsal root section. *Brain Research* 1975; 87: 1-11.

Taschke AC, Folsch DW. Ethological, physiological and histological aspects of pain and stress in cattle when being dehorned. *Tierarztliche Praxis* 1997; 25: 19-27.

Tom EM, Rushen J, Duncan IJH, de Passille AM. Behavioural, health and cortisol responses of young calves to tail docking using a rubber ring or docking iron. *Canadian Journal of Animal Science* 2002a; 82: 1-9.

Tom EM, Duncan IJH, Widowski TM, Bateman KG, Leslie KE. Effects of tail docking using a rubber ring with or without anesthetic on behavior and production of lactating cows. *Journal of Dairy Science* 2002b; 85: 2257-65.

Tregear GW, Niall HD, Potts JT, Leeman SE, Chang MM. Synthesis of Substance-P. Nature-New Biology 1971; 232: 87-9.

Troncoso RJ, Herzberg DE, Meneses CS, Muller HY, Werner MP, Bustamante H. Mechanical/thermal sensitivity and superficial temperature in the stump of long-term tail-docked dairy cows. Peerj 2018; 6: 1-12.

Tschoner T, Behrendt-Wippermann M, Rieger A, Metzner M, Knubben-Schweizer G, Reichmann F, Feist M. Course of plasma substance P concentrations during umbilical surgery in calves. Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift 2018; 131: 522-8.

Vinuela-Fernandez I, Jones E, Welsh EM, Fleetwood-Walker SM. Pain mechanisms and their implication for the management of pain in farm and companion animals. Veterinary Journal 2007; 174: 227-39.

von Euler US, Gaddum JH. An unidentified depressor substance in certain tissue extracts. Journal of Physiology-London 1931; 72: 74-87.

Weary DM, Niel L, Flower FC, Fraser D. Identifying and preventing pain in animals. Applied Animal Behaviour Science 2006; 100: 64-76.

Welfare EFSAEPoAHa. Scientific Opinion on the welfare of cattle kept for beef production and the welfare in intensive calf farming systems. EFSA Journal 2012; 10: 1-166.

Williams ACD, Craig KD. Updating the definition of pain. Pain 2016; 157: 2420-3.

Yoshida T, Mio M, Tasaka K. Cortisol secretion induced by Substance-P from bovine adrenocortial-cells and its inhibition by calmodulin inhibitors. Biochemical Pharmacology 1992; 43: 513-7.

IX. ANHANG



Zifo2 Zielwert-Futteroptimierung

Betrieb: Oberschleißheim, Lehr- und Versuchsgut
 Bearbeiter: Zifo-Benutzer,
 Ausdruck vom 26.07.2017



Bezeichnung: Kälber-Trocken-TMR

Kommentar:

Tierzah:
Lebendgewicht
moment.Zunahme/Tag

0
80 kg
759 g

Mischergroße:
mittl. Zunahme/Tag
Neigung Zunahmekurve

1800
800 g
200 g

Energieaufwand
Eiweißaufwand
N-Verwertung

26.96 MJ/kg Leistung
472.27 g XP/kg Leistung
0.36 g N aus Leistung/g N aus Futter

Bezeichnung	Anteil FM %
# LVG 051016 Heu Wiese 1.Schn. RispSpreiz.	19.530
Std SojaExtrSchrot, 44% RP	18.210
Std Körnermais	16.040
Std Gerste, 2-zeilig	12.080
Std LeinKuchen,-Expeller	8.020
Std Melasse (Zuckerrübe)	7.420
Std Hafer	6.000
Std Stroh Gerste	4.880
Std Weizen	3.280
# Salvana 1103 Elmocin 25% Ca, 4% P	3.170
# Salvana Eukatop	1.370
Summe	100.000

Abbildung 22: Zusammensetzung der im Herkunftsbetrieb und über den Versuchszeitraum gefütterten Kälber-Trocken-TMR

Tabelle 2: Score Sheet zur täglichen Einschätzung der Belastung der Versuchskälber

	score	0	1	2	3	4	5
Beurteilungskriterium							
Verhalten		Kalb ist munter, reagiert auf seine Umwelt interessiert	Kalb reagiert verzögert auf seine Umwelt	Kalb ist matt, apathisch, reagiert stark verzögert auf seine Umwelt	Kalb ist depressiv, reagiert kaum auf seine Umwelt	Kalb ist somnolent, reagiert nicht auf seine Umwelt, lässt sich nur durch massive Reize zu Reaktionen erwecken	Kalb ist komatos, lässt sich auch durch massive Umweltreize nicht zu Reaktionen erwecken
Körperhaltung		Kalb belastet alle vier Gliedmaßen, Rückenlinie gerade, Kopf wird locker von Hals und Nacken getragen, Ohren werden Umweltreizen zugewandt	Kalb belastet alle vier Gliedmaßen, Rückenlinie gerade, Kopf leicht gesenkt, Ohren werden Umweltreizen zugewandt	Kalb belastet alle vier Gliedmaßen, Rückenlinie gerade, Kopf deutlich gesenkt, Ohren hängen	Kalb liegt in Brust-Seitenlage, steht nach Aufstellen sicher, Rückenlinie nach Aufstellen gerade, Kopf deutlich gesenkt, Ohren hängen	Kalb liegt fest in Brust-Seitenlage, steht nach Aufstellen nur mit Hilfe	Kalb liegt fest in Seitenlage, lässt sich nicht aufstellen
Hydrationsstatus		Bulbi nicht eingesunken	Bulbi geringgradig eingesunken	Bulbi mittelgradig eingesunken	Bulbi hochgradig eingesunken	Bulbi hochgradig eingesunken	Bulbi hochgradig eingesunken
Atmung		Kalb atmet ruhig und gleichmäßig, normale Atemtiefe	Kalb atmet ruhig und gleichmäßig, aber nur ca. die Hälfte des normalen Atemzugvolumens	Kalb atmet unregelmäßig in Frequenz und Atemtiefe	Kalb atmet flach aber noch regelmäßig	Atmestilstand für mehr als 30 Sekunden	

Tabelle 3: Übersicht zum Vorgehen nach Einschätzung des Belastungsscores

Score	Belastung	Maßnahmen bei Erreichen
Einzelscore ≤ 1	keine	keine
Einzelscore = 2	gering	keine
Einzelscore = 3	mittel	Abbruch des Versuchs und bis einschl. 15 min nach Anlegen, Entfernung des Gummirings, danach Belassen. Symptomatische/medikamentöse Behandlung je nach der, sich in sofortiger klinischer Untersuchung darstellenden Problematik.
Einzelscore ≥ 4	hoch	
Gesamtscore ≤ 1	keine	keine
Gesamtscore = 2 bis 4	gering	keine
Gesamtscore = 5 bis 7	mittel	Abbruch des Versuchs und bis einschl. 15 min nach Anlegen, Entfernung des Gummirings, danach Belassen. Symptomatische/medikamentöse Behandlung je nach der, sich in sofortiger klinischer Untersuchung darstellenden Problematik.
Gesamtscore > 8 (inklusive ein Einzelscore ≥ 3 = Abbruch)	hoch	

Tabelle 4: Ethogramm zur videogestützten Verhaltensauswertung

Verhalten	Auswertung	Definition
Physiologische Verhaltensweisen:		
Wiederkauen	qualitativ	Tier kaut ohne zugehörige Futteraufnahme, abseits der Futterraufe
Schlafen		Tier liegt, mit zur Seite eingeschlagenem Kopf
nicht erkennbar		z.B. nicht im Blickfeld durch Wand oder anderes Kalb oder Fliege auf Kamera
sonstiges		
Schwanzposition:		
locker getragen	qualitativ	Schwanzspitze sichtbar, senkrecht unter Schwanzwurzel, zwischen den Tarsi
an den Körper gepresst		Schwanzspitze nicht oder kaum sichtbar, verschwindet zwischen den Hinterbeinen
abgestellt		Schwanzspitze sichtbar, nicht senkrecht unter Schwanzwurzel sondern deutlich kaudal davon und kaudal der Tarsi
nicht sichtbar		wenn im Liegen nicht beurteilbar oder nicht im Blickfeld z.B. durch Wand, anderes Kalb oder Fliege auf Kamera
Schwanzbewegung:		
Schwingen oder Schlagen	quantitativ	schwungvolle Bewegung des Schwanzes nach lateral der senkrechten Körperachse um mehr als die Breite der Hinterhand zu einer Seite oder direkt aufeinander folgend zu beiden Seiten, exklusive der Bewegungen beim Scherzen oder Saugen
nicht sichtbar		Z.B. nicht im Blickfeld durch Wand, anderes Kalb oder Fliege auf Kamera
Kopf-/Schwanz/Hinterhand-Interaktion:		
quantitativ		kurzfristiges Umsehen mit Nase mindestens auf Höhe der Längs-Körpermitte (zw. Widerist und Schwanzwurzel) oder Belecken/Benagen des Schwanzes oder einer anderen Stelle kaudal der Längs-Körpermitte einschließlich der Hintergliedmaßen.
nicht sichtbar		Z.B. nicht im Blickfeld durch Wand, anderes Kalb oder Fliege auf Kamera
Weitere physiologische Verhaltensweisen:		
Futteraufnahme	qualitativ	Kopf des Tieres in den Futterbehälter gesenkt oder darüber mit gerade aufgenommenem Futter erhoben
Trinken		Kopf des Tieres ist in den Tränkeimer gesenkt
Körperpflege		Belecken oder Benagen eines Körperteiles außer dem Schwanz oder sich kratzen
Salzleckstein		Lecken am Salzleckstein

Tabelle 5: Handprotokoll zur videogestützten Verhaltensbeobachtung

Videoauswertung "Schwanzamputationsstudie"									
Durchgang:	Tag:	Auswertung:	Bemerkung						
Videozeit	Instantaneous		Continuous			Physio c			Bemerkung
	Physio i	Position	Bewegung	Tier a	Tier b	Tier a	Tier b	Tier a	
Tier a	Tier b	Tier a	Tier b	Tier a	Tier b	Tier a	Tier b	Tier a	Tier b
00:00									
01:00									
02:00									
03:00									
04:00									
05:00									
06:00									
07:00									
08:00									
09:00									
10:00									
11:00									
12:00									
13:00									
14:00									
15:00									
16:00									
17:00									
18:00									
19:00									
20:00									
21:00									
22:00									
23:00									

Physio i = Wiederkauen (w), Schlafen (s), Sonstiges (n), nicht sichtbar (x)

Position = Schwanz locker getragen (l), an den Körper gepresst (g), abgestellt (a)

Bewegung des Schwanzes und Interaktion Kopf mit Schwanz/Hinterhand quantitativ

Physio c = Fressen (f), Trinken (t), Leckstein (l), Körperpflege (k)

Abbildung 23: Zum Handprotokoll zugehöriger Auswertungsschlüssel

Tabelle 6: Protokoll zur Bonitur der Schwanzenden an Versuchstag +5

Bonitur Schwanzspitzen Tag +5	
Datum Tag +5:	
Versuchsgruppe:	
Beurteilende Person:	
Fotos gemacht?	
OM-nummer Tier a:	OM-nummer Tier b:
sitzt Ring?	sitzt Ring?
Schwellung	Schwellung
Atrophie	Atrophie
Rötung	Rötung
Sonstiges	Sonstiges

Tabelle 7: Plasmakortisol-Konzentration

Deskriptive Statistiken Gruppe a					
	Plasmakortisol in pg/ml				
		Basalwert	d0	d+1	d+2
Median		2094,88	1337,92	1668,32	1977,74
Perzentile	25	1504,23	940,50	1381,26	924,21
	75	6265,34	2661,04	8271,25	5807,39

Deskriptive Statistiken Gruppe k					
	Plasmakortisol in pg/ml				
		Basalwert	d0	d+1	d+2
Median		1557,88	1127,60	1245,74	1465,92
Perzentile	25	1300,17	597,71	523,77	978,57
	75	3189,58	3495,73	2130,11	3051,68

Tabelle 8: Plasma-Substanz P-Konzentration

Deskriptive Statistiken Gruppe a					
	Plasma-Substanz P in pg/ml				
		Basalwert	d0	d+1	d+2
Mittelwert		461,14	443,49	445,61	477,14
Std.-Abweichung		57,15	90,43	124,30	114,31

Deskriptive Statistiken Gruppe k					
	Plasma-Substanz P in pg/ml				
		Basalwert	d0	d+1	d+2
Mittelwert		379,35	366,84	368,82	355,97
Std.-Abweichung		62,00	96,41	57,59	46,74

Tabelle 9: Speichelkortisol-Konzentration

Deskriptive Statistiken Gruppe a					
	Speichelkortisol in pg/ml				
		d-1	d0		
Median		519,00	724,50		
Perzentile	25	169,75	197,25		
	75	4776,00	2091,25		

Deskriptive Statistiken Gruppe k					
	Speichelkortisol in pg/ml				
		d-1	d0		
Median		788,50	303,00		
Perzentile	25	548,25	166,25		
	75	3033,75	690,00		

Tabelle 10: Speichel-Substanz P-Konzentration

Deskriptive Statistiken Gruppe a		
	Speichel-Substanz P in pg/ml	
	d-1	d0
Mittelwert	43,13	49,29
Std.-Abweichung	17,37	35,56

Deskriptive Statistiken Gruppe k		
	Speichel-Substanz P in pg/ml	
	d-1	d0
Mittelwert	64,59	42,88
Std.-Abweichung	84,29	25,89

Tabelle 11: Rangkorrelation aller Tiere beider Gruppen

	Spearmans Rang-korrelation	Plasmakortisol-Konz.	Plasma-Substanz P-Konz.	Speichelkortisol-Konz.	Speichel-Substanz P-Konz.
Plasmakortisol-Konz.	rho		0,48	0,301	-0,001
	p		0,745	0,152	0,997
Plasma-Substanz P-Konz.	rho	0,48		-0,15	0,156
	p	0,745		0,484	0,468
Speichelkortisol-Konz.	rho	0,301	-0,15		0,283
	p	0,152	0,484		0,181
Speichel-Substanz P-Konz.	rho	-0,001	0,156	0,283	
	p	0,997	0,468	0,181	

Tabelle 12: Rangkorrelation Gruppe a

	Spearmans Rang-korrelation	Plasmakortisol-Konz.	Plasma-Substanz P-Konz.	Speichelkortisol-Konz.	Speichel-Substanz P-Konz.
Plasmakortisol-Konz.	rho		0,193	0,28	0,7
	p		0,366	0,379	0,829
Plasma-Substanz P-Konz.	rho	0,193		-0,221	0,214
	p	0,366		0,491	0,505
Speichelkortisol-Konz.	rho	0,28	-0,221		0,497
	p	0,379	0,491		0,101
Speichel-Substanz P-Konz.	rho	0,7	0,214	0,497	
	p	0,829	0,505	0,101	

Tabelle 13: Rangkorrelation Gruppe k

	Spearmans Rang-korrelation	Plasmakortisol-Konz.	Plasma-Substanz P-Konz.	Speichelkortisol-Konz.	Speichel-Substanz P-Konz.
Plasmakortisol-Konz.	rho		-0,388	0,455	-0,28
	p		0,061	0,138	0,379
Plasma-Substanz P-Konz.	rho	-0,388		-0,014	0,154
	p	0,061		0,966	0,633
Speichelkortisol-Konz.	rho	0,455	-0,014		0,007
	p	0,138	0,966		0,983
Speichel-Substanz P-Konz.	rho	-0,28	0,154	0,007	
	p	0,379	0,633	0,983	

Tabelle 14: Durchschnittliche im Liegen verbrachte Zeit

Deskriptive Statistiken Gruppe a						
	durchschnittliche Liegezeit in min/h					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	40,42	42,25	43,14	43,22	42,18	41,61
Std.-Abweichung	2,20	3,04	1,47	2,60	2,83	3,29
Deskriptive Statistiken Gruppe k						
	durchschnittliche Liegezeit in min/h					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	39,32	39,76	41,28	41,93	41,24	40,28
Std.-Abweichung	3,30	2,86	1,73	1,33	2,81	3,77

Tabelle 15: Durchschnittliche im Stehen verbrachte Zeit

Deskriptive Statistiken Gruppe a						
	durchschnittliche Stehzeit in min/h					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	17,93	17,20	16,33	16,26	17,29	17,73
Std.-Abweichung	2,63	2,96	1,56	2,69	3,00	3,11
Deskriptive Statistiken Gruppe k						
	durchschnittliche Stehzeit in min/h					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	19,83	19,67	18,19	17,52	18,12	19,13
Std.-Abweichung	3,42	2,96	1,70	1,19	2,78	3,79

Tabelle 16: Durchschnittliche in Bewegung verbrachte Zeit

Deskriptive Statistiken Gruppe a						
	durchschnittliche Zeit in Bewegung in min/h					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	1,67	0,57	0,55	0,53	0,55	0,67
Std.-Abweichung	1,68	0,22	0,15	0,17	0,24	0,29
Deskriptive Statistiken Gruppe k						
	durchschnittliche Zeit in Bewegung in min/h					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	0,87	0,58	0,55	0,56	0,65	0,61
Std.-Abweichung	0,65	0,11	0,06	0,22	0,18	0,16

Tabelle 17: Durchschnittliche Schrittzahl

Deskriptive Statistiken Gruppe a						
	durchschnittliche Schrittzahl/h					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	43,89	11,87	11,35	10,58	11,18	13,63
Std.-Abweichung	52,10	4,81	3,36	3,33	5,05	5,92
Deskriptive Statistiken Gruppe k						
	durchschnittliche Schrittzahl/h					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	18,13	11,66	10,88	11,35	13,06	11,91
Std.-Abweichung	15,21	2,17	1,22	4,39	3,63	3,09

Tabelle 18: Durchschnittliche Anzahl von Aufsteh- und Ablegeereignissen

Deskriptive Statistiken Gruppe a						
	Durschnittliche Anzahl Aufstehen und Ablegen/h					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	1,55	1,72	1,56	1,52	1,37	1,42
Std.-Abweichung	0,35	0,29	0,21	0,16	0,15	0,46
Deskriptive Statistiken Gruppe k						
	Durschnittliche Anzahl Aufstehen und Ablegen/h					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	1,30	1,35	1,51	1,64	1,60	1,67
Std.-Abweichung	0,26	0,35	0,33	0,54	0,52	0,43

Tabelle 19: Im Liegen verbrachte Zeit an Tag 0 detailliert

		Deskriptive Statistiken Gruppe a					
		Liegezeit in min/h					
	Basalwert	d-1	d0 09:00 bis 10:00	d0 10:00 bis 11:00	d0 11:00 bis 12:00	d0 12:00 bis 13:00	d0 13:00 bis 14:00
Mittelwert	41,61	37,00	55,00	29,39	30,47	54,00	56,11
Std.-Abweichung	6,52	8,73	9,00	18,73	11,77	4,70	5,43
		Deskriptive Statistiken Gruppe k					
		Liegezeit in min/h					
	Basalwert	d-1	d0 09:00 bis 10:00	d0 10:00 bis 11:00	d0 11:00 bis 12:00	d0 12:00 bis 13:00	d0 13:00 bis 14:00
Mittelwert	40,12	37,17	52,53	19,89	29,61	58,97	45,58
Std.-Abweichung	9,41	7,14	9,69	21,86	15,87	1,23	14,45

Tabelle 20: Im Stehen verbrachte Zeit an Tag 0 detailliert

		Deskriptive Statistiken Gruppe a					
		Stehzeit in min/h					
	Basalwert	d-1	d0 09:00 bis 10:00	d0 10:00 bis 11:00	d0 11:00 bis 12:00	d0 12:00 bis 13:00	d0 13:00 bis 14:00
Mittelwert	17,63	22,17	4,67	30,06	28,75	5,81	3,81
Std.-Abweichung	5,85	8,35	8,58	18,43	11,94	4,60	5,32
		Deskriptive Statistiken Gruppe k					
		Stehzeit in min/h					
	Basalwert	d-1	d0 09:00 bis 10:00	d0 10:00 bis 11:00	d0 11:00 bis 12:00	d0 12:00 bis 13:00	d0 13:00 bis 14:00
Mittelwert	19,38	22,56	7,31	39,33	29,19	1,03	14,11
Std.-Abweichung	9,03	7,09	9,64	21,37	15,14	1,18	14,07

Tabelle 21: In Bewegung verbrachte Zeit an Tag 0 detailliert

	Deskriptive Statistiken Gruppe a						
	Zeit in Bewegung in min/h						
Basalwert d-1	d0 09:00 bis 10:00	d0 10:00 bis 11:00	d0 11:00 bis 12:00	d0 12:00 bis 13:00	d0 13:00 bis 14:00	d0 14:00 bis 15:00	d0 15:00 bis 16:00
Mittelwert	0,77	0,83	0,33	0,61	0,78	0,19	0,11
Std.-Abweichung	0,81	0,54	0,52	0,40	0,36	0,19	0,20

Tabelle 22: Schrittzahl an Tag 0 detailliert

	Deskriptive Statistiken Gruppe k						
	Anzahl Schritte/h						
Basalwert d-1	d0 09:00 bis 10:00	d0 10:00 bis 11:00	d0 11:00 bis 12:00	d0 12:00 bis 13:00	d0 13:00 bis 14:00	d0 14:00 bis 15:00	d0 15:00 bis 16:00
Median	10,07	17,00	0,00	16,00	18,00	3,00	0,00
Perzentile	25	6,36	7,50	0,00	5,25	6,00	0,00
	75	24,39	24,25	16,75	19,75	22,75	6,00

	Deskriptive Statistiken Gruppe k						
	Anzahl Schritte/h						
Basalwert d-1	d0 09:00 bis 10:00	d0 10:00 bis 11:00	d0 11:00 bis 12:00	d0 12:00 bis 13:00	d0 13:00 bis 14:00	d0 14:00 bis 15:00	d0 15:00 bis 16:00
Median	6,86	4,50	1,50	16,50	20,00	0,00	1,50
Perzentile	25	3,32	0,00	9,00	12,00	0,00	0,00
	75	20,21	10,75	9,00	26,75	39,25	4,50

Tabelle 23: Aufsteh- und Ablegeereignissen an Tag 0 detailliert

		Descriptive Statistics Group a							
		Anzahl von Aufstehen und Ablegen/h							
		Basalwert d-1	d0 09:00 bis 10:00	d0 10:00 bis 11:00	d0 11:00 bis 12:00	d0 12:00 bis 13:00	d0 13:00 bis 14:00	d0 14:00 bis 15:00	d0 15:00 bis 16:00
Median		1,71	3,00	0,50	1,50	2,00	2,00	1,00	2,00
Perzentile	25	1,14	2,00	0,00	0,75	1,00	1,75	0,00	0,75
	75	2,11	8,00	2,75	2,25	4,75	3,50	2,25	2,50

		Descriptive Statistics Group k							
		Anzahl von Aufstehen und Ablegen/h							
		Basalwert d-1	d0 09:00 bis 10:00	d0 10:00 bis 11:00	d0 11:00 bis 12:00	d0 12:00 bis 13:00	d0 13:00 bis 14:00	d0 14:00 bis 15:00	d0 15:00 bis 16:00
Median		1,07	2,00	1,00	1,00	3,00	0,50	1,50	1,00
Perzentile	25	0,89	1,00	0,75	0,75	2,00	0,00	0,75	0,75
	75	1,96	4,00	2,00	2,75	4,25	2,00	2,50	2,25

Tabelle 19: Durchschnitte Häufigkeit der Beobachtung von Schwanzschlagen

Deskriptive Statistiken Gruppe a						
Durchschnittliche Häufigkeit von Schwanzschlagen im stündlichen 5 min-Intervall						
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	6,26	7,75	6,04	4,43	4,63	2,82
Std.-Abweichung	7,15	2,89	3,94	6,79	5,04	2,68

Deskriptive Statistiken Gruppe k						
Durchschnittliche Häufigkeit von Schwanzschlagen im stündlichen 5 min-Intervall						
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	4,67	7,04	7,46	4,35	6,47	5,33
Std.-Abweichung	3,61	3,76	5,98	5,14	3,69	3,84

Tabelle 20: Durchschnittliche Häufigkeit der Beobachtung einer Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktion

Deskriptive Statistiken Gruppe a						
Durchschnittliche Häufigkeit Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktion im stündlichen 5 min-Intervall						
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	0,34	0,40	0,49	0,44	0,28	0,31
Std.-Abweich	0,21	0,09	0,19	0,16	0,18	0,20

Deskriptive Statistiken Gruppe k						
Durchschnittliche Häufigkeit Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktion im stündlichen 5 min-Intervall						
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	0,42	0,46	0,66	0,65	0,56	0,52
Std.-Abweich	0,17	0,40	0,30	0,24	0,39	0,25

Tabelle 21: Häufigkeit der Beobachtung von Schwanzschlagen an Tag 0 detailliert

Deskriptive Statistiken Gruppe a									
Häufigkeit von Schwanzschlagen im halbstündlichen 5 min-Intervall									
	Basalwert d-1	d0 09:00	d0 09:30	d0 10:00	d0 10:30	d0 11:00	d0 11:30	d0 12:00	
Median		3,75	71,00	28,00	18,50	14,50	2,00	2,00	0,00
Perzentile	25	0,19	29,00	1,50	0,00	4,50	0,00	1,00	0,00
	75	16,56	122,50	67,00	81,00	34,50	21,25	.	19,50

Deskriptive Statistiken Gruppe k									
Häufigkeit von Schwanzschlagen im halbstündlichen 5 min-Intervall									
	Basalwert d-1	d0 09:00	d0 09:30	d0 10:00	d0 10:30	d0 11:00	d0 11:30	d0 12:00	
Median		7,13	11,00	9,00	1,00	3,00	9,50	6,00	5,00
Perzentile	25	3,38	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	3,00	1,50
	75	10,50	56,50	19,25	15,50	16,25	23,00	.	33,00

Tabelle 22: Häufigkeit der Beobachtung einer Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktion an Tag 0 detailliert

Statistiken Gruppe a										
		Häufigkeit von Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktion im halbstündlichen 5 min-Intervall								
		Basalwert	d-1	d0 09:00	d0 09:30	d0 10:00	d0 10:30	d0 11:00	d0 11:30	d0 12:00
Median		5,00	5,00	6,75	6,75	5,00	4,50	2,00	4,50	
Perzentile	25	3,00	5,00	2,00	4,00	5,00	4,50	2,00	4,50	
	75	8,25	9,00	11,25	10,13	11,00	10,00	.		7,25

Statistiken Gruppe k										
		Häufigkeit von Kopf-Schwanz/Hinterhand-Interaktion im halbstündlichen 5 min-Intervall								
		Basalwert	d-1	d0 09:00	d0 09:30	d0 10:00	d0 10:30	d0 11:00	d0 11:30	d0 12:00
Median		8,25	2,00	6,75	4,00	5,00	4,50	4,50	4,50	
Perzentile	25	3,00	2,00	4,25	3,13	5,00	4,50	2,00	4,50	
	75	9,88	8,00	8,50	5,38	6,50	10,05	.		6,75

Tabelle 23: Anteil beobachteter abnormaler Schwanzposition

Deskriptive Statistiken Gruppe a							
		Anteil beobachteter abnormaler Schwanzposition pro insgesamter Beobachtungen					
		d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert		0,30	0,23	0,21	0,16	0,19	0,12
Std.-Abweichung		0,19	0,34	0,21	0,17	0,19	0,11

Deskriptive Statistiken Gruppe k							
		Anteil beobachteter abnormaler Schwanzposition pro insgesamter Beobachtungen					
		d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert		0,24	0,22	0,21	0,27	0,24	0,23
Std.-Abweichung		0,32	0,21	0,19	0,19	0,18	0,26

Tabelle 24: Anteil beobachteten Schlafens

Deskriptive Statistiken Gruppe a							
		Anteil beobachteten Schlafens pro insgesamter Beobachtungen					
		d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert		0,20	0,18	0,18	0,18	0,28	0,19
Std.-Abweichung		0,11	0,05	0,11	0,11	0,13	0,06

Deskriptive Statistiken Gruppe k							
		Anteil beobachteten Schlafens pro insgesamter Beobachtungen					
		d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert		0,20	0,19	0,17	0,20	0,16	0,13
Std.-Abweichung		0,08	0,05	0,05	0,09	0,07	0,06

Tabelle 25: Anteil beobachteten Wiederkauens

Deskriptive Statistiken Gruppe a							
		Anteil beobachteten Wiederkauens pro insgesamter Beobachtungen					
		d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert		0,26	0,23	0,29	0,28	0,27	0,24
Std.-Abweichung		0,13	0,13	0,08	0,13	0,04	0,04

Deskriptive Statistiken Gruppe k							
		Anteil beobachteten Wiederkauens pro insgesamter Beobachtungen					
		d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert		0,19	0,28	0,31	0,28	0,35	0,30
Std.-Abweichung		0,05	0,07	0,14	0,07	0,14	0,09

Tabelle 26: Anteil beobachteter Futteraufnahme

Deskriptive Statistiken Gruppe a						
	Anteil beobachteter Futteraufnahme pro insgesamter Beobachtungen					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	0,14	0,08	0,12	0,12	0,11	0,14
Std.-Abweichung	0,08	0,07	0,10	0,07	0,07	0,05

Deskriptive Statistiken Gruppe k						
	Anteil beobachteter Futteraufnahme pro insgesamter Beobachtungen					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	0,16	0,09	0,13	0,15	0,14	0,19
Std.-Abweichung	0,13	0,07	0,09	0,02	0,09	0,09

Tabelle 27: Anteil beobachteter Wasseraufnahme

Deskriptive Statistiken Gruppe a						
	Anteil beobachteter Wasseraufnahme pro insgesamter Beobachtungen					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	0,11	0,03	0,08	0,10	0,08	0,04
Std.-Abweichung	0,05	0,04	0,05	0,10	0,08	0,03

Deskriptive Statistiken Gruppe k						
	Anteil beobachteter Wasseraufnahme pro insgesamter Beobachtungen					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	0,09	0,06	0,12	0,07	0,07	0,08
Std.-Abweichung	0,07	0,05	0,07	0,05	0,02	0,09

Tabelle 28: Anteil beobachteten Leckens am Salzleckstein

Deskriptive Statistiken Gruppe a						
	Anteil beobachteten Leckens am Leckstein pro insgesamter Beobachtungen					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	0,08	0,05	0,09	0,06	0,07	0,10
Std.-Abweichung	0,06	0,03	0,05	0,04	0,04	0,07

Deskriptive Statistiken Gruppe k						
	Anteil beobachteten Leckens am Leckstein pro insgesamter Beobachtungen					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	0,09	0,06	0,08	0,08	0,10	0,13
Std.-Abweichung	0,06	0,12	0,10	0,05	0,08	0,13

Tabelle 29: Anteil beobachteter Körperpflege

Deskriptive Statistiken Gruppe a						
	Anteil beobachteter Körperpflege pro insgesamter Beobachtungen					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	0,28	0,38	0,30	0,26	0,34	0,30
Std.-Abweichung	0,08	0,11	0,13	0,10	0,07	0,10

Deskriptive Statistiken Gruppe k						
	Anteil beobachteter Körperpflege pro insgesamter Beobachtungen					
	d-1	d0	d+1	d+2	d+3	d+4
Mittelwert	0,29	0,31	0,36	0,43	0,46	0,39
Std.-Abweichung	0,16	0,08	0,09	0,13	0,13	0,08

Tabelle 30: Häufigkeit der Beobachtung abnormaler Schwanzposition an Tag 0 detailliert

Kreuztabelle: abnormale Schwanzposition zu Beginn des 5 min-Intervalls beobachtet (j = nicht beurteilbar, j = ja, n = nein)

		d0 09:00		Gesamt		d0 09:30		Gesamt		d0 10:00		Gesamt		d0 10:30		Gesamt		d0 11:00		Gesamt		d0 11:30		Gesamt		d0 12:00		Gesamt	
		j		n		j		n		j		n		j		n		j		n		j		n		j		n	
Gruppe	a	4	1	1	6	3	1	2	6	5	1	6	6	0	6	5	1	6	4	2	0	6	4	2	6	4	2	6	
k	2	1	3	6	3	1	2	6	6	0	6	5	1	6	5	1	6	5	0	1	6	5	0	1	6	3	3	6	
Gesamt		6	2	4	12	6	2	4	12	11	1	12	11	1	12	10	2	12	9	2	1	12	7	5	12	7	5	12	

Tabelle 31: Häufigkeit der Beobachtung von Schlafen an Tag 0 detailliert

Kreuztabelle: Schlafen zu Beginn des 5 min-Intervalls beobachtet (j = nicht beurteilbar, j = ja, n = nein)

		d0 09:00		Gesamt		d0 09:30		Gesamt		d0 10:00		Gesamt		d0 10:30		Gesamt		d0 11:00		Gesamt		d0 11:30		Gesamt		d0 12:00		Gesamt	
		n		j		n		j		n		j		n		j		n		j		n		j		n			
Gruppe	a	1	5	6	6	2	4	6	1	5	6	1	5	6	1	5	6	3	3	6	3	3	6	3	3	6	3	3	6
k	1	5	6	6	1	5	6	1	5	6	4	2	6	3	3	6	3	3	6	1	5	6	1	5	6	1	5	6	
Gesamt		2	10	12	12	3	9	12	5	7	12	4	8	12	6	6	12	6	6	12	1	11	12	1	11	12	1	11	12

Tabelle 32: Häufigkeit der Beobachtung von Wiederkauen an Tag 0 detailliert

Kreuztabelle: Wiederkauen zu Beginn des 5 min-Intervalls beobachtet (j = nicht beurteilbar, j = ja, n = nein)

		d0 09:00		Gesamt		d0 09:30		Gesamt		d0 10:00		Gesamt		d0 10:30		Gesamt		d0 11:00		Gesamt		d0 11:30		Gesamt		d0 12:00		Gesamt	
		n		j		n		j		n		j		n		j		n		j		n		j		n			
Gruppe	a	1	5	6	6	0	6	6	2	4	6	3	3	6	3	3	6	3	3	6	0	3	6	2	4	6	2	4	6
k	1	5	6	2	4	1	5	6	0	6	6	0	6	6	0	6	6	3	1	2	6	1	5	6	1	5	6		
Gesamt		2	10	12	3	9	12	1	11	12	2	10	12	3	9	12	6	1	5	12	3	9	12	1	5	12	3	9	12

Tabelle 33: Häufigkeit der Beobachtung von Futteraufnahme an Tag 0 detailliert

Kreuztabelle: Futteraufnahme im 5 min-Intervall beobachtet (· = nicht beurteilbar, j = ja, n = nein)

	d0 09:00			d0 09:30			d0 10:00			d0 10:30			d0 11:00			d0 11:30			d0 12:00			Gesamt		
	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n
Gruppe	a	1	1	4	6	2	4	6	6	6	0	6	6	1	5	6	3	1	2	6	1	0	5	6
	k	1	1	4	6	2	4	6	6	6	1	5	6	1	5	6	3	0	3	6	1	2	3	6
Gesamt		2	2	8	12	4	8	12	12	12	1	11	12	2	10	12	6	1	5	12	2	2	8	12

Tabelle 34: Häufigkeit der Beobachtung von Wasseraufnahme an Tag 0 detailliert

Kreuztabelle: Wasseraufnahme im 5 min-Intervall beobachtet (· = nicht beurteilbar, j = ja, n = nein)

	d0 09:00			d0 09:30			d0 10:00			d0 10:30			d0 11:00			d0 11:30			d0 12:00			Gesamt		
	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n
Gruppe	a	1	0	5	6	0	6	6	6	6	1	5	6	6	3	2	1	6	1	1	4	6	6	
	k	1	1	4	6	1	5	6	6	6	0	6	6	6	3	1	2	6	1	1	4	6	6	
Gesamt		2	1	9	12	1	11	12	12	12	1	11	12	12	6	3	3	12	2	2	8	12	12	

Tabelle 35: Häufigkeit der Beobachtung von Lecken am Salzleckstein an Tag 0 detailliert

Kreuztabelle: Lecken am Salzleckstein im 5 min-Intervall beobachtet (· = nicht beurteilbar, j = ja, n = nein)

	d0 09:00			d0 09:30			d0 10:00			d0 10:30			d0 11:00			d0 11:30			d0 12:00			Gesamt		
	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n	·	j	n
Gruppe	a	1	0	5	6	0	6	6	6	1	5	6	0	6	6	3	1	2	6	1	1	4	6	
	k	1	2	3	6	1	5	6	1	5	6	0	6	6	1	5	6	3	1	2	6	1	1	4
Gesamt		2	2	8	12	1	11	12	1	11	12	1	11	12	1	11	12	6	2	4	12	2	2	8

Tabelle 36: Häufigkeit der Beobachtung von Körperpflege an Tag 0 detailliert

Kreuztabelle: Körperpflege im 5 min-Intervall beobachtet (.= nicht beurteilbar, j = ja, n = nein)

		09:00			09:30			10:00			10:30			11:00			11:30			12:00			Gesamt			
		.	j	n	j	n	j	n	j	n	j	n	j	n	j	n	j	n	j	n	j	n	.	j	n	Gesamt
Gruppe	a	1	3	2	6	3	3	6	1	5	6	2	4	6	1	1	4	6	3	1	2	6	1	1	4	6
		1	4	1	6	3	3	6	3	3	6	2	4	6	0	2	4	6	3	2	1	6	1	1	4	6
Gesamt		2	7	3	12	6	6	12	4	8	12	4	8	12	1	3	8	12	6	3	3	12	2	2	8	12

X. DANKSAGUNG

Ich möchte meiner Doktormutter, Frau Univ.-Prof. Dr. Gabriela Knubben-Schweizer für die Überlassung dieses Dissertationsthemas sowie für die Möglichkeit gleichzeitig als wissenschaftliche Hilfskraft an der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung tätig zu sein danken.

Mein besonderer Dank gilt auch meiner Betreuerin Frau Dr. Melanie Feist, auf deren Anregung hin das Dissertationsthema entstand und die mir unerfahrener Studentin das Vertrauen entgegenbrachte daraus selbstständig ein Projekt zu entwickeln. Ihr Zuspruch und ihre Korrektur zur rechten Zeit haben alles in die richtigen Bahnen gelenkt.

Des Weiteren möchte ich mich beim Labor-Team der Klinik für Wiederkäuer, allen voran bei Frau Sandra Kirsch und Herrn Dr. Frank Weber bedanken für die geduldige Beratung und Hilfe in allen Stadien der Dissertation.

Frau Anna Rieger, danke ich für die immer freundliche, manchmal sehr spontan nötige statistische Unterstützung bei Studienplanung und Datenauswertung.

Ich möchte mich außerdem beim Tierpflege-Team der Klinik für Wiederkäuer für die Versorgung meiner Versuchskälber im Sommer 2017 und die trotz Mehraufwand akribische Einhaltung meiner Zeitvorgaben für Fütterung etc. bedanken.

Herrn Michael Saller und dem Team des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim als Herkunftsbetrieb der Versuchskälber danke ich für die immer unkomplizierte und sehr nette Zusammenarbeit. An dieser Stelle auch ein Dank an meine (unfreiwilligen) vierbeinigen Probanden Oskar, Emil, Philip, Carsten, Max, Fips, Struppi, Tim, Josef, Johannes, Erwin, Jürgen, Tobias, Sebastian, Friedrich und Xaver.

Meinen Kolleginnen und Kollegen allen voran den Doktorandinnen und Doktoranden der Klinik für Wiederkäuer möchte ich ganz herzlich danken. Der Zusammenhalt und die gegenseitige Unterstützung, die hier in Dienst und Freizeit Gang und Gebe sind suchen in der Arbeitswelt ihresgleichen. Gemeinsam durchstandene Schwierigkeiten sind halb so schlimm und gemeinsam gefeierte Erfolge doppelt so schön!

Meinem Freund Christian möchte ich sowohl für seinen fachlichen Rat, als auch für seine bedingungslose Unterstützung in allen anderen Lebenslagen danken. Für seinen ansteckenden Tatendrang und unerschütterlichen Optimismus.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie: Meinen Eltern Beate und Otto, meinen Omas Maria und Vroni und meinem Bruder Maxi, weil sie immer so stolz auf mich sind und weil ich ohne ihr Sponsoring sicher einen anderen Weg hätte einschlagen müssen. Zu guter Letzt widme ich diese Doktorarbeit im Besonderen meinem verstorbenen Opa Heinz: Man kann es sich vielleicht schwer vorstellen, aber meine Tierliebe hat mich ein Metzgermeister gelehrt. *Ich hoffe du schaust runter und freust dich*