

# Schmerzausschaltung beim thermischen Enthornen

Schriftenreihe, Heft 4/2019



# Untersuchungen zu verschiedenen Verfahren der Schmerzausschaltung bei der thermischen Enthornung von Kälbern

Dr. Gerd Möbius, Marie-Luise Fischer, Johannes Kretschmann, Lisa Scherf, Dr. Ilka Steinhöfel,  
Dr. Norbert Mielenz, Prof. Dr. Joachim Spilke, Prof. Dr. Alexander Starke

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>10</b>
1.1	Problemstellung.....	10
1.2	Zielstellung .....	11
<b>2</b>	<b>Tiere, Material und Methoden.....</b>	<b>12</b>
2.1	Versuchsaufbau .....	12
2.1.1	Herkunftsbestand .....	12
2.1.2	Haltung im Betrieb.....	12
2.1.3	Behandlungsgruppen .....	13
2.1.4	Untersuchungsablauf .....	14
2.1.5	Enthornung.....	17
2.1.6	Ethologische Untersuchungen .....	17
2.1.7	Blutentnahme und Probenanalyse .....	19
2.1.8	Herzfrequenzmessung .....	20
2.1.9	Messung der Hornanlagen .....	20
2.1.10	Klinische Untersuchungen.....	21
2.1.11	Evaluierung der Wundheilung nach thermischer Enthornung.....	22
2.1.12	Lebendmasseentwicklung .....	27
2.2	Statistische Auswertung .....	27
2.3	Ökonomische Einschätzung des Zeit- und Kostenaufwandes bei der Enthornung.....	27
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>29</b>
3.1	Ethologische Untersuchungen .....	29
3.1.1	Verhalten während der Enthornung .....	29
3.1.2	Verhalten nach der Enthornung .....	38
3.2	Cortisolkonzentration im Serum der Kälber .....	52
3.3	Messung der Hornanlagen .....	57
3.4	Klinische Untersuchungen.....	59
3.5	Evaluierung der Wundheilung .....	64
3.6	Lebendmasseentwicklung .....	75
3.7	Einfluss unterschiedlicher Varianten des Schmerzmanagements auf Zeit- und Kostenaufwand.....	78
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>88</b>
4.1	Ethologische Untersuchungen .....	88
4.2	Cortisolkonzentration im Serum der Kälber .....	90
4.3	Messung der Hornanlagen .....	92
4.4	Klinische Untersuchung.....	93
4.5	Evaluierung der Wundheilung .....	95
4.6	Lebendmasseentwicklung .....	97
4.7	Einschätzung des Zeit- und Kostenaufwandes bei der Enthornung mit unterschiedlichem Schmerzmanagement .....	98
4.8	Abschließende Diskussion und Schlussfolgerungen .....	100
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>102</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>103</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Haltungssysteme für die Kälber der Altersgruppe 1 .....	12
Abbildung 2:	Haltungssysteme für die Kälber der Altersgruppe 2 .....	13
Abbildung 3:	Kameras und Aufzeichnungstechnik.....	19
Abbildung 4:	Venenkatheter in der Vena jugularis.....	19
Abbildung 5:	Messschieber zur Messung der Größe der Hornanlage.....	20
Abbildung 6:	Messung der Hornanlagen.....	21
Abbildung 7:	Schema für Bewertung der klinischen Merkmalskomplexe sowie die Interpretation der Boniturnoten nach klinischer Untersuchung .....	22
Abbildung 8:	Schema für die Vergabe sowie die Interpretation der Boniturnoten nach Bewertung der Enthornungswunden .....	23
Abbildung 9:	rechte Hornanlage, Tier 198, Zustand einen Tag nach der Enthornung – Wundrand deutlich abweichend und deformiert, sehr viel verbliebenes Wundgewebe, Boniturnote 2 .....	25
Abbildung 10:	linke Hornanlage, Tier 312, Zustand drei Tage nach der Enthornung – Knochen vollständig verfärbt, Boniturnote 2 .....	25
Abbildung 11:	rechte Hornanlage, Tier 311, Zustand sieben Tage nach der Enthornung – Wundrand deutlich geschwollen, abweichende Menge und Charakter Exsudat, Boniturnote 2.....	25
Abbildung 12:	linke Hornanlage, Tier 316, Zustand 14 Tage nach der Enthornung – Knochenstück abgelöst, liegt noch im Wundbereich, Boniturnote 2 .....	26
Abbildung 13:	Linke Hornanlage, Tier 326, Zustand 21 Tage nach der Enthornung – Zentral liegt ein erhabener Schorf, umgebend deutliche Narbenbildung zu erkennen, keine Schwellung und kein Exsudat, Boniturnote 0.....	26
Abbildung 14:	rechte Hornanlage, Tier 316, Zustand 28 Tage nach der Enthornung – Vollständig vernarbte Wunde, Größe etwa 0,5 cm.....	26
Abbildung 15:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Trippeln, Schwanzschlagen, Kopfabwehr und Aufbäumen innerhalb einer Sekunde .....	29
Abbildung 16:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen nach-vorn-Drängen, nach-hinten-Drängen, sich-fallen-lassen, Aufstehen, Liegen, Vokalisieren und Angstblick.....	30
Abbildung 17:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Aufbäumen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Sekunde .....	31
Abbildung 18:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Kopfabwehr (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Sekunde .....	31
Abbildung 19:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Schwanzschlagen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Sekunde .....	32
Abbildung 20:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Trippeln (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Sekunde .....	33
Abbildung 21:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Angstblick (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2) .....	33
Abbildung 22:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Vokalisieren (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2) .....	34
Abbildung 23:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Liegen (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2) .....	35
Abbildung 24:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Aufstehen (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen G, H und I; Altersgruppen 1 und 2).....	35
Abbildung 25:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Sich-fallen-lassen (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis E; Altersgruppe 2) .....	36

Abbildung 26:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Nach-hinten-drängen (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis E; Altersgruppe 2) .....	37
Abbildung 27:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Nach-vorn-drängen (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis E; Altersgruppen 1 und 2) .....	37
Abbildung 28:	Enthornungszeiten (arithmetisches Mittel $\pm$ Standardabweichung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2) .....	38
Abbildung 29:	Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Liegen / Stehen (LSMean) innerhalb der Beobachtungsstunden 1 bis 4 nach Enthornung (Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2) .....	39
Abbildung 30:	Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Liegen / Stehen (LSMean) innerhalb der Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung.....	40
Abbildung 31:	Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Schlafen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb der Beobachtungsstunden 1-4 nach Enthornung (Behandlungsgruppen A bis I; AG 2) .....	41
Abbildung 32:	Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Schlafen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb der Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung .....	42
Abbildung 33:	Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Nahrungsaufnahme (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb der Beobachtungsstunden 1 bis 4 nach Enthornung .....	43
Abbildung 34:	Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Nahrungsaufnahme (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb der Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung .....	43
Abbildung 35:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Sich belecken, Schwanzschlagen, Ohrwackeln, Kopfschütteln und Kopfkratzen (LSMean) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1-4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2) .....	44
Abbildung 36:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Sich belecken, Schwanzschlagen, Ohrwackeln, Kopfschütteln und Kopfkratzen (LSMean) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2).....	45
Abbildung 37:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Kopfschütteln (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1-4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2) .....	46
Abbildung 38:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Kopfschütteln (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2) .....	47
Abbildung 39:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Kopfkratzen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1 - 4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2) .....	48
Abbildung 40:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Kopfkratzen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2) .....	49
Abbildung 41:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Rückwärtsgehen und Aufstampfen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1- 4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2) .....	50
Abbildung 42:	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Rückwärtsgehen und Aufstampfen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2) .....	51
Abbildung 43:	Verlauf der Cortisolkonzentration (arithmetisches Mittel mit Konfidenzintervall) über die fünf Versuchstage (Altersgruppen 1 und 2) .....	52
Abbildung 44:	Verlauf der Cortisolkonzentration (LSMean mit Konfidenzintervall) der Behandlungsgruppen A, B, C, D, E und F um die Enthornung (Altersgruppe 1).....	53

Abbildung 45:	Verlauf der Cortisolkonzentration (LSMean mit Konfidenzintervall) der Behandlungsgruppen A, B, C, D, E und F um die Enthornung (Altersgruppe 2).....	54
Abbildung 46:	Verlauf der Cortisolkonzentration (LSMean mit Konfidenzintervall) der Behandlungsgruppen A, B, F, G, H und I um die Enthornung (Altersgruppe 1) .....	55
Abbildung 47:	Verlauf der Cortisolkonzentration (LSMean mit Konfidenzintervall) der Behandlungsgruppen A, B, F, G, H und I um die Enthornung (Altersgruppe 2) .....	56
Abbildung 48:	Entwicklung der Größe der Hornanlagen (arithmetisches Mittel $\pm$ Standardabweichung) vom 1. Lebenstag bis zur 4. Lebenswoche .....	57
Abbildung 49:	Entwicklung der Sichtbarkeit der Hornanlagen vom 1. Lebenstag bis zur 4. Lebenswoche .....	58
Abbildung 50:	Entwicklung der Fühlbarkeit der Hornanlagen vom 1. Lebenstag bis zur 4. Lebenswoche .....	59
Abbildung 51:	Wahrscheinlichkeit für die Bewertung des Merkmalkomplexes Innere Körpertemperatur mit der Boniturnote 0 bis 2 (gesund, Altersgruppen 1 und 2) .....	62
Abbildung 52:	Wahrscheinlichkeit für die Bewertung des Merkmalkomplexes Respiration und Lungengesundheit mit der Boniturnote 0 bis 2 (gesund) (Behandlungsgruppen A bis I) .....	63
Abbildung 53:	Wahrscheinlichkeit der Behandlungsgruppen A bis I im Ausgangszustand mit 0 bewertet zu werden.....	66
Abbildung 54:	Wahrscheinlichkeit der Behandlungsgruppen A bis I in der frühen Phase der Entzündung und Demarkation mit 0 bewertet zu werden (komplikationsloser Heilungsverlauf) .....	69
Abbildung 55:	Wahrscheinlichkeit der Altersgruppen (jünger – AG 1 und älter – AG 2) in der frühen Phase der Entzündung und Demarkation mit 0 bewertet zu werden .....	70
Abbildung 56:	Wahrscheinlichkeit der Behandlungsgruppen A bis I in der späten Phase der Entzündung und Demarkation, mit 0 bewertet zu werden (komplikationsloser Heilungsverlauf) .....	72
Abbildung 57:	Wahrscheinlichkeit der Behandlungsgruppen A bis I in der Phase der Granulation, mit 0 bewertet zu werden (komplikationsloser Heilungsverlauf).....	74
Abbildung 58:	Absetzgewichte der Kälber der Altersgruppen 1 und 2 (Behandlungsgruppen A bis I) .....	76
Abbildung 59:	Tägliche Zunahmen der Kälber der Altersgruppen 1 und 2 (Behandlungsgruppen A bis I).....	77

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Behandlungsgruppen mit unterschiedlichem Schmerzmanagement (incl. Gruppengröße) .....	14
Tabelle 2:	Untersuchungsablauf .....	16
Tabelle 3:	Untersuchte Verhaltensparameter während der Enthornung .....	17
Tabelle 4:	Untersuchte Verhaltensparameter nach der Enthornung .....	18
Tabelle 5:	Boniturnoten zur Beurteilung der jeweiligen Wundheilungsphasen.....	24
Tabelle 6:	Einfluss von Behandlungsgruppe, Alter der Tiere (Altersgruppe) bzw. der Wechselwirkung beider Effekte auf die Entwicklung von Erkrankungen im jeweiligen klinischen Merkmalskomplex (Ergebnisse F-Test) .....	60
Tabelle 7:	Odds Ratio zu den klinischen Merkmalskomplexen Respiration und Lungengesundheit sowie Innere Körpertemperatur im paarweisen Vergleich der Behandlungen und der Altersgruppen mit Prüfung auf Signifikanz (mit KI – Konfidenzintervall).....	61
Tabelle 8:	Übersicht der kumulativen Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Behandlungsgruppen für den klinischen Merkmalskomplex Respiration und Lungengesundheit bei Bewertung mit 0 bis 2 (gesund) .....	63
Tabelle 9:	Einfluss von Behandlungsgruppe, Altersgruppe bzw. der Wechselwirkung beider Effekte auf die Wundheilung in der jeweiligen Phase (Ergebnisse F-Test) .....	64
Tabelle 10:	Odds Ratio zu den paarweise verglichenen Behandlungsgruppen (BG): Untersucht wird, ob sich die BG hinsichtlich ihrer Bewertung des Ausgangszustandes signifikant unterscheiden .....	65
Tabelle 11:	Übersicht der kumulativen Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Behandlungsgruppen in der Phase des Ausgangszustandes bei Bewertung mit 0 (nicht abweichender Heilungsverlauf) .....	66
Tabelle 12:	Odds Ratio zu den paarweise verglichenen Behandlungsgruppen (BG): Untersucht wird, ob sich die BG hinsichtlich ihrer Bewertung der frühen Entzündungs- und Demarkationsphase signifikant unterscheiden .....	68
Tabelle 13:	Übersicht der kumulativen Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Behandlungsgruppen in der frühen Phase der Entzündung und Demarkation bei Bewertung mit 0 (nicht abweichender Heilungsverlauf) .....	69
Tabelle 14:	Odds Ratio zu den paarweise verglichenen Behandlungsgruppen (BG): untersucht wird, ob sich die BG hinsichtlich ihrer Bewertung der späten Entzündungs- und Demarkationsphase signifikant unterscheiden .....	71
Tabelle 15:	Odds Ratio zu den paarweise verglichenen Behandlungsgruppen (BG): untersucht wird, ob sich die BG hinsichtlich ihrer Bewertung der Phase der Granulation signifikant unterscheiden ..	73
Tabelle 16:	Übersicht der kumulativen Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Behandlungsgruppen mit Konfidenzintervall in der Phase der Granulation bei Bewertung mit 0 (komplikationsloser Heilungsverlauf) .....	74
Tabelle 17:	Modellbeschreibung für die Merkmale Absetzgewicht und tägliche Zunahmen sowie die Ergebnisse des F-Tests .....	75
Tabelle 18:	Absetzgewichte (LSMeans und Standardfehler) der Altersgruppen 1 und 2 (Behandlungsgruppen A bis I).....	76
Tabelle 19:	Tägliche Zunahmen (LSMeans und Standardfehler) der Altersgruppen 1 und 2 (Behandlungsgruppen A bis I).....	77
Tabelle 20:	Zur Kalkulation des Zeit- und Kostenaufwandes verwendete Varianten des Schmerzmanagements.....	78
Tabelle 21:	Kalkulation für Zeitaufwand der Einzeltätigkeiten .....	79
Tabelle 22:	Kalkulation für Variante 1 – Arzneimittelgabe und Enthornung durch sachkundige Person (LA-, SED+, NSAID+).....	81

Tabelle 23: Kalkulation für Variante 2 – Arzneimittelgabe durch Tierarzt/Enthornung durch sachkundige Person (LA-, SED++, NSAID+) .....	82
Tabelle 24: Kalkulation für Variante 3a – Arzneimittelgabe und Enthornung durch Tierarzt (LA+, SED++, NSAID+).....	83
Tabelle 25: Kalkulation für Variante 3b – Arzneimittelgabe durch Tierarzt / Enthornung durch sachkundige Person (LA+, SED++, NSAID+) .....	84
Tabelle 26: Kalkulation für Variante 4a – Arzneimittelgabe und Enthornung durch Tierarzt (LA+, SED+, NSAID+).....	85
Tabelle 27: Kalkulation für Variante 4b – Arzneimittelgabe durch Tierarzt/Enthornung durch sachkundige Person (LA+, SED+, NSAID+) .....	86
Tabelle 28: Kalkulierte Kosten für die Varianten des Schmerzmanagements.....	87



## Abkürzungsverzeichnis

ACTH	Adrenocorticotropin
ad us. vet.	ad usum veterinarium (zum Gebrauch bei Tieren)
AG	Altersgruppe
ASG	Absetzgewicht
AZ	Ausgangszustand nach Enthornung
BE	Base Excess (Basenüberschuss)
BG	Behandlungsgruppe
BP	Blutprobe
d	Tag
ED1	frühe Phase der Entzündung und Demarkation
ED2	späte Phase der Entzündung und Demarkation
G	Phase der Granulation
i.m.	intramuskulär
JProf.	Juniorprofessorin
KI	Konfidenzintervall
KW	kumulative Wahrscheinlichkeiten
LA	Leitungsanästhesie
LA+	Leitungsanästhesie durchgeführt
LA-	keine Leitungsanästhesie, nur Verabreichung eines Placebo
LAGV	Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz
LM	Lebendmasse
LSMean	Least square mean (Methode der kleinsten Fehlerquadrate)
max.	maximal
Nb	Phase der Narbenbildung
NACL	Natriumchlorid
NSAID	Nonsteroidal anti-inflammatory drugs (nichtsteroidales Antiphlogistikum)
NSAID-	kein nichtsteroidales Antiphlogistikum injiziert, nur Verabreichung eines Placebo
NSAID+	nichtsteroidales Antiphlogistikum injiziert
O <sub>2</sub> CAP	Sauerstoffkapazität
O <sub>2</sub> CONT	Sauerstoffgehalt
OR	Odds ratio
<i>p</i>	Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzwert)
P	Placebo
SAS	Statistical Analysis System
s	Sekunde
s.c.	subkutan
SED	Sedation
SED-	keine Sedation, nur Verabreichung eines Placebo
SED+	Sedation mit niedriger Xylazindosis (0,05 mg/kg LM i.m.)
SED++	Sedation mit hoher Xylazindosis (0,2 mg/kg LM i.m.)
SEM	Standardfehler des arithmetischen Mittels
SD	Standardabweichung
STH	Somatropin
TVT	Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz
TZ	Tägliche Zunahme

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Die Enthornung von Rindern ist ein Routineeingriff, welcher zur Erleichterung der Haltung oder bei veterinärmedizinischer Indikation (Hornzapfenbruch, Stirnhöhlenentzündung, abnormales Hornwachstum, Missbildungen) durchgeführt wird. In Laufstallhaltungen stellen horntragende Rinder eine potentielle Verletzungsgefahr für andere Tiere und den Menschen dar. Nach derzeitigem Recht dürfen unter sechs Wochen alte Kälber ohne Betäubung enthörnt werden (§ 5 Tierschutzgesetz). Voraussetzung dafür ist die Unerlässlichkeit des Eingriffes. Diese ist nach Meinung der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz (LAGV 2007) gegeben, wenn die Tiere in Laufställen gehalten werden sollen. Die Enthornung kann von sachkundigen Personen durchgeführt werden.

Für die Enthornung stehen in Abhängigkeit vom Alter der Tiere verschiedene Methoden zur Verfügung. So kann die Hornanlage zerstört (Ätzen, Brennen) bzw. die Blutzufuhr unterbunden (Brennen) oder durch chirurgische Verfahren die Hornanlage herausgenommen oder das Horn abgesetzt werden. Forschungsergebnisse weisen darauf hin, dass das Enthornen in Abhängigkeit von der Enthornungsmethode und dem Schmerzmanagement mit zum Teil erheblichen Belastungen für die Tiere verbunden ist.

Für die thermische Enthornung können elektrisch oder mit Gas beheizte Thermokauter sowie Heißluftgeräte verwendet werden. Für die chemische Enthornung sind in Deutschland keine Präparate zugelassen. Eine Nutzung von Ätzziften oder -pasten verbietet sich deshalb aus arzneimittelrechtlichen Gründen. Außerdem wurde die Enthornung mit Ätzziften oder -pasten durch die Länderarbeitsgruppe Verbraucherschutz (LAGV 2007) aus Tierschutzgründen abgelehnt. Neben starken Schmerzreaktionen sowie der Gefahr der Verätzung der Haut unterhalb der Hornanlage inclusive der darunter liegenden Augen kann es auch zu Stummelhörnern kommen (BOESCH ET AL. 2010, WINDER ET AL 2017). Die Gefrierenthornung mit flüssigem Stickstoff gilt als noch nicht praxisreif.

Die Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz forderte 2012 ein Verbot der betäubungslosen Enthornung von Rindern. Bei nachgewiesener Unerlässlichkeit der Enthornung sollte daher neben der Sedation der Kälber zwingend eine örtliche Betäubung (Leitungsanästhesie) erfolgen (TVT 2012).

Ein optimales Schmerzmanagement bedeutet neben einer multimodalen Anästhesie während des operativen Eingriffes auch eine prä- und postoperative analgetische und antiphlogistische Behandlung. Bisherige Studien zeigen eine geringere Belastung durch die Enthornung bei gleichzeitiger Leitungsanästhesie des Ramus cornualis (Seitenast des Nervus zygomaticus) in Verbindung mit der Gabe eines Analgetikums (STEWART ET AL. 2009, HEINRICH ET AL. 2010, STAFFORD U. MELLOR 2005, SUTHERLAND ET AL. 2002). Während durch eine Anästhesie der akute, durch den unmittelbaren Vorgang des Enthornens bedingte Schmerz reduziert werden kann, erfordert die Reduktion des zeitverzögerten, entzündungsbedingten Schmerzes die Gabe eines Analgetikums bzw. eines nichtsteroidales Antiphlogistikums (NSAID).

Alternativen zur Enthornung sind im Moment noch nicht praxistauglich. Obwohl bereits jetzt hornlose Milchrindbullen im Einsatz sind, wird auch über einen längeren Zeitraum die Enthornung in der Praxis weiter durchgeführt werden. Der Gesetzgeber hat mit der Änderung des Tierschutzgesetzes 2013 im Gegensatz zur Ferkelkastration keine Frist für die Einführung einer Betäubung vorgegeben. Eine Leitungsanästhesie wird damit nicht gesetzlich gefordert. Entsprechend dem Tierschutzgesetz sind bei Eingriffen, bei denen keine Betäubung erforderlich ist, aber alle Möglichkeiten zur Vermeidung von Schmerzen und Leiden der Tiere auszuschöpfen. Auf der Agrarministerkonferenz am 20.3.2015 wurde der Beschluss gefasst, „dass bei der Enthornung von Kälbern nach § 5 Tierschutzgesetz zur Ausschöpfung aller Möglichkeiten der Reduzierung von Schmerzen und Leiden neben der Gabe von Schmerzmitteln auch die Gabe von Sedativa als verpflichtend anzusehen ist.“

Welche Wirkungen die Anwendung eines NSAID in Kombination mit Sedation und Anästhesie (Leitungsanästhesie) auf das Schmerzempfinden bei bzw. nach der Enthornung von Kälbern mit einem Alter von unter sechs Wochen hat, ist bisher nicht ausreichend geklärt. Bisherige Untersuchungen wurden mit vergleichsweise niedrigen

Tierzahlen durchgeführt bzw. berücksichtigten nicht alle Komponenten des Schmerzmanagements (GRAF U. SENN 1999, STAFFORD U. MELLOR 2004, MEHNE ET AL. 2013, STOCK ET AL. 2013, KUPCZYŃSKI ET AL. 2014, MANG ET AL. 2012).

Der Tierversuch wurde durch die Landesdirektion Sachsen genehmigt (Bescheid vom 22.12.2014, Geschäftszeichen LDD24-5131/276/52, TVV 48/14).

## 1.2 Zielstellung

In der vorliegenden Studie wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

1. Welche Wirkung hat die Gabe eines nichtsteroidalen Entzündungshemmers (NSAID, Schmerzmittel) in Kombination mit Sedation und Anästhetikum (Leitungsanästhesie) auf die Belastungen im Rahmen einer thermischen Enthornung bei Kälbern sowie deren postoperative Entwicklung?
2. Welches Alter (Vergleich von Kälbern bis zum 10. Lebenstag mit Kälbern in der 3. und 4. Lebenswoche) erscheint für die Durchführung der thermischen Enthornung am günstigsten?
3. Welche Auswirkungen haben die ausgewählten Methoden im Schmerzmanagement bei der Enthornung auf die Tiergesundheit und die Entwicklung des Tieres?
4. Welche ökonomischen Auswirkungen ergeben sich aus den unterschiedlichen Methoden im Schmerzmanagement bei der Enthornung?

# 2 Tiere, Material und Methoden

## 2.1 Versuchsaufbau

### 2.1.1 Herkunftsbestand

Von Mai 2015 bis September 2016 wurden in einem Milchviehbetrieb in Sachsen Untersuchungen zu verschiedenen Verfahren der Schmerzausschaltung bei der thermischen Enthornung von Kälbern durchgeführt.

Der Betrieb verfügte über ca. 1.500 laktierende Milchkühe mit durchschnittlich 180 Geburten pro Monat. Die Haltung erfolgte in einem Außenklimastall mit Liegeboxen.

Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 2.234 Kälber in dem Betrieb geboren, wovon 1.128 weiblich waren. Die in diesem Zeitraum geborenen Kälber wurden auf die Erfüllung der Kriterien für die Studie hin untersucht. Insgesamt waren 489 klinisch gesunde weibliche Holstein-Friesian Kälber für den Versuch geeignet.

### 2.1.2 Haltung im Betrieb

Die Haltung der Kälber erfolgte in den ersten zwei Lebenswochen in Einzelboxen mit Stroh (Abbildung 1). In der dritten Lebenswoche erfolgte im Betrieb die Umstellung in die Gruppenhaltung (Abbildung 2). Die Tiere wurden in Gruppen mit sieben Tieren auf Stroheinstreu in Innenboxen gehalten. Zur Zeit der Untersuchungen wurden die Kälber dreimal täglich mit Milchaustauscher-Tränke sowie einer Trocken-Total-Misch-Ration auf Strohbasis gefüttert.



Abbildung 1: Haltungssysteme für die Kälber der Altersgruppe 1



**Abbildung 2: Haltungssysteme für die Kälber der Altersgruppe 2**

### 2.1.3 Behandlungsgruppen

Zur Realisierung der Zielstellungen wurden neun Behandlungsgruppen (BG A bis I) gebildet (Tabelle 1), die sich im Schmerzmanagement unterschieden. Alle Kälber, mit Ausnahme der Tiere der Negativkontrollgruppe, wurden thermisch enthornt. Bei den Tieren der Negativkontrollgruppe erfolgte eine Scheinenthornung durch Aufsetzen des kalten Enthornungsgerätes auf den Hornansatz mit einem der echten Enthornung entsprechenden Druck.

Das Schmerzmanagement der Tiere erfolgte durch unterschiedliche Kombination der drei Komponenten: Leitungsanästhesie mit Procainhydrochlorid (Isocain ad us. vet., Selectavet), Sedation mit Xylazin (Rompun 2 %, Bayer), Analgesie (incl. Entzündungshemmer) mit Meloxicam (Loxicom 20 mg/ml, Bayer). Die Tiere der Behandlungsgruppe A (Positivkontrolle) wurden ohne Schmerzmanagement (lediglich Placebo) enthornt. Bei der Sedation wurden zwei unterschiedliche Dosierungen verwendet: niedrige Sedation mit 0,05 mg/kg Lebendmasse i.m. (BG F) bzw. hohe Sedation 0,2 mg/kg Lebendmasse i.m. (BG G, H, I). Jedes Tier erhielt drei Injektionen, je nach Behandlungsgruppe den entsprechenden Wirkstoff oder ein Placebo (Natriumchloridlösung).

Für die Untersuchungen erfolgte die Einteilung in zwei Altersgruppen. Die Untersuchungen der Tiere der beiden Altersgruppen (AG 1: bis 10. Lebenstag; AG 2: 3. bis 4. Lebenswoche) erfolgte zeitlich getrennt.

Kälber bis zu einem Alter von 10 Tagen wurden der Altersgruppe 1 zugeordnet und im Bereich der Einzelhaltung enthornt. Drei bis vier Wochen alte Kälber bildeten die Altersgruppe 2. Die versuchsbedingten Eingriffe und Untersuchungen erfolgten bei den Tieren der Altersgruppe 2 ebenfalls unmittelbar im Haltungssystem innerhalb der Gruppe.

**Tabelle 1: Behandlungsgruppen mit unterschiedlichem Schmerzmanagement (incl. Gruppengröße)**

Behandlungsgruppen		Enthornung	Leitungs- anästhesie	Sedierung	NSAID	Altersgruppe 1 (n)	Altersgruppe 2 (n)
Nr.	Eingriff / Medikation						
A	Enthornen (Positivkontrolle) ohne Sedierung ohne NSAID ohne Leitungsanästhesie	+	P	P	P	17	19
B	Scheinenthornen (Negativkontrolle) ohne Sedierung ohne NSAID ohne Leitungsanästhesie	-	P	P	P	17	19
C	Enthornen ohne Sedierung mit NSAID ohne Leitungsanästhesie	+	P	P	+	17	19
D	Enthornen ohne Sedierung mit NSAID mit Leitungsanästhesie	+	+	P	+	20	19
E	Enthornen ohne Sedierung ohne NSAID mit Leitungsanästhesie	+	+	P	P	19	19
F	Enthornen mit Sedierung (0,05 mg/kg LM i.m. Xylazin) mit NSAID ohne Leitungsanästhesie	+	P	+	+	18	19
G	Enthornen mit Sedierung (0,2 mg/kg LM i.m. Xylazin) mit NSAID ohne Leitungsanästhesie	+	P	++	+	19	19
H	Enthornen mit Sedierung (0,2 mg/kg LM i.m. Xylazin) ohne NSAID ohne Leitungsanästhesie	+	P	++	P	20	19
I	Enthornen mit Sedierung (0,2 mg/kg LM i.m. Xylazin) mit NSAID mit Leitungsanästhesie	+	+	++	+	19	19

#### 2.1.4 Untersuchungsablauf

Alle Kälber, welche für die Untersuchung infrage kamen wurden jeweils zwei Tage vor (Tag -2), einen Tag vor (Tag -1) und am Tag der Enthornung (Tag 0) klinisch untersucht. Kriterien für die Einbeziehung in die Untersuchung waren: Hornwachstum, Rasse Deutsch-Holstein, Alter entsprechend Altersgruppe, weiblich, klinisch gesund. Ausgeschlossen wurden Kälber bei Vorliegen der folgenden Ausschlusskriterien: genetisch hornlos, Missbildungen, Durchfallerkrankung, Lungenentzündung, Lahmheiten, Nabelentzündung mit Störungen des Allgemeinbefindens, Körpertemperatur über 39,5 °C, Vorbehandlungen durch den Hoftierarzt. Wurden vor der Enthornung Erkrankungen festgestellt, erfolgten für diese Tiere keine Einbeziehung in den Versuch und eine Behandlung durch den Hoftierarzt. Je Untersuchungsdurchgang wurden zehn klinisch gesunde Kälber ausgewählt (je ein Tier pro Behandlungsgruppe incl. eines Reservetiers, welches im Fall der Erkrankung ein anderes Kalb ersetzen sollte). Die randomisierte Zuordnung der Kälber zu den Behandlungsgruppen erfolgte am Tag -1, verblindet durch einen nicht unmittelbar in die Untersuchungen einbezogenen Mitarbeiter. Durch die Zuordnung der Tiere eines Untersu-

chungsdurchganges auf die einzelnen Behandlungsgruppen sollte der Einfluss der im Projektzeitraum nicht standardisierbaren äußeren Faktoren wie Stallklima, Fütterung etc. minimiert werden.

Im ersten Untersuchungsabschnitt bis Ende Januar 2016 wurde der Versuch mit den drei bis vier Wochen alten Kälbern (Altersgruppe 2) durchgeführt. Von 258 Kälbern, die in die Untersuchungen einbezogen wurden, schieden 87 Tiere aus, die während des laufenden Versuchs erkrankten. Insgesamt durchliefen 171 Kälber dieser Altersgruppe den kompletten Versuch in 25 Versuchsdurchläufen. Das entspricht jeweils 19 Tieren pro Behandlungsgruppe.

Im zweiten Abschnitt von Februar bis September 2016 wurden die Kälber der Altersgruppe 1 untersucht, die zum Zeitpunkt der Enthornung nicht älter als 10 Tage waren. Von den anfangs 231 gesunden Tieren mussten 65 Kälber auf Grund von Neuerkrankungen aus dem laufenden Versuch genommen werden. Insgesamt durchliefen damit 166 Tiere in 29 Untersuchungsdurchgängen den kompletten Versuch. Dies entspricht 17 bis 20 Tieren je Behandlungsgruppe (Tabelle 1).

Die Studie wurde als randomisierte, dreifach verblindete prospektive Studie durchgeführt.

Der Ablauf der Eingriffe erfolgte entsprechend dem Zeitschema in Tabelle 2.

Die Injektion des Sedativums erfolgte intramuskulär (Oberarmmuskulatur) ca. 30 Minuten vor der Enthornung. Hierzu wurde Xylazin (Rompun 2 %) in zwei unterschiedlichen Dosen (0,05 bzw. 0,2 mg/kg LM i.m.) in Abhängigkeit von der Behandlungsgruppenzugehörigkeit verabreicht. Xylazin zeigt beim Rind eine dosisabhängige sedative, analgetische sowie muskelrelaxierende Wirkung.

Als nicht-steroidales Antiphlogistikum diente Meloxicam (Loxicom 20 mg/ml), welches antiphlogistisch, anti-exsudativ, analgetisch und antipyretisch wirkt, mit einer Dosierung von 0,5 mg/kg Lebendmasse bei subkutaner Injektion.

10 Minuten vor der Enthornung wurden je Seite 8 ml Procainhydrochlorid (Isocain ad us. vet.) zur Anästhesie des Ramus cornualis des Nervus zygomaticotemporalis injiziert.

Die Applikation erfolgte verblindet. Durch eine Hilfsperson wurde die Dosierung für jedes Tier auf der Basis der Körpermasse im Vorfeld genau berechnet und die Spritzen mit Inhalt vorbereitet. Für die Untersucher war nicht erkennbar, ob der entsprechende Wirkstoff oder ein Placebo verabreicht wurde.

**Tabelle 2: Untersuchungsablauf**

Zeit	Blut-proben	Eingriff / Untersuchung		
Tag -3	BP 1	Eingangsunersuchung, Auswahl der Tiere für den Untersuchungsdurchgang, Legen Venenkatheter		
Tag -2d	BP 2	Klinische Untersuchung, Spülen Venenkatheter, Wiegen, Scheren Hornanlagen und linke Brustwand, Gurte anlegen (für Polargeräte)		
Tag -1	BP 3	Klinische Untersuchung, Spülen Venenkatheter, Polargeräte befestigen	<b>Entthornungstag</b> Aufzeichnung Kurzvideos Verhaltensaufzeichnung (-30 Minuten bis +4 Stunden) Herzfrequenzmessung (-24 Stunden bis +24 Stunden)	
-60 Min.	BP 4	Klinische Untersuchung, Spülen Venenkatheter		
-30 Min.	--	Injektion Xylazin + NSAID (oder Placebo)		
-10 Min.	--	Injektion Lokalanästhetikum (oder Placebo)		
-2 Min.	BP 5			
±0	--	Entthornung		
+30 Min.	BP 6	Spülen Venenkatheter		
+60 Min.	BP 7	Spülen Venenkatheter		
+90 Min.	BP 8	Spülen Venenkatheter		
+120 Min.	BP 9	Spülen Venenkatheter		
+4 Std.	BP 10	Spülen Venenkatheter		
+8 Std.	BP 11	Spülen Venenkatheter		
+24 Std.	BP 12	Klinische Untersuchung, Entfernung Venenkatheter, Abnehmen Polargeräte, Dokumentation Wundentwicklung		
Tag +2	--	Klinische Untersuchung, Dokumentation Wundentwicklung		
Tag +3	--	Klinische Untersuchung, Dokumentation Wundentwicklung		
Tag +7	--	Klinische Untersuchung, Dokumentation Wundentwicklung		
Tag +14	--	Klinische Untersuchung, Dokumentation Enthornungsstellen		
Tag +21	--	Klinische Untersuchung, Dokumentation Enthornungsstellen		
Tag +28	--	Klinische Untersuchung, Dokumentation Enthornungsstellen		
+1 – +1,5 Jahre	--	Klinische Untersuchung, Dokumentation Enthornungsstellen, Wiegen		



### 2.1.5 Enthornung

Im Rahmen der Untersuchungen erfolgte die thermische Enthornung mit dem EXPRESS-Gasenthorner 144 (Fa. Guilbert Express Saarbrücken), der sich bei Voruntersuchungen mit mehreren elektrischen bzw. Gasenthornungsgeräten als günstig erwiesen hatte.

Am Tag –2 wurde der Bereich um den Hornansatz geschoren, um einen exakten Sitz des Enthorners zu ermöglichen sowie zur Vermeidung von möglichen Wundheilungsstörungen durch verbrannte Haare.

Zur Enthornung wurde das Enthornungsgerät auf etwa 600 °C aufgeheizt und durch Aufsetzen und leichten Druck verbunden, mit einer Drehbewegung ein Ring um den Hornansatz bis kurz vor den Schädelknochen gebrannt und anschließend mit dem Enthorner der Hornansatz incl. des Gewebes innerhalb des Ringes „herausgehobelt“. Die Enthornung wurde bis auf wenige Ausnahmen durch die gleiche Person durchgeführt. Die Fixation der Tiere erfolgte durch eingewiesene Hilfspersonen.

### 2.1.6 Ethologische Untersuchungen

Die Enthornung jedes Kalbes wurde von Beginn des Eingriffes bis unmittelbar danach mit einer Handkamera (Olympus SP-800UZ) aufgezeichnet. In Anlehnung an GRAF UND SENN (1999) bzw. KAHRER ET AL. (2005) fanden die in der Tabelle 3 aufgeführten Verhaltensmerkmale bei der Auswertung der aufgezeichneten Kurzvideos während der Enthornung Berücksichtigung. In Abhängigkeit vom Verhalten wurden dabei entweder das Auftreten des Merkmals mit ja/nein oder die Häufigkeit des Auftretens während der Enthornung erfasst.

**Tabelle 3: Untersuchte Verhaltensparameter während der Enthornung**

Verhaltensparameter	Definition	Erfassung
Kopfabwehr	deutliche Bewegungen des Kopfes zur Seite oder nach unten	Häufigkeit
Schwanzschlagen	schnelles Hin- und Herbewegen des Schwanzes, gezählt wird jeweils eine Bewegung von rechts nach links	Häufigkeit
Trippeln	rasches abwechselndes Anheben von zwei oder mehr Beinen, wird gezählt nach jeder Rückführung aller Beine auf den Boden, bei liegenden Tieren wird auch Strampeln bis zur Rückführung der Gliedmaßen in die Ruheposition als positiv gewertet	Häufigkeit
Aufbäumen	Aufwölben des Rumpfes mit gleichzeitigen Ruderbewegungen der Vordergliedmaßen bzw. Aufstellen auf der Hinterhand	Häufigkeit
Liegen	Kalb liegt zu Beginn der Enthornung in Brust-Bauchlage oder Seitenlage auf dem Boden	ja/nein
Angstblick	deutliches Aufreißen eines oder beider Augen beim Aufsetzen des Enthorners	ja/nein
Vokalisieren	jede Lautäußerung während der Enthornung	ja/nein
Aufstehen	Aufstehen oder Aufstehversuch aus liegender Position während und kurz nach Enthornung	ja/nein
Sich-fallen-lassen	Kalb lässt sich in Brust-Bauch-Lage fallen	ja/nein
Nach-hinten-Drängen	deutliches Rückwärtsschieben des Körpers, Ausweichen nach hinten	ja/nein
Nach-vorn-Drängen	kräftiges Vorwärtsschieben des Körpers	ja/nein

Des Weiteren wurde die Zeit gemessen, die für den unmittelbaren Enthornungsvorgang benötigt wurde (Enthornungszeit). Als Enthornungszeit wurde die Zeit zwischen dem Ansetzen des Enthorners an der ersten Hornanlage eines Kalbes bis zum Beenden des Brennvorganges an der zweiten Hornanlage definiert. Mit Hilfe der realen Enthornungszeit konnte die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der Verhaltensweisen pro Sekunde berechnet werden. Außerdem sollte der Zeitaufwand der Enthornung mit den unterschiedlichen Schmerzmedikationen verglichen werden. Beginnend ca. 30 Minuten vor bis vier Stunden nach der Enthornung wurde das Verhalten der Kälber mit zwei Videokameras aufgezeichnet und gespeichert (Abbildung 3).

Die Auswertung erfolgte ebenfalls verblindet mit Hilfe des Programms Mangold Interact Version 16.1.0. Berücksichtigung fanden dabei in Anlehnung an GRAF UND SENN (1999) sowie MANG ET AL. (2012) die Verhaltensweisen in Tabelle 4. In die unmittelbare Auswertung wurden jeweils zweimal zehn Minuten je Beobachtungsstunde, insgesamt also 80 Minuten je Tier einbezogen. Dies war insbesondere notwendig, da innerhalb der vierstündigen Beobachtungszeit nach dem Enthornen bestimmte Manipulationen (Entnahme der Blutproben 6 bis 10 sowie Wärmebildaufnahmen im Rahmen eines anderen Projektes) erfolgten. Durch die beschriebene Verfahrensweise konnten die Zeiten, in der die Tiere durch Untersuchungen beeinflusst wurden, ausgeschlossen werden.

Im Rahmen dieser Veröffentlichung erfolgte nur für die Tiere der Altersgruppe 2 eine Auswertung des Verhaltens nach der Enthornung.

**Tabelle 4: Untersuchte Verhaltensparameter nach der Enthornung**

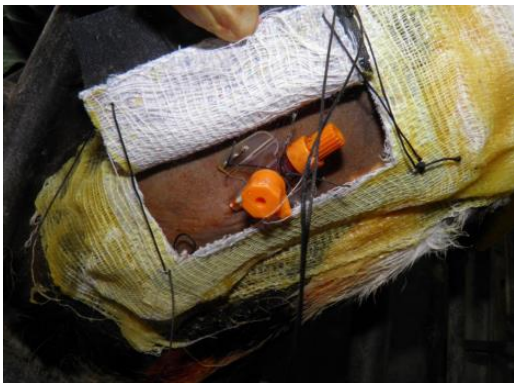
Verhaltensparameter	Definition	Erfassung
Stehen / Laufen	aufrechte Körperposition, nur Klauen berühren den Boden	Dauer
Liegen	liegende Körperposition in Brust-Bauchlage oder Seitenlage auf dem Boden	Dauer
Schlafen	liegende Position mit aufgesetztem bzw. abgelegtem Kopf ohne erkennbare Bewegungen für mindestens 30 Sekunden	Dauer
Nahrungsaufnahme	Saugen am Tränkebehälter bzw. aktive Aufnahme von Futter aus dem Trog	Dauer
Apathisches Verhalten	vermindertes Allgemeinverhalten im Stehen mit gesenkter Kopf-Hals-Haltung, hängenden Ohren, kein Ohrenspiel	Dauer
Aufkrümmung des Rückens	deutliche Wölbung des Rückens im Stehen	Dauer
Drängen	rückwärts oder vorwärts richten und gegen eine Wand oder in eine Ecke drängen	Dauer
Rückwärtsgehen	spontane Rückwärtsbewegung ohne ersichtlichen Grund	Häufigkeit
Schwanzschlagen	schnelles Hin- und Herbewegen des Schwanzes, gezählt wird jeweils eine Bewegung von rechts nach links	Häufigkeit
Sich-belecken	Ablecken eigener Körperpartien mit der Zunge	Häufigkeit
Kopfschütteln	spontane Schüttel- oder Drehbewegungen des Kopfes bis zur Rückführung in die Ruheposition	Häufigkeit
Ohrenwackeln	schnelles Bewegen der Ohren bis zur Rückführung in die Ruheposition	Häufigkeit
Kopfreiben	deutliches Hin- und Herbewegen des Kopfes an Gegenständen bzw. Stoßen oder Drücken des Kopfes gegen Artgenossen oder Gegenstände	Häufigkeit
Kopfkratzen	mit den Hinterbeinen den Kopf berühren oder in Richtung Kopf treten	Häufigkeit
Aufstampfen	deutliches schnelles Auftreten mit einer Gliedmaße im Stand	Häufigkeit



**Abbildung 3: Kameras und Aufzeichnungstechnik**

### 2.1.7 Blutentnahme und Probenanalyse

Für die Blutentnahme wurde drei Tage vor der Enthornung (Tag -3) ein Verweilkatheter in die Vena jugularis gelegt und mit zwei Heften an der äußeren Haut fixiert (Abbildung 4). Die Blutentnahme erfolgte zwischen Tag -3 bis 24 Stunden nach der Enthornung mit insgesamt 12 Blutproben je Tier (Tabelle 2). Nach der Blutentnahme wurden die Venenkatheter mit Natriumchloridlösung gespült und der Bereich mit dem Katheter durch eine Gewebeauflage wieder verschlossen. Nach der letzten Blutentnahme (24 Stunden nach Enthornung) erfolgte die Entfernung des Katheters.



**Abbildung 4: Venenkatheter in der Vena jugularis**

Die Blutproben wurden vor Ort innerhalb von maximal zwei Stunden zentrifugiert, das Serum pipettiert und nach Zwischenlagerung (-20 bis -25 °C) im Betrieb in der Veterinärmedizinischen Fakultät bis zur Cortisolanalyse bei -80 °C aufbewahrt.

Die Auswertung der Blutproben erfolgte im endokrinologischen Labor der Klinik für Rinder, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover. Die Proben wurden unter der Leitung von Juniorprofessorin Dr. Marion Schmicke mittels eines automatisierten, kompetitiven Chemilumineszenz Immunoassays (LKCO1, Immulite™1000, Siemens Diagnostics, USA) analysiert.

### 2.1.8 Herzfrequenzmessung

Bei allen Versuchstieren wurden die Herzfrequenzen um den Zeitpunkt der Enthornung mittels Polar-Herzfrequenzsensoren über 48 Stunden aufgezeichnet. Ab dem Tag -2 erhielten die Tiere den Bauchgurt zur Eingewöhnung. Gleichzeitig wurde an diesem Tag die linke Brustwand geschoren, um später mit dem Herzfrequenzsensor sicher Daten erfassen zu können. Am Tag -1 wurden die Polargeräte am Bauchgurt befestigt und eingeschaltet. Am Tag +1 wurden Polargeräte und Bauchgurt wieder abgenommen.

Im Rahmen dieser Veröffentlichung erfolgt keine Darstellung der durch die Herzfrequenzmessung erhobenen Daten.

### 2.1.9 Messung der Hornanlagen

Zur Beurteilung der Entwicklung der Hornanlagen erfolgten eine Messung der Größe sowie eine Beurteilung von Sichtbarkeit und Fühlbarkeit der Hornanlagen. Die Größe der Hornanlagen wurde mittels eines Messschiebers (Abbildung 5) auf einer gedachten Linie zwischen Ohrgrund und gegenüber liegendem Auge gemessen (Abbildung 6).

Die Bewertung von Sichtbarkeit und Fühlbarkeit erfolgte semiquantitativ an Hand der aufgeführten Skala:

- 0 = nicht sichtbar bzw. fühlbar
- 1 = kaum sichtbar bzw. fühlbar
- 2 = mittelgradig sichtbar bzw. fühlbar
- 3 = gut sichtbar bzw. fühlbar
- 4 = sehr gut sichtbar bzw. fühlbar

Sichtbarkeit: Bei Tageslicht ist nach der Schur der Stirn jeweils eine kreisrunde, haarlose, leicht erhabene Hautverdickung mit bloßem Auge sichtbar. Je besser und leichter diese Veränderung von der umliegenden Haut abgrenzbar war, umso besser wurde die Sichtbarkeit bewertet. Bei beginnender Verhornung der Hautoberfläche wird diese haarlos und erscheint ledrig, sodass die Hornanlagen leicht zu identifizieren sind.

Fühlbarkeit: Bei geschorenem Fell ist palpatorisch mit den Fingerspitzen eine leichte Erhabenheit aufgrund der Verdickung der Haut spürbar. Je stärker sich diese von der umliegenden Haut abhob (ca. 1-8 mm), umso besser wurde die Fühlbarkeit bewertet.



Abbildung 5: Messschieber zur Messung der Größe der Hornanlage



**Abbildung 6: Messung der Hornanlagen**

### 2.1.10 Klinische Untersuchungen

Die klinischen Untersuchungen erfolgten ein, zwei bzw. drei Tage vor der Enthornung, am Tag der Enthornung (Tag 0), am Tag nach dem Eingriff (Tag +1), an den Tagen zwei und drei nach Enthornung (Tag +2, Tag +3) sowie an den Tagen +7, +14, +21 und am Tag +28. Als Grundlage für die Untersuchung diente der gängige Standard der klinischen Untersuchung (DIRKSEN ET AL. 2012). Die Untersuchungen an den Tagen -3, -2 und -1 dienten lediglich der Feststellung, ob das Tier klinisch gesund war und im Versuch verbleiben konnte.

Die Ergebnisse der klinischen Untersuchung ca. ein Jahr nach Enthornung wurden in die unmittelbare Auswertung nicht mit einbezogen.

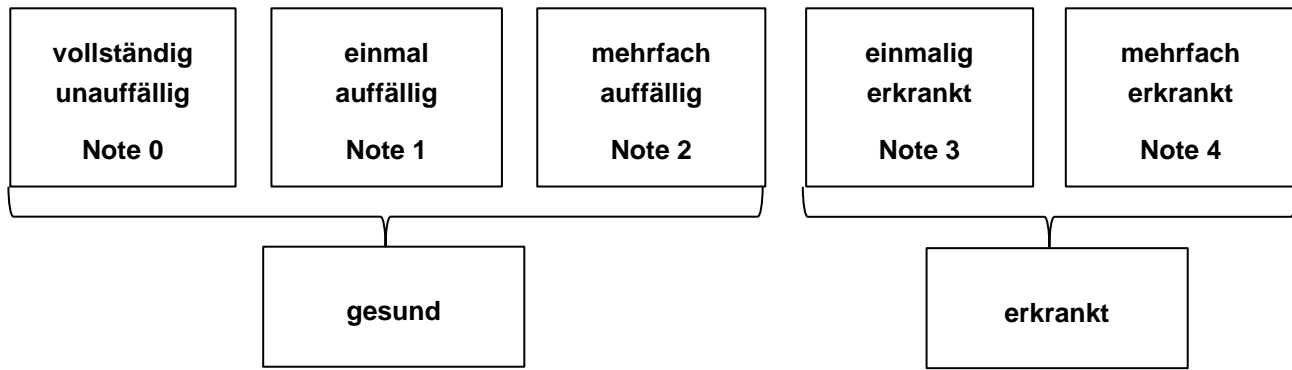
Die Ergebnisse der klinischen Untersuchung ab dem Tag der Enthornung wurden nach klinischen Merkmalskomplexen zusammengefasst und in eine Boniturnote überführt.

Berücksichtigung fanden die klinischen Merkmalskomplexe: ‚Respiration und Lungengesundheit‘, ‚Verdauung‘, ‚innere Körpertemperatur‘, ‚Vena jugularis und obere Halsgegend‘, ‚Nabel und assoziierte Strukturen‘ sowie ‚sonstige Erkrankungen‘.

Die Vergabe der Boniturnoten zur Bewertung des Gesundheitszustandes der Tiere erfolgte dabei nach folgendem Schema (Abbildung 7):

- In 28 Tagen Untersuchungszeitraum war das Organsystem vollständig unauffällig: Note 0.
- In 28 Tagen Untersuchungszeitraum war das Organsystem einmalig auffällig, aber wurde nicht als erkrankt bewertet: Note 1.
- In 28 Tagen Untersuchungszeitraum war das Organsystem mehrfach auffällig, wurde aber nicht als erkrankt bewertet: Note 2.
- In 28 Tagen Untersuchungszeitraum wurde das Organsystem einmalig als erkrankt bewertet: Note 3.
- In 28 Tagen Untersuchungszeitraum wurde das Organsystem mehrmalig als erkrankt bewertet: Note 4.

Mit der Erhöhung der Boniturnote geht auch eine Erhöhung der Häufigkeit beziehungsweise der Intensität der beobachteten Befunde einher. Somit stellen Boniturnoten geordnete kategoriale Merkmale dar, die mit Hilfe von Schwellenwertmodellen analysiert werden können. Im vorliegenden Fall kam das Modell `PROC GLIMMIX` des Statistikprogramms SAS zur Anwendung.



**Abbildung 7: Schema für Bewertung der klinischen Merkmalskomplexe sowie die Interpretation der Boniturnoten nach klinischer Untersuchung**

Um den Einfluss von Alter, Behandlungsgruppe sowie der Wechselwirkung von Behandlungsgruppe x Alter zu analysieren wurde ein statistischer F-Test durchgeführt. Dieser war signifikant für  $p < 0,05$ , eine Tendenz wurde angenommen wenn  $0,05 \leq p \leq 0,1$ . Die Darstellung der Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungs- und Altersgruppen erfolgte mit Hilfe der Odds Ratio und deren Prüfung auf Signifikanz sowie den Schätzwerten für die kumulativen Wahrscheinlichkeiten. Dabei wurde für jede vergebene Boniturnote eine Wahrscheinlichkeit ausgegeben, eben diese Note oder eine bessere Note zu bekommen.

Der Übergang von gesund zu erkrankt stellt sich dabei am Übergang der Boniturnote zwei zu drei dar.

### 2.1.11 Evaluierung der Wundheilung nach thermischer Enthornung

Zur Evaluierung des Heilungsverlaufes wurden detaillierte Aufzeichnungen der Wunden sowie Fotografien von allen Kälbern zu jedem Untersuchungstag angefertigt. Weiterhin erfolgten eine Dokumentation der Ergebnisse und anschließend die Überführung in Boniturnoten.

Da nur sehr wenig Literatur zur Evaluierung von Enthornungswunden existiert, wurde vor der eigentlichen Bonitur ein Anteil der untersuchten Tiere gesichtet und Merkmale sowie ein zeitlicher Verlauf aus dem Bereich der allgemeinen Wundheilung sowie der Verbrennung abgeleitet.

Dabei wurden folgende Merkmale definiert:

- Wundrand: beschreibt die Ausdehnung und den Grad der `Rundheit` der eigentlichen Wunde sowie mögliche zusätzliche Verletzungen durch mehrfaches Ansetzen des Brenners
- Wundgewebe: beschreibt die Vollständigkeit bzw. den Grad der Entfernung des zentral im Brenner gelegenen Gewebes und der Hornanlage
- Exsudat: beschreibt Qualität und Menge des Exsudates im Bereich der Wunde
- Knochen: beschreibt den Zustand des Knochens am Grund der Wunde, beurteilt werden Verfärbung sowie eine mögliche Demarkation
- Schorf: im Verlauf der Wundheilung bildet sich in der Regel Schorf. Farbe, Erhabenheit sowie Größe wurden erfasst
- Schwellung: im Verlauf der Wundheilung tritt zumeist eine gewisse Schwellung auf
- Granulationsgewebe (GG): zu einem späteren Zeitpunkt wird die Wunde (zumeist unter dem Schorf) von Granulationsgewebe ausgefüllt.

- Epithelsaum: beschreibt die Epithelisierung der Wunde und des Granulationsgewebes vom Wundrand aus, aufgrund der Verhältnisse im Stall nur selten zu sehen
- Narbenbildung: beginnt spät im Verlauf der Wundheilung. Vom Rand in die Mitte der Wunde ziehend – oft mit Narbenkontraktion und deutlicher Verkleinerung der Wunde.

Ausgehend von den Ergebnissen der Aufzeichnungen wurde ein zeitlicher Verlauf der Wundheilung definiert. Dieser gliedert sich in der vorliegenden Studie in fünf verschiedene Phasen, wobei sich die Phasen zum Teil zeitlich überschneiden:

- Phase 1: Tag 1 bis 3 – Ausgangszustand nach Enthornung (AZ)
- Phase 2: bis Tag 7 – frühe Phase der Entzündung und Demarkation, Bonitur wie AZ die dominierenden Kriterien sind Wundexsudat und Schwellung (ED1)
- Phase 3: bis Tag 14 – späte Phase der Entzündung und Demarkation (ED2)
- Phase 4: bis Tag 21 – Phase der Granulation (G)
- Phase 5: bis Tag 28 – Phase der Narbenbildung (N).

Unter Berücksichtigung der jeweiligen Wundheilungsphase wurden für den Normalbefund sowie die wichtigsten Abweichungen Boniturnoten für die jeweiligen Merkmale vergeben (Tabelle 5). Anschließend wurde eine Gesamtnote für die jeweilige Phase vergeben. Abbildung 8 zeigt das Schema der Notenvergabe.

Sämtliche Merkmale der Phase mit 0 bewertet	Ein oder mehrere Merkmale der Phase mit 1 bewertet	Ein oder mehrere Merkmale der Phase mit 2 bewertet
Entspricht einem „normalen“ Heilungsverlauf Note 0	Weicht mäßig von dem „normalen“ Heilungsverlauf ab Note 1	Weicht übermäßig vom „normalen“ Heilungsverlauf ab Note 2

**Abbildung 8: Schema für die Vergabe sowie die Interpretation der Boniturnoten nach Bewertung der Enthornungswunden**

Die dargestellten Boniturnoten wurden im vorliegenden Fall zur Bewertung der Wundheilung der Tiere verwendet. Mit der Erhöhung der Boniturnote geht auch eine Erhöhung der Häufigkeit beziehungsweise der Intensität der beobachteten Befunde einher. Somit stellen Boniturnoten geordnete kategoriale Merkmale dar, die mit Hilfe von Schwellenwertmodellen analysiert werden können. Im vorliegenden Fall wurde das Modell `PROC GLIMMIX` des Statistikprogramms SAS verwendet (SAS 9.4; SAS Institute 2013, Cary, NC, USA).

Um den Einfluss von Alter, Behandlungsgruppe sowie der Wechselwirkung von Behandlungsgruppe x Alter zu analysieren wurde ein F-Test durchgeführt. Dieser war signifikant wenn  $p < 0,05$ , eine Tendenz wurde angenommen wenn  $0,05 \leq p \leq 0,1$ . Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungs- und Altersgruppen wurden mit Hilfe der Odds Ratio und deren Prüfung auf Signifikanz sowie den Schätzwerten für die kumulativen Wahrscheinlichkeiten dargestellt. Dabei wird für jede vergebene Boniturnote eine Wahrscheinlichkeit ausgegeben, eben diese Note oder eine bessere Note zu bekommen.

**Tabelle 5: Boniturnoten zur Beurteilung der jeweiligen Wundheilungsphasen**

Boni- turno- ten	Wundrand	Wundgewebe	Exsudat	Schwellung	Knochen
<b>Ausgangszustand nach Enthornung (AZ), (Abbildung 9 und Abbildung 10)</b>					
0	Rund oder wenig gezackt / ausgefasert	Vollständig entfernt oder wenig Gewebereste	Serös wenig vermehrt; bis serös mäßige Nachblutung	Keine oder geringgradige Schwellung	Weiß oder wenig verfärbt
1	Vermehrt gezackt / ausgefasert weicht vom Standard ab	Vermehrt nicht entferntes Gewebe	Charakter oder Menge verändert	Mittelgradige Schwellung	Mehr als die Hälfte verfärbt wird als flächig verfärbt bezeichnet
2	Hochgradige Abweichungen in der Form	Sehr viel Gewebe erhalten	Ausnahmefälle	Hochgradige Schwellung	Vollständig verfärbt sowie Ausnahmefälle
<b>Frühe Phase der Entzündung und Demarkation (ED1), (Abbildung 11)</b>					
0	wie AZ	wie AZ	Serös, blutig-serös, eitrig-serös oder eitrig wenig	wie AZ	wie AZ
1	wie AZ	wie AZ	Vermehrt	wie AZ	wie AZ
2	wie AZ	wie AZ	Ausnahmefälle	wie AZ	wie AZ
<b>Späte Phase der Entzündung und Demarkation (ED2), (Abbildung 12)</b>					
0	Schorf oder nekrotischer Wundrand bis 3 cm im Durchmesser		wie ED1	wie AZ	Nicht mehr zu sehen
1	Größere Ausdehnung		wie ED1	wie AZ	Flächig verfärbt
2	Ausnahmefälle		wie ED1	wie AZ	Abgelöst/ aufsteigend
<b>Phase der Granulation (G), (Abbildung 13)</b>					
0	Nekrotisch gewordener Wundrand ist abgestoßen oder unter Schorf nicht mehr zu erkennen	<b>Schorf</b> kleiner oder gleich 2 cm Ø	ohne	ohne	Nicht mehr zu beurteilen
1	Der Wundrand ist noch nicht abgestoßen und blockiert die Wundheilung	<b>Schorf</b> >2 cm Ø	Serös, blutig-serös, wenig eitrig-serös oder eitrig		Flächig verfärbt
2	-	<b>Schorf</b> sehr deutlich >2 cm Ø	Vermehrt		Abgelöste oder aufsteigende Knochenstücke
<b>Narbenbildung (Nb), (Abbildung 14)</b>					
0	Nekrotischer abgestoßen	Wundrand	Vollständig mit <b>Narben-gewebe</b> bedeckt, sehr wenig Schorf 0,5-1 cm Ø	wie G	Nicht mehr zu erkennen
1	-		<b>Schorf</b> >1 cm Ø	wie G	-
2	Nekrotischer Wundrand steht noch	-	wie G		Abgelöst/ aufsteigend

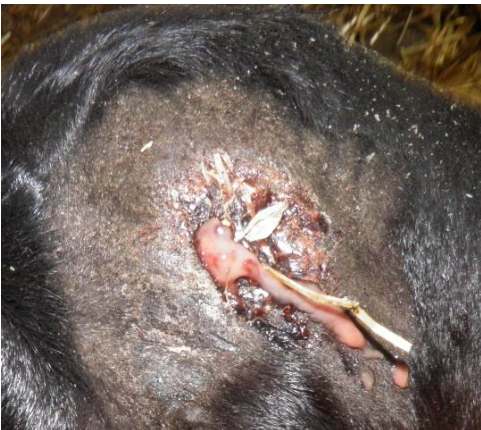




**Abbildung 9: rechte Hornanlage, Tier 198, Zustand einen Tag nach der Enthornung – Wundrand deutlich abweichend und deformiert, sehr viel verbliebenes Wundgewebe, Boniturnote 2**



**Abbildung 10: linke Hornanlage, Tier 312, Zustand drei Tage nach der Enthornung – Knochen vollständig verfärbt, Boniturnote 2**



**Abbildung 11: rechte Hornanlage, Tier 311, Zustand sieben Tage nach der Enthornung – Wundrand deutlich geschwollen, abweichende Menge und Charakter Exsudat, Boniturnote 2**



**Abbildung 12: linke Hornanlage, Tier 316, Zustand 14 Tage nach der Enthornung – Knochenstück abgelöst, liegt noch im Wundbereich, Boniturnote 2**



**Abbildung 13: Linke Hornanlage, Tier 326, Zustand 21 Tage nach der Enthornung – Zentral liegt ein erhabener Schorf, umgebend deutliche Narbenbildung zu erkennen, keine Schwellung und kein Exsudat, Boniturnote 0**



**Abbildung 14: rechte Hornanlage, Tier 316, Zustand 28 Tage nach der Enthornung – Vollständig vernarbte Wunde, Größe etwa 0,5 cm**

### 2.1.12 Lebendmasseentwicklung

Die Kälber wurden unmittelbar nach ihrer Geburt, zwei Tage vor der Enthornung sowie am Tag des Absetzens (nach 60 bis 70 Tränktagen) gewogen.

Ein Teil der Tiere wurde 1 bis 1,5 Jahre nach Enthornung erneut gewogen.

Die Bestimmung der Lebendmasse erfolgte außerhalb des unmittelbaren Haltungssystems mit Hilfe einer geeichten mobilen Waage.

Für die Evaluierung der Lebendmasseentwicklung der Kälber wurden die erfassten Absetzgewichte (ASG) sowie die täglichen Zunahmen (TZ) der Kälber genutzt.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels eines linearen Modells: PROC MIXED in SAS. Der Einfluss der Behandlung wurde mittels F-Test evaluiert und die Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungsgruppen mittels der Methode der kleinsten Quadrate (LSMeans) analysiert (Signifikanzprüfung mittels Tukey-Kramer Test). Im statistischen Modell erfolgte eine Anpassung der unterschiedlichen Tränkdauer der Kälber bei der Auswertung der Absetzgewichte.

## 2.2 Statistische Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS (SAS 9.4; SAS Institute 2013, Cary, NC, USA). In Abhängigkeit der Verteilung der Daten wurden verschiedene statistische Verfahren zum Vergleich der Behandlungsgruppen genutzt. Zur Darstellung der Parameter wurden Least Square Means (LSMeans) oder die arithmetischen Mittel genutzt.

Die verwendeten statistischen Modelle sind in den speziellen Abschnitten bei den einzelnen Untersuchungsparametern näher erläutert.

## 2.3 Ökonomische Einschätzung des Zeit- und Kostenaufwandes bei der Enthornung

Bei der ökonomischen Einschätzung des Zeit- und Kostenaufwandes für die Enthornung in Abhängigkeit vom Schmerzmanagement wurden die folgenden Parameter berücksichtigt:

- Arbeitsaufwand (Tierarzt, Hilfsperson, sachkundige Person)
- Materialien (Arzneimittel, Verbrauchsmaterialien)

Es erfolgte ein Vergleich verschiedener Varianten, die sich bezüglich des Schmerzmanagements sowie des Anteils der tierärztlichen Leistung (Verabreichung der Medikamente bzw. Durchführung der unmittelbaren Enthornung durch Tierarzt oder sachkundige Person) unterschieden.

In die Kalkulation wurden dabei nur Varianten einbezogen, die entsprechend der derzeit gültigen rechtlichen Anforderungen möglich sind.

Die Berechnung der tierärztlichen Leistung erfolgte nach den Vorgaben der Tierärztlichen Gebührenordnung (ANONYM 2017B) mit einfachen Gebührensätzen als

- Einzeltierabrechnung (Abrechnung der Einzelleistungen) oder
- Abrechnung im Rahmen der Bestandsbetreuung (Abrechnung über Zeitaufwand).

Die nach § 4 Abs. 2 der Tierärztlichen Gebührenordnung (ANONYM 2017B) mögliche vertragliche Vereinbarung der tierärztlichen Gebühren für die Enthornung auf der Basis eines schriftlichen Betreuungsvertrages für geschlossene Tierbestände blieb bei der Kalkulation unberücksichtigt.

Während für die Einzeltierabrechnung feste Gebührensätze für die einzelnen tierärztlichen Leistungen vorliegen, konnte für die Kostenberechnung im Rahmen der Bestandsbetreuung auf der Grundlage des Zeitaufwandes nicht auf feste Zeitvorgaben zurückgegriffen werden, so dass hier der Zeitaufwand für die Einzeltätigkeiten auf Grund von Erfahrungen geschätzt wurde.

Die Berechnung der Kosten für die Arzneimittel erfolgte auf der Basis der Listenpreise (entsprechend Information vom Hersteller). Die Abgabepreise wurden auf der Basis der Arzneimittelpreisverordnung vom 14. November 1980 (ANONYM 2017) kalkuliert.

Bei der Kalkulation im Rahmen der Bestandsbetreuung (Abrechnung über Zeitaufwand) wurde von einer gleichzeitigen Enthornung von (mindestens) fünf Tieren ausgegangen (keine Wartezeit, ggf. Mehrfachnutzung Kanülen und Spritzen).

Die Kalkulation der Personalkosten für die betrieblichen Leistungen (Hilfskräfte sowie sachkundige Personen) basierte auf Angaben zur Vergütung in der Branche Landwirtschaft und Gartenbau (ANONYM 2014; SMWA 2018).

Die Bezeichnung „Tierarzt“ bezeichnet sowohl männliche als auch weibliche Personen.

# 3 Ergebnisse

## 3.1 Ethologische Untersuchungen

### 3.1.1 Verhalten während der Enthornung

Die Abbildung 15 und Abbildung 16 zeigen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der untersuchten Verhaltensweisen. Für die Verhaltensweisen Trippeln, Schwanzschlagen, Kopfabwehr und Aufbäumen wurden die Wahrscheinlichkeiten mit Hilfe der Binomialverteilung geschätzt. Zur Schätzung der Wahrscheinlichkeiten für die Verhaltensweisen Angstblick, Vokalisieren, Nach-vorn-drängen, Nach-hinten-drängen, Sich-fallen-lassen, Aufstehen und Liegen diente die Bernoulli-Verteilung.

Die Ergebnisse werden für die einzelnen Altersgruppen separat dargestellt, da durch die unterschiedlichen Haltungsbedingungen und damit auch unterschiedlichen räumlichen Bedingungen der Enthornung (Altersgruppe 1 Einzelhaltung, Altersgruppe 2 Gruppenhaltung) keine bzw. nur eine eingeschränkte Vergleichbarkeit gegeben ist.

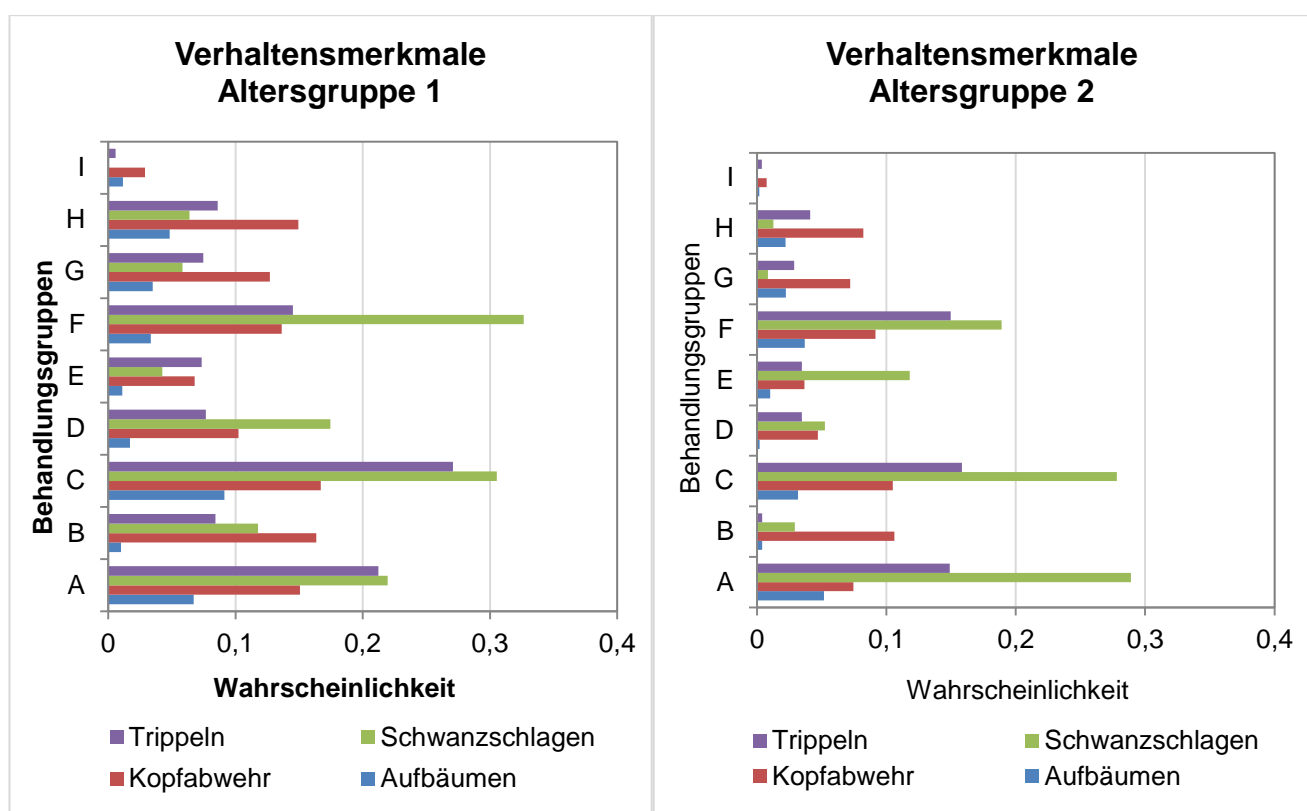
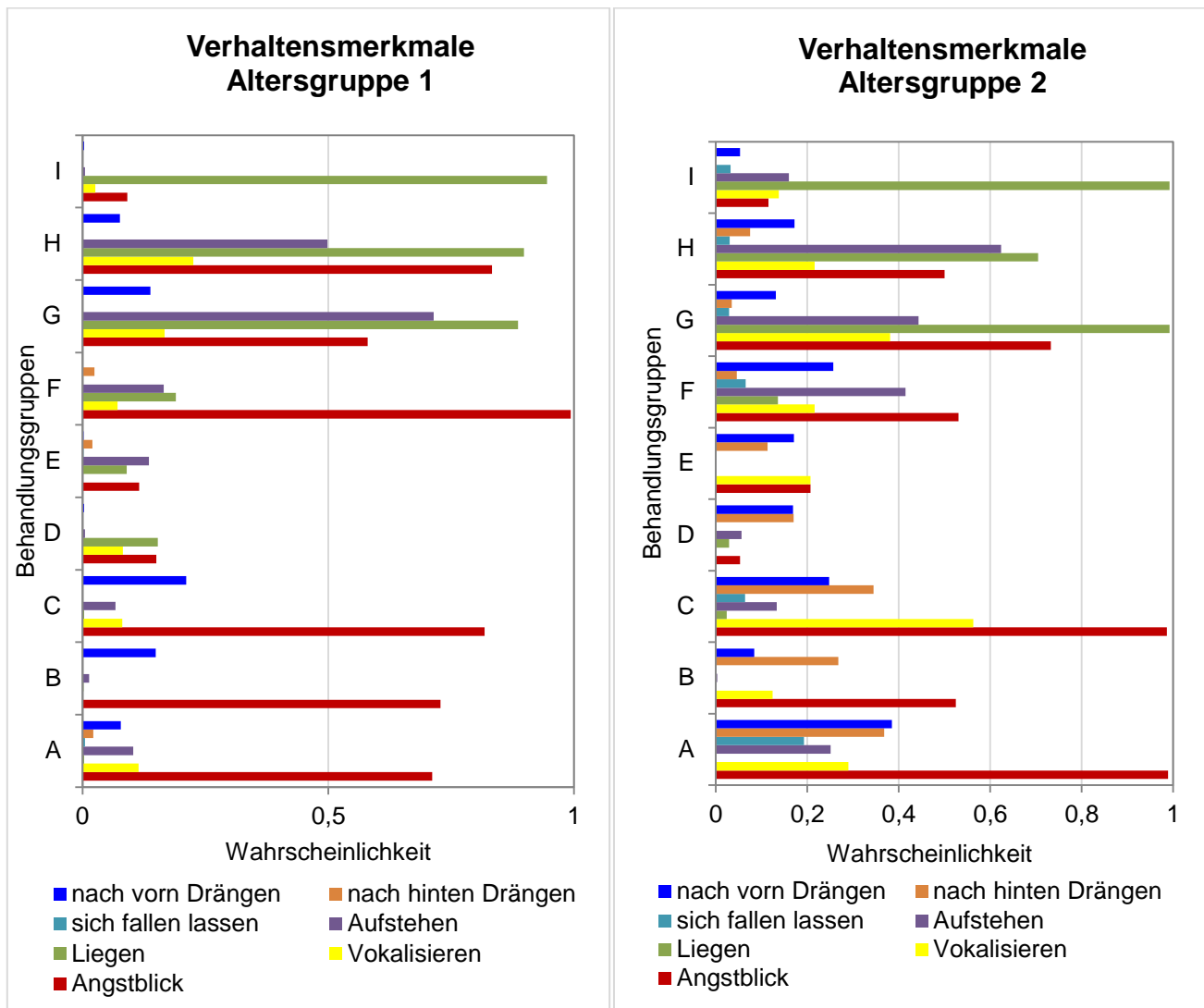


Abbildung 15: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Trippeln, Schwanzschlagen, Kopfabwehr und Aufbäumen innerhalb einer Sekunde (Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2)

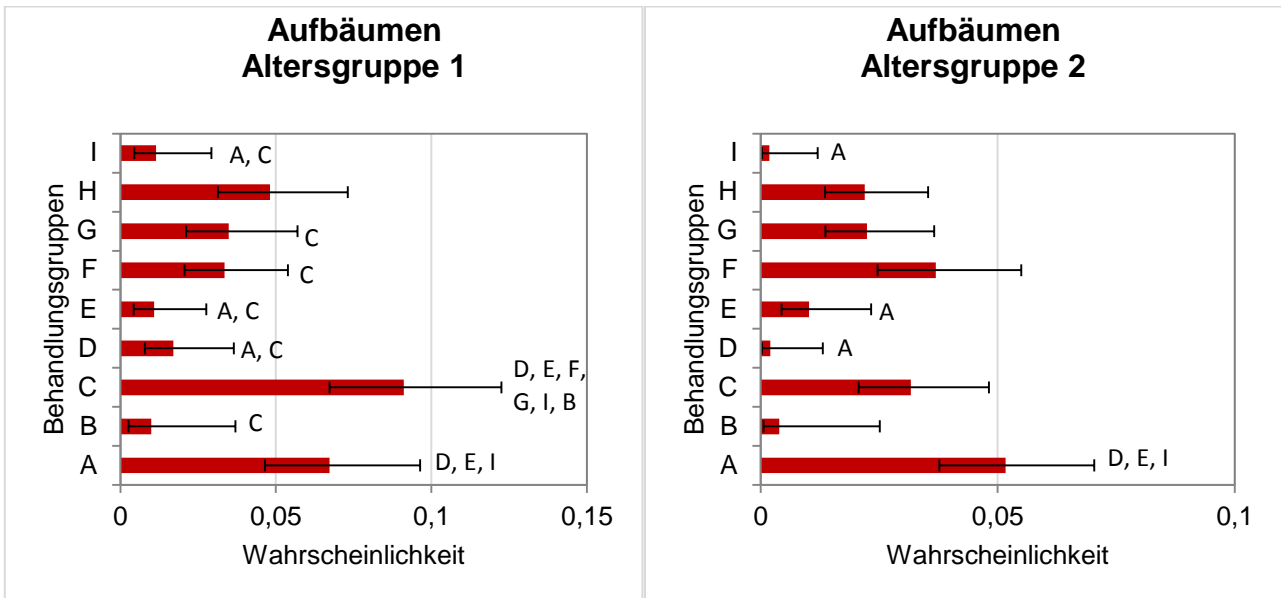


**Abbildung 16: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen nach-vorn-Drängen, nach-hinten-Drängen, sich-fallen-lassen, Aufstehen, Liegen, Vokalisieren und Angstblick (Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2)**

Im Folgenden werden die Verhaltensweisen einzeln dargestellt. Die aufgeführten Buchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen hin. In den Abbildung 17 bis Abbildung 27 sind außerdem die Konfidenzintervalle der Wahrscheinlichkeiten des Auftretens der einzelnen Verhaltensweisen abgebildet.

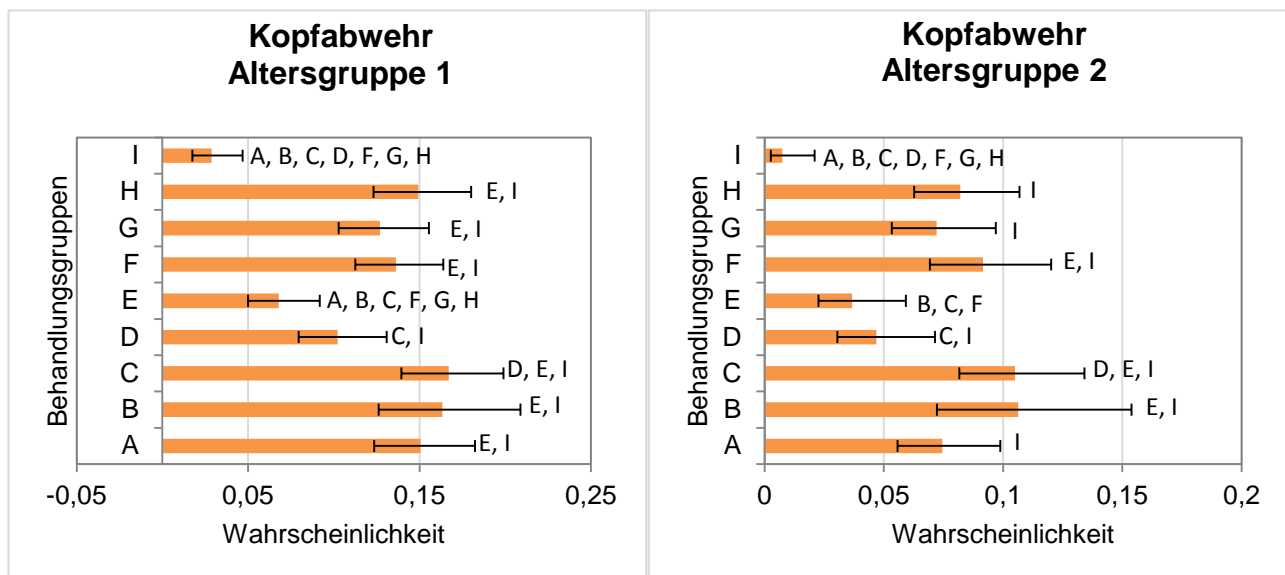
Abbildung 17 zeigt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Verhaltensmerkmals Aufbäumen innerhalb einer Sekunde. Die Behandlungsgruppen B (Negativkontrolle) sowie die Gruppen mit Lokalanästhesie D (LA+, SED-, NSAID+), E (LA+, SED-, NSAID-), I (LA+, SED++, NSAID-) wiesen dabei in beiden Altersgruppen die niedrigsten Wahrscheinlichkeiten auf.

In der Altersgruppe 1 zeigten die Tiere der Behandlungsgruppen A (Positivkontrolle) sowie C (nur NSAID+) Aufbäumen mit signifikant höherer Wahrscheinlichkeit gegenüber den Tieren der Gruppen D, E und I (LA+). In der Altersgruppe 2 waren nur die Unterschiede zwischen der Gruppe A und den Gruppen D, E und I signifikant.



**Abbildung 17: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Aufbäumen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Sekunde (Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2)**

In der Abbildung 18 ist das Verhaltensmerkmal Kopfabwehr mit der Wahrscheinlichkeit des Auftretens in den einzelnen Behandlungsgruppen dargestellt. Die Tiere der Behandlungsgruppe I (LA+, SED++, NSAID+) wiesen in beiden Altersgruppen gegenüber den anderen Behandlungsgruppen (mit Ausnahme BG E (nur LA+) signifikant niedrigere Wahrscheinlichkeiten auf. In der Altersgruppe 1 trat bei den Tieren der Behandlungsgruppe E (LA+, SED-, NSAID-) das Merkmal Kopfabwehr mit signifikant niedrigerer Wahrscheinlichkeit gegenüber allen Behandlungsgruppen ohne Lokalanästhesie auf (A, B, C, F, G, H), in der Altersgruppe 2 nur gegenüber den Behandlungsgruppen B, C und F.

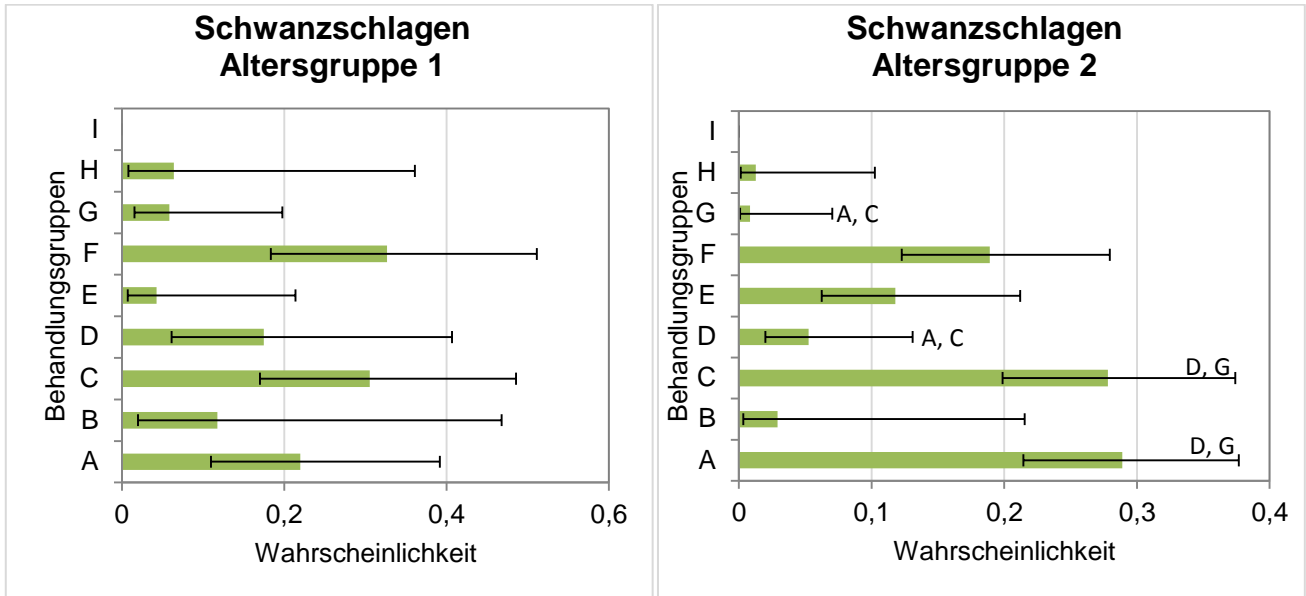


**Abbildung 18: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Kopfabwehr (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Sekunde (Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2)**

Die Tiere der Behandlungsgruppe I (LA+, SED++, NSAID+) wiesen in beiden Altersgruppen die niedrigste Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Schwanzschlagen innerhalb einer Sekunde (Abbildung 19) auf ( $5,5 \times 10^{-8}$  bzw.

$1,4 \times 10^{-8}$ ). Die höchsten Wahrscheinlichkeiten waren bei den Gruppen A (Positivkontrolle), C (LA-, SED-, NSAID+) und F (LA-, SED+, NSAID+) zu beobachten (Altersgruppen 1 und 2).

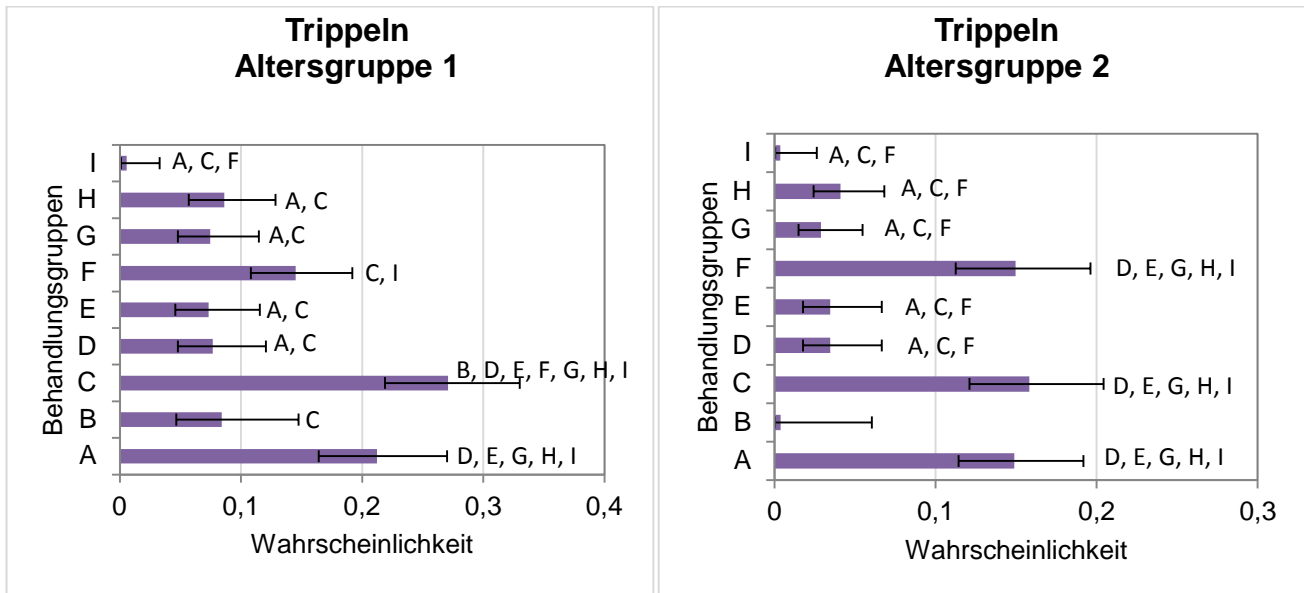
In der Altersgruppe 1 waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen nachweisbar. In der Altersgruppe 2 unterschieden sich die Behandlungsgruppen A (Positivkontrolle) und C (LA-, SED-, NSAID+) signifikant von den Gruppen D (LA+, SED-, NSAID+) und G (LA-, SED++, NSAID+). Behandlungsgruppe H wies ebenfalls eine geringe Wahrscheinlichkeit auf. Die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant.



**Abbildung 19: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Schwanzschlagen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Sekunde (Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2)**

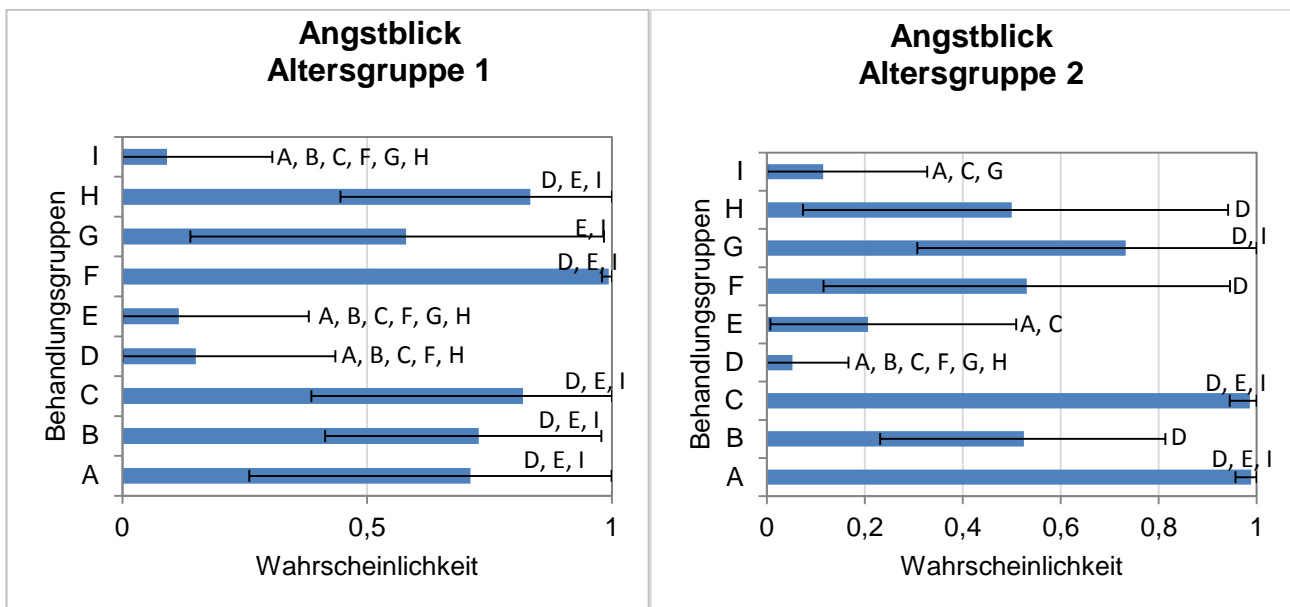
Beim Verhaltensmerkmal Trippeln (Abbildung 20) konnte die höchste Wahrscheinlichkeit des Auftretens in den Behandlungsgruppen A (Positivkontrolle), C (LA-, SED-, NSAID+) sowie F (LA-, SED+, NSAID+) registriert werden. In beiden Altersgruppen wies die Behandlungsgruppe I (LA+, SED++, NSAID+) signifikant niedrigere Wahrscheinlichkeiten gegenüber diesen drei Gruppen auf. Die Behandlungsgruppen A und C (Altersgruppen 1 und 2) sowie die Behandlungsgruppe F (nur Altersgruppe 2) zeigten gegenüber den Behandlungsgruppen D und E (LA+) sowie den Gruppen G und H (SED++) signifikant höhere Wahrscheinlichkeiten.





**Abbildung 20: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Trippeln (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Sekunde (Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2)**

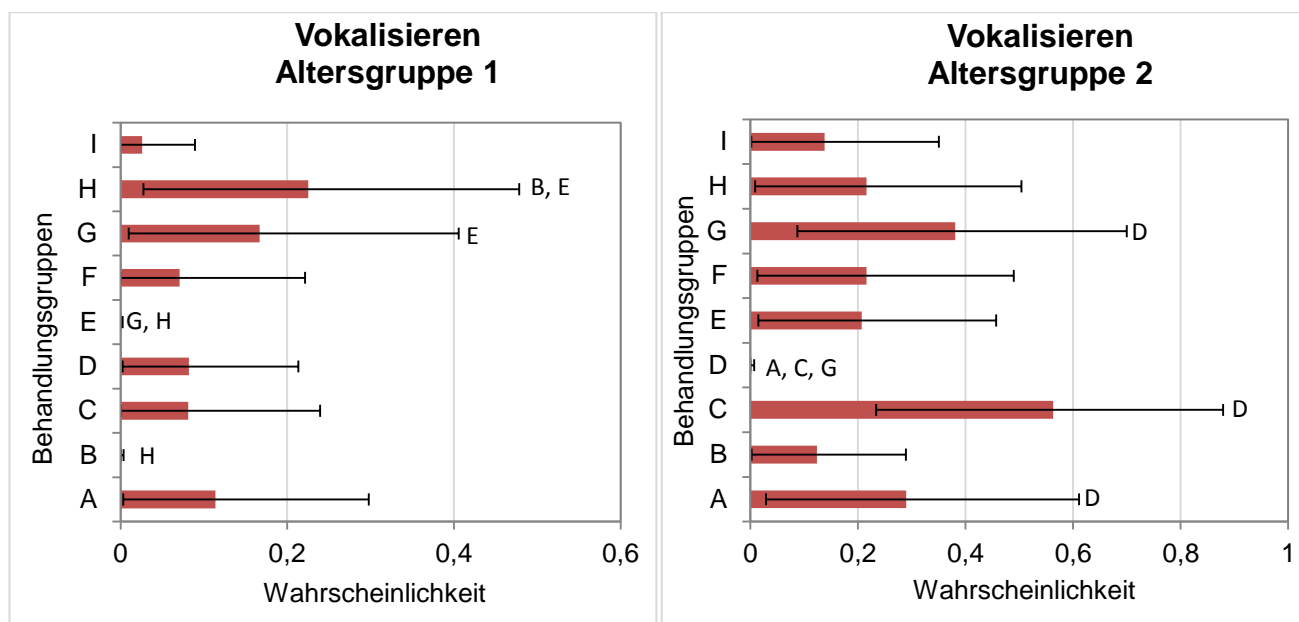
Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Angsblick während der Enthornung ist in der Abbildung 21 dargestellt. Die niedrigste Wahrscheinlichkeit des Auftretens zeigten die Behandlungsgruppen D (LA+, SED-, NSAID+), E (LA+, SED-, NSAID-) und I (LA+, SED++, NSAID+). In der Altersgruppe 1 wiesen die Behandlungsgruppen D, E und I gegenüber den Gruppen A (Positivkontrolle), B (Negativkontrolle), C (LA-, SED-, NSAID+), F (LA-, SED+, NSAID+) sowie H (LA-, SED++, NSAID-) signifikant niedrigere Wahrscheinlichkeiten auf.



**Abbildung 21: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Angsblick (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2)**

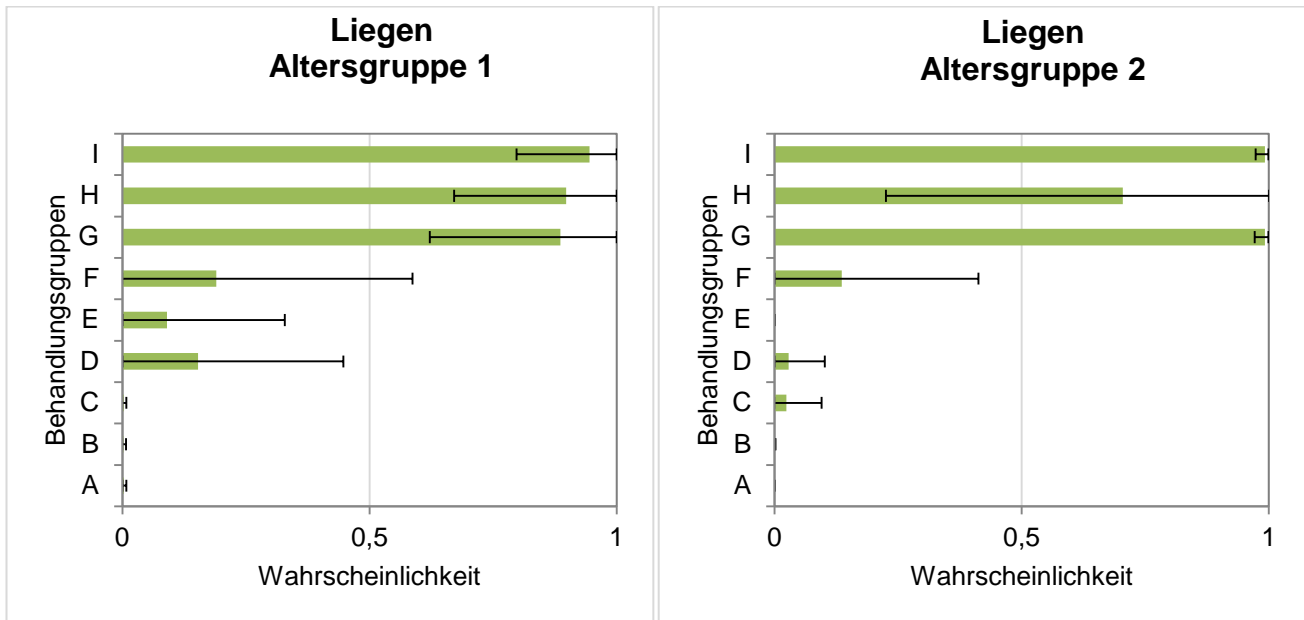
Die Behandlungsgruppe G (LA-, SED++, NSAID+) unterschied sich nur von den Gruppen E und I signifikant. In der Altersgruppe 2 wiesen die Behandlungsgruppen A und C signifikant höhere Wahrscheinlichkeiten gegenüber den drei Behandlungsgruppen mit Lokalanästhesie (D, E, I) auf.

Die Verhaltensweise Vokalisieren ist in der Abbildung 22 dargestellt. In der Altersgruppe 1 zeigte diese Verhaltensweise in den Behandlungsgruppen B (Negativkontrolle), E (LA+, SED-, NSAID-) sowie I (LA+, SED++, NSAID+) die niedrigste Wahrscheinlichkeit. Die Unterschiede zwischen Behandlungsgruppe E und den Gruppen G (LA-, SED++, +) bzw. H (LA-, SED++, NSAID-) waren dabei signifikant. In der Altersgruppe 2 wies die Behandlungsgruppe D (LA+, SED-, NSAID+) eine signifikant niedrigere Wahrscheinlichkeit gegenüber den Gruppen A (Positivkontrolle), C (LA-, SED-, NSAID+) und G (LA-, SED++, NSAID+) auf.



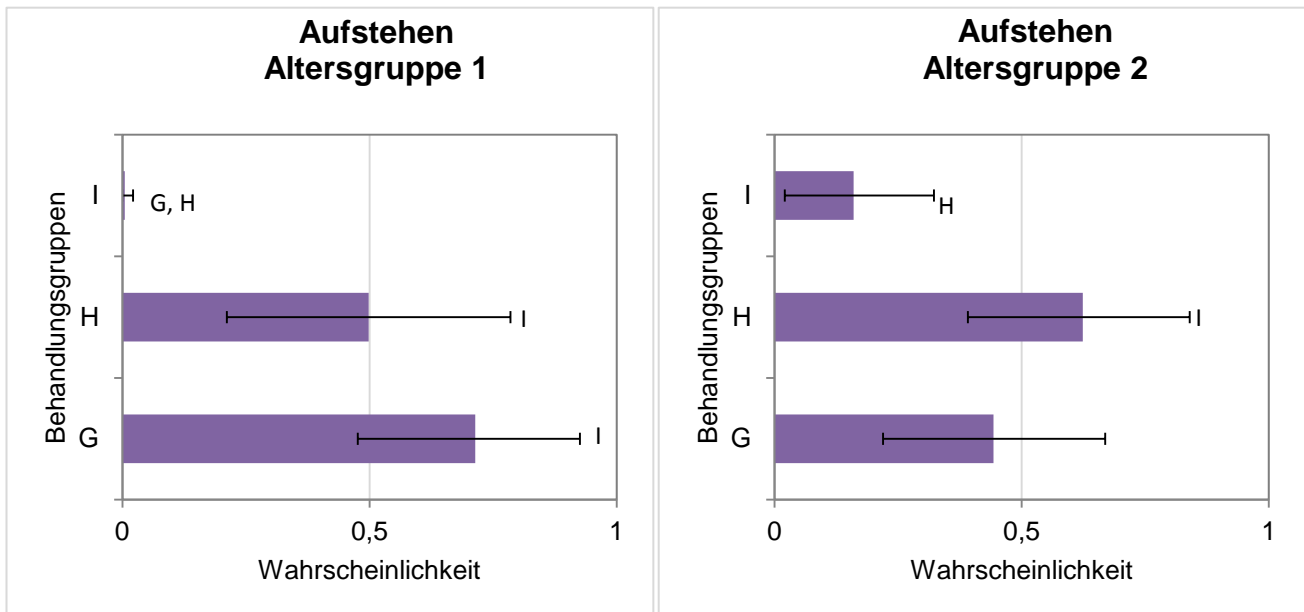
**Abbildung 22: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Vokalisieren (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2)**

Die Verhaltensweise Liegen ist in der Abbildung 23 dargestellt. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Liegen betrug in den Behandlungsgruppen mit hoher Dosierung von Xylazin (BG G, H, I) zwischen 0,7 und 0,99, in der Behandlungsgruppe F (niedrige Sedierung) dagegen 0,14 bzw. 0,19. Auf eine Prüfung möglicher signifikanter Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen wurde verzichtet.



**Abbildung 23: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Liegen (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2)**

Die Verhaltensweise Aufstehen (Abbildung 24) wird nur für die Behandlungsgruppen G, H und I (hohe Sedierung) dargestellt, da die Tiere dieser Gruppen während der Enthornung fast ausschließlich lagen und eine Betrachtung dieses Verhaltensmerkmals damit nur in diesen Gruppen sinnvoll erscheint. Die geringste Wahrscheinlichkeit des Auftretens zeigte die Behandlungsgruppe I (LA+, SED++, NSAID+) in beiden Altersgruppen.

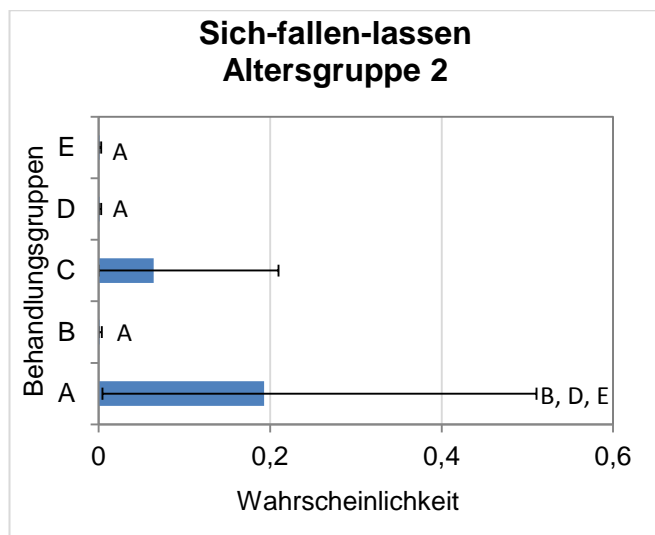


**Abbildung 24: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Aufstehen (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen G, H und I; Altersgruppen 1 und 2)**

Die Unterschiede zur Behandlungsgruppe H (LA-, SED++, NSAID-) waren in beiden Altersgruppen signifikant, zur Behandlungsgruppe G (LA-, SED++, NSAID+) nur in der Altersgruppe 1.

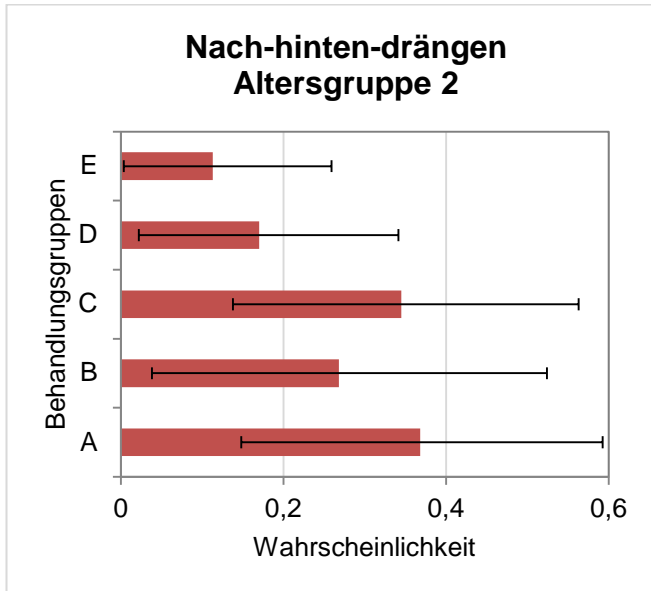
Die Verhaltensweisen Sich-fallen-lassen (Abbildung 25), Nach-hinten-drängen (Abbildung 26) sowie Nach-vorn-drängen (Abbildung 27) wurden nur für die Behandlungsgruppen A bis E (keine Sedierung) dargestellt. Da die Tiere während der Enthornung vorrangig standen, konnten diese Verhaltensweisen hier beobachtet und in die Auswertung einbezogen werden.

Auf eine Darstellung der Verhaltensweise Sich-fallen-lassen für die Altersgruppe 1 wurde auf Grund der geringen Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten (0 bis 0,005) verzichtet. Die Behandlungsgruppen B (Negativkontrolle), D (LA+, SED-, NSAID+) sowie E (LA+, SED-, NSAID-) zeigten in der Altersgruppe 2 die geringste Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise. Die Unterschiede zwischen der Gruppe A und den Gruppen B, D und E waren dabei signifikant.



**Abbildung 25: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Sich-fallen-lassen (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis E; Altersgruppe 2)**

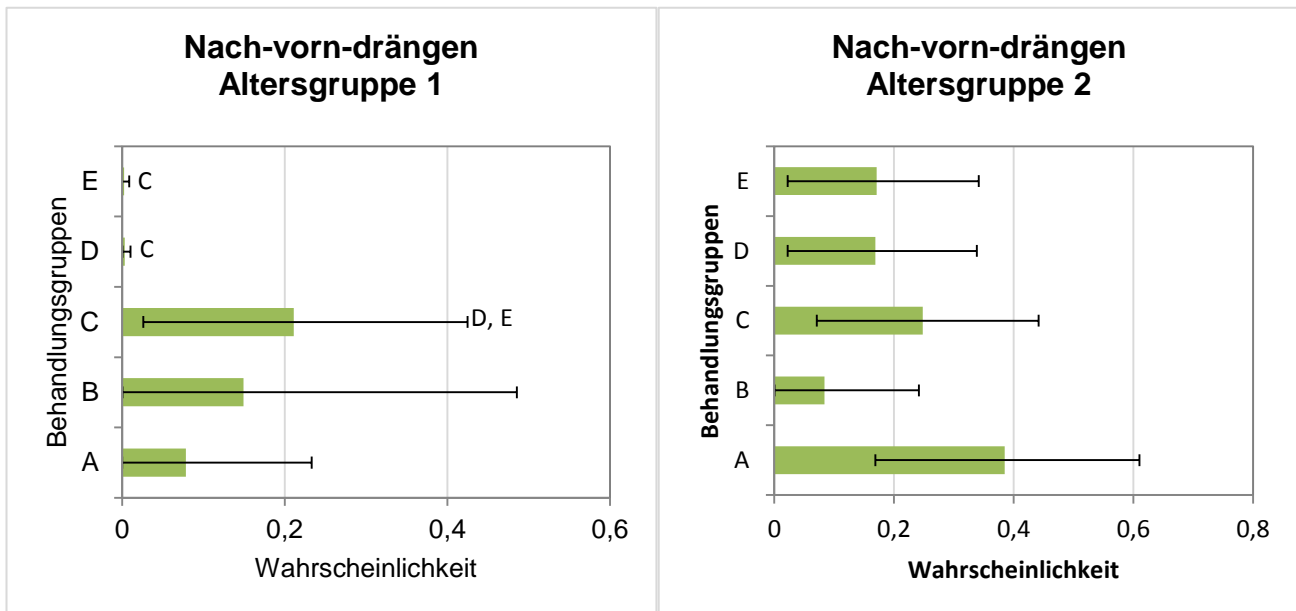
Auf eine Darstellung der Verhaltensweise Nach-hinten-drängen für die Altersgruppe 1 wurde ebenfalls bedingt durch die geringen Wahrscheinlichkeiten verzichtet (0 bis 0,02). In der Altersgruppe 2 (Abbildung 26) konnten die niedrigsten Wahrscheinlichkeiten des Auftretens der Verhaltensweise in den Behandlungsgruppen mit Lokalanästhesie (BG E und D) beobachtet werden, die höchsten in den Behandlungsgruppen A (Positivkontrolle) sowie C (LA-, SED-, NSAID+). Die Unterschiede waren nicht signifikant.



**Abbildung 26: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Nach-hinten-drängen (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis E; Altersgruppe 2)**

In der Altersgruppe 1 wies die Verhaltensweise Nach-vorn-Drängen in den Behandlungsgruppen D und E (LA+) die geringsten Wahrscheinlichkeiten auf. Die Unterschiede gegenüber der Behandlungsgruppe C (LA-, SED-, NSAID+) waren dabei signifikant (Abbildung 27).

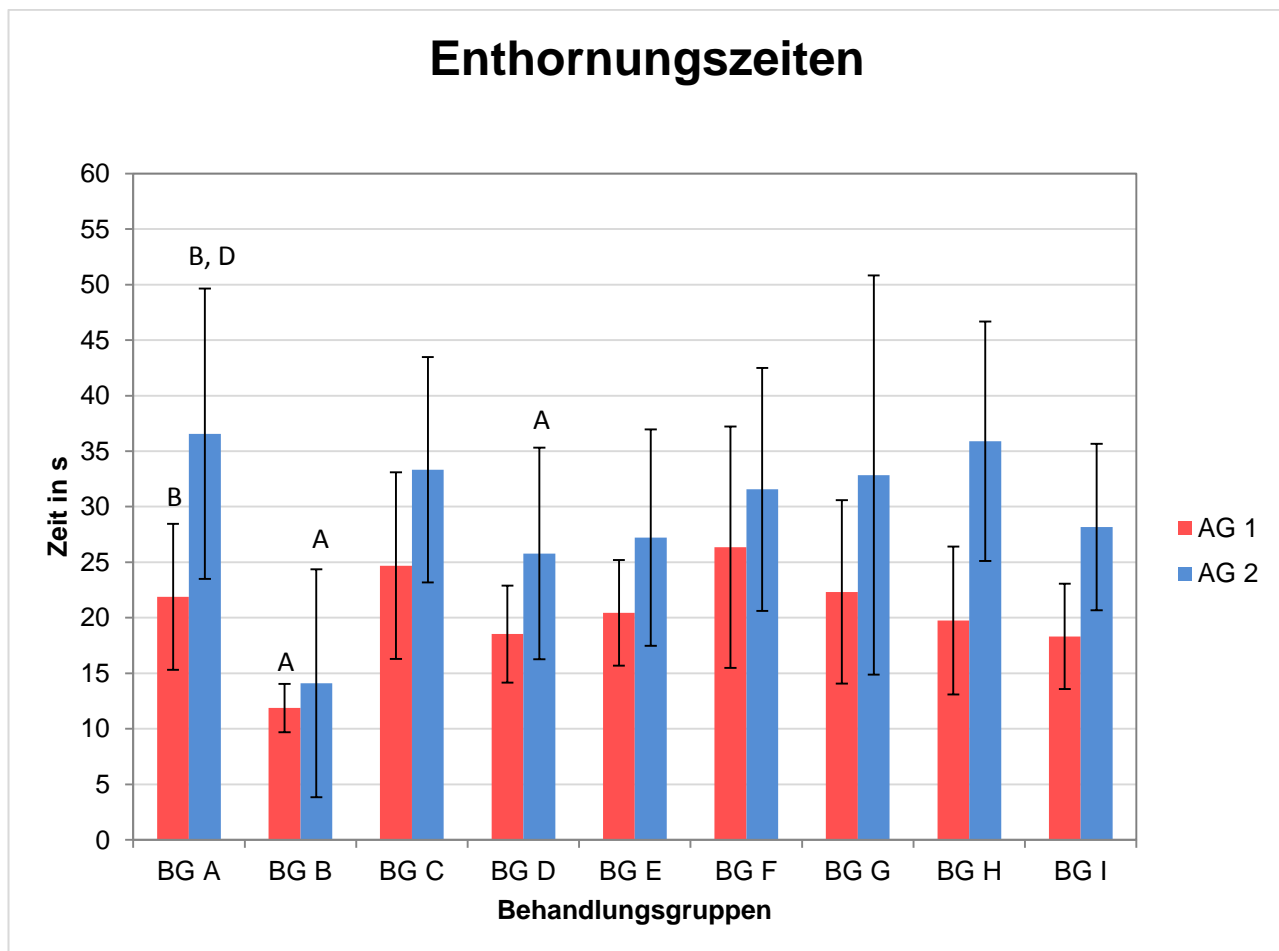
In der Altersgruppe 2 zeigten die Behandlungsgruppen A (Positivkontrolle) und C die höchsten Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Nach-vorn-drängen. Die Unterschiede gegenüber den anderen Behandlungsgruppen waren nicht signifikant (Abbildung 27)



**Abbildung 27: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweise Nach-vorn-drängen (LSMean mit Konfidenzintervall; Behandlungsgruppen A bis E; Altersgruppen 1 und 2)**

Die Enthornungszeiten betragen für die Tiere der Altersgruppe 1 im Mittel 20,4 s (Minimum 8 s, Maximum 53 s), für die Tiere der Altersgruppe 2 im Mittel 29,5 s (Minimum 7 s, Maximum 93 s). Die Enthornungszeiten entsprachen dabei gleichzeitig den Beobachtungszeiten, in denen das Verhalten erfasst wurde.

In der Abbildung 28 sind die Enthornungszeiten für die einzelnen Behandlungsgruppen getrennt in Altersgruppe 1 und 2 dargestellt. Dabei zeigte sich, dass für die Enthornung der jüngeren Tiere weniger Zeit benötigt wurde. Lediglich in der Behandlungsgruppe B waren kaum Unterschiede feststellbar. Allerdings wurde hier die Enthornung auch nur angedeutet (Negativkontrollgruppe). Unter den Behandlungsgruppen ohne bzw. mit nur geringer Sedierung (BG A, C, D, E, F) wiesen die Tiere der Gruppen mit Lokalanästhesie (BG D, E) sowohl in der Altersgruppe 1 als auch in der Altersgruppe 2 geringere Enthornungszeiten auf, als die Tiere ohne Lokalanästhesie (BG A, C, F). Beim Vergleich der Enthornungszeiten der Behandlungsgruppe A mit den anderen Behandlungsgruppen (Mann-Whitney-Test) konnten lediglich signifikante Unterschiede gegenüber Gruppe B (beide Altersgruppen) sowie gegenüber Gruppe D (Altersgruppe 2) festgestellt werden.



**Abbildung 28: Enthornungszeiten (arithmetisches Mittel  $\pm$  Standardabweichung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppen 1 und 2)**

### 3.1.2 Verhalten nach der Enthornung

Die Verhaltensweisen Stehen (einschließlich Laufen) und Liegen werden für die Altersgruppe 2 in Abbildung 29 und Abbildung 30 dargestellt. Die Tiere der Behandlungsgruppen G, H und I (SED++) zeigten einen höheren Anteil am Verhaltensmerkmal Liegen. Dies wurde insbesondere in der ersten Beobachtungsstunde nach Enthornung deutlich. Die Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen G, H und I im Vergleich mit den Behandlungsgrup-

pen die kein bzw. nur eine geringe Dosis Xylazin bekommen hatten (BG A, B, C, D, E, F), waren hochsignifikant (Abbildung 30)

In der zweiten Stunden nach der Enthornung wiesen die Behandlungsgruppen G, H und I gegenüber den anderen Behandlungsgruppen ebenfalls höhere Anteile am Verhalten Liegen auf, die Unterschiede waren aber nicht signifikant. Bei den Tieren der Behandlungsgruppen A, B, C, E und F kam es gegenüber der Beobachtungsstunde 1 zu einer deutlichen Erhöhung des Anteils Liegen. In der Beobachtungsstunde 4 nahm der Anteil des Verhaltensmerkmal Liegen zwischen 61 % (BG E) und 81 % (BG C) ein.

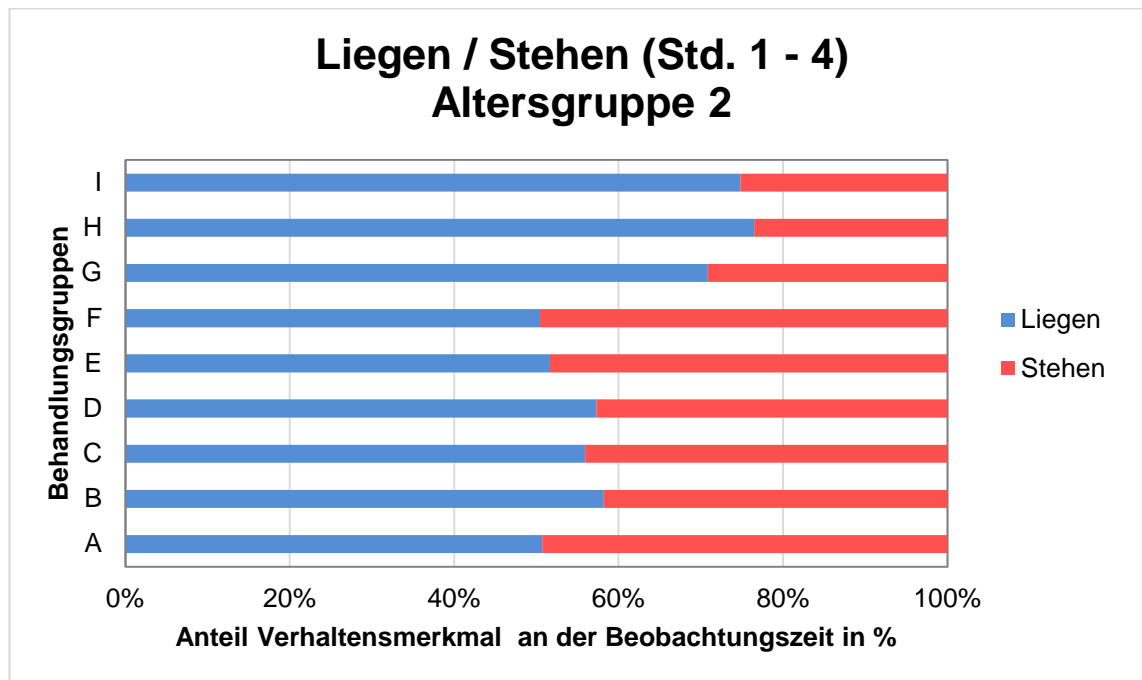


Abbildung 29: Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Liegen / Stehen (LSMean) innerhalb der Beobachtungsstunden 1 bis 4 nach Enthornung (Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2)

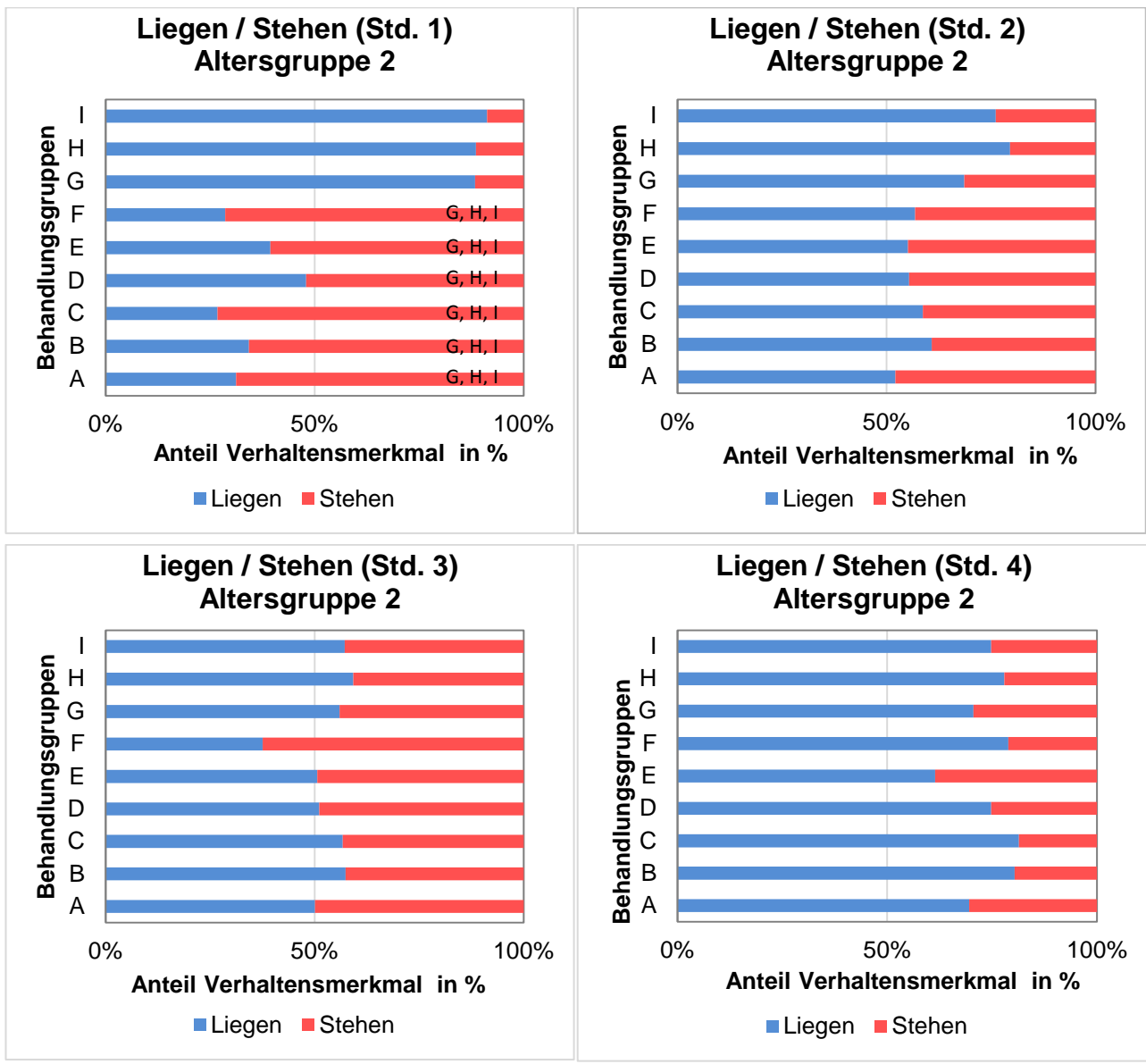
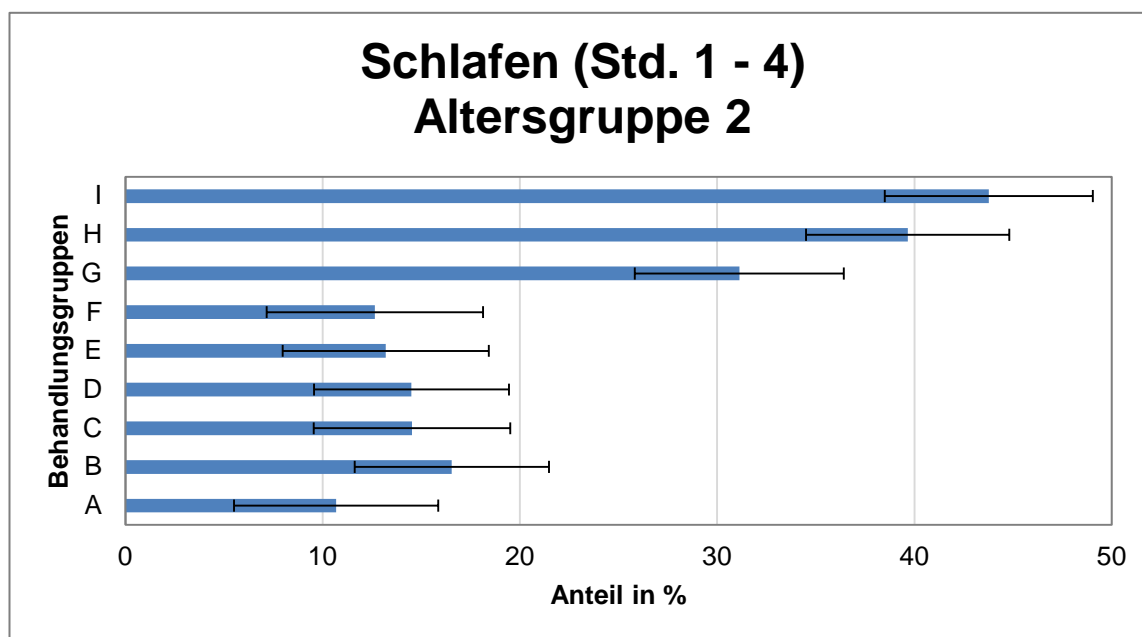


Abbildung 30: Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Liegen / Stehen (LSMean) innerhalb der Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung (Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2)



Die Tiere der Behandlungsgruppen G, H und I (SED++) zeigten gegenüber den Tieren der anderen Gruppen deutlich höhere Anteile des Merkmals Schlafen während der gesamten Beobachtungszeit (Abbildung 31). In der Beobachtungsstunde 1 nach Enthornung schliefen die Tiere der Gruppen G, H und I zwischen 74 und 82 %, während dessen die Anteile von Schlafen an der Beobachtungszeit bei den anderen Behandlungsgruppen zwischen 4 und 14 % lagen. Die Unterschiede der Behandlungsgruppen mit hoher Xylazindosis (BG G, H, I) gegenüber den anderen Behandlungsgruppen waren in der ersten Beobachtungsstunde hoch signifikant (Abbildung 32). In der Beobachtungsstunde 2 kam es zu einer Reduzierung des Merkmals Schlafen bei den Behandlungsgruppen G, H und I. Die Unterschiede zwischen den Gruppen I und H gegenüber den Behandlungsgruppen, die kein oder nur eine niedrige Dosis Xylazin bekommen hatten (BG A, B, C, D, E, F), waren dabei weiterhin signifikant. In den Beobachtungsstunden 3 und 4 traten nur geringe Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen bezüglich des Anteils des Merkmals Schlafen auf (Abbildung 32). Der Anteil von Schlafen schwankte dabei zwischen 3 und 16 % (Beobachtungsstunde 3) bzw. 4 und 26 % (Beobachtungsstunde 4). Die Unterschiede waren nicht signifikant.



**Abbildung 31: Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Schlafen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb der Beobachtungsstunden 1 bis 4 nach Enthornung (Behandlungsgruppen A bis I; AG 2)**

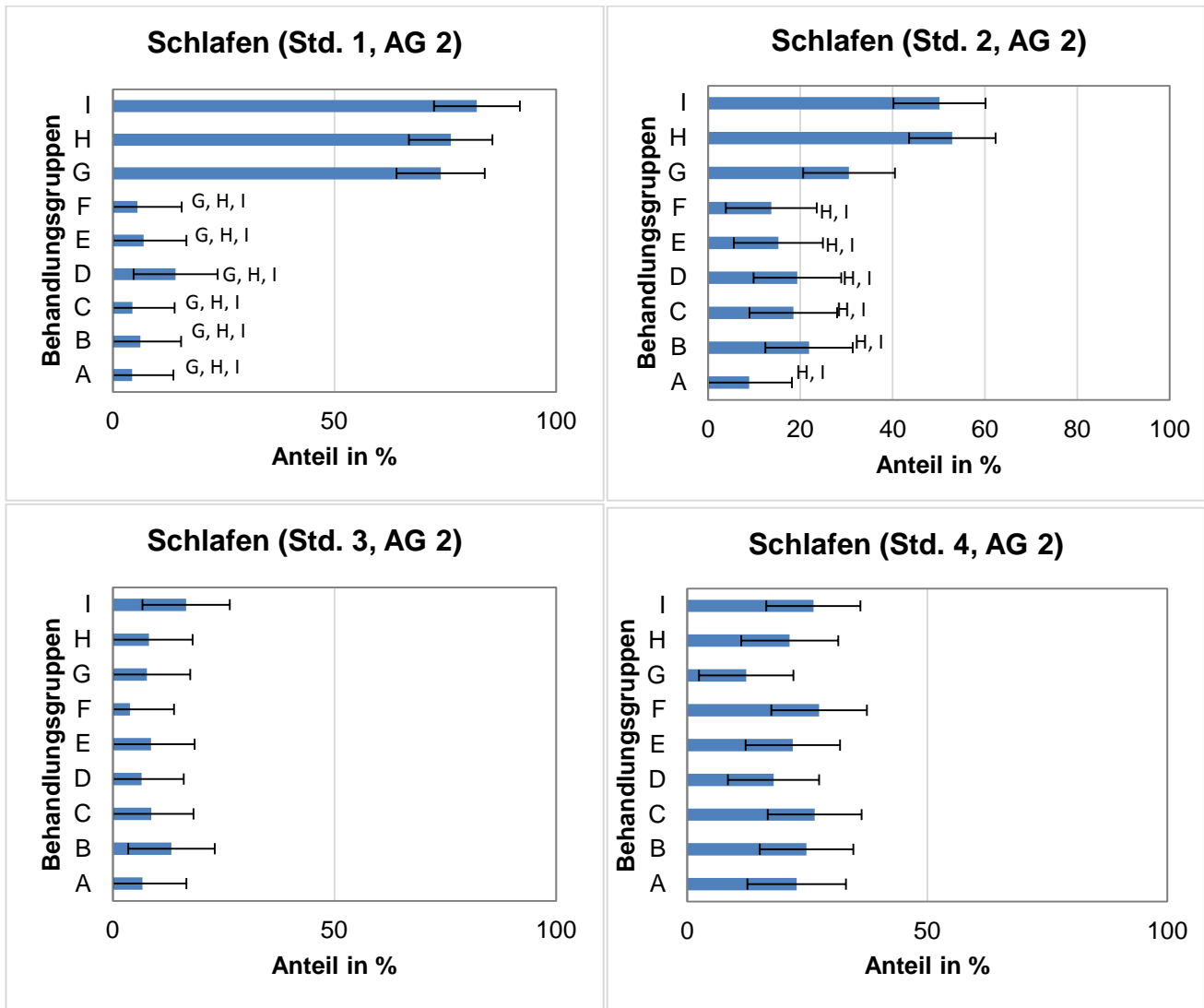


Abbildung 32: Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Schlafen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb der Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Entthorung (Behandlungsgruppen A bis I; AG 2)

Bei dem Verhaltensmerkmal Nahrungsaufnahme wurden zwischen den einzelnen Behandlungsgruppen keine signifikanten Unterschiede festgestellt (Abbildung 33) Über den gesamten Beobachtungszeitraum von vier Stunden nach der Enthornung betrug der Anteil des Verhaltensmerkmals Nahrungsaufnahme zwischen ca. 1 und 4 %. In der Beobachtungstunde 3 nach Enthornung wurden eine signifikant höher Nahrungsaufnahme (Tiere aller Behandlungsgruppen gesamt) gegenüber den Beobachtungsstunden 1, 2 und 4 ermittelt (Abbildung 34).

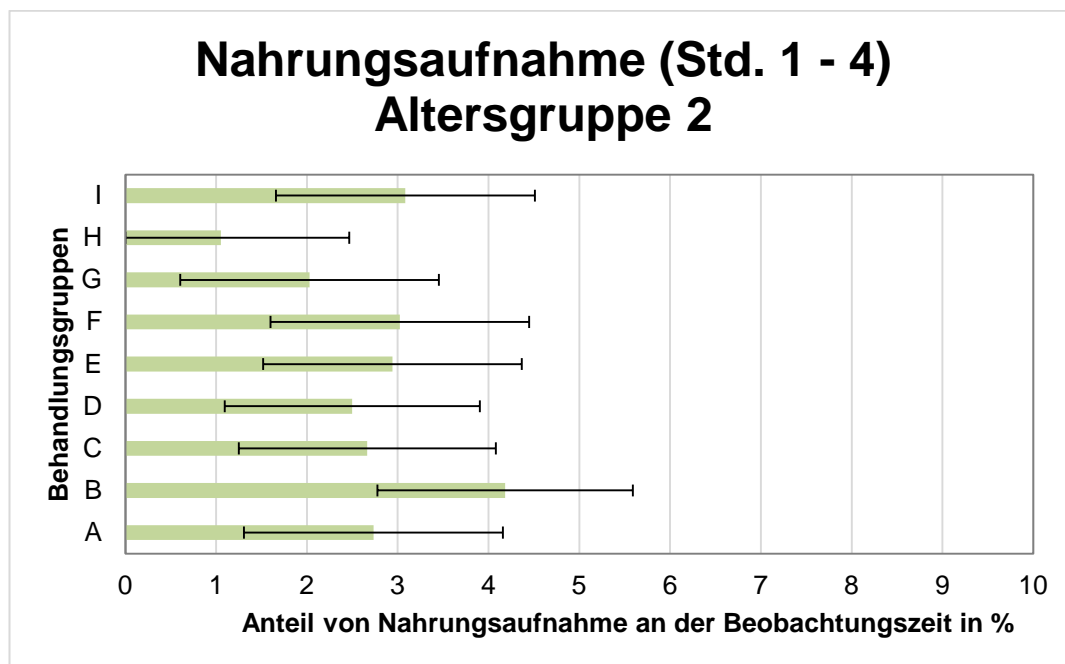


Abbildung 33: Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Nahrungsaufnahme (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb der Beobachtungsstunden 1 bis 4 nach Enthornung (Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2)

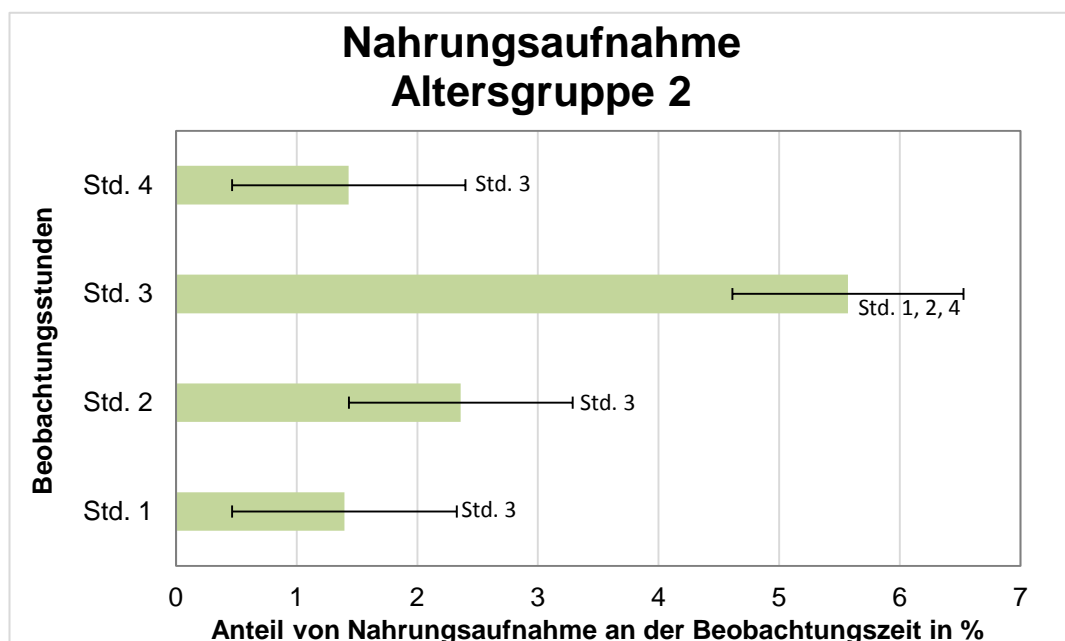
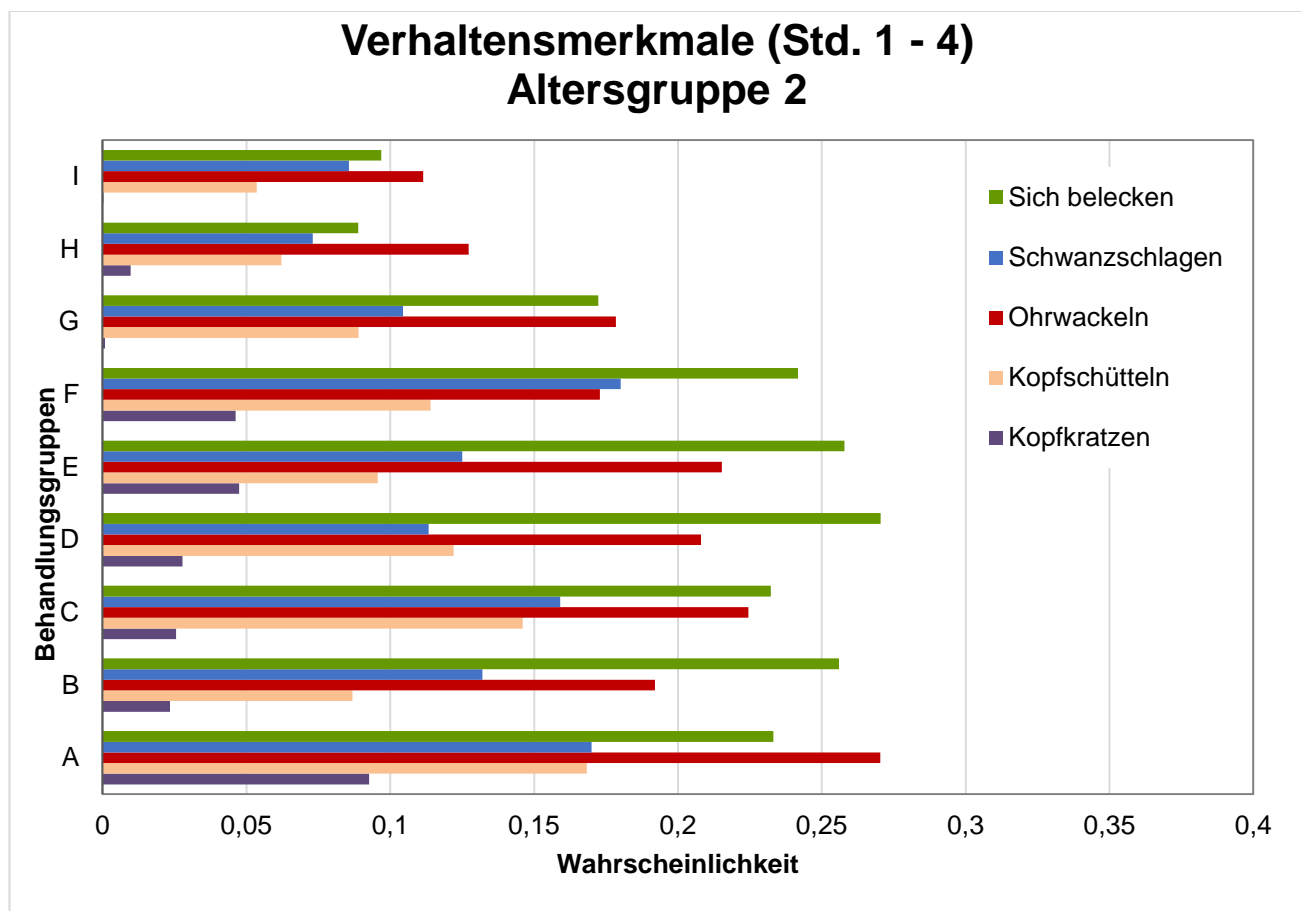


Abbildung 34: Anteil des Auftretens der Verhaltensweise Nahrungsaufnahme (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb der Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung (alle Tiere gesamt; Altersgruppe 2)

Die Abbildung 35 zeigt die Verhaltensmerkmale Sich belecken, Schwanzschlagen, Ohrwackeln, Kopfschütteln und Kopfkratzen. Die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten jedes einzelnen Merkmals pro Minute wurden auf der Basis der Binomialverteilung berechnet und beziehen sich auf die gesamte Beobachtungszeit.



**Abbildung 35: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Sich belecken, Schwanzschlagen, Ohrwackeln, Kopfschütteln und Kopfkratzen (LSMean) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1-4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2)**

In Abbildung 36 wurde die Ausprägung der Verhaltensweisen für die Stunden 1 bis 4 im Einzelnen dargestellt. Die Behandlungsgruppen mit hoher Xylazindosis (G, H, I) wiesen insbesondere in der Beobachtungsstunde 1 geringere Wahrscheinlichkeiten des Auftretens der untersuchten Verhaltensweisen auf.

Bei der Verhaltensweise Sich belecken traten zwischen den Gruppen A bis F (kein bzw. nur geringe Dosis Xylazin) nur geringe Unterschiede auf, welche auch nicht signifikant waren.

Bezüglich der Verhaltensweise Schwanzschlagen zeigten in der ersten Beobachtungsstunde die Gruppen A und C die höchsten Wahrscheinlichkeiten (0,36 bzw. 0,3). Die niedrigste Wahrscheinlichkeit unter den Behandlungsgruppen ohne Xylazin wies die Gruppe D (0,07) auf. In der Beobachtungsstunde 2 zeigten wiederum die Gruppe A (0,26) und C (0,18) sowie die Gruppe F (0,21) am häufigsten Schwanzschlagen. Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen konnten allerdings weder in der ersten und zweiten noch in den anderen Beobachtungsstunden festgestellt werden.

Die Verhaltensweise Ohrwackeln trat in der Beobachtungsstunde 1 am häufigsten in der Behandlungsgruppe A auf (0,26). Die niedrigsten Wahrscheinlichkeiten wiesen die Behandlungsgruppen I und H auf (0,05 bzw. 0,04). Die beobachteten Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen sind in den einzelnen Beobachtungszeiträumen nicht signifikant.

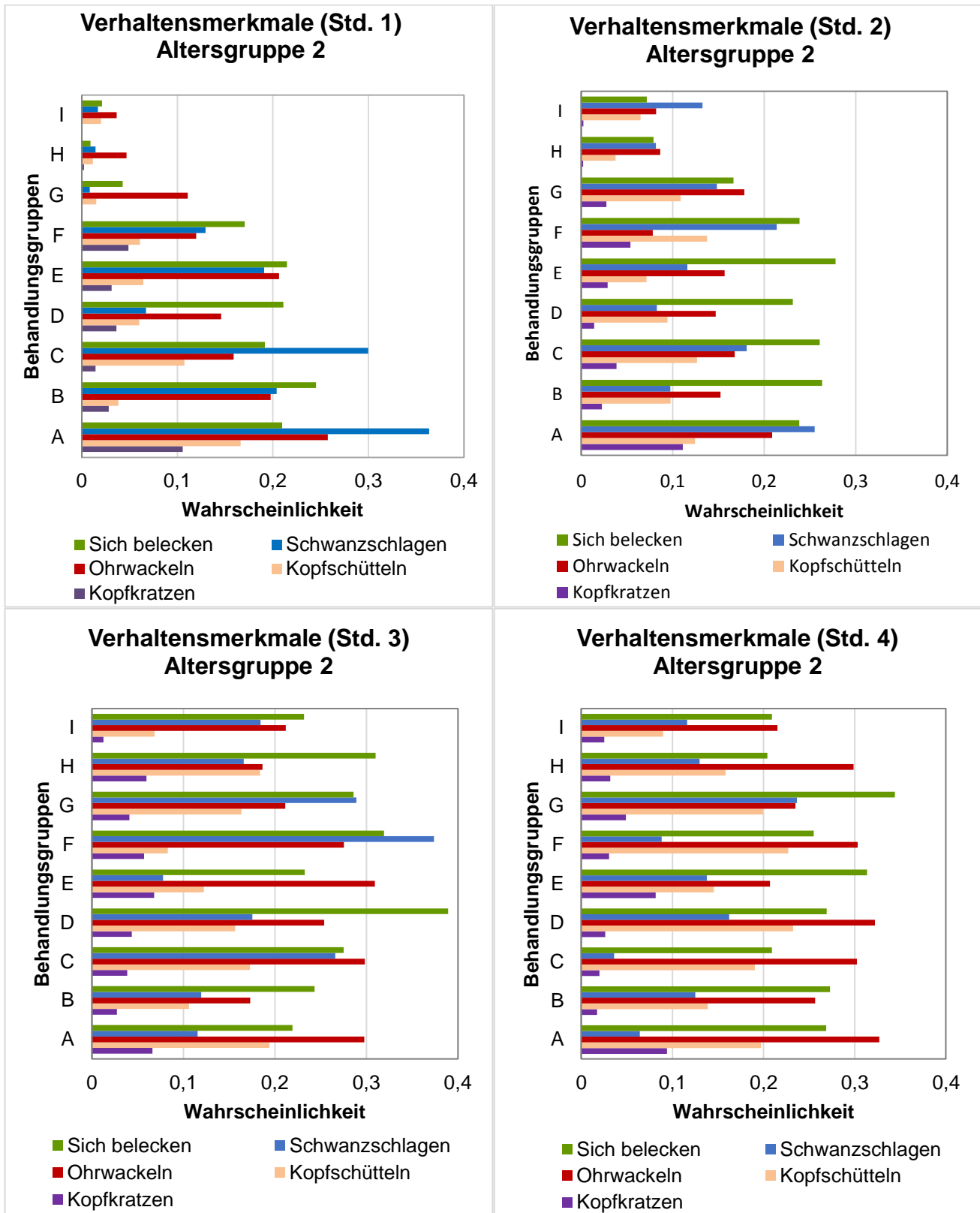
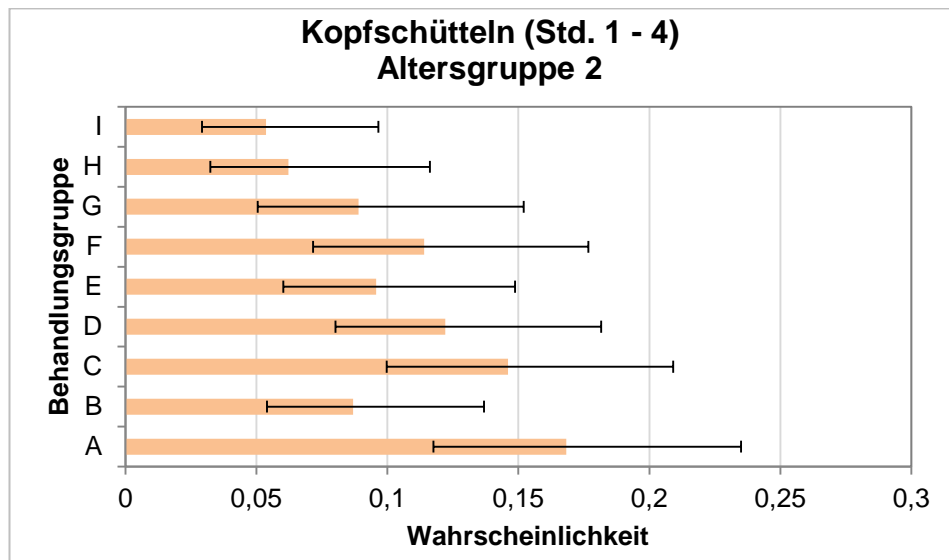


Abbildung 36: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Sich belecken, Schwanzschlagen, Ohrwackeln, Kopfschütteln und Kopfkratzen (LSMean) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Entthorung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2)

Die Verhaltensweise Kopfschütteln konnte in der ersten Stunde nach Enthornung am häufigsten in der Behandlungsgruppe A und C (0,17 bzw. 0,11) beobachtet werden. Die geringsten Wahrscheinlichkeiten wiesen die Gruppen G, H und I (0,02 – 0,01) sowie B (0,04) auf (Abbildung 37) Die beobachteten Unterschiede waren nicht signifikant.

In der Beobachtungsstunde 2 zeigten die Behandlungsgruppen F (0,14), C (0,13) und A (0,12) die höchsten Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Kopfschütteln (Abbildung 38).

In den Beobachtungsstunden 2 bis 4 konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen nachgewiesen werden.



**Abbildung 37: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Kopfschütteln (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1-4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2)**

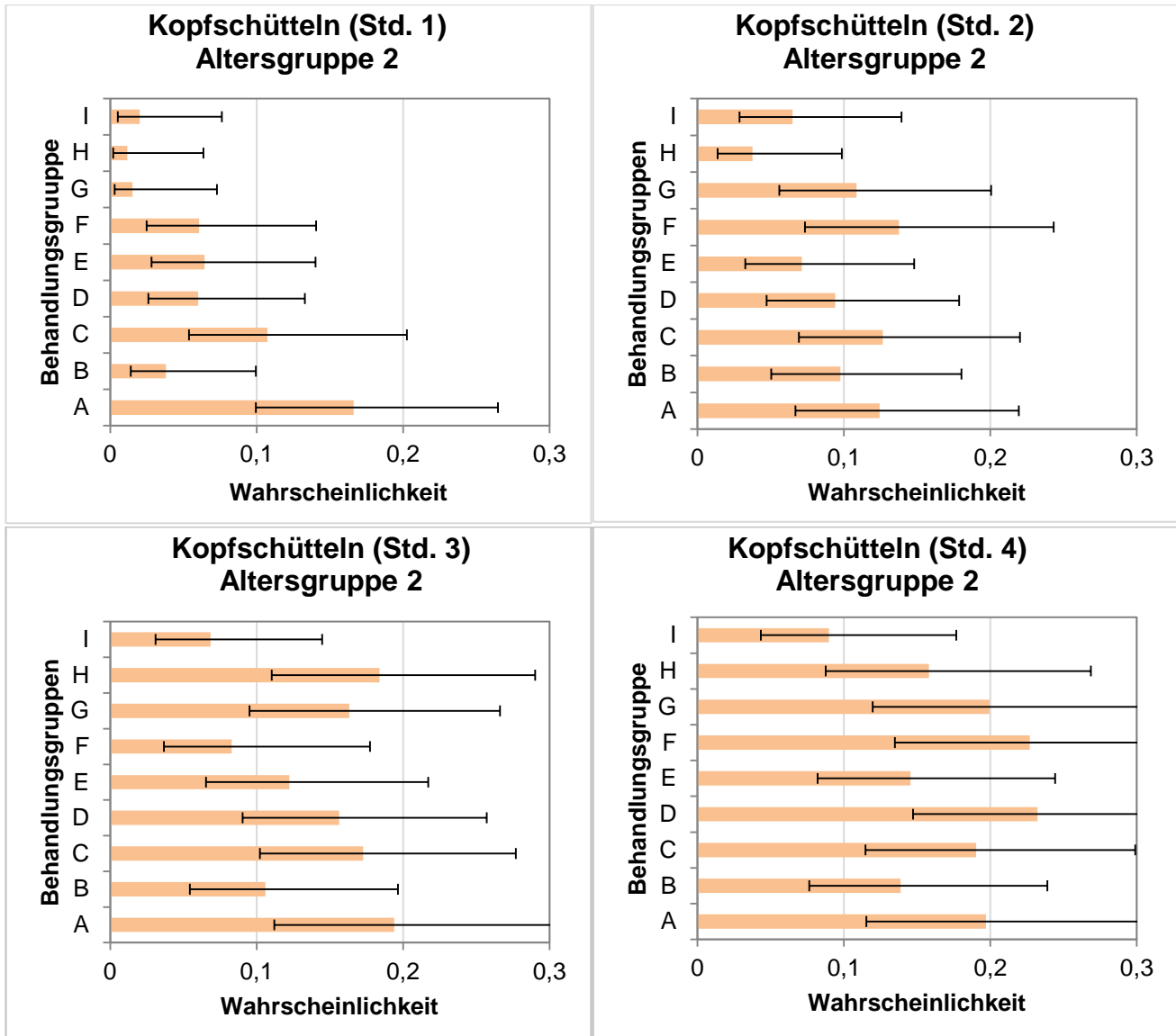
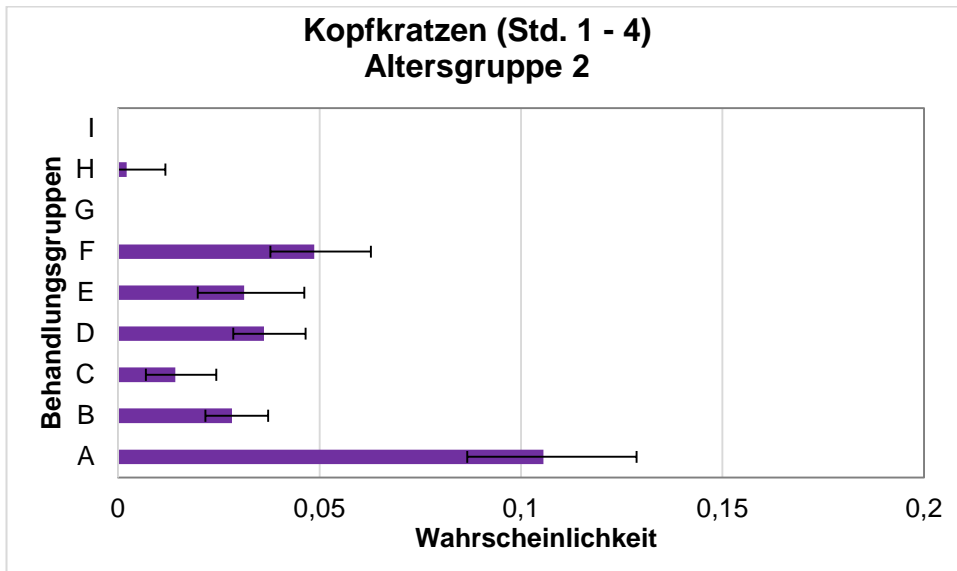


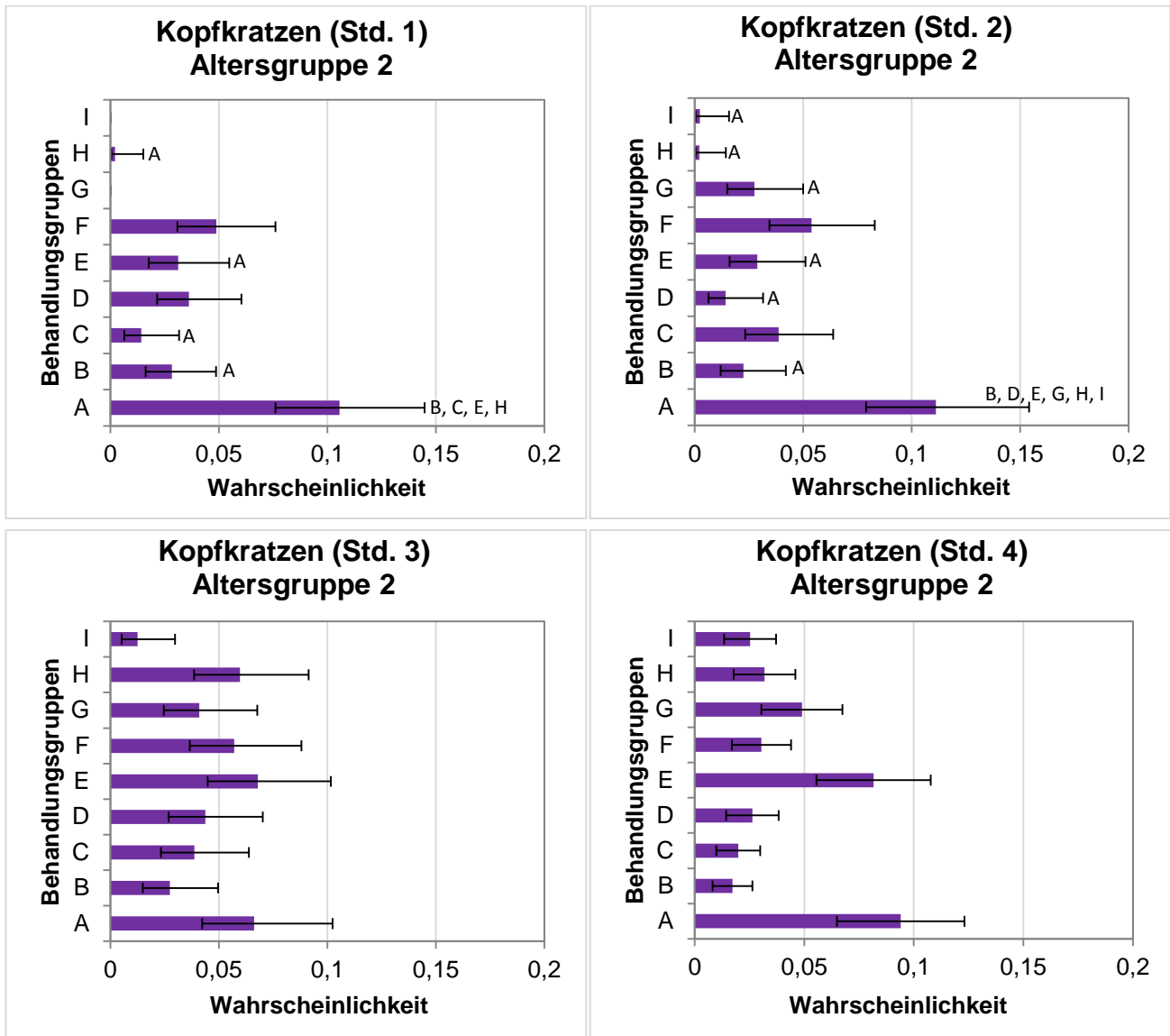
Abbildung 38: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Kopfschütteln (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2)



**Abbildung 39: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Kopfkratzen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1 - 4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2)**

Die Tiere der Behandlungsgruppe A (Positivkontrolle) zeigten das Verhaltensmerkmal Kopfkratzen betrachtet über die Beobachtungsstunden 1 bis 4 deutlich häufiger als die anderen Behandlungsgruppen (Abbildung 39). In der ersten Beobachtungsstunde wurde das Verhalten von der Gruppe A signifikant häufiger gezeigt als von Tieren der Behandlungsgruppen B, C, E und H (Abbildung 40). In den Behandlungsgruppen G und I traten sehr niedrige Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten dieser Verhaltensweise auf. Bedingt durch die sehr geringen Werte war ein Nachweis der Signifikanz nicht möglich. In der zweiten Stunde nach Enthornung wies die Behandlungsgruppe A signifikant höhere Wahrscheinlichkeiten gegenüber den Gruppen B, D, E, G, H und I auf (Abbildung 40).

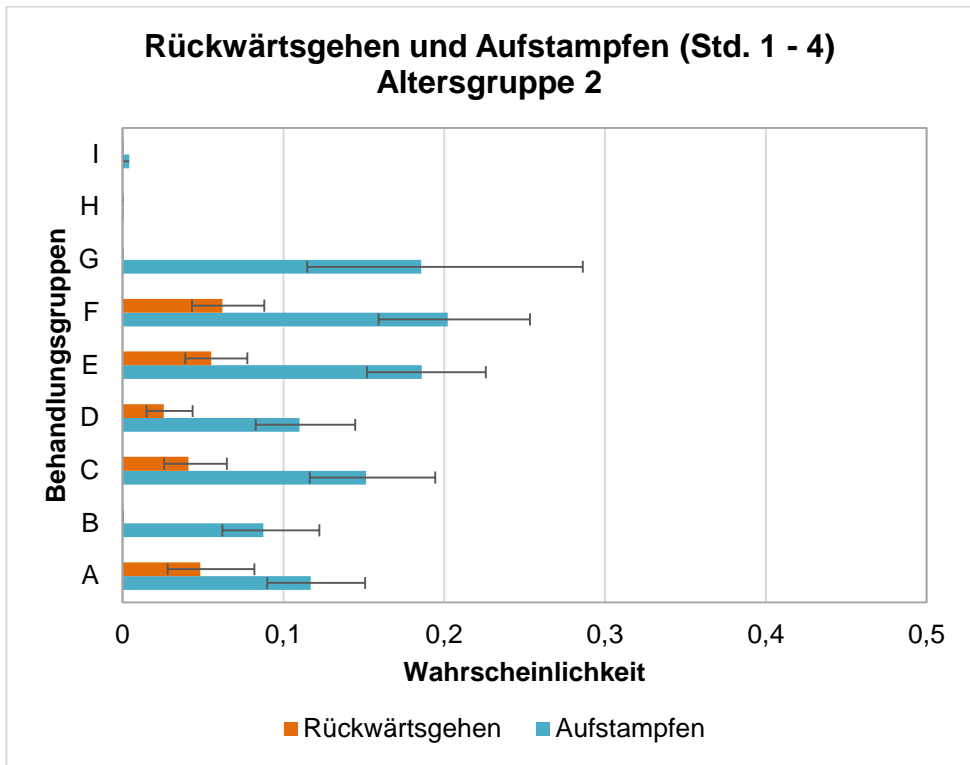




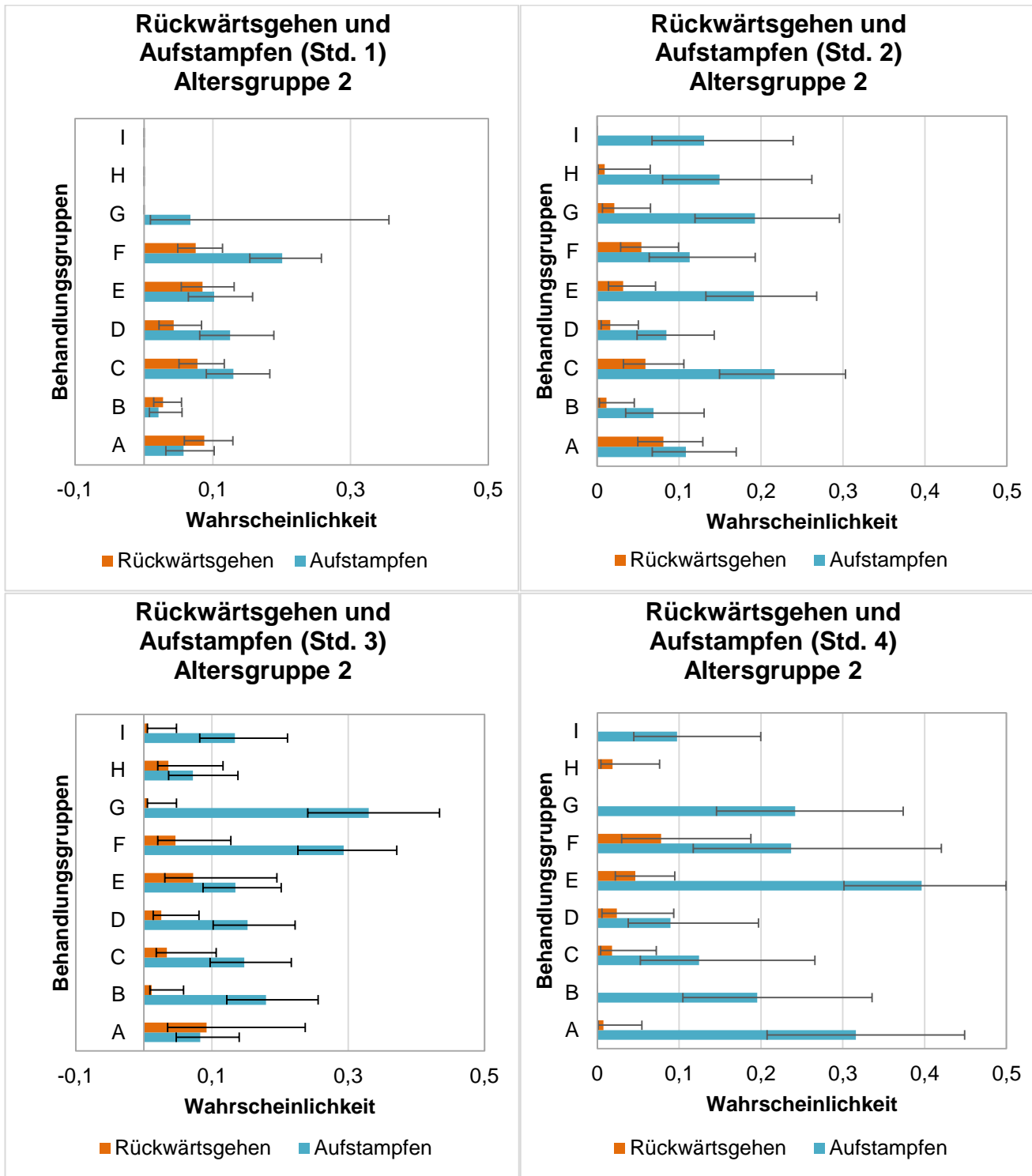
**Abbildung 40: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Kopfkratzen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2)**

Die Abbildung 41 zeigt die Verhaltensmerkmale Rückwärtsgehen und Aufstampfen. Die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten dieses Merkmals pro Minute wurden auf der Basis der Binomialverteilung berechnet. Da beide Merkmale im Liegen nicht gezeigt werden konnten, beziehen sie sich auf die Beobachtungszeit, während der die Tiere das Verhaltensmerkmal Stehen aufwiesen.

In Abbildung 42 wurde die Ausprägung der Verhaltensmerkmale für die Stunden 1 bis 4 im Einzelnen dargestellt. Das Verhaltensmerkmal Rückwärtsgehen trat in der ersten Stunde nach Enthornung mit einer Wahrscheinlichkeit von 0 bis 0,2 relativ selten auf. Die geringste Wahrscheinlichkeit zeigten die Behandlungsgruppe B mit 0,03 sowie die Gruppen mit hoher Xylazindosis (G, H und I). Bezüglich des Merkmals Aufstampfen wiesen die Behandlungsgruppen B, H und I die geringsten Wahrscheinlichkeiten in der ersten Stunde nach der Enthornung sowie im gesamten Beobachtungszeitraum (Stunden 1-4) auf. Die beobachteten Unterschiede waren nicht signifikant.



**Abbildung 41: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Rückwärtsgehen und Aufstampfen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1-4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2)**



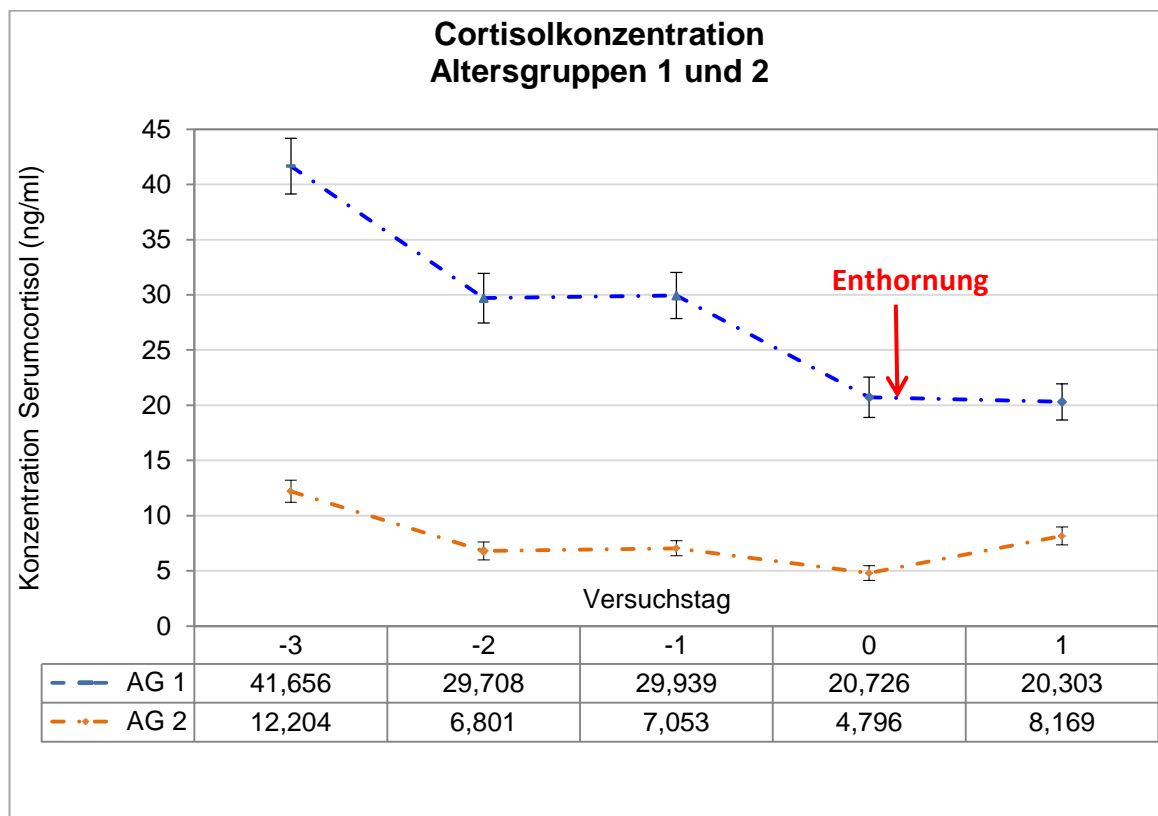
**Abbildung 42: Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen Rückwärtsgehen und Aufstampfen (LSMean mit Konfidenzintervall) innerhalb einer Minute (Beobachtungsstunden 1, 2, 3 und 4 nach Enthornung; Behandlungsgruppen A bis I; Altersgruppe 2)**

Auf eine statistische Auswertung und grafische Darstellung der Verhaltensweisen Apathisches Verhalten, Aufkrümmung des Rückens, Drängen und Kopfreiben wurde verzichtet. Die genannten Verhaltensweisen waren bei den Tieren der Altersgruppe 2 nach der Enthornung nicht bzw. nur sehr selten zu beobachten. So konnte in über 96 % der Beobachtungseinheiten (Stunden) diese Verhaltensweisen nicht beobachtet werden.

## 3.2 Cortisolkonzentration im Serum der Kälber

In der Abbildung 43 ist der Verlauf der Cortisolwerte (als arithmetisches Mittel mit 95%igem Konfidenzintervall) über den Versuchszeitraum von fünf Tagen dargestellt.

Deutlich wird dabei der Unterschied im Cortisolgehalt über den gesamten Versuchszeitraum zwischen den beiden Altersgruppen. Die Tiere der Altersgruppe 1 zeigten im Versuchszeitraum einen 2,5- bis 4,4-mal höheren Cortisolgehalt als die Tiere der Altersgruppe 2. In beiden Altersgruppen kam es zu einem Absinken des Cortisolgehaltes vom Tag -3 (Legen der Katheter) zum Tag -2 sowie zwischen Tag -1 und Tag 0. In der Altersgruppe 1 unterscheiden sich die Cortisolwerte am Tag 0 und am Tag 1 (Tag nach Enthornung) nur minimal voneinander, während in der Altersgruppe 2 am Tag 1 höhere Cortisolgehalte beobachtet wurden.



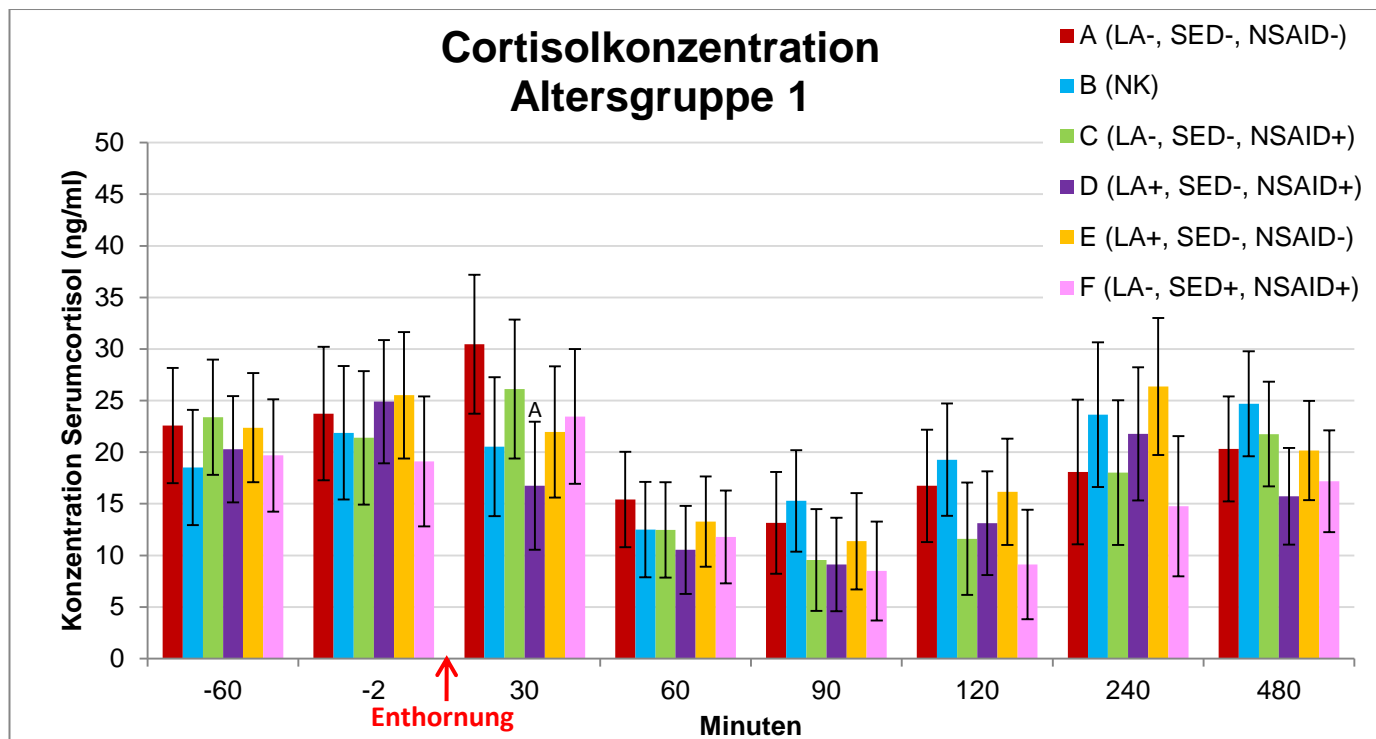
**Abbildung 43: Verlauf der Cortisolkonzentration (arithmetisches Mittel mit Konfidenzintervall) über die fünf Versuchstage (Altersgruppen 1 und 2)**

Bedingt durch die deutlichen Unterschiede zwischen den Cortisolkonzentrationen der beiden Altersgruppen werden die beiden Altersgruppen getrennt voneinander betrachtet.

Die Abbildung 44 bis Abbildung 47 zeigen den Verlauf der Cortisolwerte am Tag der Enthornung (60 Minuten vor – entspricht Tag 0 in Abbildung 43 – bis 8 Stunden nach der Enthornung (480 min). 30 Minuten vor der Enthornung erfolgte die Injektion des Sedativums und des NSAID bzw. Placebos und 10 Minuten vor Enthornung die Injektion des Lokalanästhetikums bzw. Placebos. Zur besseren Übersichtlichkeit ist in den einzelnen Abbildungen jeweils nur ein Teil der Behandlungsgruppen dargestellt. Mit den entsprechenden Buchstaben gekennzeichnet wurden in den Abbildungen signifikante Unterschiede gegenüber den Behandlungsgruppen A bzw. B.

In der Abbildung 44 (AG 1) und Abbildung 45 (AG 2) sind die Cortisolwerte der Behandlungsgruppen dargestellt, in denen die Tiere nicht bzw. nur gering sediert wurden. Dies sind die Gruppen A (Positivkontrolle), B (Negativkontrolle), C (LA-, SED-, NSAID+), D (LA+, SED-, NSAID+), E (LA+, SED-, NSAID-) und F (LA-, SED+, NSAID+).

In der Altersgruppe 1 (Abbildung 44) bestehen zwischen den dargestellten Behandlungsgruppen sowohl 60 Minuten vor der Enthornung (vor Beginn der Injektionen bzw. Manipulationen) als auch 2 Minuten vor Enthornung nur geringe, nicht signifikante Unterschiede.



**Abbildung 44: Verlauf der Cortisolkonzentration (LSMean mit Konfidenzintervall) der Behandlungsgruppen A, B, C, D, E und F um die Enthornung (-60 Minuten bis +480 Minuten; Altersgruppe 1)**

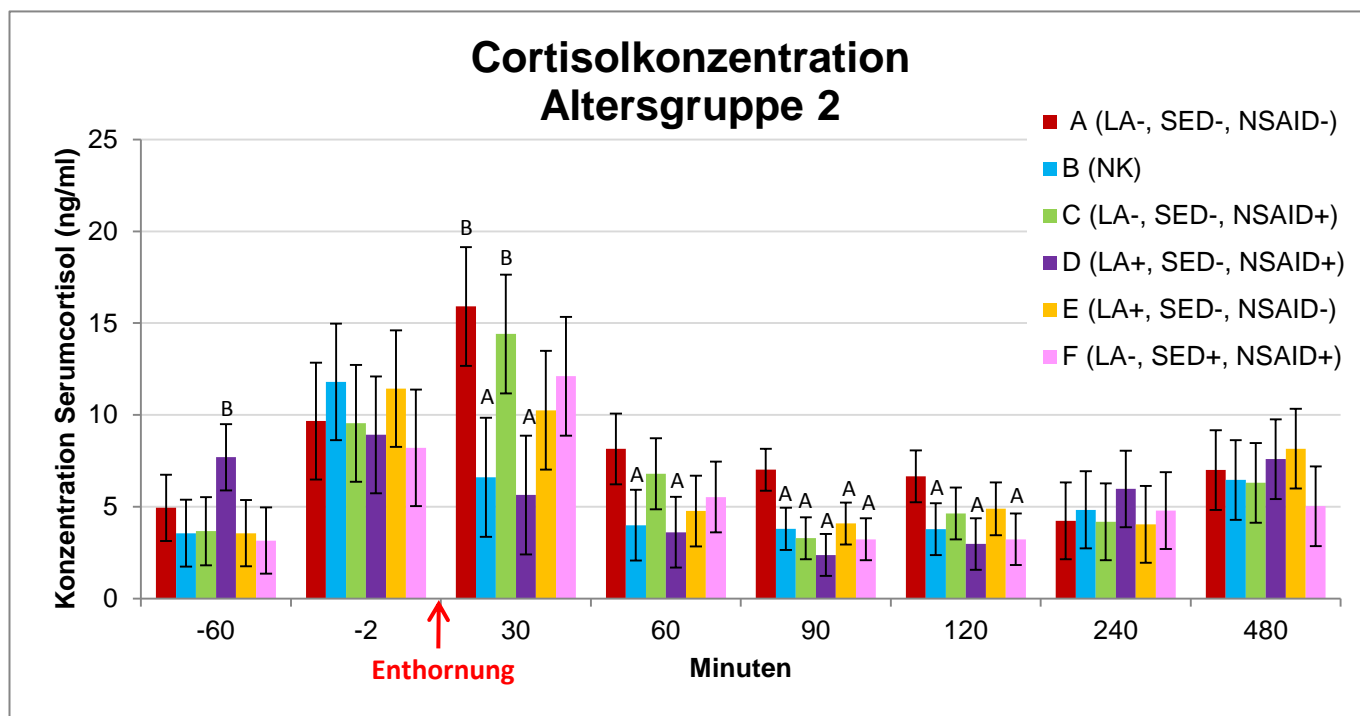
Zwischen den beiden Zeitpunkten war außer in Gruppe C und F ein leichter Anstieg der Cortisolwerte zu verzeichnen, der höchstwahrscheinlich durch die Injektionen der Medikamente bzw. Placebos hervorgerufen wurde.

30 Minuten nach der Enthornung konnte in den Behandlungsgruppen A (Enthornung ohne Medikation), C (keine Lokalanästhesie, nur NSAID) sowie F (leichte Sedierung und NSAID) im Gegensatz zu den anderen dargestellten Behandlungsgruppen ein Anstieg des Cortisolspiegels beobachtet werden. Die Tiere der Behandlungsgruppen B (Scheinenthornung) sowie der Behandlungsgruppen mit Lokalanästhesie (BG D und E) zeigten niedrigere Cortisolwerte als die Tiere der Behandlungsgruppen A, C und F (ohne Lokalanästhesie). Der Unterschied zwischen den Behandlungsgruppen A und D (LA+, NSAID+) war dabei signifikant.

Bis zur Minute 90 kam es zu einem leichten Absinken des Cortisolspiegels (mit Ausnahme BG B). Die Werte lagen zu beiden Entnahmezeitpunkten unterhalb der Ausgangswerte (-60 Minuten vor Enthornung). Danach kam es zu einem leichten Anstieg, wobei 480 Minuten nach Enthornung Werte erreicht wurden, die leicht unter dem Ausgangsniveau 60 Minuten vor Enthornung (mit Ausnahme BG B) lagen. Die Tiere der Gruppe D (LA+, SED-, NSAID+) wiesen bei allen sechs Entnahmezeitpunkten nach der Enthornung niedrigere Cortisolwerte als die Behandlungsgruppe E (LA+, SED-, NSAID-) auf. Die Unterschiede sind möglicherweise auf die Gabe des NSAID zurückzuführen.

Bei den Tieren der Altersgruppe 2 (Abbildung 45) kam es mit Ausnahme der Gruppe D zwischen dem Zeitpunkt -60 Minuten und -2 Minuten zu einem deutlichen Anstieg der Cortisolwerte. (Allerdings war in der Gruppe D der Ausgangswert 60 Minuten vor Enthornung bereits signifikant höher als in Gruppe B.) Fangen, Fixierung und Injektion sind hier die möglichen Ursachen für den Anstieg.

30 Minuten nach der Enthornung kam es in den Behandlungsgruppen A (Positivkontrolle), C (nur NSAID) und F (leichte Sedierung und NSAID) zu einem deutlichen Anstieg gegenüber dem Zeitpunkt -2 Minuten. Der Unterschied war dabei in den Behandlungsgruppen A und C signifikant ( $p = 0,004$  bzw.  $p = 0,000$ , Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test). Bei der Behandlungsgruppe F konnte ein deutlicher Trend beim Anstieg vom Zeitpunkt -2 Minuten zum Zeitpunkt 30 Minuten nach Enthornung festgestellt werden ( $p = 0,052$ , Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test). Im Gegensatz dazu waren die Cortisolwerte der Behandlungsgruppen B (Negativkontrolle) sowie den beiden hier dargestellten Gruppen mit Leitungsnästhesie (BG D und E) 30 Minuten nach der Enthornung niedriger als zum Zeitpunkt -2 Minuten.



**Abbildung 45: Verlauf der Cortisolkonzentration (LSMean mit Konfidenzintervall) der Behandlungsgruppen A, B, C, D, E und F um die Enthornung (-60 Minuten bis +480 Minuten; Altersgruppe 2)**

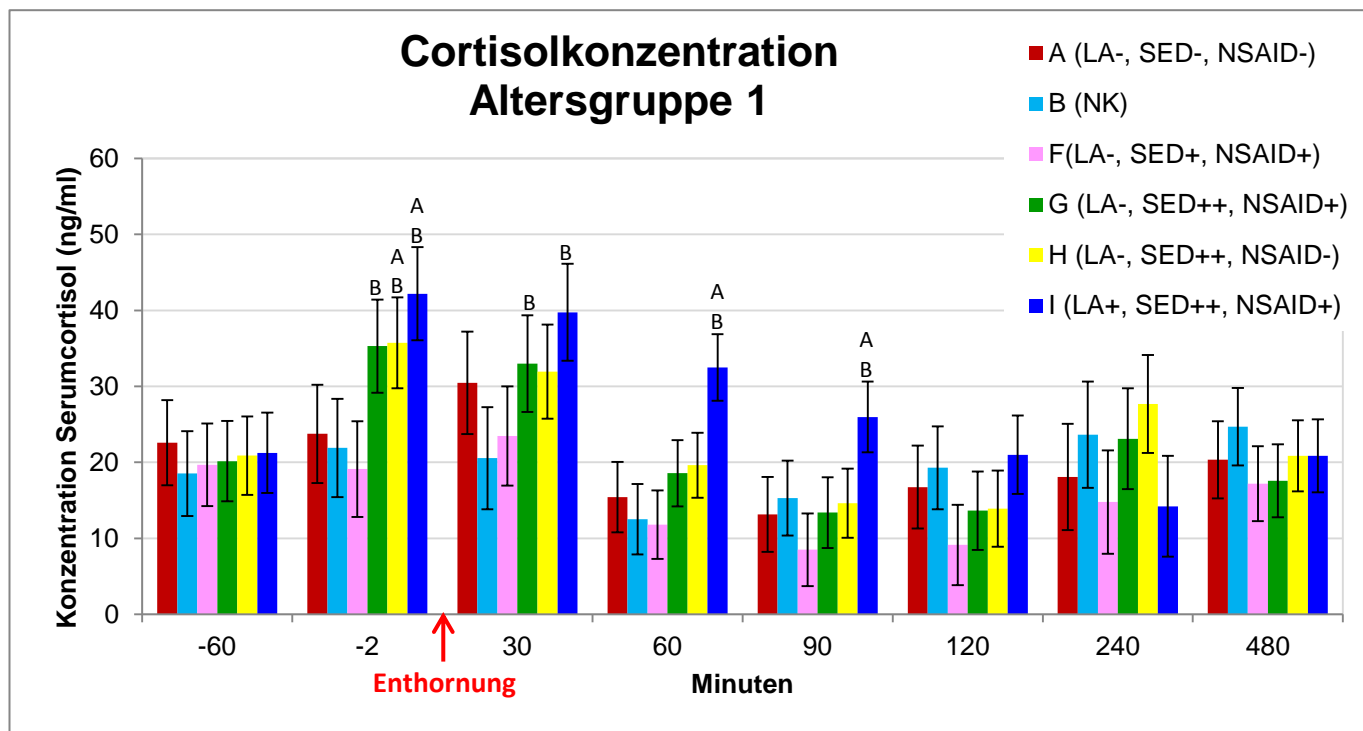
Die Cortisolwerte der Gruppen B und D (Lokalanästhesie und NSAID) waren dabei signifikant niedriger als die Werte der Positivkontrolle. Die Gruppe C (nur NSAID) unterscheidet sich signifikant von der Negativkontrollgruppe. Der Unterschied zwischen Behandlungsgruppe D und C ist auch sehr deutlich, konnte aber mit den vorhandenen statistischen Verfahren nicht unmittelbar auf Signifikanz geprüft werden.

Wie bei der Altersgruppe 1 kam es bis zur Minute 90 zu einem Absinken des Cortisolspiegels, der hier in allen dargestellten Behandlungsgruppen zu beobachten war. Wie bei Minute 30 wiesen die Negativkontrolle sowie die Gruppe D (LA+, SED-, NSAID+) auch bei Minute 60, 90 und 120 signifikant niedrigere Cortisolwerte gegenüber der Positivkontrolle auf. 90 Minuten nach Enthornung zeigten die Gruppen C (LA-, SED-, NSAID+), E (LA+, SED-, NSAID-) und F (LA-, SED+, NSAID+) gegenüber der Positivkontrolle ebenfalls signifikante Unterschiede. 120 Minuten nach Enthornung wies neben den Behandlungsgruppen B und D auch die Gruppe F signifikant niedrigere Werte als die Positivkontrollgruppe auf. Zum Zeitpunkt 480 Minuten nach Enthornung wurden im Gegensatz zur Altersgruppe 1 Cortisolwerte erreicht, die über dem Ausgangsniveau zum Zeitpunkt -60 Minuten lagen.

In den Abbildung 46 und Abbildung 47 sind neben der Positiv- und Negativkontrollgruppe die Behandlungsgruppen F bis I (alle mit Sedativum) dargestellt. Die Tiere der Gruppe F wurden mit einer niedrigen Dosis Xylazin (0,05 mg/kg LM) und die Tiere der Gruppen G, H und I mit einer hohen Dosis (0,2 mg/kg LM) sediert.

In der Altersgruppe 1 (Abbildung 46) zeigten die Gruppen mit der hohen Dosis Xylacin (BG G, H und I) zwei Minuten vor der Enthornung eine deutliche Erhöhung des Cortisolspiegels gegenüber dem Zeitpunkt 60 Minuten vor der Enthornung im Gegensatz zu den Behandlungsgruppen mit niedriger (BG F) bzw. ohne Sedation (BG A und B; siehe auch BG C, D und E in Abbildung 44).

Die Behandlungsgruppen mit hoher Xylazindosierung (BG G, H, I) unterschieden sich zwei Minuten vor der Enthornung signifikant von der Negativkontrollgruppe, die Gruppen H und I, ebenfalls signifikant von der Positivkontrolle. 30 Minuten nach der Enthornung kam es in den Behandlungsgruppen A (Positivkontrolle) sowie F (LA-, SED+, NSAID+) zu einem Anstieg der Cortisolkonzentration gegenüber dem Zeitpunkt zwei Minuten vor Enthornung. Die Gruppen G (LA-, SED++, NSAID+) und I (LA+, SED++, NSAID+) zeigten 30 Minuten nach Enthornung gegenüber der Negativkontrollgruppe signifikant höhere Werte.



**Abbildung 46: Verlauf der Cortisolkonzentration (LSMean mit Konfidenzintervall) der Behandlungsgruppen A, B, F, G, H und I um die Enthornung (-60 Minuten bis +480 Minuten; Altersgruppe 1)**

60 sowie 90 Minuten nach Enthornung lagen die Cortisolwerte mit Ausnahme der Gruppe I unter dem Ausgangsniveau (-60 Minuten). Die Gruppe I unterschied sich gegenüber Positiv- und Negativkontrolle signifikant. 240 bzw. 480 Minuten nach Enthornung kam es zu einem leichten Anstieg gegenüber den Werten zum Zeitpunkt 60 Minuten nach Enthornung (mit Ausnahme BG I), zum Teil über das Ausgangsniveau (-60 Minuten) hinaus (insbesondere BG B und H).

In der Altersgruppe 2 (Abbildung 47) zeigte sich ein ähnlicher Verlauf der Cortisolwerte, allerdings auf niedrigerem Niveau. Zwei Minuten vor der Enthornung kam es im Gegensatz zur Altersgruppe 1 auch bei den Behandlungsgruppen A, B und F (ohne Sedation bzw. niedrige Xylazindosis) zu einem Anstieg der Cortisolwerte. Die Erhöhung in den Gruppen G, H und I (hohe Xylazindosis) gegenüber 60 Minuten vor Enthornung fiel aber wesentlich deutlicher aus. Die Behandlungsgruppen H und I wiesen kurz vor der Enthornung gegenüber Positiv- und Negativkontrolle signifikant höhere Cortisolwerte auf, 30 Minuten nach der Enthornung kam es in den Behandlungsgruppen A (Positivkontrolle) und F (LA-, SED+, NSAID+) zu einer deutlichen Erhöhung des Cortisolspiegels gegenüber dem Zeitpunkt -2 Minuten. Gruppe A und H wiesen signifikant höhere Werte gegenüber der Negativkontrollgruppe auf.

Danach kam es bis zur Minute 120 zu einem Absinken der Cortisolwerte, wobei zu den Zeitpunkten 90 und 120 Minuten die Werte mit Ausnahme der Positivkontrollgruppe unter dem Ausgangsniveau lagen bzw. dieses zumindest erreichten (BG H 90 Minuten). Zum Zeitpunkt 240 und 480 Minuten kam es wieder zu einem leichten Anstieg der Werte, die 480 Minuten nach Enthornung auch das Ausgangsniveau leicht überstiegen.

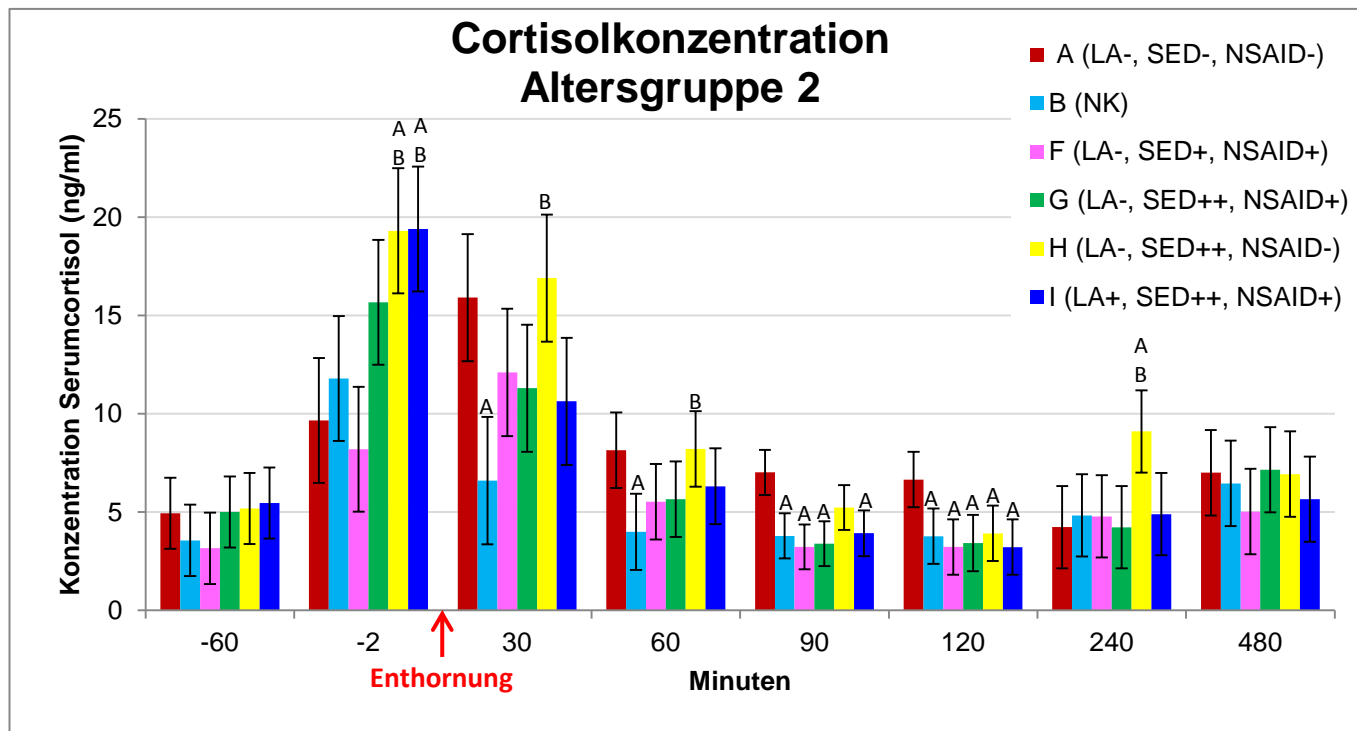


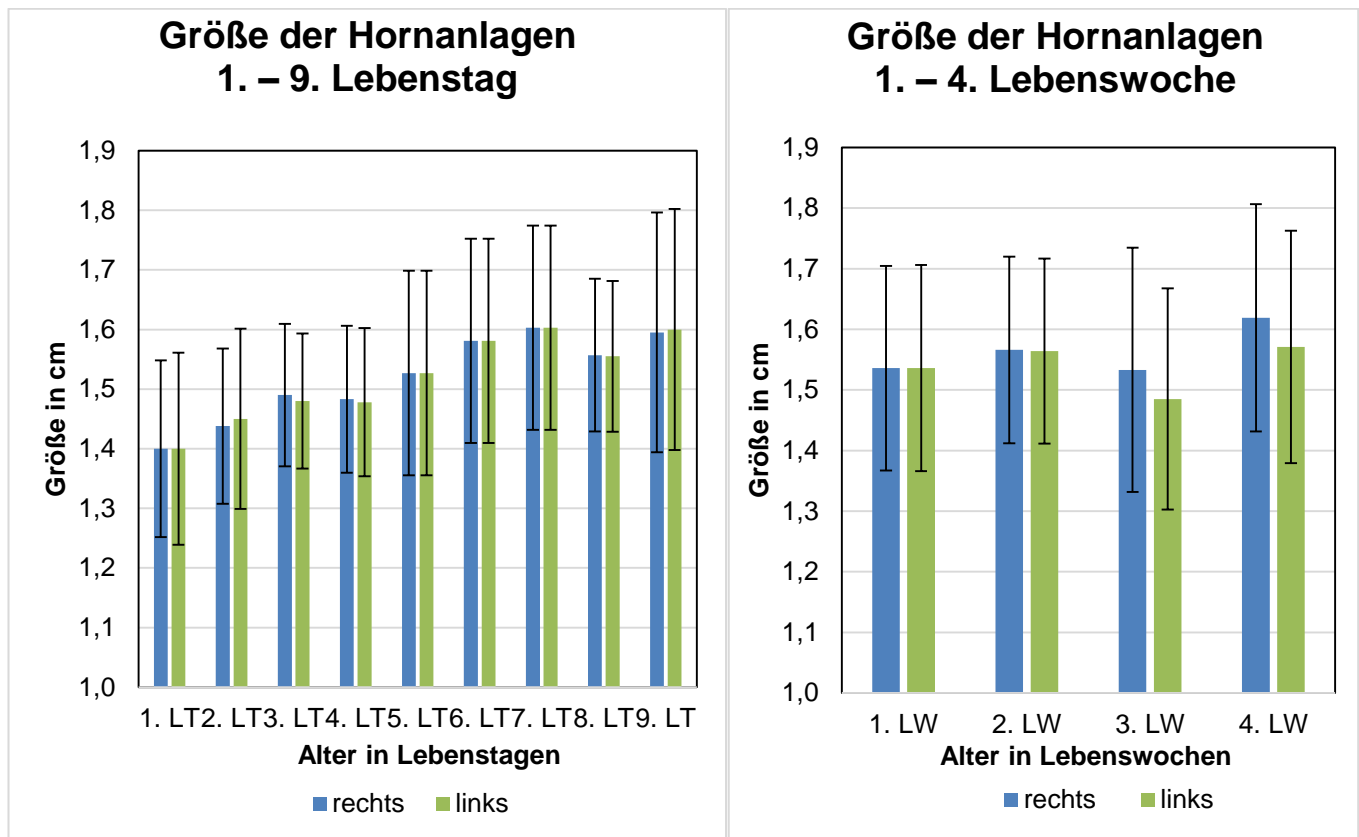
Abbildung 47: Verlauf der Cortisolkonzentration (LSMean mit Konfidenzintervall) der Behandlungsgruppen A, B, F, G, H und I um die Enthornung (-60 Minuten bis +480 Minuten; Altersgruppe 2)



### 3.3 Messung der Hornanlagen

In den Abbildung 48 und Abbildung 49 ist die Entwicklung der Hornanlagen hinsichtlich ihrer Größe vom 1. bis 9. Lebenstag bzw. von der 1. bis zur 4. Lebenswoche für die rechte und linke Hornanlage dargestellt. Bis zum 6. bzw. 7. Lebenstag zeigte sich eine Zunahme der Größe der Hornanlage. Danach kam es zu keinen deutlichen Veränderungen bis zum 10. Lebenstag. Die Differenzen zwischen Tag sieben und Tag acht bzw. Tag acht und Tag neun betragen jeweils unter einem Millimeter.

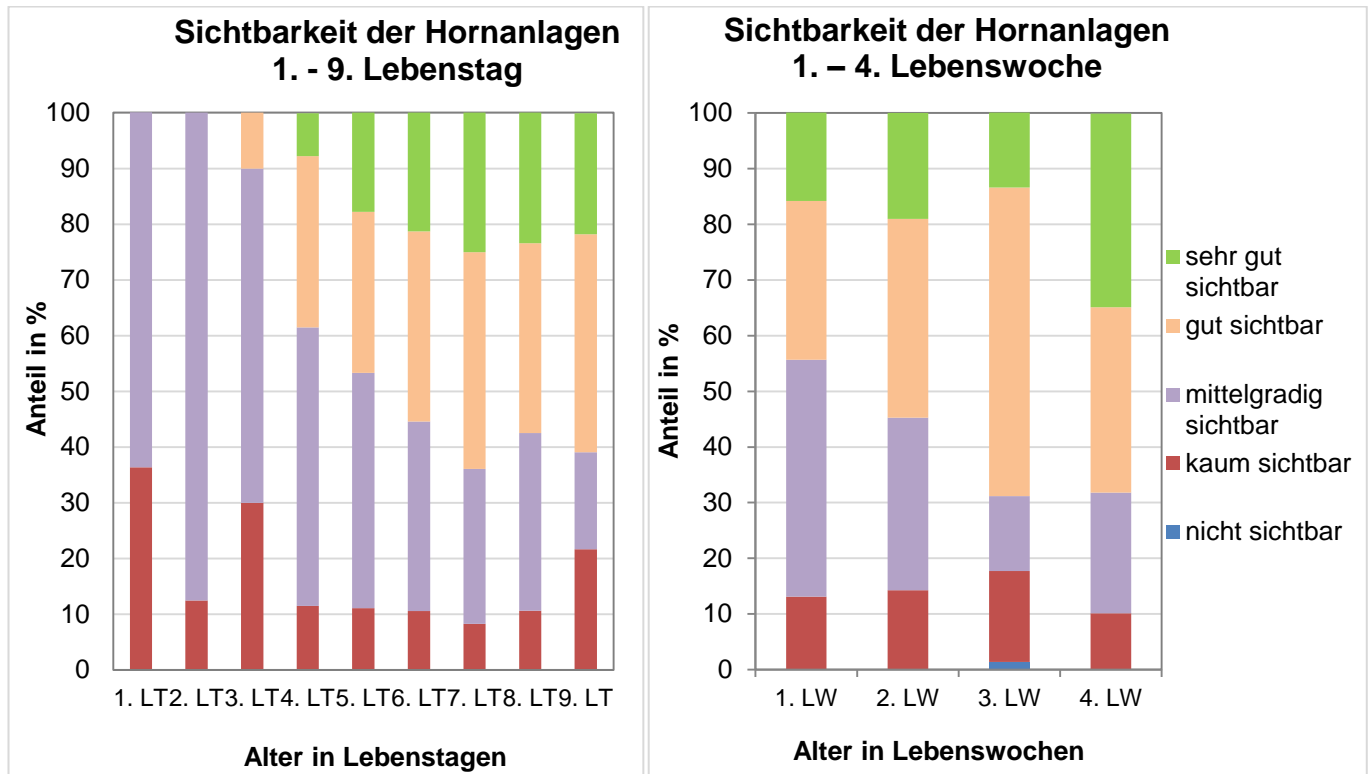
Beim Vergleich der ersten vier Lebenswochen zeigten sich ebenfalls nur geringfügige Veränderungen. Die Differenzen zwischen den Mittelwerten der Lebenswochen waren ebenfalls jeweils kleiner als ein Millimeter.



**Abbildung 48: Entwicklung der Größe der Hornanlagen (arithmetisches Mittel  $\pm$  Standardabweichung) vom 1. Lebenstag bis zur 4. Lebenswoche**

Die Sichtbarkeit der Hornanlagen (beurteilt nach dem Scheren der entsprechenden Stellen am Kopf) verbesserte sich bis zum 7. Lebenstag (Abbildung 49) bzw. bis zur 3. Lebenswoche. Bei der Bewertung wurde lediglich ein Tier in der 3. Lebenswoche mit „nicht sichtbar“ bewertet.

Ab dem 4. Lebenstag zeigte sich eine deutliche Verbesserung der Sichtbarkeit der Hornanlagen. So wurden an diesem Tag 38 % mit „gut sichtbar“ bzw. „sehr gut sichtbar“ bewertet. Bis zum Ende der 1. Lebenswoche steigerte sich der Anteil von „gut sichtbar“ bzw. „sehr gut sichtbar“ auf 64 %. In der 3. und 4. Lebenswoche erreichten 69 % bzw. 68 % der Tiere die Bewertung „gut sichtbar“ bzw. „sehr gut sichtbar“. Als mindestens „mittelgradig sichtbar“ wurden bereits in der 1. Lebenswoche 87 % der Hornanlagen, in der 4. Lebenswoche 90 % eingestuft.



**Abbildung 49: Entwicklung der Sichtbarkeit der Hornanlagen vom 1. Lebenstag bis zur 4. Lebenswoche**

Bei der Fühlbarkeit kam es ebenfalls bis zum 7. Lebenstag bzw. bis zur 3. Lebenswoche zu einer besseren Bewertung der Hornanlagen. Zu keinem Zeitpunkt der Untersuchung wurde eine Hornanlage mit „nicht fühlbar“ bewertet (Abbildung 50).

Ab dem 4. Lebenstag zeigte sich auch beim Parameter Fühlbarkeit eine deutliche Verbesserung. So wurden an diesem Tag 42 % mit „gut fühlbar“ bzw. „sehr gut fühlbar“ bewertet. Bis zum Ende der 1. Lebenswoche steigerte sich der Anteil von „gut fühlbar“ bzw. „sehr gut fühlbar“ auf 72 %. In der 3. und 4. Lebenswoche erreichten 73 % bzw. 71 % der Tiere die Bewertung „gut fühlbar“ bzw. „sehr gut fühlbar“. Als mindestens „mittelgradig fühlbar“ wurden bereits in der 1. Lebenswoche 87 % der Hornanlagen, in der 4. Lebenswoche 90 % eingestuft.

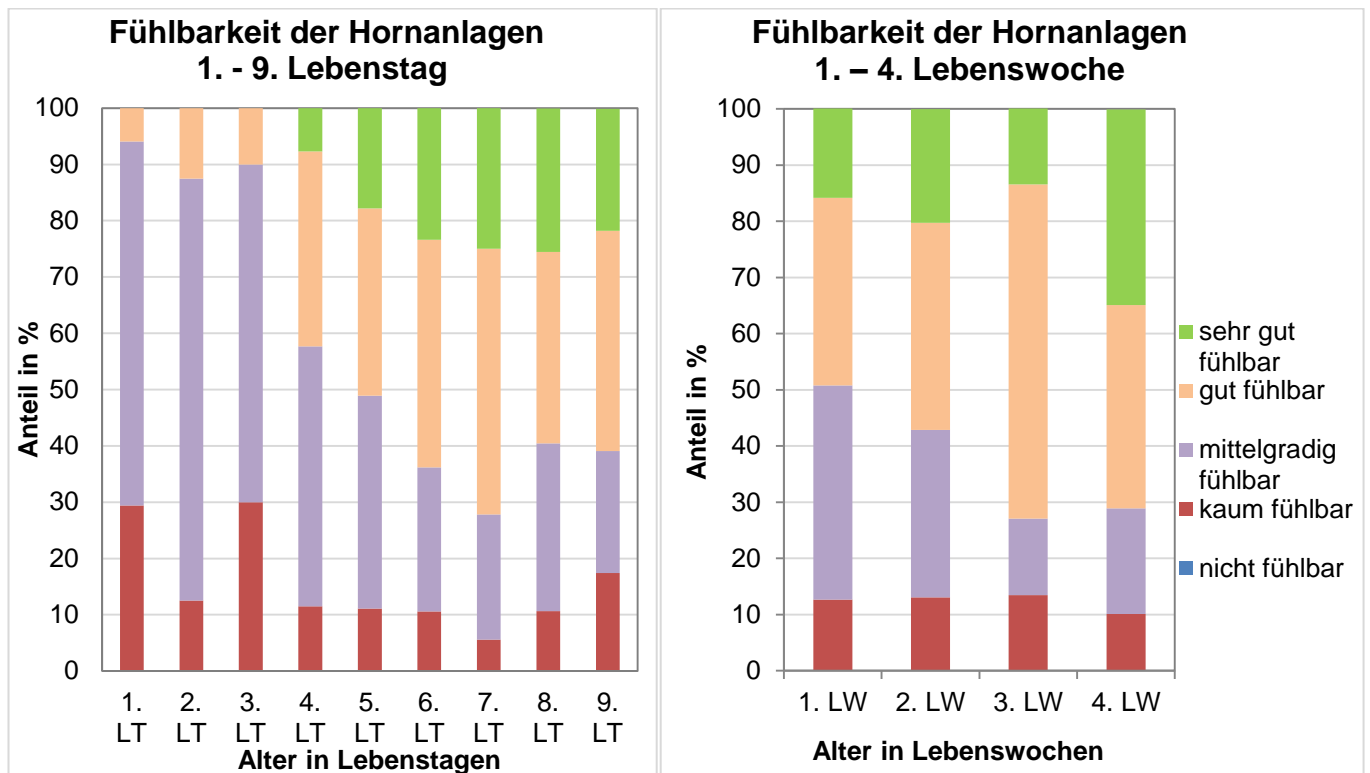


Abbildung 50: Entwicklung der Fühlbarkeit der Hornanlagen vom 1. Lebenstag bis zur 4. Lebenswoche

### 3.4 Klinische Untersuchungen

Die zur Enthornung gewählte Medikation hatte eine deutliche Tendenz ( $p = 0,055$ ), die Gesundheit des Respirationstraktes im nachfolgenden Untersuchungszeitraum von 28 Tagen zu beeinflussen. Ebenso konnte eine schwache Tendenz festgestellt werden, die Körpertemperatur zu beeinflussen ( $p = 0,095$ ). Das Alter der Tiere zur Enthornung hatte einen signifikanten Einfluss auf das Entstehen von Fieber im Zeitraum nach der Enthornung ( $p = 0,048$ ).

Für die weiteren Merkmale konnte im Rahmen der klinischen Untersuchung kein Einfluss von Alter oder Behandlung nachgewiesen werden (Tabelle 6).

Im direkten Vergleich war die Chance (Odds Ratio) der Behandlungsgruppe B (scheinenthorn, Negativkontrolle), bezüglich des klinischen Merkmalskomplexes „Respiration und Lungengesundheit“ besser bewertet zu werden, signifikant größer gegenüber Kälbern der Gruppen A (OR: 0,18), C (OR: 3,73), D (OR: 3,38), E (OR: 3,84), G (OR: 3,56) und H (OR: 4,71) (siehe Tabelle 6). Behandlungsgruppe F (LA-, SED+, NSAID+) (OR: 1,92) sowie Tiere der Behandlungsgruppe I (LA+, SED++, NSAID+) (OR: 2,40) wiesen dagegen keinen signifikanten Unterschied zu den scheinenthornen Tieren (BG B) auf. Des Weiteren wurden Kälber der Behandlungsgruppe A (Enthornung ohne jedes Schmerzmanagement) signifikant bezüglich des klinischen Merkmalskomplexes ‚Respiration und Lungengesundheit‘ häufiger als erkrankt bewertet als Tiere der Behandlungsgruppe F (OR: 0,35).

Bei der Untersuchung des klinischen Merkmalskomplexes „innere Körpertemperatur“ konnte gezeigt werden, dass Tiere der Altersgruppe 2 signifikant häufiger Fieber entwickelten (OR: 1,54) als Tiere der Altersgruppe 1 (Abbildung 51). Die übrigen Vergleiche blieben ohne signifikantes Ergebnis (Tabelle 7).

**Tabelle 6: Einfluss von Behandlungsgruppe (BG), Alter der Tiere (Altersgruppe) bzw. der Wechselwirkung beider Effekte auf die Entwicklung von Erkrankungen im jeweiligen klinischen Merkmalskomplex (Ergebnisse F-Test)**

Klinischer Merkmalskomplex	Einfluss	p-Wert
Respiration und Lungengesundheit	BG	0,055 <sup>b</sup>
	Alter	0,830
	BG x Alter	0,657
innere Körpertemperatur	BG	0,095 <sup>b</sup>
	Alter	0,048 <sup>a</sup>
	BG x Alter	0,920
Verdauung	BG	0,999999
	Alter	0,999998
	BG x Alter	1
Vena jugularis und obere Halsgegend	BG	0,3802357
	Alter	0,3696328
	BG x Alter	0,8898042
Nabel und assoziierte Strukturen	BG	1
	Alter	0,999997
	BG x Alter	1
Sonstige Merkmale	BG	0,9996213
	Alter	0,9999994
	BG x Alter	0,9999861

<sup>a</sup> signifikanter Einfluss auf den untersuchte Merkmalskomplex ( $p < 0,05$ )

<sup>b</sup> Tendenz zu einem Einfluss auf den untersuchte Merkmalskomplex ( $0,05 \leq p \leq 0,1$ )

**Tabelle 7: Odds Ratio zu den klinischen Merkmalskomplexen Respiration und Lungengesundheit sowie Innere Körpertemperatur im paarweisen Vergleich der Behandlungen (BG) und der Altersgruppen (AG) mit Prüfung auf Signifikanz (mit KI – Konfidenzintervall)**

Vergleich BG	Respiration und Lungengesundheit			Innere Körpertemperatur		
	Odds Ratio	unteres KI	oberes KI	Odds Ratio	unteres KI	oberes KI
A : B	0,18 <sup>*</sup>	0,07	0,49	0,42	0,17	1,05
A : C	0,68	0,27	1,72	0,89	0,36	2,21
A : D	0,61	0,25	1,51	0,46	0,19	1,12
A : E	0,70	0,28	1,73	0,79	0,32	1,92
A : F	0,35 <sup>*</sup>	0,14	0,89	0,49	0,20	1,20
A : G	0,65	0,25	1,64	0,60	0,24	1,50
A : H	0,86	0,34	2,15	0,70	0,29	1,70
A : I	0,44	0,17	1,09	0,70	0,29	1,71
B : C	3,73 <sup>*</sup>	1,38	10,07	2,14	0,88	5,22
B : D	3,38 <sup>*</sup>	1,29	8,87	1,11	0,47	2,64
B : E	3,84 <sup>*</sup>	1,45	10,14	1,89	0,79	4,53
B : F	1,92	0,72	5,10	1,18	0,49	2,83
B : G	3,56 <sup>*</sup>	1,32	9,62	1,45	0,60	3,53
B : H	4,71 <sup>*</sup>	1,76	12,65	1,68	0,70	4,01
B : I	2,40	0,91	6,31	1,68	0,70	4,03
C : D	0,91	0,36	2,26	0,52	0,22	1,21
C : E	1,03	0,41	2,58	0,88	0,37	2,08
C : F	0,51	0,20	1,32	0,55	0,23	1,30
C : G	0,95	0,37	2,46	0,68	0,28	1,62
C : H	1,26	0,50	3,21	0,78	0,33	1,84
C : I	0,64	0,25	1,63	0,78	0,33	1,85
D : E	1,14	0,46	2,78	1,70	0,74	3,92
D : F	0,57	0,23	1,42	1,06	0,46	2,45
D : G	1,05	0,42	2,65	1,31	0,56	3,06
D : H	1,40	0,56	3,46	1,51	0,66	3,47
D : I	0,71	0,29	1,75	1,51	0,65	3,49

Fortsetzung Tabelle 7: Odds Ratio zu den klinischen Merkmalskomplexen Respiration und Lungengesundheit sowie Innere Körpertemperatur im paarweisen Vergleich der Behandlungen (BG) und der Altersgruppen (AG) mit Prüfung auf Signifikanz (mit KI – Konfidenzintervall)

Vergleich BG	Respiration und Lungengesundheit			Innere Körpertemperatur		
	Odds Ratio	unteres KI	oberes KI	Odds Ratio	unteres KI	oberes KI
E : F	0,50	0,20	1,26	0,62	0,27	1,45
E : G	0,93	0,37	2,34	0,77	0,33	1,81
E : H	1,23	0,49	3,06	0,89	0,38	2,05
E : I	0,62	0,25	1,55	0,89	0,38	2,06
F : G	1,86	0,72	4,80	1,23	0,52	2,90
F : H	2,46	0,96	6,29	1,42	0,61	3,29
F : I	1,25	0,49	3,16	1,42	0,61	3,32
G : H	1,32	0,52	3,39	1,16	0,49	2,71
G : I	0,67	0,27	1,71	1,15	0,49	2,73
H : I	0,51	0,20	1,28	1,00	0,43	2,32
AG 1 : AG 2	0,95	0,61	1,48	1,54 <sup>*</sup>	1,00	2,38

\* Signifikanter Unterschied zwischen den verglichenen Behandlungs- oder Altersgruppen

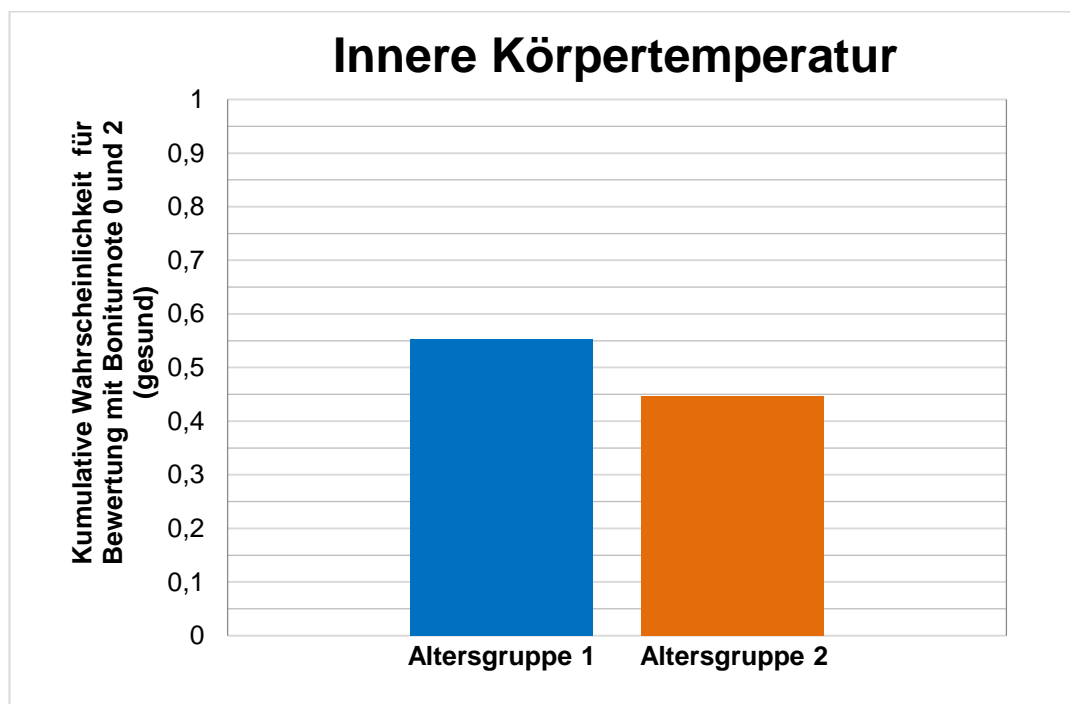


Abbildung 51: Wahrscheinlichkeit für die Bewertung des Merkmalkomplexes Innere Körpertemperatur mit der Boniturnote 0 bis 2 (gesund, Altersgruppen 1 und 2)

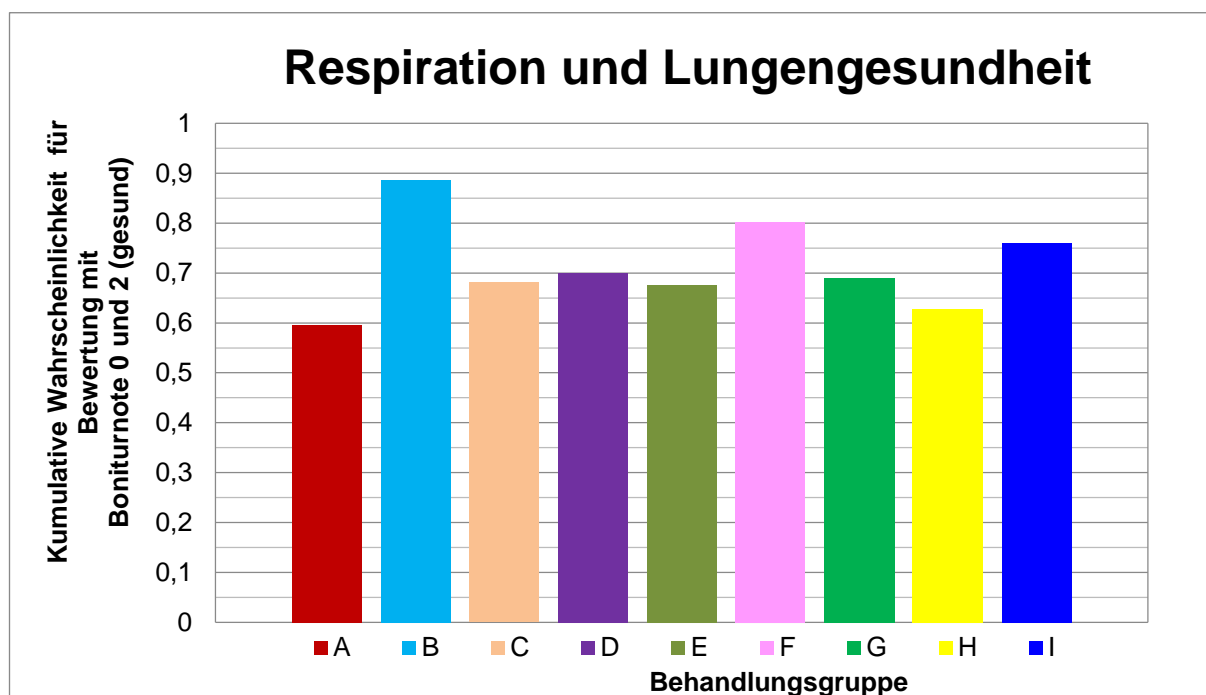
Über die kumulative Wahrscheinlichkeiten (KW) wurden die Unterschiede in der Gesundheit des Respirationstraktes zwischen den einzelnen Behandlungsgruppen noch weiter charakterisiert (Tabelle 8). Kälber, die keine Enthornung durchliefen (BG B), wurden mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,886 mit der Boniturnote 0 bis 2 als gesund

bewertet. Kälber, die ohne jede Schmerzausschaltung enthornt wurden (BG A), wiesen diese Bewertung nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,595 auf.

Von den Gruppen, die eine reale thermische Enthornung durchliefen, zeigten Behandlungsgruppe F (LA-, SED+, NSAID+) sowie I (LA+, SED++, NSAID+) mit 0,803 bzw. 0,760 die höchsten kumulative Wahrscheinlichkeiten auf mit 0 bis 2 als gesund bewertet zu werden.

**Tabelle 8: Übersicht der kumulativen Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Behandlungsgruppen (BG) für den klinischen Merkmalskomplex Respiration und Lungengesundheit bei Bewertung mit 0 bis 2 (gesund)**

BG	Boniturnote	Kumulative Wahrscheinlichkeit	Unteres Konfidenzintervall	Oberes Konfidenzintervall
A	0 bis 2	0,596	0,376	0,783
B	0 bis 2	0,887	0,737	0,956
C	0 bis 2	0,681	0,455	0,846
D	0 bis 2	0,700	0,492	0,849
E	0 bis 2	0,677	0,460	0,837
F	0 bis 2	0,803	0,614	0,912
G	0 bis 2	0,690	0,466	0,851
H	0 bis 2	0,629	0,407	0,807
I	0 bis 2	0,760	0,567	0,885



**Abbildung 52: Wahrscheinlichkeit für die Bewertung des Merkmalskomplexes Respiration und Lungengesundheit mit der Boniturnote 0 bis 2 (gesund) (Behandlungsgruppen A bis I)**

In Abbildung 52 sind die kumulativen Wahrscheinlichkeiten für den klinischen Merkmalskomplex Respiration und Lungengesundheit bei Bewertung mit 0 bis 2 (gesund) grafisch dargestellt.

## 3.5 Evaluierung der Wundheilung

Die zur Enthornung gewählte Medikation hatte einen signifikanten Einfluss auf den Zustand der Enthornungswunden in den ersten drei Tagen nach Enthornung (Ausgangszustand) ( $p = 0,002$ ) sowie auf die frühe Phase der Entzündung und Demarkation ( $p = 0,003$ ). Außerdem zeigt die Medikation zur Enthornung eine Tendenz, ebenfalls die Phase der Granulation zu beeinflussen ( $p = 0,056$ ). Des Weiteren zeigte das Alter zur Enthornung eine Tendenz, die frühe Phase der Entzündung und Demarkation zu beeinflussen ( $p = 0,087$ ) (Tabelle 9).

**Tabelle 9: Einfluss von Behandlungsgruppe (BG), Altersgruppe (AG) bzw. der Wechselwirkung beider Effekte auf die Wundheilung in der jeweiligen Phase (Ergebnisse F-Test)**

Phase der Wundheilung	Einfluss	$p$
Ausgangszustand	BG	0,002 <sup>*</sup>
	AG	0,219
	BG x AG	0,164
Frühe Phase der Entzündung und Demarkation	BG	0,003 <sup>*</sup>
	AG	0,087 <sup>a</sup>
	BG x AG	0,363
Späte Phase der Entzündung und Demarkation	BG	0,172
	AG	0,123
	BG x AG	0,520
Phase der Granulation	BG	0,056 <sup>a</sup>
	AG	0,329
	BG x AG	0,173
Phase der Narbenbildung	BG	1
	AG	1
	BG x AG	0,948

\* signifikanter Einfluss ( $p < 0,05$ )

<sup>a</sup> tendiert die Wundheilung zu beeinflussen ( $0,05 < p < 0,1$ )

### Ausgangszustand

Im paarweisen Vergleich, ermittelt über die Odds Ratio, war die Chance von Behandlungsgruppe I besser bewertet zu werden bzw. einen komplikationslosen Heilungsverlauf in dieser Phase zu zeigen, signifikant größer als die von Behandlungsgruppe A (OR: 0,26), C (OR: 0,20), E (OR: 0,24), F (OR: 0,22) und H (OR: 0,24), kein signifikanter Unterschied bestand zu den Behandlungsgruppen D und G (Tabelle 10).

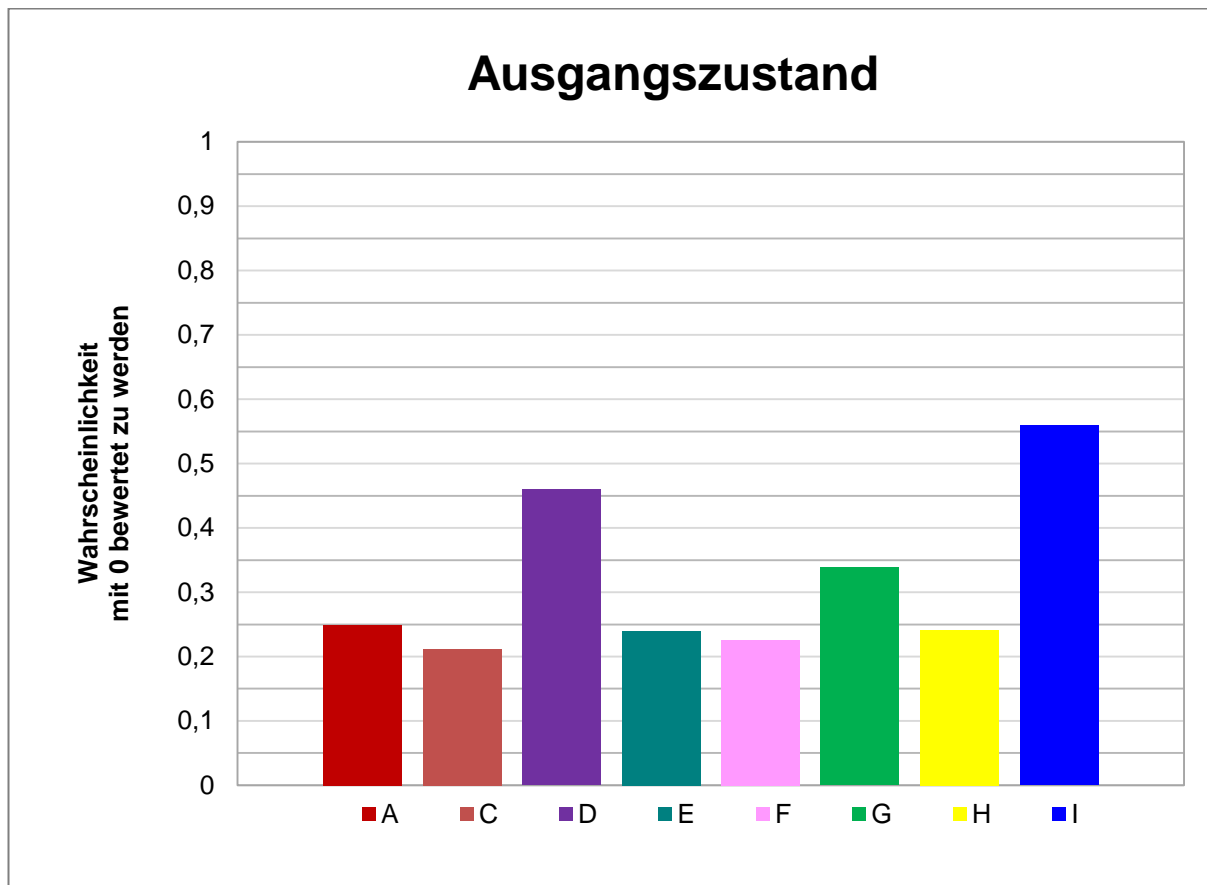
Behandlungsgruppe D hatte ebenfalls signifikant höhere Chancen als Behandlungsgruppe C (OR: 0,31), Behandlungsgruppe E (OR: 2,67), Behandlungsgruppe F (OR: 2,97) und Behandlungsgruppe H (OR: 2,76). Kein signifikanter Unterschied bestand zu den Behandlungsgruppen A und I. Behandlungsgruppe G zeigte keine signifikanten Unterschiede zu den anderen Behandlungsgruppen. Mittels der kumulativen Wahrscheinlichkeiten lassen sich die Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungsgruppen noch näher charakterisieren (Abbildung 53).



**Tabelle 10: Odds Ratio zu den paarweise verglichenen Behandlungsgruppen (BG): Untersucht wird, ob sich die BG hinsichtlich ihrer Bewertung des Ausgangszustandes signifikant unterscheiden**

Vergleich BG		Odds Ratio	unteres KI	oberes KI
A	C	1,28	0,46	3,61
A	D	0,40	0,15	1,05
A	E	1,07	0,40	2,88
A	F	1,19	0,44	3,21
A	G	0,64	0,24	1,71
A	H	1,10	0,41	2,95
<b>A</b>	<b>I</b>	<b>0,26*</b>	<b>0,10</b>	<b>0,68</b>
<b>C</b>	<b>D</b>	<b>0,31*</b>	<b>0,11</b>	<b>0,85</b>
C	E	0,83	0,30	2,31
C	F	0,92	0,33	2,57
C	G	0,50	0,18	1,38
C	H	0,86	0,31	2,36
<b>C</b>	<b>I</b>	<b>0,20*</b>	<b>0,07</b>	<b>0,55</b>
<b>D</b>	<b>E</b>	<b>2,67*</b>	<b>1,03</b>	<b>6,94</b>
<b>D</b>	<b>F</b>	<b>2,97*</b>	<b>1,14</b>	<b>7,73</b>
D	G	1,61	0,63	4,10
<b>D</b>	<b>H</b>	<b>2,76*</b>	<b>1,07</b>	<b>7,10</b>
D	I	0,65	0,26	1,61
E	F	1,11	0,42	2,96
E	G	0,60	0,23	1,59
E	H	1,03	0,39	2,73
<b>E</b>	<b>I</b>	<b>0,24*</b>	<b>0,09</b>	<b>0,63</b>
F	G	0,54	0,21	1,43
F	H	0,93	0,35	2,45
<b>F</b>	<b>I</b>	<b>0,22*</b>	<b>0,08</b>	<b>0,56</b>
G	H	1,71	0,66	4,47
G	I	0,40	0,16	1,02
G	K	0,32	0,09	1,19
<b>H</b>	<b>I</b>	<b>0,24*</b>	<b>0,09</b>	<b>0,60</b>
AG1	AG2	1,36	0,83	2,24

\* signifikant unterschiedlich



**Abbildung 53: Wahrscheinlichkeit der Behandlungsgruppen A bis I im Ausgangszustand mit 0 bewertet zu werden**

Dabei zeigte Behandlungsgruppe I mit einer kumulativen Wahrscheinlichkeit von 0,56 die höchste Wahrscheinlichkeit keine Abweichungen im Ausgangszustand ausprägen, gefolgt von Behandlungsgruppe D (KW: 0,46) sowie Behandlungsgruppe G (KW: 0,34). Die übrigen kumulativen Wahrscheinlichkeiten sind in Tabelle 11 dargestellt.

**Tabelle 11: Übersicht der kumulativen Wahrscheinlichkeiten (KW) der einzelnen Behandlungsgruppen (BG) in der Phase des Ausgangszustandes bei Bewertung mit 0 (nicht abweichender Heilungsverlauf)**

BG	KW	unteres KI	oberes KI
A	0,25	0,11	0,47
C	0,21	0,09	0,43
D	0,46	0,27	0,66
E	0,24	0,11	0,45
F	0,23	0,10	0,43
G	0,34	0,17	0,57
H	0,24	0,11	0,44
I	0,56	0,34	0,76

### Frühe Phase der Entzündung und Demarkation

Behandlungsgruppe I prägte in der frühen Phase der Entzündung und Demarkation deutlich seltener Komplikationen aus als Behandlungsgruppe A (OR: 0,25), Behandlungsgruppe E (OR: 0,27), Behandlungsgruppe F (OR: 0,24) sowie Behandlungsgruppe H (OR: 0,37).

Behandlungsgruppe C schnitt mittels signifikanter Odds Ratio ebenfalls besser ab als Behandlungsgruppe E (OR: 2,96), Behandlungsgruppe A (OR: 0,34) und Behandlungsgruppe F (OR: 3,10), genauso wie Behandlungsgruppe D gegenüber den Behandlungsgruppen A, E und F (OR: 0,34; OR: 2,66; OR: 3,05).

Kein signifikanter Unterschied bestand zwischen den Behandlungsgruppen C, G und I (Tabelle 12)

Behandlungsgruppe G wies keine signifikanten Unterschiede zu den übrigen Losen auf.

**Tabelle 12: Odds Ratio zu den paarweise verglichenen Behandlungsgruppen (BG): Untersucht wird, ob sich die BG hinsichtlich ihrer Bewertung der frühen Entzündungs- und Demarkationsphase signifikant unterscheiden**

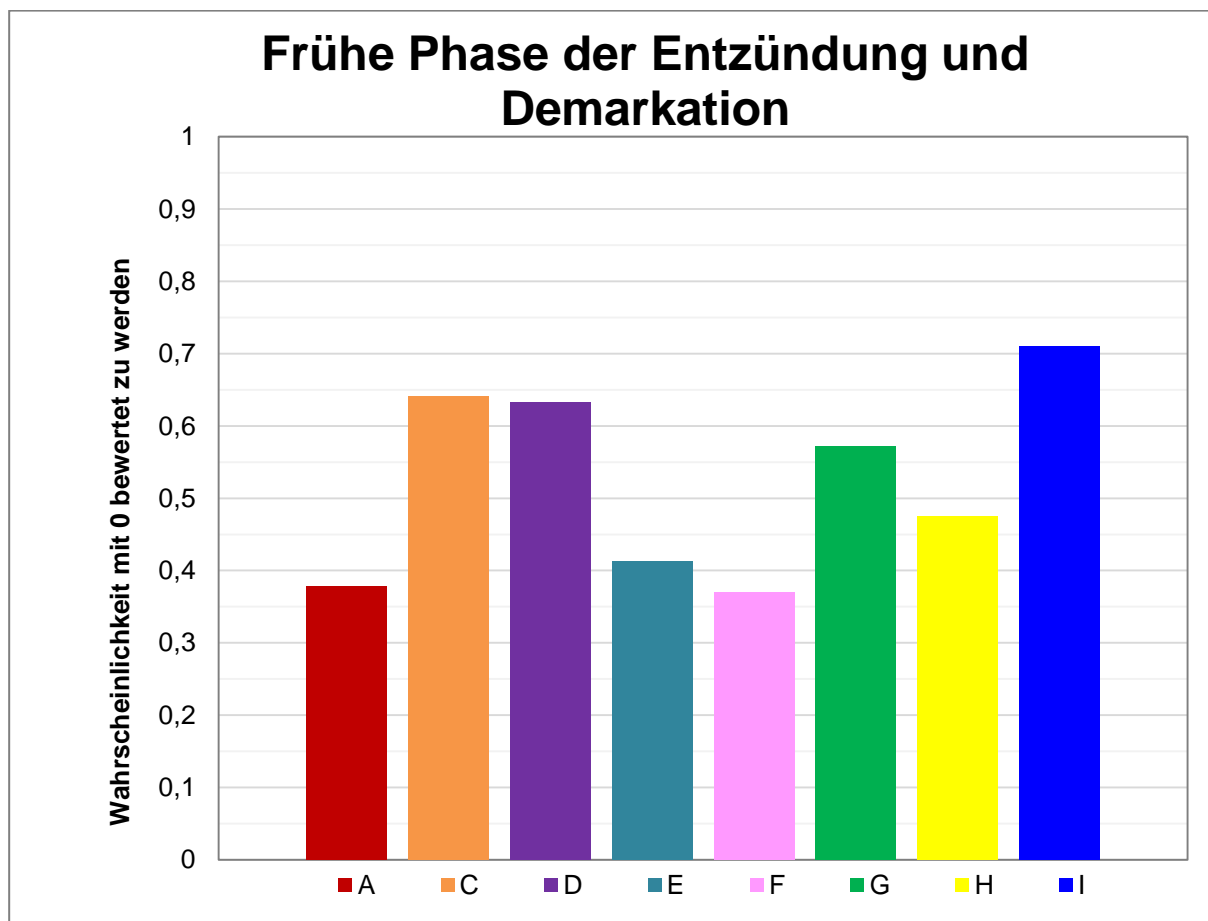
Vergleich BG		Odds Ratio	unteres KI	oberes KI
A	C	0,34*	0,13	0,85
A	D	0,34*	0,13	0,86
A	E	0,91	0,38	2,19
A	F	1,04	0,42	2,55
A	G	0,45	0,18	1,14
A	H	0,67	0,27	1,63
A	I	0,25*	0,10	0,64
C	D	1,01	0,39	2,62
C	E	2,69*	1,08	6,70
C	F	3,10*	1,23	7,82
C	G	1,35	0,53	3,45
C	H	1,98	0,79	4,96
C	I	0,74	0,28	1,94
D	E	2,66*	1,07	6,59
D	F	3,05*	1,21	7,70
D	G	1,33	0,52	3,40
D	H	1,95	0,78	4,89
D	I	0,73	0,27	1,92
E	F	1,15	0,48	2,76
E	G	0,50	0,20	1,23
E	H	0,74	0,31	1,76
E	I	0,27*	0,11	0,69
F	G	0,44	0,17	1,09
F	H	0,64	0,26	1,56
F	I	0,24*	0,09	0,61
G	H	1,47	0,59	3,64
G	I	0,55	0,21	1,43
H	I	0,37*	0,15	0,95
AG1	AG2	1,55	0,94	2,57

\* signifikant unterschiedlich

**Tabelle 13: Übersicht der kumulativen Wahrscheinlichkeiten (KW) der einzelnen Behandlungsgruppen (BG) in der frühen Phase der Entzündung und Demarkation bei Bewertung mit 0 (nicht abweichender Heilungsverlauf)**

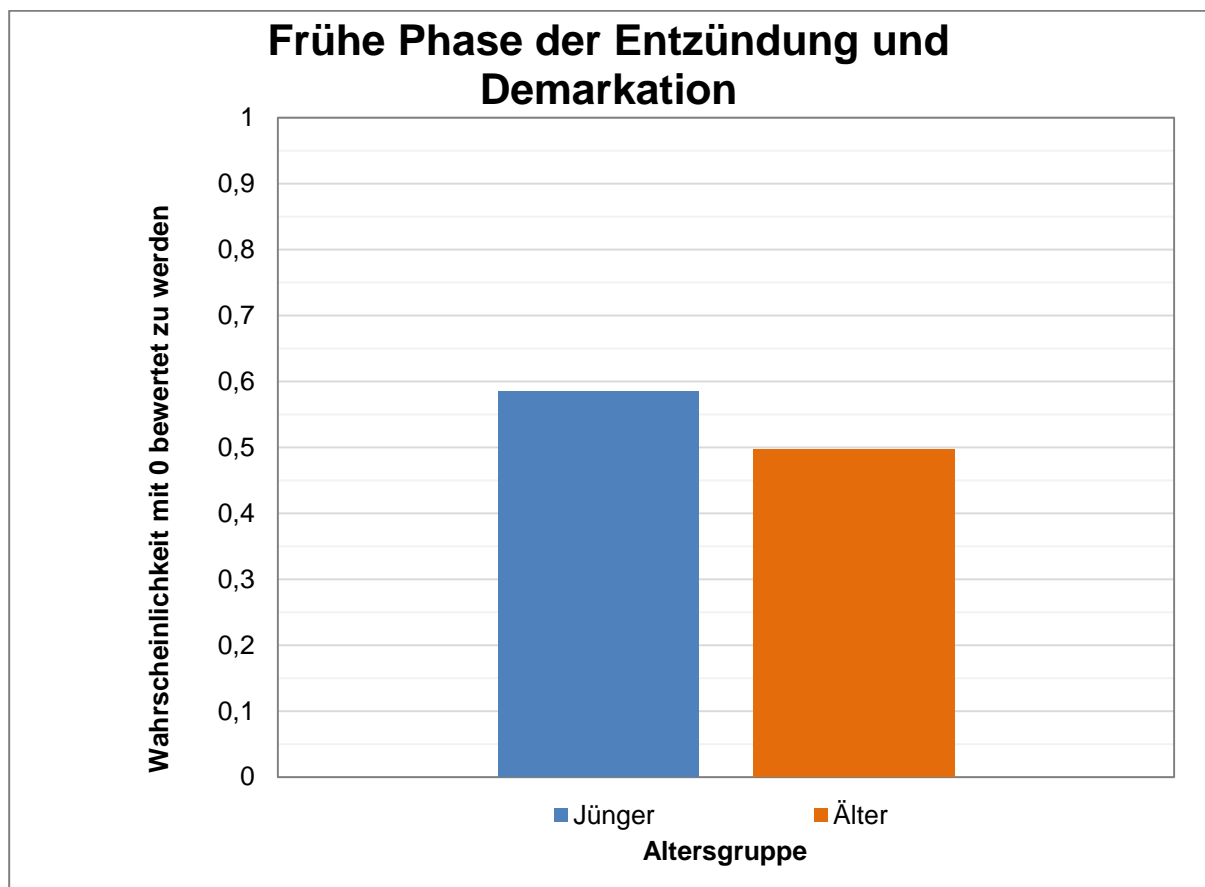
BG	KW	unteres KI	oberes KI
A	0,38	0,20	0,60
C	0,64	0,41	0,82
D	0,63	0,42	0,81
E	0,41	0,24	0,60
F	0,37	0,19	0,59
G	0,57	0,35	0,77
H	0,48	0,27	0,69
I	0,71	0,48	0,87

Die kumulative Wahrscheinlichkeiten zeigen, dass Behandlungsgruppe I mit einer kumulativen Wahrscheinlichkeit von 0,71 komplikationslos heilt, wohingegen Behandlungsgruppe A und F (KW 0,38 respektive 0,37) deutlich wahrscheinlicher Komplikationen ausprägen. Die übrigen kumulativen Wahrscheinlichkeiten sind in Tabelle 13 bzw. Abbildung 54 dargestellt.



**Abbildung 54: Wahrscheinlichkeit der Behandlungsgruppen A bis I in der frühen Phase der Entzündung und Demarkation mit 0 bewertet zu werden (kompliationsloser Heilungsverlauf)**

Das Alter zur Enthornung zeigte mit  $p = 0,087$  eine Tendenz, den Heilungsverlauf in der frühen Phase der Entzündung und Demarkation zu beeinflussen. Auf versuchsbezogenem Niveau weist die Odds Ratio keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Altersgruppen (OR 1,55) auf, allerdings kann mittels der kumulativen Wahrscheinlichkeit ein gewisser Unterschied zwischen Altersgruppe 1 (KW 0,59) und Altersgruppe 2 (KW 0,50) beschrieben werden (Abbildung 55).



**Abbildung 55: Wahrscheinlichkeit der Altersgruppen (jünger – AG 1 und älter – AG 2) in der frühen Phase der Entzündung und Demarkation mit 0 bewertet zu werden (kompliktionsloser Heilungsverlauf)**

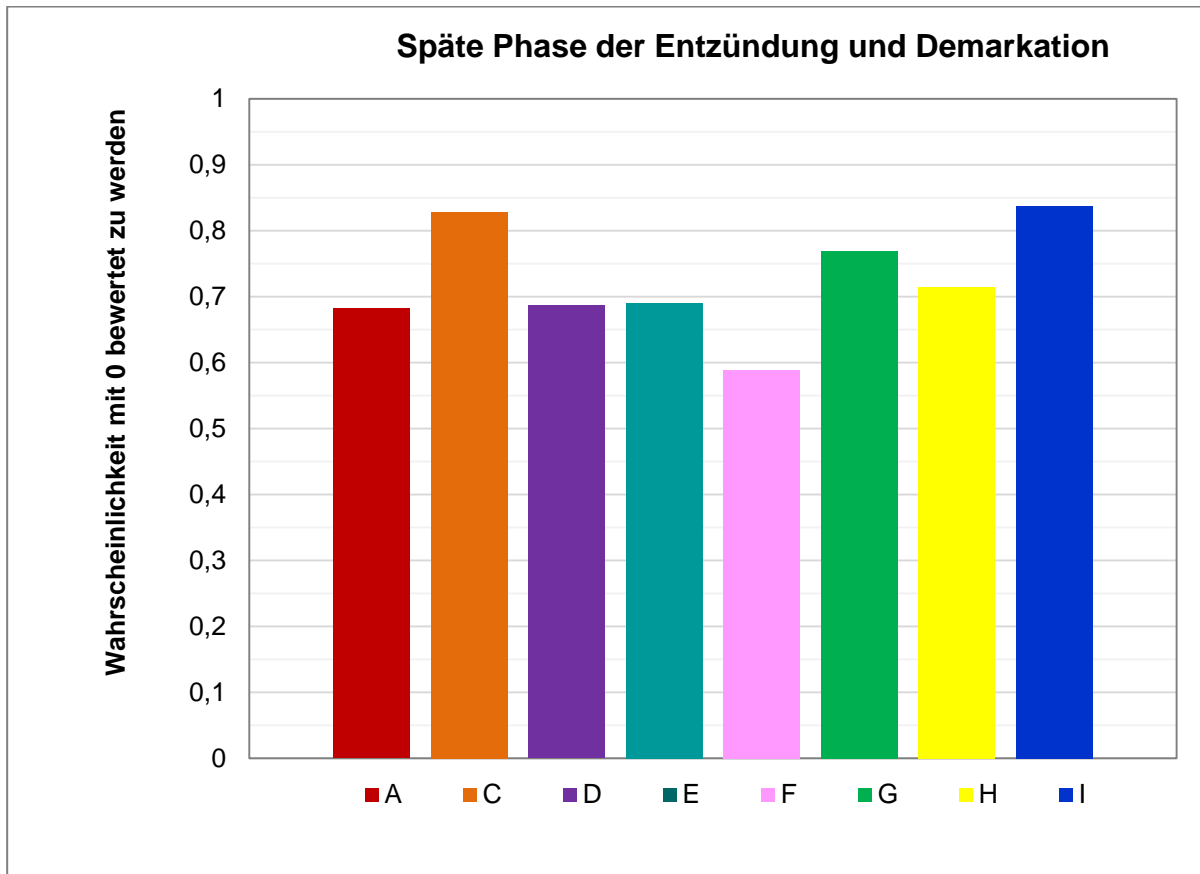
### Späte Phase der Entzündung und Demarkation

Obwohl der F-Test auf allgemein keinen Einfluss der Behandlungsgruppen auf die Wundheilung aufzeigt, kann auf versuchsbezogenem Niveau mittels der Odds Ratio doch ein signifikanter Unterschied zwischen Behandlungsgruppe C und F (OR: 4,40) sowie zwischen Behandlungsgruppe F und I (OR: 0,21) evaluiert werden. Weitere Unterschiede existieren in dieser Phase nicht (Tabelle 14 sowie Abbildung 56).

**Tabelle 14: Odds Ratio zu den paarweise verglichenen Behandlungsgruppen (BG): untersucht wird, ob sich die BG hinsichtlich ihrer Bewertung der späten Entzündungs- und Demarkationsphase signifikant unterscheiden**

Vergleich BG		Odds Ratio	unteres KI	oberes KI
A	C	0,34	0,09	1,27
A	D	0,97	0,37	2,54
A	E	0,95	0,36	2,54
A	F	1,48	0,59	3,73
A	G	0,63	0,23	1,74
A	H	0,82	0,31	2,20
A	I	0,31	0,08	1,17
C	D	2,88	0,76	10,83
C	E	2,83	0,74	10,78
<b>C</b>	<b>F</b>	<b>4,40*</b>	<b>1,20</b>	<b>16,10</b>
C	G	1,88	0,48	7,31
C	H	2,44	0,64	9,32
C	I	0,93	0,19	4,60
D	E	0,98	0,37	2,62
D	F	1,53	0,61	3,85
D	G	0,65	0,24	1,79
D	H	0,85	0,32	2,27
D	I	0,32	0,09	1,21
E	F	1,56	0,61	3,98
E	G	0,66	0,24	1,85
E	H	0,86	0,32	2,34
E	I	0,33	0,09	1,24
F	G	0,43	0,16	1,13
F	H	0,55	0,21	1,43
<b>F</b>	<b>I</b>	<b>0,21*</b>	<b>0,06</b>	<b>0,77</b>
G	H	1,30	0,46	3,64
G	I	0,49	0,13	1,91
H	I	0,38	0,10	1,45
AG 1	AG 2	0,62	0,33	1,14

\* signifikant unterschiedlich



**Abbildung 56: Wahrscheinlichkeit der Behandlungsgruppen A bis I in der späten Phase der Entzündung und Demarkation, mit 0 bewertet zu werden (kompliktionsloser Heilungsverlauf)**

### Phase der Granulation

In der Phase der Granulation zeigte Behandlungsgruppe D signifikant schlechtere Chancen einen kompliktionslosen Heilungsverlauf ausprägen als Behandlungsgruppe A (OR: 3,10), Behandlungsgruppe G (OR: 0,29), Behandlungsgruppe H (OR: 0,19) und Behandlungsgruppe I (OR: 0,32), außerdem zeigte Behandlungsgruppe F signifikant schlechtere Chancen als Behandlungsgruppe H (OR: 0,28) (Tabelle 15).

Die kumulativen Wahrscheinlichkeiten zeigten, dass ein Großteil der Behandlungsgruppen bei etwa 70 % kompliktionslosem Heilungsverlauf in dieser Phase liegt (BG I, A, E, G), Behandlungsgruppe C liegt bei einer kumulativen Wahrscheinlichkeit von 0,64, lediglich Behandlungsgruppe D (KW 0,46) und Behandlungsgruppe F (KW 0,55) bilden eine Ausnahme. Behandlungsgruppe H zeigte mit KW 0,81 die höchste Wahrscheinlichkeit für einen kompliktionslosen Heilungsverlauf (Tabelle 16 und Abbildung 57).



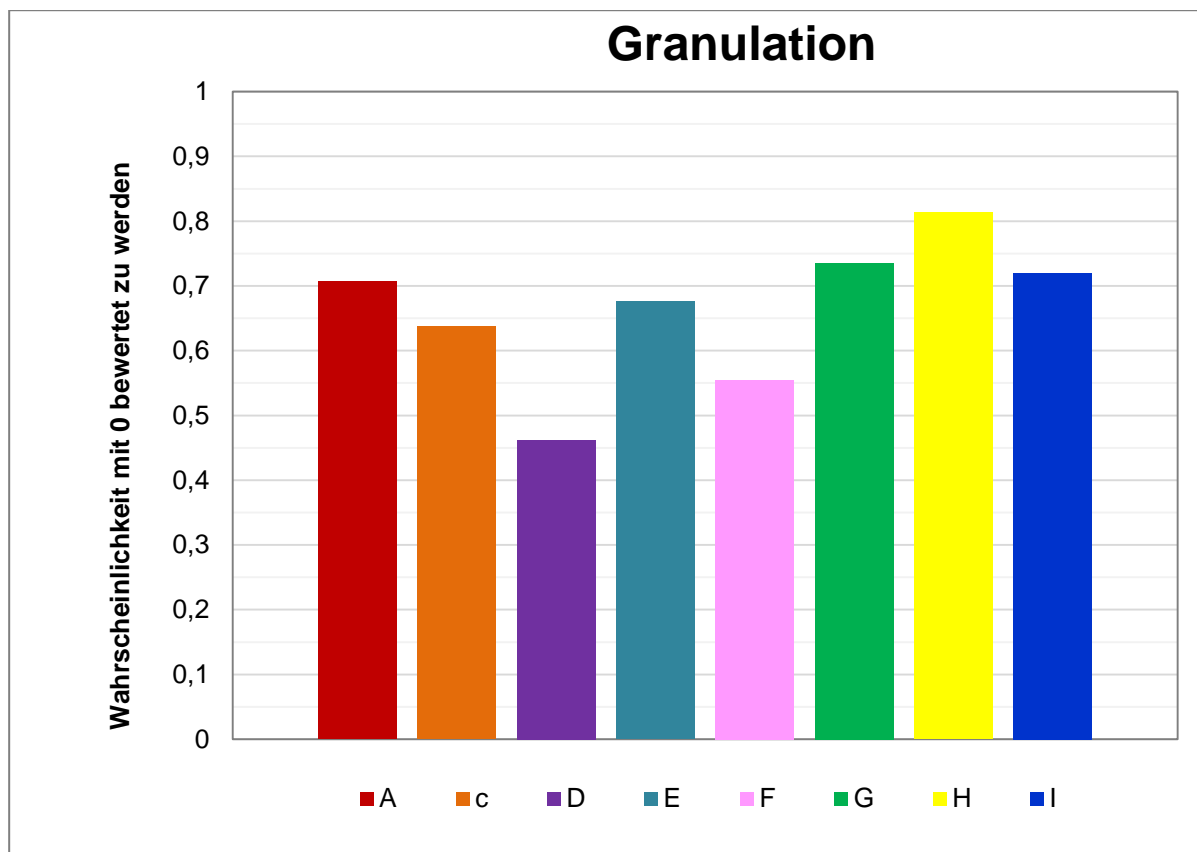
**Tabelle 15: Odds Ratio zu den paarweise verglichenen Behandlungsgruppen (BG): untersucht wird, ob sich die BG hinsichtlich ihrer Bewertung der Phase der Granulation signifikant unterscheiden**

Vergleich BG		Odds Ratio	Unteres KI	Oberes KI
A	C	1,51	0,53	4,33
<b>A</b>	<b>D</b>	<b>3,10*</b>	<b>1,11</b>	<b>8,65</b>
A	E	1,25	0,43	3,64
A	F	2,13	0,76	6,02
A	G	0,90	0,29	2,72
A	H	0,60	0,19	1,90
A	I	1,00	0,34	2,98
C	D	2,05	0,80	5,23
C	E	0,82	0,31	2,21
C	F	1,41	0,55	3,65
C	G	0,59	0,21	1,66
C	H	0,40	0,14	1,16
C	I	0,66	0,24	1,81
D	E	0,40	0,15	1,05
D	F	0,69	0,28	1,72
<b>D</b>	<b>G</b>	<b>0,29*</b>	<b>0,11</b>	<b>0,79</b>
<b>D</b>	<b>H</b>	<b>0,19*</b>	<b>0,07</b>	<b>0,55</b>
<b>D</b>	<b>I</b>	<b>0,32*</b>	<b>0,12</b>	<b>0,86</b>
E	F	1,71	0,65	4,51
E	G	0,72	0,25	2,05
E	H	0,48	0,16	1,43
E	I	0,81	0,29	2,24
F	G	0,42	0,15	1,16
<b>F</b>	<b>H</b>	<b>0,28*</b>	<b>0,10</b>	<b>0,81</b>
F	I	0,47	0,18	1,26
G	H	0,67	0,22	2,07
G	I	1,12	0,39	3,25
H	I	1,68	0,55	5,08
AG 1	AG 2	0,77	0,45	1,31

\* signifikant unterschiedlich

**Tabelle 16: Übersicht der kumulativen Wahrscheinlichkeiten (KW) der einzelnen Behandlungsgruppen (BG) mit Konfidenzintervall in der Phase der Granulation bei Bewertung mit 0 (kompliktionsloser Heilungsverlauf)**

BG	KW	unteres KI	oberes KI
A	0,71	0,46	0,87
C	0,64	0,41	0,82
D	0,46	0,27	0,65
E	0,68	0,44	0,84
F	0,55	0,33	0,76
G	0,74	0,50	0,88
H	0,81	0,58	0,93
I	0,72	0,48	0,88



**Abbildung 57: Wahrscheinlichkeit der Behandlungsgruppen A bis I in der Phase der Granulation, mit 0 bewertet zu werden (kompliktionsloser Heilungsverlauf)**

### Phase der Narbenbildung

Auf globalem sowie auf versuchsbezogenem Niveau konnten für diese Phase keine Einflüsse von Behandlungsgruppe, Alter oder deren Wechselwirkungen auf die Wundheilung mehr dargestellt werden.

### 3.6 Lebendmasseentwicklung

Für die Evaluierung der Gewichtsentwicklung der Kälber wurden die erfassten Absetzgewichte (ASG) sowie die täglichen Zunahmen (TZ) der Kälber genutzt.

Da für die Wechselwirkungen aus Alter\*Behandlungsgruppe kein Einfluss auf die Lebendmasseentwicklung nachgewiesen werden konnte, erfolgte die weitere Analyse des Einflusses des Schmerzmanagements (Behandlungsgruppe) innerhalb der jeweiligen Altersgruppe (AG 1 bzw. AG 2).

Für das Merkmal Absetzgewicht hat die Lebendmasse des Tieres vor der Enthornung einen signifikanten Einfluss ( $p = 0,001$ ), sodass bei den Absetzgewichten das Ausgangsgewicht zu Versuchsbeginn als Kovariable Berücksichtigung findet. Mittels linearer Regression wurden die Ausgangsgewichte zwischen den einzelnen Kälbern angeglichen.

Für die täglichen Zunahmen zwischen Versuch (Tag -2) und Absetzen konnte kein Einfluss der zu Versuchsbeginn ermittelten Gewichte nachgewiesen werden.

Tabelle 17 zeigt die gewählten statistischen Modelle für die Merkmale Absetzgewicht sowie tägliche Zunahmen.

Das Schmerzmanagement zur Enthornung (Behandlungsgruppe) hatte einen signifikanten Einfluss auf die Absetzgewichte ( $p = 0,046$ ) der jüngeren Tiere (AG 1). Dagegen konnte bei den älteren Kälbern (AG 2) kein Effekt der Behandlung auf die Körpermasse zum Absetzen ( $p = 0,978$ ) nachgewiesen werden (Tabelle 17). Das Gewicht zum Versuchsbeginn wurde berücksichtigt.

Für die Kälber der Altersgruppe 1 war eine Tendenz zur Beeinflussung der täglichen Zunahmen durch das Schmerzmanagement (Behandlungsgruppe) festzustellen ( $p = 0,053$ ). Bei den älteren Tieren (AG 2) blieb dieser Effekt wiederum aus ( $p = 0,953$ ).

**Tabelle 17: Modellbeschreibung für die Merkmale Absetzgewicht und tägliche Zunahmen sowie die Ergebnisse des F-Tests**

Analysemerkmal	Altersgruppe	Einflussfaktoren	F-Test	Anmerkung
Absetzgewicht	AG 1	Behandlungsgruppe Gewicht_Versuch	0.046 <sup>B</sup> 0.001 <sup>A</sup>	Kovariable
Absetzgewicht	AG 2	Behandlungsgruppe Gewicht_Versuch	0.978 0.001 <sup>A</sup>	Kovariable
tägliche Zunahmen	AG 1	Behandlungsgruppe	0.053 <sup>C</sup>	
tägliche Zunahmen	AG 2	Behandlungsgruppe	0.953	

A: signifikanter Einfluss des Gewichtes zu Versuchsbeginn auf das Absetzgewicht (wird als Kovariable für die Absetzgewichte berücksichtigt)

B: Behandlungsgruppe hat in der Altersgruppe 1 einen signifikanten Einfluss auf das Absetzgewicht.

C: Behandlungsgruppe hat in der Altersgruppe 1 eine Tendenz, die täglichen Zunahmen zu beeinflussen

**Tabelle 18: Absatzgewichte (LSMeans und Standardfehler) der Altersgruppen 1 und 2 (Behandlungsgruppen A bis I)**

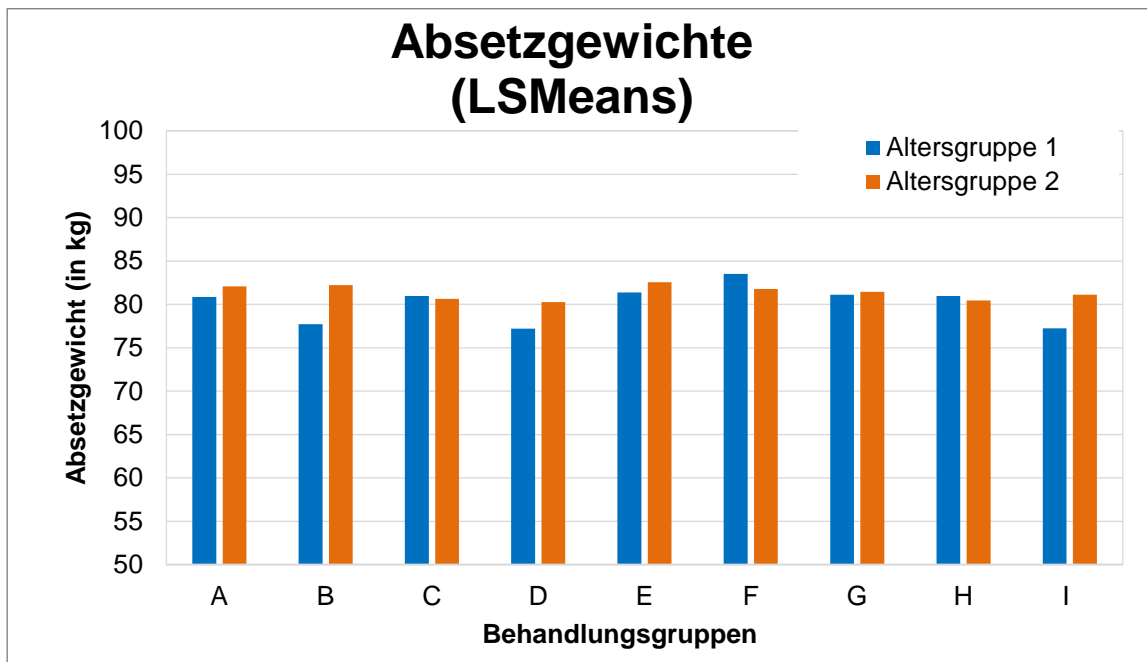
Behandlungsgruppe	Absetzgewicht (LSMeans ± SEM in kg) (Altersgruppe 1)	Absetzgewicht (LSMeans ± SEM in kg) (Altersgruppe 2)
A	80,85 ± 1,52	82,08 ± 1,59
B	77,71 ± 1,62	82,23 ± 1,63
C	80,96 ± 1,52	80,65 ± 1,59
D	77,19 ± 1,52 <sup>A</sup>	80,27 ± 1,68
E	81,36 ± 1,52	82,54 ± 1,59
F	83,53 ± 1,52 <sup>A, B</sup>	81,78 ± 1,58
G	81,10 ± 1,52	81,45 ± 1,59
H	80,95 ± 1,57	80,46 ± 1,63
I	77,24 ± 1,57 <sup>B</sup>	81,13 ± 1,63

A: Vergleich der Differenzen der LSMeans zwischen BG F und D ( $p = 0,089$ ; Tukey-Kramer Test zur Prüfung auf Signifikanz)

B: Vergleich der Differenzen der LSMeans zwischen BG F und I ( $p = 0,1$ ; Tukey-Kramer Test zur Prüfung auf Signifikanz)

In der Altersgruppe 1 haben die Behandlungsgruppen D (ASG:  $77,19 \pm 1,52$  kg) und I (ASG:  $77,24 \pm 1,57$  kg) eine schwache Tendenz (BG D:  $p = 0,089$ ; BG I:  $p = 0,1$ ), gegenüber Behandlungsgruppe F (ASG:  $83,53 \pm 1,52$  kg) niedrigere Absatzgewichte auszuprägen (Tabelle 18 und Abbildung 58).

Weiterhin tendiert Behandlungsgruppe D ( $p = 0,1$ ) gegenüber Behandlungsgruppe F dazu, täglich weniger Zunahmen zu zeigen (TZ BG D:  $0,57 \pm 0,02$  kg/Tag; BG F:  $0,66 \pm 0,02$  kg/Tag). Diese Tendenzen konnten in der Altersgruppe 2 nicht nachgewiesen werden (Tabelle 19 und Abbildung 59).

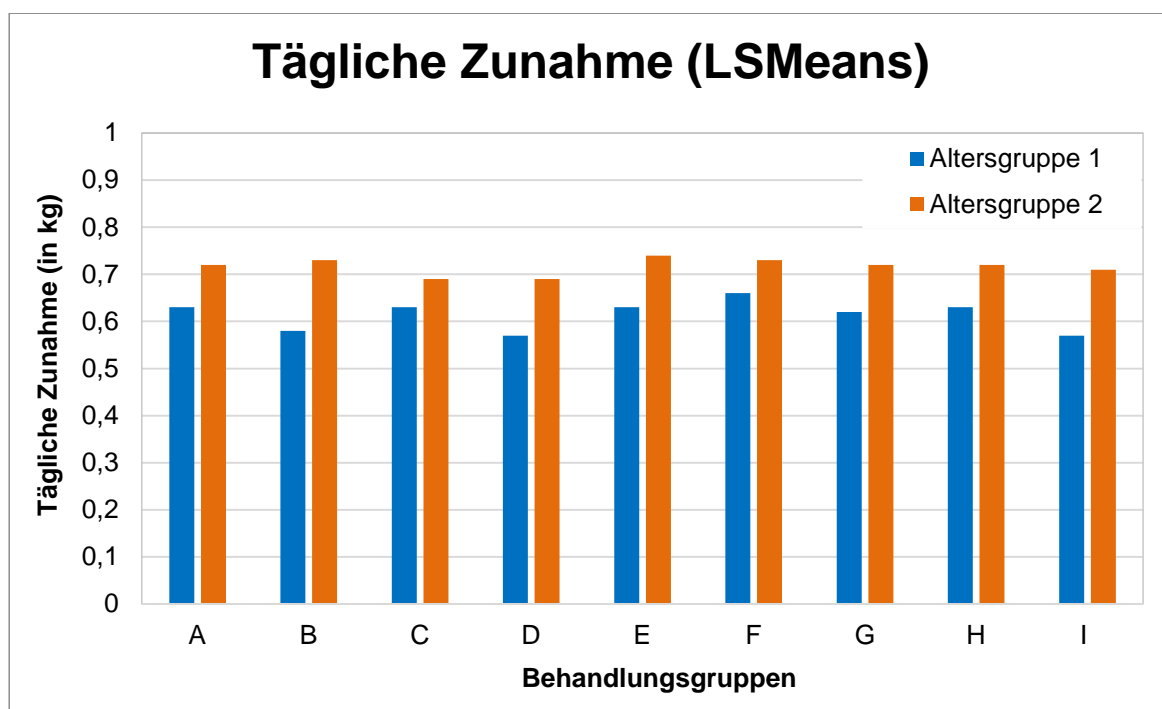


**Abbildung 58: Absatzgewichte der Kälber der Altersgruppen 1 und 2 (Behandlungsgruppen A bis I)**

**Tabelle 19: Tägliche Zunahmen (LSMeans und Standardfehler) der Altersgruppen 1 und 2 (Behandlungsgruppen A bis I)**

Behandlungsgruppe	Tägliche Zunahme (LSMeans ± SEM in kg) (Altersgruppe 1)	Tägliche Zunahme (LSMeans ± SEM in kg) (Altersgruppe 2)
A	0,63 ± 0,02	0,72 ± 0,03
B	0,58 ± 0,02	0,73 ± 0,03
C	0,63 ± 0,02	0,69 ± 0,03
D	0,57 ± 0,02 <sup>A</sup>	0,69 ± 0,03
E	0,63 ± 0,02	0,74 ± 0,03
F	0,66 ± 0,02 <sup>A</sup>	0,73 ± 0,03
G	0,62 ± 0,02	0,72 ± 0,03
H	0,63 ± 0,02	0,72 ± 0,03
I	0,57 ± 0,02	0,71 ± 0,03

A: Vergleich der Differenzen der LSMeans zwischen BG F und D (p = 0,12; Tukey-Kramer Test zur Prüfung auf Signifikanz)



**Abbildung 59: Tägliche Zunahmen der Kälber der Altersgruppen 1 und 2 (Behandlungsgruppen A bis I)**

### 3.7 Einfluss unterschiedlicher Varianten des Schmerzmanagements auf Zeit- und Kostenaufwand

In die ökonomischen Berechnungen zu den Kosten der einzelnen Varianten des Schmerzmanagements wurden nur die Behandlungsgruppen einbezogen, die entsprechend der derzeit gültigen rechtlichen Anforderungen möglich sind (Tabelle 20).

**Tabelle 20: Zur Kalkulation des Zeit- und Kostenaufwandes verwendete Varianten des Schmerzmanagements**

Varianten	Entspricht: Behandlungsgruppe	Leitungsanästhesie (LA)	Sedation (SED) (mg/kg LM i.m. Xylazin)	Analgesie (NSAID)	Stehfähigkeit des Tieres	Notwendigkeit Tierarzt	Fixation erforderlich
1	BG F	nein	0,05	ja	ja	nein	ja
2	BG G	nein	0,2	ja	nein*	ja (SED)	ja
3	BG I	ja	0,2	ja	nein*	ja (SED + LA)	nein
4	Zusätzliche Variante	ja	0,05	ja	ja	ja (LA)	ja

\*bzw. stark eingeschränkt

Sowohl das Analgetikum als auch das Sedativum dürfen von Tierärzten an Landwirte zur Enthornung von Kälbern abgegeben und durch diese auch selbst angewendet werden.

Xylazin darf aber nur in einer Dosierung von maximal 0,1 mg/kg LM i.m. an den Landwirt abgegeben und von diesem selbständig injiziert werden. Höhere Dosierungen müssen zwingend von einem Tierarzt verabreicht werden. Ebenso ist die Durchführung der Lokalanästhesie einem Tierarzt vorbehalten (§ 5 Abs. 1 Tierschutzgesetz, Anonym, 2017a). Damit kann lediglich das Schmerzmanagement der Variante 1 (BG F) durch den Landwirt allein durchgeführt werden. Für die Varianten 2 bis 4 (BG G, I, zusätzliche Variante) ist ein Tierarzt für die Durchführung der Leitungsanästhesie bzw. für die Verabreichung von Xylazin in einer Dosierung ab 0,2 mg/kg LM i.m. zwingend erforderlich.

Grundsätzlich wäre eine Enthornung unter Leitungsanästhesie sowie Analgesie auch ohne Sedierung möglich. Diese Variante erfordert aber eine sichere Fixation des Kalbes zum Setzen der Leitungsanästhesie und findet deshalb unter praktischen Erwägungen keine Berücksichtigung. Diese Variante erfordert ebenfalls einen Tierarzt.

Die unmittelbare Enthornung kann von einer sachkundigen Person durchgeführt werden. Für die Varianten 3 und 4 werden Aufwand bzw. Kosten für die unmittelbare Enthornung durch eine sachkundige Person sowie für die Enthornung durch einen Tierarzt getrennt ermittelt. Bei Variante 2 findet nur die Enthornung durch eine sachkundige Person Berücksichtigung.

Für die Berechnungen wurde von einer Lebendmasse der Kälber von 50 kg zur Bestimmung der Arzneimittelmenge ausgegangen.

Die Kostenkalkulation erfolgte als:

- rein betriebliche Leistung (Abgabe der Medikamente durch Tierarzt, Injektion der Medikamente für Schmerzmanagement sowie Enthornung durch sachkundige Person des Betriebes; Scheren und Fixation durch Hilfsperson des Betriebes) für Variante 1

- rein tierärztliche Leistung (Injektion der Medikamente für Schmerzmanagement sowie Enthornung als tierärztliche Leistung; Scheren und Fixation durch Hilfsperson des Betriebes) für Varianten 3a und 4a
- kombinierte Leistung (Injektion der Medikamente für Schmerzmanagement als tierärztliche Leistung; Enthornung durch sachkundige Person des Betriebes; Scheren und Fixation durch Hilfsperson des Betriebes) für Varianten 2, 3b und 4b.

Die tierärztliche Leistung wurde nach den Vorgaben der Tierärztlichen Gebührenordnung (ANONYM, 2017B) mit einfachen Gebührensätzen kalkuliert. Die Kostenberechnung im Rahmen der Bestandsbetreuung auf der Grundlage des Zeitaufwandes beruht auf geschätzten Zeitaufwendungen (Tabelle 21). Diese hängen von den Bedingungen vor Ort ab (Haltungssystem, Fixation, etc.) und können dementsprechend abweichen. Sie wurden nur vergleichend zwischen den einzelnen Varianten genutzt.

**Tabelle 21: Kalkulation für Zeitaufwand der Einzeltätigkeiten**

	<b>Tätigkeit</b>	<b>Zeitaufwand für 1 Tier (Min.)</b>	<b>Zeitaufwand für 5 Tiere (Min.)</b>
1	Klinische Untersuchung	5	25
2	Injektion Sedativum (+ Wartezeit)	1 (+ 11)	5 (+ 0)
3	Injektion NSAID	1	5
4	Scheren	2	10
5	Injektion Lokalanästhetikum (+ Wartezeit)	2 (+ 8)	10 (+ 0)
6	Enthornen	2	10
7	Vor-/Nachbereitung	5	5
	<b>Zeitaufwand gesamt (ohne Scheren)</b>	<b>16 (+ 19)</b>	<b>60 (+ 0)</b>
	<b>Zeitaufwand gesamt (mit Scheren)</b>	<b>18 (+ 19)</b>	<b>70 (+ 0)</b>

Die Kosten für eine eventuell erforderliche Wartezeit (zwischen Injektion Sedativum bzw. Leitungsanästhesie und der Enthornung) wurden in der Kalkulation nicht einbezogen. Laut Tierärztlicher Gebührenordnung wären für 15 Minuten Wartezeit 16,00 € zu berechnen. Bei dem gleichzeitigen Enthornen mehrerer Tiere (Tabelle 21: Zeitaufwand für fünf Kälber) kommt es nicht unmittelbar zu Wartezeiten. Ebenso wurden Entschädigungen bzw. Wegegeld bei der Kalkulation nicht berücksichtigt (§ 9 der Tierärztlichen Gebührenordnung, 2017b).

Die Kalkulation der Arzneimittelkosten erfolgte auf der Basis der Listenpreise unter Berücksichtigung der Arzneimittelpreisverordnung vom 14. November 1980. Mögliche Rabatte blieben unberücksichtigt.

Die Kostenkalkulation erfolgte netto ohne Mehrwertsteuer.

Folgende Arzneimittel wurden für die Berechnung der Arzneimittelkosten zu Grunde gelegt:

- Sedation: Rompun 2 % (Bayer Vital GmbH)
  - Wirkstoff: Xylazinhydrochlorid
  - Dosierung: 0,05 mg/kg i.m. bzw. 0,13 ml/50 kg  
0,2 mg/kg i.m. bzw. 0,5 ml/50 kg
- NSAID: Loxicom 20 mg/ml (Bayer Vital GmbH)
  - Wirkstoff: Meloxicam
  - Dosierung: 0,5 mg/kg bzw. 1,25 ml/50 kg

■ Leitungsanästhesie: Isocain ad us. vet. (Selectavet Dr. Otto Fischer GmbH)

Wirkstoff: Procainhydrochlorid, Epinephrin

Dosierung: 5 ml je Hornansatz.

Die Kalkulation im Rahmen der Bestandsbetreuung (Abrechnung über Zeitaufwand) erfolgte auf Basis der gleichzeitigen Enthornung von fünf Tieren. Die berechneten Kosten sind jeweils pro Tier angegeben.

Die Personalkosten für die betrieblichen Hilfskräfte wurden auf der Basis des Mindestlohnes für Landwirtschaft und Gartenbau (Bruttostundenlohn ohne Arbeitgeberanteil 9,10 €) kalkuliert (ANONYM 2014).

Für die sachkundige Person (Durchführung Enthornung) erfolgte die Kalkulation auf der Basis der Lohngruppe 7 (schwierige und vielseitige Tätigkeiten, die gründliche und umfassende Fachkenntnisse erfordern; Ausbildungsvoraussetzung: Facharbeiterabschluss und umfangreiche Berufserfahrung sowie spezielle Kenntnisse oder Meisterabschluss) mit einem Bruttoarbeitslohn ohne Arbeitgeberanteil von 12,46 € (unter Berücksichtigung einer Entgelterhöhung von 3 % 2018) (SMWA 2018). Zum Bruttoarbeitslohn wurden 23 % (Arbeitgeberanteil Sozialversicherungen) zur Berechnung der endgültigen Lohnkosten für den Betrieb zugerechnet.

Die durchgeführte Kostenschätzung kann nur als grobe Kalkulation angesehen werden, da keine festen Werte für den Zeitaufwand der Einzeltätigkeiten sowie die Kosten für Medikamente und Verbrauchsmaterialien vorliegen. Änderungen können sich durch unterschiedliche Gegebenheiten vor Ort (Veränderung des zeitlichen Aufwandes), durch Preisänderungen bzw. Rabatte für Medikamente und Verbrauchsmaterialien ergeben.

In der Variante 1 (Tabelle 22) fallen nur Kosten für Verbrauchsmaterial und Medikamente sowie Lohnkosten für Hilfspersonen (Fixation) und eine sachkundige Person (Verabreichung von Sedativum und NSAID sowie Enthornung) an. Die kalkulierten Kosten sind mit ca. 6,10 € die geringsten im Vergleich mit den anderen Varianten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass hier auch keine tierärztliche Untersuchung der Kälber erfolgt. Darüber hinaus ist die Enthornung entsprechend Variante 1 (keine Lokalanästhesie, niedrige Xylazindosis) bedingt durch die fehlende Lokalanästhesie mit einem höheren Schmerzempfinden und damit mit einer stärkeren Abwehrreaktion des Kalbes verbunden. Dies führt zu einem höheren personellen Aufwand bei der Enthornung (evtl. zusätzliche Person zum Fixieren, Verlängerung des Enthornungsvorganges).



**Tabelle 22: Kalkulation für Variante 1 – Arzneimittelgabe und Enthornung durch sachkundige Person (LA-, SED+, NSAID+)**

Leistung	Betrieb Hilfsperson (Fixation)	Betrieb Sachkundige Person	Tierarztkosten (netto in €)
Injektion Sedativum (i.m.)	1	1	--
Injektion NSAID (s.c.)	1	1	--
Scheren	1	1	--
Leitungsanästhesie	--	--	--
Enthornung	1-2*	1	--
<b>Aufwand/Kosten je Tier (ohne Medikamente und Material)</b>	<b>1-2*</b>	<b>1</b>	<b>--</b>
Abgabepreis Sedativum (Xylazin) (0,05 mg/kg i.m. bzw. 0,13 ml/50 kg )	--	--	0,25
Abgabepreis NSAID (Meloxicam) (0,5 mg/kg bzw. 1,3 ml/50 kg)	--	--	1,50
Material (Kanülen, Einwegspritzen)	--	--	0,06
<b>Kosten je Tier (Medikamente, Material)</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>1,81</b>
<b>Aufwand/Kosten je Tier gesamt</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>1,81</b>

\* möglicherweise zwei Hilfskräfte zur Fixation während der Enthornung notwendig

Variante 2 (Tabelle 23) ist im Gegensatz zu Variante 1 mit höheren Kosten (ca. 17,30 € je Tier) verbunden, die insbesondere auf die Kosten für tierärztliche Leistungen (klinische Untersuchung, Injektion von Sedativum und NSAID) zurückzuführen sind. Rechnet man die klinische Untersuchung heraus, beträgt der Kostenunterschied nur noch ca. 2,80 € je Tier (Tabelle 28).

**Tabelle 23: Kalkulation für Variante 2 – Arzneimittelgabe durch Tierarzt/Enthornung durch sachkundige Person (LA-, SED++, NSAID+)**

Leistung	Betrieb Hilfsperson (Fixation)	Betrieb Sachkundige Person	Tierärztkosten Einzeltier- Abrechnung (netto in €)	Tierärztkosten Bestandsbetreuung (22,33 je 15 Min.; Zeitaufwand 8 Min. je Tier) (netto in €)
Untersuchung	1	--	12,84	X
Injektion Sedativum (i.m.)	1	--	3,85	X
Injektion NSAID (s.c.)	--	--	3,85	X
Scheren	--	1	--	--
Leitungsanästhesie	--	--	--	--
Enthornung	1	1	--	--
<b>Aufwand/Kosten je Tier (ohne Medikamente und Material)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>20,54</b>	<b>11,91</b>
Abgabepreis Sedativum (Xylazin) (0,2 mg/kg i.m. bzw. 0,5 ml/50 kg)	--	--	0,90	0,85
Abgabepreis NSAID (Meloxicam) (0,5 mg/kg bzw. 1,3 ml/50 kg)	--	--	1,65	1,50
Material (Kanülen, Einwegspritzen)	--	--	0,05	0,05
<b>Kosten je Tier (Medikamente, Material)</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>2,60</b>	<b>2,40</b>
<b>Aufwand/Kosten je Tier gesamt</b>			<b>23,14</b>	<b>14,31</b>

Das Schmerzmanagement in den Varianten 3 und 4 (Tabelle 24 bis Tabelle 27) beinhaltet neben der Verabreichung eines Sedativums und eines NSAID auch eine Leitungsanästhesie und damit eine wirksamere Schmerzausschaltung. Dadurch entstehen gegenüber den Varianten 1 und 2 höhere Kosten (Tabelle 28).

Die Varianten 3a/b und 4a/b unterscheiden sich bzgl. der Kosten nur gering. Die Varianten 3a bzw. 4a sind etwas kostenintensiver gegenüber den Varianten 3b bzw. 4b, da die Enthornung hier durch den Tierarzt durchgeführt wird.

Eine Enthornung mit Leitungsanästhesie erhöht sich damit gegenüber der Variante 1 (ohne tierärztliche Leistung) um ca. 15 bis max. 17 €. Dies beinhaltet aber auch die klinische Untersuchung jedes Kalbes zur Enthornung. Rechnet man die klinische Untersuchung heraus, beträgt der zusätzliche Aufwand für eine Enthornung mit Leitungsanästhesie ca. 6 € gegenüber der Variante 1, gegenüber der Variante 2 sogar nur ca. 3,00 bis 3,50 € (Enthornung durch sachkundige Person).

**Tabelle 24: Kalkulation für Variante 3a – Arzneimittelgabe und Enthornung durch Tierarzt (LA+, SED++, NSAID+)**

Leistung	Betrieb Hilfsperson (Fixation, Scheren)	Betrieb Sachkundige Person	Tierarztkosten Einzel-tier- Abrechnung  (netto in €)	Tierarztkosten Bestandsbetreuung (22,33 € je 15 Min.; Zeitaufwand 12 Min. je Tier) (netto in €)
Untersuchung	1	--	12,84	X
Injektion Sedativum (i.m.)	1	--	3,85	X
Injektion NSAID (s.c.)	--	--	3,85	X
Scheren	1	--	--	--
Leitungsanästhesie	--	--	9,62	X
Enthornung	--	--	6,41	X
<b>Aufwand/Kosten je Tier (ohne Medikamente und Material)</b>	<b>1</b>	<b>--</b>	<b>36,57</b>	<b>17,86</b>
Abgabepreis Sedativum (Xylazin) (0,2 mg/kg i.m. bzw. 0,5 ml/50 kg)	--	--	0,90	0,85
Abgabepreis NSAID (Meloxicam) (0,5 mg/kg bzw. 1,3 ml/50 kg)	--	--	1,65	1,50
Abgabepreis Lokalanästhetikum (Procain- hydrochlorid) (5 ml je Hornansatz)	--	--	0,50	0,45
Material (Kanülen, Einwegspritzen)	--	--	0,11	0,11
<b>Kosten je Tier (Medikamente, Material)</b>			<b>3,16</b>	<b>2,91</b>
<b>Aufwand/Kosten je Tier gesamt</b>			<b>39,73</b>	<b>20,77</b>

**Tabelle 25: Kalkulation für Variante 3b – Arzneimittelgabe durch Tierarzt / Enthornung durch sachkundige Person (LA+, SED++, NSAID+)**

Leistung	Betrieb Hilfsperson (Fixation)	Betrieb Sachkundige Person	Tierarztkosten Einzeltier- Abrechnung (netto in €)	Tierarztkosten Bestandsbetreuung (22,33 € je 15 Min.; Zeitaufwand 10 Min. je Tier) (netto in €)
Untersuchung	1	--	12,84	X
Injektion Sedativum (i.m.)	1	--	3,85	X
Injektion NSAID (s.c.)	--	--	3,85	X
Scheren	--	1	--	--
Leitungsanästhesie	--	--	9,62	X
Enthornung	--	1	--	--
<b>Aufwand/Kosten je Tier (ohne Medikamente und Material)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>30,16</b>	<b>14,89</b>
Abgabepreis Sedativum (Xylazin) (0,2 mg/kg i.m. bzw. 0,5 ml/50 kg)			0,90	0,85
Abgabepreis NSAID (Meloxicam) (0,5 mg/kg bzw. 1,25 ml/50 kg)			1,65	1,50
Abgabepreis Lokalanästhetikum (Procain- hydrochlorid) (5 ml je Hornansatz)			0,50	0,45
Material (Kanülen, Einwegspritzen)			0,11	0,11
<b>Kosten je Tier (Medikamente, Material)</b>			<b>3,16</b>	<b>2,91</b>
<b>Aufwand/Kosten je Tier gesamt</b>			<b>33,32</b>	<b>17,8</b>

**Tabelle 26: Kalkulation für Variante 4a – Arzneimittelgabe und Enthornung durch Tierarzt (LA+, SED+, NSAID+)**

Leistung	Betrieb Hilfsperson (Fixation, Scheren)	Betrieb Sachkundige Person	Tierarztkosten Einzeltier- Abrechnung (netto in €)	Tierarztkosten Bestandsbetreuung (22,33 € je 15 Min.; Zeitaufwand 12 Min. je Tier) (netto in €)
Untersuchung	1	--	12,84	X
Injektion Sedativum (i.m.)	1	--	3,85	X
Injektion NSAID (s.c.)	1	--	3,85	X
Scheren	1(-2)*	--	--	--
Leitungsanästhesie	1	--	9,62	X
Enthornung	1	--	6,41	--
<b>Aufwand/Kosten je Tier (ohne Medikamente und Material)</b>	<b>1(-2)*</b>	<b>--</b>	<b>36,57</b>	<b>17,86</b>
Abgabepreis Sedativum (Xylazin) (0,05 mg/kg i.m. bzw. 0,13 ml/50 kg)			0,25	0,25
Abgabepreis NSAID (Meloxicam) (0,5 mg/kg bzw. 1,25 ml/50 kg)			1,65	1,50
Abgabepreis Lokalanästhetikum (Procain- hydrochlorid) (5 ml je Hornansatz)			0,50	0,45
Material (Kanülen, Einwegspritzen)			0,12	0,12
<b>Kosten je Tier (Medikamente, Material)</b>			<b>2,52</b>	<b>2,32</b>
<b>Aufwand/Kosten je Tier gesamt</b>			<b>39,09</b>	<b>20,18</b>

\* möglicherweise zwei Hilfskräfte zum Scheren notwendig

**Tabelle 27: Kalkulation für Variante 4b – Arzneimittelgabe durch Tierarzt/Enthornung durch sachkundige Person (LA+, SED+, NSAID+)**

Leistung	Betrieb Hilfsperson (Fixation)	Betrieb Sachkundige Person	Tierarztkosten Einzeltier- Abrechnung (netto in €)	Tierarztkosten Bestandsbetreuung (22,33 € je 15 Min.; Zeitaufwand 10 Min. je Tier) (netto in €)
Untersuchung	1	--	12,84	X
Injektion Sedativum (i.m.)	1	--	3,85	X
Injektion NSAID (s.c.)	1	--	3,85	X
Scheren	1	1	--	--
Leitungsanästhesie	1	--	9,62	X
Enthornung	1	1	--	--
<b>Kosten je Tier (ohne Medikamente und Material)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>30,16</b>	<b>14,89</b>
Abgabepreis Sedativum (Xylazin) (0,05 mg/kg i.m. bzw. 0,13 ml/50 kg)			0,25	0,25
Abgabepreis NSAID (Meloxicam) (0,5 mg/kg bzw. 1,25 ml/50 kg)			1,65	1,50
Abgabepreis Lokalanästhetikum (Procainhydrochlorid) (5 ml je Hornansatz)			0,50	0,45
Material (Kanülen, Einwegspritzen)			0,12	0,12
<b>Aufwand/Kosten je Tier (Medikamente, Material)</b>			<b>2,52</b>	<b>2,32</b>
<b>Aufwand/Kosten je Tier gesamt</b>			<b>32,68</b>	<b>17,21</b>

**Tabelle 28: Kalkulierte Kosten für die Varianten des Schmerzmanagements**

Variante	Schmerzmanagement	Durchführung Enthornung	Tierarztkosten Leistungen (Abrechnung nach Zeitaufwand) (netto je Tier in €)	Kosten Medikamente, Material (netto je Tier in €)	Lohnkosten Hilfsperson (je Tier in €)	Lohnkosten sachkundige Person (je Tier in €)	Kosten gesamt (incl. klinische Untersuchung) (netto je Tier in €)	Kosten gesamt (ohne klinische Untersuchung) (netto je Tier in €)
1	(LA-, SED+, NSAID+)	Sachkundige Person	<b>0</b>	<b>1,81</b>	<b>1,96</b> (7 + 2 Min. *)	<b>2,34</b> (7 + 2 Min. *)	<b>6,11</b>	<b>6,11</b>
2	(LA-, SED++, NSAID+)	Sachkundige Person	<b>11,91</b>	<b>2,40</b>	<b>1,71</b> (9 Min. *)	<b>1,30</b> (5 Min. *)	<b>17,32</b>	<b>8,92</b>
3a	(LA+, SED++, NSAID+)	Tierarzt	<b>17,86</b>	<b>2,91</b>	<b>1,71</b> (9 Min. *)	<b>0</b>	<b>22,48</b>	<b>14,08</b>
3b	(LA+, SED++, NSAID+)	Sachkundige Person	<b>14,89</b>	<b>2,91</b>	<b>1,33</b> (7 Min. *)	<b>1,30</b> (5 Min. *)	<b>20,43</b>	<b>12,03</b>
4a	(LA+, SED+, NSAID+)	Tierarzt	<b>17,86</b>	<b>2,32</b>	<b>2,28</b> (12 Min. *)	<b>0</b>	<b>22,46</b>	<b>14,06</b>
4b	(LA+, SED+, NSAID+)	Sachkundige Person	<b>14,89</b>	<b>2,32</b>	<b>2,28</b> (12 Min. *)	<b>1,30</b> (5 Min. *)	<b>20,79</b>	<b>12,39</b>

\* kalkulierter Zeitaufwand je Tier

# 4 Diskussion

## 4.1 Ethologische Untersuchungen

Zur Bewertung des Verhaltens und insbesondere zur Erfassung von Schmerz- bzw. Abwehrreaktionen der Tiere während der Enthornung wurden insgesamt 11 Verhaltensparameter (Kopfabwehr, Schwanzschlagen, Trippeln, Aufbäumen, Liegen, Angstblick, Vokalisieren, Aufstehen, Sich-fallen-lassen, Nach-hinten- bzw. Nach-vorn-drängen) erfasst. KAHRER ET AL. (2005) bezogen ebenfalls 11 Verhaltensweisen in ihre Untersuchung ein. Allerdings wurde Liegen, Nach-vorn-drängen sowie Angstblick nicht erhoben, dafür Ruderbewegungen mit Vorderextremitäten, Hinterhandschlagen sowie vermehrtes Ohrwackeln. GRAF UND SENN (1999) erfassten während der Enthornung die Verhaltensweisen Schwanzschlagen, Kopfbewegung, Trippeln, Nach-vorn-drängen und Aufbäumen, TASCHKE UND FÖLSCH (1997) erfassten zusätzlich zu diesen fünf Verhaltensweisen noch das Sich-fallen-lassen.

In der vorliegenden Untersuchung erwiesen sich insbesondere Aufbäumen, Angstblick und Aufstehen, aber auch Kopfabwehr und Trippeln als aussagekräftige Verhaltensparameter zur Beurteilung von Schmerzreaktionen während der Enthornung. Tiere mit Leitungsanästhesie zeigten diese Verhaltensweisen weniger häufig als Kälber, die kein Lokalanästhetikum erhielten. Die alleinige Gabe eines Sedativums ohne Leitungsanästhesie führte dagegen nicht zu einer vergleichbaren Reduktion der Parameter Aufbäumen, Angstblick, Aufstehen, Kopfabwehr und Trippeln. GRONDAHL-NIELSEN ET AL. (1999) konnten bei Kälbern mit einer Leitungsanästhesie signifikant weniger Kopfabwehr und Beinbewegungen beobachten als bei Kälbern ohne Lokalanästhesie. KAHRER ET AL. (2005) stellten bei nicht betäubten Kälbern im Vergleich mit Kälbern, die eine Leitungsanästhesie bzw. eine Leitungsanästhesie und ein Sedativum erhielten, ein auffällig hohes Maß an Trippeln, Schwanzwedeln, Aufbäumen und Nach-vorn-drängen während der thermischen Enthornung fest.

GRAF UND SENN (1999) verglichen betäubte Kälber (Leitungsanästhesie sowie Lokalanästhesie an der Hornbasis) mit nichtbetäubten Tieren bei der thermischen Enthornung. Die anästhesierten Tiere zeigten dabei signifikant weniger Schwanzschlagen, Kopfbewegung, Trippeln sowie Aufbäumen. Lediglich der Unterschied bei der Verhaltensweise Nach-vorn-drängen war nicht signifikant. TASCHKE UND FÖLSCH (1997) konnten eine Eignung der verwendeten Verhaltensparameter Schwanzschlagen, Trippeln, Nach-vorn-drängen, Aufbäumen und Sich-fallen-lassen zur Beurteilung der Schmerzreaktionen bei der Enthornung nachweisen. Die Reaktionen von Kälbern mit simulierter Enthornung traten dabei signifikant seltener auf als bei Tieren, die ohne jegliches Schmerzmanagement enthornt wurden.

MORISSE ET AL. (1995) konnten während der Enthornung bei den Kälbern ohne Leitungsanästhesie eine signifikant höhere Intensität schmerzanzeigende Verhaltensweisen wie Schwanzwedeln, Rückwärtsgehen und Niederstürzen gegenüber den Kälbern feststellen, die mit einem Lokalanästhetikum enthornt wurden.

Nach der Enthornung wurden insgesamt 15 Verhaltensparameter (Stehen/Laufen, Liegen, Schlafen, Nahrungsaufnahme, apathisches Verhalten, Aufkrümmung des Rückens, Drängen, Rückwärtsgehen, Schwanzschlagen, Sich-belecken, Kopfschütteln, Ohrwackeln, Kopfreiben, Kopfkratzen und Aufstampfen) erfasst und in die Auswertung einbezogen. Allerdings waren die Verhaltensweisen apathisches Verhalten, Aufkrümmung des Rückens, Drängen und Kopfreiben nach der Enthornung nicht bzw. nur sehr selten zu beobachten. So konnten in über 96 % der Beobachtungseinheiten (Stunden) diese Verhaltensweisen nicht beobachtet werden. Tiere mit einer hohen Dosis Xylazin verbrachten ca. 90 % der ersten Stunde nach der Enthornung im Liegen, wobei davon ein hoher Anteil geschlafen wurde. In dieser Zeit konnten bei diesen Tieren die untersuchten Verhaltensweisen dementsprechend nur sehr selten beobachtet werden. Bei den Verhaltensweisen Kopfschütteln, Schwanzschlagen und Ohrwackeln zeigten die Behandlungsgruppen A und C die höchsten Wahrscheinlichkeiten des Auftretens der Verhaltensweisen in der ersten Beobachtungsstunde, bei der Verhaltens-



weise Kopfkratzen die Behandlungsgruppen A und F. Bezüglich der Verhaltensweisen Rückwärtsgehen und Aufstampfen konnten lediglich Zusammenhänge zur Xylazindosis, aber keine Zusammenhänge zur Gabe eines Lokalanästhetikums bzw. eines NSAID beobachtet werden.

GRAF UND SENN (1999) erfassten nach der Enthornung die Verhaltensweisen Rückwärtsgehen, Kopfstoßen gegen Artgenossen, Nahrungsaufnahme und Kopfschütteln. Tiere ohne Leistungsanästhesie zeigten in der ersten Stunde nach Enthornung signifikant häufiger Rückwärtsgehen sowie Kopfschütteln gegenüber den Kälbern mit Leistungsanästhesie.

TASCHKE UND FÖLSCH (1997) konnten in der ersten Stunde nach der Enthornung (ohne Schmerzmanagement) vermehrt apathisches Stehen, Rückwärtsgehen, Kopfschütteln sowie Reibe- bzw. Schlagbewegungen der Hintergliedmaße Richtung Kopf beobachten. Weiterhin war in den ersten drei Stunden nach Enthornung eine signifikant erhöhte Unruhe festzustellen. Gleichzeitig kam es zu einer signifikanten Reduktion von Nahrungsaufnahme-, Körperpflege-, Sozial- und Erkundungsverhalten.

HUBER ET AL. (2013) erfassten im Rahmen der Beobachtung von Kälbern nach der Enthornung die Verhaltensweisen Kopfschütteln und Kopfkratzen. Diese wurden dabei signifikant häufiger nach der Enthornung, die in allen Versuchsgruppen unter Leitungsanästhesie erfolgte, gegenüber den Tieren der Kontrollgruppe (Scheinenthornung) gezeigt. Am häufigsten zeigten Tiere ohne Schmerzmittelmedikation diese beiden Verhaltensweisen. Aufstampfen mit dem Fuß, Vokalisieren und abgesenkte Kopfhaltung wurden dagegen nur selten beobachtet.

KAHRER ET AL. (2005) erfassten eine Vielzahl von Verhaltensweisen in die ethologische Beurteilung von Kälbern in den ersten vier Stunden nach der Enthornung (mit einem Thermokauter oder einem buddex®-Enthornungsgerät) bzw. Enthornungssimulation mit und ohne Leitungsanästhesie bzw. Sedation. Zwei Stunden nach Enthornung konnte bei den Kälbern, die unter Sedierung und Leitungsanästhesie per Thermokauter enthornt wurden, signifikant seltener Kopfkratzen und Kopfschütteln beobachtet werden, als bei Kälbern mit Lokalanästhesie aber ohne Sedation. KAHRER ET AL. (2005) führen dies auf eine längere Wirkung des Sedativums zurück. Bei der Enthornung mit dem buddex®-Enthornungsgerät (mit und ohne Leitungsanästhesie sowie mit bzw. ohne Sedation; Alter 5. bis 13. Lebensstag) zeigten die Kälber der Versuchsgruppe ohne Leitungsanästhesie (und ohne Sedation) signifikant häufiger eine gesenkte Kopf-Hals-Haltung, ein apathisches Verhalten, ein aufgezoogenes Abdomen, Leerkauen, hängende Ohren, halbgeschlossene Lider, Schwanzschlagen sowie Flotzmaullecken (1. Beobachtungsstunde). Zusätzlich konnte in der 4. Beobachtungsstunde bei den nicht betäubten Tieren signifikant häufiger Kopfschütteln und Flotzmaullecken beobachtet werden.

JONGMANS (2011) beurteilte unter praktischen Gesichtspunkten Unruhe (häufiges Aufstehen und Ablegen), vermehrtes Schwanzwedeln, Reiben des Kopfes an Gegenständen sowie verminderte Futteraufnahme als Schmerzzeichen und fand sie als Beurteilungskriterien für Belastungen im Zusammenhang mit der Enthornung als sinnvoll.

STILWELL ET AL. (2012) beschrieben Kopfreiben, Kopfschütteln und Ohrwackeln als geeignete Verhaltensweisen zur Beurteilung der auftretenden Schmerzen nach der thermischen Enthornung. Kälber, die kein Schmerzmanagement bzw. nur eine Leitungsanästhesie erhielten, zeigten drei bzw. sechs Stunden nach der Enthornung mehr Ohrwackeln und Kopfreiben verglichen mit den scheinenthornten bzw. Tieren unter Leitungsanästhesie und einem NSAID (Ketoprofen). Ähnliche Ergebnisse konnten auch FAULKNER UND WEARY (2000) erzielen. Kälber mit Leitungsanästhesie und Sedation (aber ohne Ketoprofen) zeigten nach der Enthornung signifikant mehr Kopfschütteln, Ohrwackeln und Kopfreiben als Kälber, die zusätzlich Ketoprofen erhielten.

MORISSE ET AL. (1995) bezogen in ihre Untersuchungen von Kälbern nach der thermischen bzw. chemischen Enthornung die Verhaltensparameter Self Grooming, Reiben an Gegenständen, soziale Verhaltensweisen agonistisches Verhalten, Sexualverhalten, Kopf- und Körperkontakt, Saugen, Spielen, Aufstehen-Hinlegen sowie Verhaltensweisen mit direktem Bezug zur Enthornung wie Kopfkratzen mit den Hintergliedmaßen und Kopfschütteln ein. Bei thermisch enthornten Kälbern mit Leitungsanaästhesie war ein Trend zu weniger Self

Grooming, Reiben und mehr Kopfschütteln gegenüber Kälbern zu beobachten, die ohne Lokalanästhetikum enthornt wurden. Die Autoren vermuten, dass bedingt durch die kurze Wirkung der Leitungsanästhesie Unterschiede im Verhalten über vier Stunden nach Enthornung nicht so deutlich dargestellt werden konnten.

In den vorliegenden Untersuchungen konnte ein Effekt durch das NSAID nur bedingt beobachtet werden. Nach der Enthornung zeigte sich bei der Verhaltensweise Kopfschütteln kein Unterschied zwischen den Behandlungsgruppen mit und ohne NSAID. Trotz nachlassender Wirkung des Lokalanästhetikums bzw. des Sedativums konnten in den Gruppen E (LA +, SED-, NSAID-) bzw. H (LA-, SED++, NSAID-) ebenso wie in den Gruppen D (LA+, SED-, NSAID+) und G (LA-, SED++, NSAID+) eine Zunahme der Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Verhaltensweisen in den Stunden 2 bis 4 unabhängig von der Gabe eines NSAID beobachtet werden.

Dagegen war bei den Kälbern der Behandlungsgruppen E und H (ohne NSAID) in der 3. Beobachtungsstunde bei der Verhaltensweise Kopfkrazen ein deutlicher Anstieg zu beobachten. In den Behandlungsgruppen D und G (mit NSAID) zeigte sich dagegen nur ein geringer Anstieg.

## 4.2 Cortisolkonzentration im Serum der Kälber

Zur Beurteilung der Belastung durch die thermische Enthornung beim Kalb wurde in den meisten Studien die Konzentration des Stresshormons Cortisol als objektiver Parameter bestimmt (ALLEN ET AL. 2013, COETZEE ET AL. 2012, DUFFIELD ET AL. 2010, HEINRICH ET AL. 2009, HUBER ET AL. 2013, MEHNE ET AL. 2013, MILLIGAN ET AL. 2004, STILWELL ET AL. 2010, TASCHKE UND FÖLSCH 1997). Auch Schmerz ist ein starker Aktivator der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse und fördert die Ausschüttung von Stresshormonen. Deshalb kann deren Konzentrationserhöhung als Schmerzindikator herangezogen werden. Da kurzzeitige Änderungen des Hormonspiegels im Blut gut darstellbar sind, wurde die Cortisolkonzentration im Blutserum bestimmt.

Im Verlauf des Versuches zeigte sich bei allen Tieren vom ersten Tag des Handlings bis zum Enthornungstag ein deutliches Absinken der Serumcortisolkonzentration. Dies war auf eine Gewöhnung der Kälber an die Personen und das Handling zurückzuführen. In einer Studie mit mehrmaligen Blutentnahmen bei Milchkühen stellten HOPSTER ET AL. (1999) fest, dass durch eine Gewöhnung an die Manipulationen Stressreaktionen reduziert werden können und das Handling nach einer Habituation keinen Einfluss mehr auf die gemessene Cortisolkonzentration hat. Somit kann man von einer Habituation der einbezogenen Versuchskälber an die Versuchsbedingungen (Fixation, Blutentnahmen über Katheter) ausgehen. Der Cortisolgehalt im Serum am Morgen des Enthornungstages (Zeitpunkt -60 min am Tag 0) wurde deshalb als Basalwert angesehen.

Ein sehr großer Unterschied bestand zwischen den mittleren Cortisolkonzentrationen der beiden Altersgruppen. Die im Serum gemessenen Werte lagen bei den jüngeren Tieren (AG 1) im Mittel 2,5- bis 4,4-mal höher als die der älteren Tiere. Auch in anderen Studien wurden bei über vier Wochen alten Kälbern im Durchschnitt maximal zwischen 10 und 18 ng/ml im Blutserum gemessen (MORISSE ET AL. 1995, GRAF UND SENN 1999, STEINHARD 2006), ähnlich den Werten der Altersgruppe 2. Die Cortisolwerte der jüngeren Kälber in dieser Untersuchung lagen zu allen Zeitpunkten darüber. Auch in einer Studie von ROBERTSON ET AL. (1994) wurden in den Kontrollgruppen ohne Eingriff höhere Plasmacortisolwerte bei sechs Tage alten Kälbern (36 nmol/l bzw. 13 ng/ml) gemessen gegenüber Kälbern mit einem Alter von 21 Tagen (31 nmol/l bzw. 11 ng/ml) bzw. 42 Tagen (23 nmol/l bzw. 8 ng/ml).

Eine mögliche Erklärung dafür ist eine bei jungen Individuen physiologisch höhere Stoffwechselaktivität, die erst mit zunehmendem Alter absinkt. Diese Altersabhängigkeit betrifft auch die Konzentration von stoffwechselregulativen Hormonen wie Cortisol (HART 2012). MILLIGAN ET AL. (2004) konnten einen negativen Zusammenhang zwischen Alter und Cortisolspiegel feststellen (Alter zwischen zwei Tagen und zwei Wochen). So wiesen die jüngeren Kälber signifikant höhere Serumcortisolwerte gegenüber den älteren Kälbern auf. Auch

bei KAHNER ET AL. (2005) zeigten die jüngeren Kälber (5 bis 13 Lebenstage) zwei Stunden vor Versuchsbeginn signifikant höhere Serumcortisolspiegel als die älteren in der 3. bis 5. Lebenswoche.

Für den Vergleich der verschiedenen Behandlungsgruppen war der Verlauf des Serumcortisols am Enthornungstag von besonderer Bedeutung. Auffallend war der starke Anstieg der Cortisolkonzentration bei den sedierten Kälbern mit hoher Xylazindosis, weshalb diese zunächst getrennt von den übrigen Gruppen betrachtet wurden.

Ausgehend vom Basalwert 60 Minuten vor Enthornung stieg der Cortisolspiegel bei allen Gruppen ohne bzw. mit niedriger Sedation nach den Injektionen der drei Medikamente bzw. Placebo leicht an. 30 Minuten nach Enthornung zeigten die Kälber der Behandlungsgruppen A, C und F (keine Leitungsanästhesie) einen deutlichen, zum Teil auch signifikanten Anstieg des Cortisolwertes gegenüber den Werten unmittelbar vor der Enthornung, während bei Tieren mit lokaler Schmerzausschaltung sowie scheinenthornete Kälber ein niedrigerer Serumcortisolgehalt gemessen werden konnte. Diese Unterschiede waren in Altersgruppe 2 deutlicher als bei den jüngeren Tieren (AG 1). Dies weist darauf hin, dass Kälber mit Leitungsanästhesie des Ramus cornualis den unmittelbaren Eingriff als weniger stressig und schmerzhaft empfanden im Vergleich mit Tieren ohne unmittelbare lokale Schmerzausschaltung.

STAFFORD UND MELLOR (2005) verwiesen auf einen deutlichen Cortisolanstieg ca. 30 Minuten nach der Enthornung, der auf den akuten schmerzbedingten Stress durch die Enthornung zurückzuführen war. Durch eine Leitungsanästhesie kann dieser deutliche Cortisolanstieg verhindert bzw. abgeschwächt werden (TASCHKE UND FÖLSCH 1997, GRAF UND SENN 1999, GRONDAHL-NIELSEN ET AL. 1999, STILWELL ET AL. 2009).

DOHERTY ET AL. (2007) konnten bei der thermischen Enthornung von 10 bis 12 Wochen alten Kälbern in allen Gruppen unabhängig von der Schmerzbehandlung 30 Minuten nach Enthornung die höchste Cortisolkonzentration feststellen. BALLOU ET AL. (2012) beobachteten ebenfalls 30 Minuten nach Enthornung einen rapiden Cortisolanstieg.

Zwischen 30 Minuten und 60 bis 90 Minuten nach der Enthornung kam es in der vorliegenden Studie zu einem sichtbaren Absinken der Serumcortisolspiegel. In einigen Behandlungsgruppen sank die Konzentration unterhalb des Basalwertes (60 min vor Enthornung). Das ist ein Hinweis auf ein nur kurzes Andauern einer akuten Stressantwort bei der thermischen Enthornung. Diese Beobachtung deckt sich mit Ergebnissen anderer Studien (PETRIE ET AL. 1996, STAFFORD UND MELLOR 2005). Bei GRAF UND SENN (1999) hatten die Cortisolwerte bei den unter Lokalanästhesie (Leitungsanästhesie + Infiltrationsanästhesie um den Hornansatz) thermisch enthornten Kälbern nach einer Stunde die Ausgangswerte erreicht, die Kälber ohne Anästhesie aber mit Enthornung erst nach ca. zwei Stunden. Bei chirurgischer Enthornung älterer Kälber wurde bei alleiniger Verwendung eines Lokalanästhetikums ein verzögerter Cortisolanstieg in den ersten zwei Stunden nach Enthornung beschrieben, der auch wesentlich länger anhielt (ca. sechs bis acht Stunden) (PETRIE ET AL. 1996, SYLVESTER ET AL. 1998).

Zwei bis sechs Stunden nach Enthornung stiegen die Cortisolwerte in beiden Altersgruppen auch in der vorliegenden Untersuchung wieder geringgradig an. Bei unter Lokalanästhesie enthornten Kälbern konnten GRAF UND SENN (1999) einen Cortisolanstieg zwischen zweiter und dritter Stunde nach Enthornung beobachten. In der vorliegenden Studie zeigten die Kälber der Positivkontrolle (BG A) der Altersgruppe 2 bis zwei Stunden nach Enthornung signifikant höhere Cortisolwerte als die meisten anderen Behandlungsgruppen mit unterschiedlichen Komponenten des Schmerzmanagements.

Ein verzögerter Cortisolanstieg wird auf entzündungsbedingte Schmerzen zurückgeführt, die auf die Enthornungswunde zurückzuführen sind. Durch den Einsatz von langwirkenden schmerstillenden und entzündungshemmenden Medikamenten kann ein verzögerter Cortisolanstieg verhindert werden. Da Lokalanästhetika nur eine zeitlich begrenzte Wirksamkeit aufweisen (Isocain 30 bis 60 Minuten), reduzieren sie nur den initialen Cortisolanstieg. McMEEKAN ET AL. (1998), VETIDATA (2018) konnten mit Leitungsanästhesie und der Gabe von Ketoprofen (nichtsteroidales Antiphlogistika mit schmerzlindernder und entzündungshemmender Wirkung) gleiche Cortisolkonzentrationen nach der Enthornung beobachten wie bei den scheinenthorneten Kälbern.

Nach leichtem Anstieg in der ersten Stunde nach dem Eingriff fiel der Cortisolspiegel zurück auf den Basalwert. Der Cortisolanstieg war bei Enthornung mit Lokalanästhetikum und Ketoprofen signifikant geringer als bei Kälbern, die nur ein Lokalanästhetikum erhielten.

Die signifikant höhere Cortisolkonzentration der Positivkontrollgruppe 90 Minuten nach Enthornung (AG 2) gegenüber den Tieren, die nur ein NSAID erhalten hatten (BG C), könnte auf die postoperative Wirkung des Schmerzmittels zurückzuführen sein. Beim Vergleich der anderen Behandlungsgruppen konnte in der vorliegenden Studie kein signifikanter Effekt der Gabe von Meloxicam auf die Ausschüttung des Stresshormons nachgewiesen werden. Bezüglich der Erhöhung des Cortisolspiegels nach zwei bis sechs Stunden muss darauf verwiesen werden, dass in der dritten bzw. vierten Stunde nach Enthornung meist die Tränkung der Tiere erfolgte, die für die Kälber mit Erregung verbunden war.

Auffällig in dieser Studie war ein deutlicher Cortisolanstieg der hoch sedierten Tiere (BG G, H und I) in beiden Altersgruppen bereits zwei Minuten vor der Enthornung. Die Cortisolwerte waren dabei signifikant höher gegenüber den beiden Kontrollgruppen. Die erhöhten Cortisolwerte zeigten sich auch noch 30 Minuten nach der Enthornung. Eine mögliche Erklärung dafür könnte eine direkte oder indirekte Wirkung des Sedativums Xylazin auf das Stresshormon sein. STARKE UND MONTEL (1973) verweisen auf eine ausgeprägte sympathomimetische Wirkung des Anästhetikums Ketamin. Möglicherweise bewirkt auch Xylazin als Alpha-2-Mimetikum einen ähnlichen reflektorischen Anstieg des Stresshormons Cortisol. Eine niedrige Dosierung (0,05 mg/kg) scheint diesen Effekt nicht auszulösen.

STECKELER (2016) konnte bei ihren Untersuchungen zum „Einfluss von Ketamin auf die Cortisolkonzentration im Plasma von Kälbern“ bereits nach der Prämedikation mit Xylazin ein signifikanter Anstieg des Cortisolspiegels feststellen. Sie vermutet, dass durch die Sedation das Bewusstsein der Tiere nicht komplett ausgeschaltet wird, aber eine adäquate Reaktion auf ihre Umgebung verhindert. Von einem stressbedingten Cortisolanstieg unter Xylazinwirkung durch Handling gehen auch STILWELL ET AL. (2010) aus, die in ihrer Studie bei sedierten Kälbern ebenfalls erhöhte Plasmacortisolwerte vor der Enthornung feststellen konnten. Eine weitere Erklärung könnte in der Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse als physiologische Reaktion des Körpers auf den durch Xylazin bedingten plötzlichen Blutdruckabfall, die sinkende Herzfrequenz und die Dämpfung des zentralen Nervensystems liegen.

Ausgehend von den Ergebnissen der vorliegenden Studie kann STILWELL ET AL. (2010) zugestimmt werden, dass sich Cortisol als Parameter zur Beurteilung von Belastungen im Zusammenhang mit schmerzhaften Eingriffen bei Verwendung hoher Xylazindosen nur bedingt eignet.

## 4.3 Messung der Hornanlagen

Während sich in den vorliegenden Untersuchungen bis zum 7. Lebenstag eine mehr oder weniger deutliche Zunahme der Größe der Hornanlage zeigte, kam es später nur noch zu geringfügigen Veränderungen im Millimeterbereich.

Die Sichtbarkeit der Hornanlagen verbesserte sich ab dem 4. Lebenstag deutlich bis zur 3. Lebenswoche. So betrug der Anteil der sehr gut bzw. gut sichtbaren Hornanlagen in der 3. bzw. 4. Lebenswoche knapp 70 %. Als mindestens „mittelgradig sichtbar“ wurden bereits in der ersten Lebenswoche 87 % der Hornanlagen, in der 4. Lebenswoche 90 % eingestuft.

Bei der Fühlbarkeit kam es ebenfalls bis zum 7. Lebenstag bzw. bis zur 3. Lebenswoche zu einer besseren Bewertung der Hornanlagen. Zu keinem Zeitpunkt der Untersuchung wurde eine Hornanlage mit „nicht fühlbar“ bewertet.

Letztendlich kann eingeschätzt werden, dass ab der zweiten Lebenswoche eine sichere Lokalisierung der Hornanlagen möglich ist. Neben dem Scheren der entsprechenden Bereiche am Kopf ist dazu auch eine ausreichende Erfahrung erforderlich. Dagegen verweisen KAHRER ET AL. (2005) darauf, dass speziell innerhalb der

ersten zwei Lebenswochen und besonders bei weiblichen Tieren die Hornknospen nur undeutlich und zum Teil kaum bis gar nicht fühlbar waren. Die Autoren bezweifeln deshalb die Sinnhaftigkeit des Enthornens innerhalb der ersten zwei Lebenswochen.

GASTEINER UND HÄUSER (2006) hatten 23 weibliche Kälber bis zu einem Alter von zwei Lebenswochen mit einem Buddex-Enthornungsgerät für Kälber enthornt und dabei festgestellt, dass die Hornknospen in diesem Alter insgesamt nur sehr schwach ausgebildet waren.

Im Gegensatz dazu konnten in den vorliegenden Untersuchungen auch die Kälber der Altersgruppe 1 nach der sicheren Lokalisation der Hornanlagen ohne Probleme enthornt werden. Auch MEHNE ET AL. (2013) hatten Kälber ab dem zweiten Lebenstag in ihre Studie sicher thermisch enthornt.

## 4.4 Klinische Untersuchung

Die vorliegende Studie zeigt, dass signifikante Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Altersgruppen hinsichtlich der Entwicklung von Fieber bestehen ( $p = 0,048$ ). Dabei ist es 1,54-mal wahrscheinlicher, dass ältere Tiere (Enthornung zwischen dritter und vierter Lebenswoche) Fieber entwickeln im Vergleich zu jüngeren Kälbern. Eine mögliche Ursache sehen die Autoren in der Aufstallungsform der Kälber. Die jüngeren Tiere waren in Einzelboxen aufgestellt und wurden erst zu einem späteren Zeitpunkt in die Gruppenhaltung überführt. STEINHARDT (2006) konnte zeigen, dass die Rektaltemperatur nach Enthornung mit Xylazin auch vom Alter abhängig ist. Er führt die unterschiedlichen Änderungen in der Körpertemperatur auf die unterschiedliche Entwicklungsqualität im Patientengut zurück.

VASSEUR ET AL. (2014) fanden dem gegenüber deutlich erniedrigte Körpertemperaturen nach Enthornung mit Xylazin und nennen als Grund dafür die noch nicht vollständig ausgebildete Fähigkeit zur Thermoregulation bei Kälbern fünf Tage post partum.

Auch die Behandlung zur Enthornung (Behandlungsgruppe) zeigte mit  $p = 0,095$  eine schwache Tendenz, die Entwicklung von fieberhaften Körpertemperaturen zu beeinflussen. Mittels der Odds Ratio konnten allerdings keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungsgruppen identifiziert werden.

In der vorliegenden Untersuchung entwickelten Tiere, die lediglich eine simulierte Enthornung durchliefen (BG B; scheinenthornt) signifikant weniger häufig respiratorische Erkrankungen als Tiere der Behandlungsgruppen A, C, D, E, G und H. Dies untermauert die Bedeutung der Enthornung als Stressor für die Gesundheit der Tiere. Der Zusammenhang zwischen Stress und Veränderungen in der Physiologie von Tieren ist gut untersucht. So hatten Tiere, die nicht gestresst waren, als Reaktion auf eine Infektion etwa doppelt so viele Granulozyten in der tracheobronchalen Lavage wie gestresste Kälber (BINKHORST ET AL. 1990). Dies kann auf eine reduzierte Immunantwort gegenüber respiratorischen Infektionen gestresster Kälber hindeuten. HOFFORD ET AL. (1996) konnten einen Anstieg der Katecholaminkonzentration (Norepinephrin, Epinephrin) während einer experimentellen Infektion im Lungengewebe von Schafen zeigen, ANDERSON UND ARMSTRONG (2008) wiesen in einer in vitro Untersuchung ein deutlich gesteigertes Wachstum von *Bordetella bronchiseptica* in Anwesenheit von Norepinephrin nach. Unter Stress steigt die Konzentration von Katecholaminen im Blut (Neurotransmitter im vegetativen und zentralen Nervensystem), was BOZZO ET AL. (2018) an einer Untersuchung zur Schlachtung nachweisen konnten. MAIER (1994) zeigte in einer Studie einen direkten Zusammenhang zwischen Stress und dem Anstieg von ACTH und Cortisol beim Rind. Bereits ältere Studien (SELYE 1951) konnten bei Ratten einen Zusammenhang zwischen diesen Hormonen und dem Anstieg systemischer Infektionen, vor allem der Lunge und Pleura nachweisen. Unter natürlich vorkommenden Bedingungen wird dieser Effekt allerdings durch Somatotropin (STH) konterkariert. Es ist also anzunehmen, dass die Enthornung als Stressor negativen Einfluss auf die Infektabwehr der Kälberlunge nimmt.

Diese Hypothese wird weiter erhärtet, wenn man sich die Risiken der enthornten Gruppen anschaut. Mit einer Wahrscheinlichkeit von nur 0,59 blieben in dieser Studie die ohne Schmerzmanagement enthornte Kälber

lungengesund. Das Risiko einer respiratorischen Erkrankung lag damit bei 41 % gegenüber 11,3 % bei den scheinenthornen Tieren. Im Vergleich zu den anderen Gruppen hatten Tiere der Gruppe A das höchste Risiko zu erkranken. Abgeschwächt wurde dieses Risiko durch die verschiedenen Varianten des Schmerzmanagements zur Enthornung ( $p = 0,055$ ). Tiere, die eine Leitungsanästhesie erhielten (BG D, E, und I), hatten gegenüber Tieren der Behandlungsgruppe A eine höhere Chance, nicht am Respirationstrakt zu erkranken (0,67 bis 0,76 gegenüber 0,59).

GRAF UND SENN (1999) zeigten, dass ACTH und Vasopressin bei Tieren ohne Leitungsanästhesie signifikant erhöht sind im Vergleich zu Tieren, die mit Leitungsanästhesie enthornt wurden. ACTH und Vasopressin sind Vertreter der neuroendokrinen Stressantwort. Dies zeigt, dass die lokale Anästhesie den Stress auf die Kälber und damit ein mögliches Risiko einer Infektion effektiv reduziert. Einige Autoren berichten von einer kompletten Ausschaltung des Schmerzes (GRONDAHL-NIELSEN ET AL. 1999), während andere (HEINRICH ET AL. 2009) trotz Lokalanästhesie steigende Atemfrequenzen und Stresshormonkonzentrationen nachweisen konnten. GRONDAHL-NIELSEN ET AL. (1999) sowie DOHERTY ET AL. (2007) verwendeten zusätzlich zur Anästhesie des Ramus cornualis auch noch einen Ringblock um die Hornanlage. Möglicherweise gewährleistet die einfache Leitungsanästhesie keine komplette Schmerzausschaltung (DOHERTY ET AL. 2007). STEWART ET AL. (2009) beobachteten in Ihrer Studie eine schlagartig abfallende Augentemperatur etwa zwei Stunden nach Enthornung, die sie als einsetzenden Schmerz und Stress beim Nachlassen der Leitungsanästhesie bewerten. Das Abklingen der Lokalanästhesie nach zwei bis drei Stunden sowie eine potentiell nicht vollständige Anästhesie ohne Ringblock und der damit verbundene Schmerz bzw. Stress könnte erklären, warum Tiere, die ausschließlich eine Leitungsanästhesie erhielten, im Vergleich zu anderen Gruppen dennoch höhere Erkrankungsrisiken zeigten (Tabelle 8).

HEINRICH ET AL. (2009) untersuchten in ihrer Studie den Effekt von Meloxicam und Lokalanästhesie im Vergleich zu der alleinigen Anwendung der Lokalanästhesie. Kälber, die im Rahmen ihrer Untersuchung enthornt wurden (beide Gruppen), zeigten im Vergleich zu scheinenthornen Tieren deutlich gesteigerte Atemfrequenzen. Bei unter Meloxicam enthornten Tieren war dieser Effekt nicht so stark ausgeprägt, wenn auch nicht statistisch signifikant. Diese Ergebnisse konnten auch in der vorliegenden Studie bestätigt werden. Behandlungsgruppe D (Meloxicam und Leitungsanästhesie) zeigte gering verbesserte Chancen hinsichtlich der Gesundheit des Respirationstraktes (70 % gegenüber 67 % bei BG E (nur Leitungsanästhesie)).

COETZEE ET AL. (2012) untersuchten die Wirkung von Meloxicam, ohne dass die Tiere zur Enthornung eine Leitungsanästhesie erhielten. Sie verweisen auf zwei durch die Enthornung ausgelöste Schmerzzustände. Dies betrifft zum einen den akuten Schmerz infolge des unmittelbaren Eingriffs, zum anderen den durch die nachfolgende Entzündung verursachten Schmerz. Sie wiesen signifikant niedrigere Konzentrationen von Substanz P bei Tieren nach, welche zur Enthornung Meloxicam erhielten. Tiere, die in der vorliegenden Studie nur Meloxicam erhielten (BG C), zeigten verbesserte Chancen gegenüber Behandlungsgruppe A (keine Schmerzmedikation) hinsichtlich der Lungengesundheit (68 % gegenüber 60 %).

Kälber, die in dieser Studie ausschließlich unter dem Einfluss von Xylazin enthornt wurden (BG H), zeigten das zweithöchste Risiko, respiratorische Erkrankungen zu entwickeln (KW 0,63) und unterschieden sich damit nicht wesentlich von den Tieren, die ganz ohne Schmerzmanagement enthornt wurden (KW 0,6). In einer Studie zur Enthornung unter Xylazin stellten Steinhardt et al. (2006) fest, dass Xylazin die atmungsassoziierten Parameter Sauerstoffkapazität ( $O_2CAP$ ), Sauerstoffgehalt ( $O_2CONT$ ), pH-Wert und Basenüberschuss (BE) senkte und den Kohlendioxidpartialdruck ( $pCO_2$ ) erhöhte bedingt durch eine verminderte alveoläre Ventilation und eine verringerte Elimination von Kohlendioxid. Dies steht in Einklang mit Ergebnissen von MEYER ET AL. (2010), REHAGE ET AL. (1994) sowie RIOJA ET AL. (2008). Letztere verwiesen auf eine gesteigerte intrapulmonale Shuntfunktion, die sie während der Sedation mit Xylazin feststellten.

Bei Schafen kann Xylazin ein Lungenödem (KÄSTNER ET AL. 2007) sowie Endothelschäden und möglicherweise Atelektasen (KOZIOL 2011) induzieren, wie man sie auch im Falle experimentell ausgelöster Infektionen findet (HOFFORD ET AL. 1996).

Ob die veränderten Merkmale des Respiationsapparates unter Wirkung von Xylazin Einfluss auf das Infektgeschehen der Lunge nehmen, kann nur vermutet werden. Es wird aber davon ausgegangen, dass der durch die Enthornung verursachte Stress nicht allein für das schlechte Abschneiden der Gruppe H verantwortlich war, sondern die veränderten respiratorischen Parameter wahrscheinlich eine reduzierte Infektabwehr begünstigten. Eine Zugabe von Meloxicam bei Tieren mit hoher Xylazindosis kann das Risiko von Erkrankungen am Atmungsapparat reduzieren. Die Chance nicht zu erkranken, lag für Tiere der Behandlungsgruppe G (nur Xylazin) bei einer kumulativen Wahrscheinlichkeit von 0,69 gegenüber 0,63 (BG H: Xylazin + Meloxicam).

Lediglich die Behandlungsgruppe F (Sedation in niedriger Dosierung und Meloxicam) sowie die Behandlungsgruppe I (Sedation in hoher Dosierung, Meloxicam und Lokalanästhesie) zeigten keinen signifikanten Unterschied in Erkrankungsintensität und Erkrankungshäufigkeit zu den scheinenthornen Tieren bezogen auf respiratorische Erkrankungen. Die kumulativen Wahrscheinlichkeiten für eine Bewertung der Lungengesundheit mit 0 bis 2 (gesund) lagen für die Behandlungsgruppen B, F und I zwischen 76 % bis 89 %.

Das gute Abschneiden von Behandlungsgruppe F (KW 0,80, signifikant besser als Behandlungsgruppe A: OR 0,35) wird zum einen durch den vermutlich Stress reduzierenden Effekt der Sedation initiiert sowie durch die entzündungshemmende und schmerzmildernde Wirkung von Meloxicam. Mögliche negative Einflüsse auf den Respirationstrakt durch Xylazin scheinen bei diesen Tieren durch die relativ geringe Dosierung von 0,05 mg/kg abgeschwächt oder aufgehoben zu sein. Allerdings zeigten diese Tiere während der Enthornung deutliches Schmerzverhalten (Fehlen der Leitungsanästhesie, nur mäßige analgetische Wirkung bei dieser niedrigen Dosis Xylazin).

Behandlungsgruppe I (multimodales Schmerzmanagement: Sedation in hoher Dosierung, Meloxicam, Leitungsanästhesie) zeigte als einzige Gruppe keine signifikant erhöhten Risiken respiratorischer Erkrankungen im Vergleich zu scheinenthornen Tieren sowie ein gutes Maß an Sedation und Analgesie während der Enthornung. Es wird davon ausgegangen, dass (trotz eines möglicherweise negativen Einflusses von Xylazin auf die Infektabwehr der Lunge) diese Medikation als Einzige den kurz- sowie langfristigen Stress auf die Tiere effektiv reduziert, was in einer niedrigen Rate an respiratorischen Erkrankungen mündet, die mit den scheinenthornen Tieren vergleichbar ist.

Ein Einfluss des Alters der Tiere zur Enthornung auf die Gesundheit des Respirationstraktes konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden.

Für die Ausprägung der klinischen Merkmale Verdauung, Vena jugularis, Nabel sowie sonstige Merkmale war ebenfalls kein Einfluss des Schmerzmanagements der Enthornung oder des Alters nachweisbar

## 4.5 Evaluierung der Wundheilung

In der vorliegenden Studie wurde der Ausgangszustand nach Enthornung vor allem durch die vorhergehende Enthornung und das Verhalten der Tiere während der Enthornung determiniert, da die Tiere zur Enthornung nicht in einem Zwangsstand fixiert waren, sondern lediglich durch Hilfspersonal gehalten wurden. Kennzeichnend waren Merkmale, die auf den direkten Eingriff der Enthornung zurückgeführt werden konnten (Rundheit der Wunde, Vollständigkeit des entfernten Gewebes usw.) sowie sich anschließende Prozesse der beginnenden Entzündung (Wundschwellung, Wundödem, Exsudat). Naturgemäß ist die Enthornung am einfachsten (und schnellsten) durchzuführen, wenn die Tiere kein Abwehrverhalten (und damit auch kein Schmerzverhalten) zeigen. Verschiedene Autoren beschreiben unterschiedliches Verhalten der Tiere je nach Schmerzmanagement. STILWELL ET AL. (2010) beschrieben, dass Tiere unter alleiniger Xylazinsedation mehr Abwehrverhalten zeigten als Tiere, die zusätzlich eine Lokalanästhesie erhielten. DOHERTY ET AL. (2007) beschrieben erhöhtes Schmerz- und Abwehrverhalten bei Kälbern während der Enthornung, welche kein Lokalanästhetikum erhielten im Vergleich zu Tiere mit einer Lokalanästhesie, ebenso TASCHKE UND FÖLSCH (1997). Den Effekt von Meloxicam auf Kälber während der Enthornung untersuchten COETZEE ET AL. (2012). Sie konnten

darstellen, dass Tiere die unter Meloxicam enthornt wurden, dennoch einen Anstieg der Herzfrequenz zeigten. Der schmerz- und entzündungslindernde Effekt des Meloxicams setzt offensichtlich erst nach der Enthornung ein, der Schmerz durch die eigentliche Enthornung wird nicht beeinflusst.

Die Entwicklung des Wundödems sowie Entzündungsreaktionen beginnen bereits 5 bis 10 Minuten nach Entstehung einer Wunde (LITZKE ET AL. 2004). In der vorliegenden Studie zeigten jene Tiere den besten Ausgangszustand (d. h. die beste Wundheilung) in den ersten drei Tagen nach Enthornung, die sowohl eine Sedation in hoher Dosierung, eine Leitungsanästhesie sowie Meloxicam erhielten (Behandlungsgruppe I; KW 0,56, signifikante OR gegenüber BG A, C, E, F, H). Dies lag zum einen an der guten Durchführbarkeit der Enthornung (keine Abwehr bedingt durch Sedation und Leitungsanästhesie), zum anderen an der entzündungshemmenden Wirkung des Meloxicams. VAN DER SAAG ET AL. (2018) sowie ROBERTS ET AL. (2018) konnten zeigen, dass Meloxicam die Entzündungsreaktionen der Wunden bei Bullenkälbern nach der Kastration effektiv senkt. VIEGAS ET AL. (2007) konnten einen ähnlichen Effekt von Meloxicam für die Wundheilung bei Ratten darstellen.

In diesem Kontext erklärt sich auch, warum die Gruppen D und G als einzige keine signifikanten Unterschiede gegenüber Behandlungsgruppe I zeigten. Beide erhielten eine Medikation, welche das Abwehrverhalten zur Enthornung reduziert (BG D: LA; BG G: Sedation in hoher Dosierung) sowie Meloxicam, durch welches die anschließende Entzündung abgemildert wurde. Dennoch zeigte Behandlungsgruppe D mit einer kumulativen Wahrscheinlichkeit von 0,46 gegenüber Behandlungsgruppe G (KW: 0,34) deutlich weniger Komplikationen während der Phase des Ausgangszustandes. Die Leitungsanästhesie reduziert den Schmerz (und damit das Abwehrverhalten) besser als die Sedation in hoher Dosierung.

Die Behandlungsgruppen A, C, F und H zeigten niedrigere Wahrscheinlichkeiten für eine komplikationslose Wundheilung in dieser Phase. Es wird vermutet, dass ihnen dieser synergistische Effekt fehlte.

Die frühe Phase der Entzündung und Demarkation (etwa um den siebten Tag nach Enthornung) ist im Wesentlichen durch Exsudation und Schwellung gekennzeichnet (Abbildung 54). Gruppen, die zur Enthornung Meloxicam erhielten (BG C, D, G und I), schnitten in dieser Phase signifikant besser ab als die Behandlungsgruppen ohne Meloxicam. Behandlungsgruppe I prägte in der frühen Phase der Entzündung und Demarkation signifikant seltener Komplikationen aus als Behandlungsgruppe A (OR: 0,25), E (OR: 0,27), F (OR: 0,24) sowie H (OR: 0,37). Behandlungsgruppen C und D sind dabei immer noch den Behandlungsgruppen A, E und F überlegen (siehe OR Tabelle 12). Behandlungsgruppe G zeigte keine signifikant besseren oder schlechteren Chancen gegenüber den anderen Gruppen hinsichtlich der Ausprägung von Komplikationen.

Einzig Behandlungsgruppe F prägte trotz Meloxicam häufig Entzündungen aus. Als Grund wird der oft schlechte Ausgangszustand angenommen, der trotz Meloxicam zu einer gesteigerten Entzündungsreaktion führt. Mechanische Alterationen wie sie bei Tieren vorkommen, welche heftige Abwehrbewegungen zeigen, können ein Grund für die verzögerte Wundheilung oder die ausgeprägten Entzündungen sein (Kramer 2003). Bei Betrachtung der einzelnen Behandlungsgruppen, welche Meloxicam erhielten, weist Behandlungsgruppe I mit einer kumulativen Wahrscheinlichkeit von 0,71 die höchste Wahrscheinlichkeit auf, keine Komplikationen auszuprägen.

Die Phase der späten Entzündung und Demarkation zeichnet sich durch eine Heilung unter dem Schorf aus (LITZKE ET AL. 2004). In dieser Phase wurden nur wenige Komplikationen beobachtet. (auf globalem Niveau des F-Tests wurde kein Einfluss der Behandlung auf die Wundheilung festgestellt). Lediglich Behandlungsgruppe F zeigte auf versuchsbezogenem Niveau signifikant schlechtere Chancen als die Gruppen C und I auf einen ungestörten Heilungsverlauf (OR: 4,40, respektive 0,21). Filmar et al. (1989) beschrieben in ihrer Studie zur Laserchirurgie, dass thermisch alteriertes Material durch den Körper nur langsam abgebaut wird. Behandlungsgruppe F zeigte häufig einen bereits gestörten Ausgangszustand, bedingt durch die Abwehr zur Enthornung. Die Tiere lagen vor Beginn der Enthornung und standen während des Eingriffs häufig auf. Aufgrund dieser zusätzlichen Belastung wurde meist ein erneutes Brennen notwendig, sodass möglicherweise eine größere Menge thermisch alteriertes Material entstand, welches die Wundheilung verzögerte. Bei anderen



Gruppen, die ebenfalls deutliche Abwehr zeigten (BG A, C), war die enthornende Person auf diesen Zustand eventuell eher eingestellt, da die Tiere bereits standen.

In der Phase der Granulation war die Wunde zumeist vollständig von Granulationsgewebe gefüllt und epithelierte bereits vom Rand aus (Abbildung 57). Wie in der Phase zuvor nahm der Einfluss der Behandlung auf die Wundheilung ab, zeigte in der Phase der Granulation mit  $p = 0,056$  aber noch eine Tendenz, diese zu beeinflussen. Mittels der Odds Ratio zeigte sich, dass Behandlungsgruppe D in dieser Phase signifikant schlechtere Chancen auf einen ungestörten Heilungsverlauf hatte als die Behandlungsgruppen A (OR: 3,10), G (OR: 0,29), H (OR: 0,19) und I (OR: 0,32). Zusätzlich wies Behandlungsgruppe F signifikant schlechtere Chancen auf als Gruppe H (OR: 0,28). Eine Interpretation dieser Ergebnisse fällt aufgrund der guten Ergebnisse von Behandlungsgruppe D in den vorherigen Wundheilungsphasen schwer, eventuell sind einige wenige außergewöhnliche Merkmalsausprägungen in dieser Phase für das Ergebnis verantwortlich (zumindest auf globalem Niveau keine Signifikanz festgestellt wurde). Hier besteht noch weiterer Klärungsbedarf. Die übrigen Behandlungsgruppen befinden sich auf einem hohen Niveau und unterscheiden sich nicht mehr signifikant.

Die Art der Schmerzbehandlung hatte auf die Phase der Narbenbildung keinen Einfluss mehr. Ein großer Teil der Tiere war zu diesem Zeitpunkt bereits ausgeheilt.

## 4.6 Lebendmasseentwicklung

In der vorliegenden Studie zeigte in der Altersgruppe 1 die Behandlungsgruppe D (Meloxicam und Leitungsanästhesie) eine schwache Tendenz ( $p = 0,089$ ) gegenüber Behandlungsgruppe F (Sedation in niedriger Dosierung und Meloxicam), geringere Absatzgewichte sowie geringere tägliche Zunahmen auszuprägten. Für die Absatzgewichte gilt dies auch für Behandlungsgruppe I ( $p = 0,1$ ; Leitungsanästhesie, Meloxicam sowie Sedation in hoher Dosierung). Alle drei Gruppen erhielten ein lang wirksames NSAID (Meloxicam) und eine, den unmittelbaren Eingriff abmildernde Medikation (Sedation bzw. Leitungsanästhesie), sodass die unterschiedlichen Gewichtsentwicklungen nur schwer erklärbar sind. So wiesen in der Altersgruppe 1 neben den Behandlungsgruppe D und I auch die scheinenthorneten Kälber (BG B) ein niedriges Absatzgewicht auf.

Eventuell ergeben sich die Unterschiede aus den gering höheren Risiken der Tiere, respiratorische Erkrankungen zu entwickeln (siehe klinische Untersuchung). Allerdings konnte kein Unterschied in der Gewichtsentwicklung zu Behandlungsgruppen nachgewiesen werden, deren Erkrankungswahrscheinlichkeiten deutlich höher sind (BG A und H). Mit Überschreitungswahrscheinlichkeiten um 0,1 für die jüngeren Tiere und einem vollständigen Fehlen dieser Effekte in Altersgruppe 2 ist eine definitive Aussage über die klinische Bedeutung der Effekte fraglich. Eine Ursache für die Ergebnisse kann im Intervall zwischen den einzelnen Zeitpunkten der Gewichtserfassung liegen. Möglicherweise ist die Zeit zwischen der Enthornung und dem Absetzen zu lang gewählt und Einflüsse der Behandlung sind nicht mehr nachvollziehbar. COETZEE ET AL. (2012) konnten einen Einfluss von Meloxicam auf die täglichen Zunahmen nur in den ersten zehn Tagen nach der Enthornung nachweisen. Nach 19 Tagen Versuchszeitraum war dieser Effekt dagegen nicht mehr vorhanden. DUFFIELD ET AL. (2010) konnten ebenfalls eine Tendenz für höhere Futteraufnahme und tägliche Zunahmen zeigen. Allerdings verfolgten sie die Futteraufnahme nur für 24 Stunden, ebenso wie FAULKNER UND WEARY (2000). Dem gegenüber trat der Effekt von Meloxicam auf die Absatzgewichte ehemals lungenerkrankter Tiere erst ab dem 70. Tag nach der Behandlung auf, blieb dann aber bis zum Schlachtgewicht signifikant höher als bei unbehandelten Tieren (FRITON ET AL. 2005).

BATES ET AL. (2015) sowie BATES ET AL. (2016) konnten einen Einfluss des Schmerzmanagements auf die Lebendmasseentwicklung in den ersten 15 bzw. 30 Tagen nach der Enthornung nachweisen. Dagegen stellten GRONDAHL-NIELSEN ET AL. (1999) keinen Einfluss durch die Enthornung bzw. durch das Schmerzmanagement auf die Futteraufnahme sowie das Wachstum in den ersten sieben Tagen nach der Enthornung fest.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass weitere Untersuchungen mit veränderten Protokollen zur Gewichtserfassung notwendig sind, um den kurz- sowie langfristigen Einfluss der Enthornung auf die Gewichtsentwicklung von Kälbern zu evaluieren. Aus den vorliegenden Ergebnissen konnten kein eindeutiger Einfluss des Schmerzmanagements auf die langfristige Entwicklung der Lebendmasse der Kälber nachgewiesen werden.

## 4.7 Einschätzung des Zeit- und Kostenaufwandes bei der Enthornung mit unterschiedlichem Schmerzmanagement

In die ökonomischen Berechnungen zum Zeit- und Kostenaufwand bei der Enthornung wurden lediglich die Varianten des Schmerzmanagements berücksichtigt, die den derzeit gültigen rechtlichen Anforderungen in Deutschland entsprechen. Dementsprechend darf die Enthornung unter sechs Wochen alter Rinder nur unter Sedation und nach Gabe eines Analgetikum (bzw. NSAID) erfolgen. Eine Betäubung ist nach § 5 Tierschutzgesetz in diesem Alter nicht vorgeschrieben. Die Verabreichung des Analgetikums sowie des Sedativums (allerdings nur bis zu einer Dosis von 0,1 mg/kg LM Xylazin i.m.) kann durch eine sachkundige Person erfolgen. Die Injektion höherer Dosierungen von Xylazin sowie die Anästhesie bleibt in Deutschland einem Tierarzt vorbehalten. Damit kann nur die Enthornung nach Variante 1 (entspricht BG F) mit NSAID und niedriger Xylazindosis vollständig durch eine sachkundige Person realisiert werden. Der Tierarzt gibt hier lediglich die notwendigen Medikamente an den Tierhalter ab. Damit sind im Vergleich zu den anderen Varianten, die eine Leitungsanästhesie bzw. eine tiefe Sedation mit hoher Xylazindosis beinhalten und zwingend einen Tierarzt erfordern, geringere Kosten für die Enthornung je Tier verbunden (6,10 € netto im Vergleich zu 17,30 bis 22,50 € netto). Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass bei den Varianten zwei bis vier (Tabelle 28, Enthornung unter Beteiligung eines Tierarztes) in der tierärztlichen Leistung eine klinische Untersuchung des zu enthornenden Kalbes enthalten ist. Rechnet man diese Leistung zum besseren Vergleich heraus, reduzieren sich die geschätzten Kosten deutlich (8,90 bis 14,10 € netto). Die klinische Untersuchung ist allerdings nach guter tierärztlicher Praxis immer als Bestandteil eines derartigen Eingriffs durch einen Tierarzt anzusehen. Für den Landwirt hat die Durchführung einer allgemeinen klinischen Untersuchung im Rahmen der Enthornung auch den Vorteil, dass damit seine weibliche Nachzucht einem „tierärztlichen Check-up“ unterzogen wird.

Darüber hinaus ist die Enthornung entsprechend Variante 1 bedingt durch die fehlende Leitungsanästhesie und einer nur geringfügigen Sedation mit einem höheren Schmerzempfinden und einer stärkeren Abwehrreaktion des Kalbes verbunden. Dies führt zu einem erhöhten personellen Aufwand bei der Enthornung (evtl. zusätzliche Person zum Fixieren, Verlängerung des Enthornungsvorganges).

Die Enthornung nach Variante 2 (keine Leitungsanästhesie, hohe Xylazindosis) unterscheidet sich von der Variante 1 (Enthornung komplett durch sachkundige Person) bezüglich der kalkulierten Kosten nur geringfügig. Im Ergebnis der ethologischen und Cortisoluntersuchungen dieser Studie sowie auch aus den Ergebnissen vorhergehender Studien (GRAF UND SENN 1999, STAFFORD UND MELLOR 2004, KAHRER ET AL. 2005, STOCK ET AL. 2013, KUPCZYŃSKI ET AL. 2014) muss aber davon ausgegangen werden, dass ohne Leitungsanästhesie auch bei einer hohen Dosierung des Sedativums insbesondere der akute Schmerz bei der Enthornung mittels Thermokauter nur unwesentlich verringert wird. So zeigten in dieser Studie die Kälber der Behandlungsgruppen H und G (LA-, SED++) gegenüber den Gruppen mit Lokalanästhesie (BG D, E und I) in beiden Altersgruppen häufiger die Verhaltensweisen Angstblick, Kopfabwehr sowie Aufbäumen während der Enthornung. Die zusätzlichen Kosten für die Leitungsanästhesie mit ca. 6 € netto je Kalb gegenüber der Variante 1, bei der die Enthornung komplett durch eine sachkundige Person durchgeführt wird, sind dabei auch im Verhältnis der gesamten AufzuchtKosten für eine Färse zu sehen.

Der finanzielle Mehraufwand für eine zusätzliche Leitungsanästhesie gegenüber der Variante mit hoher Xylazindosis aber ohne Leitungsanästhesie beträgt nur ca. 3,00 bis 3,50 € netto je Kalb.

Der Kostenvergleich bezieht sich dabei auf eine Berechnung der tierärztlichen Leistungen im Rahmen der Bestandsbetreuung auf der Grundlage des Zeitaufwandes (entsprechend Tierärztlicher Gebührenordnung). Dabei wurde davon ausgegangen, dass üblicherweise mehrere Kälber gleichzeitig enthornt und damit Wartezeiten vermieden werden.

Bei Kalkulation der tierärztlichen Leistung als Einzeltierabrechnung (Abrechnung der Einzelleistungen) nach Tierärztlicher Gebührenordnung (ANONYM 2017B) ergeben sich wesentlich höhere Kosten. Allerdings findet diese Kostenabrechnung in der Praxis meist nur noch für Einzeltiere Anwendung.

Der durchgeführte Kostenvergleich kann nur als grobe Kalkulation angesehen werden, da keine festen Werte für den Zeitaufwand der Einzeltätigkeiten sowie für die Kosten für Medikamente und Verbrauchsmaterialien vorliegen. Die Kalkulation für den Zeitaufwand konnte nur auf der Basis geschätzter Werte erfolgen. Änderungen können sich durch unterschiedliche Gegebenheiten vor Ort (Veränderung des zeitlichen Aufwandes), durch Preisänderungen bzw. Rabatte für Medikamente und Verbrauchsmaterialien ergeben.

In der Schweiz dürfen Kälber nur unter Betäubung enthornt werden. Allerdings kann die Leitungsanästhesie in den ersten drei Lebenswochen durch Personen durchgeführt werden, die erfolgreich einen staatlich anerkannten Sachkundelehrgang absolvieren. STEINER (2013) sieht in der Delegationsmöglichkeit der Schmerzausschaltung an den ausgebildeten Tierhalter einen erfolgreichen Weg zur Umsetzung der Betäubungspflicht bei der Enthornung von Kälbern. Allerdings waren in einer Umfrage unter praktischen Tierärzten in der Schweiz nur 6 % davon überzeugt, dass die Anästhesie in allen von diesen Tierärzten betreuten landwirtschaftlichen Betrieben korrekt durchgeführt wurde (ALSAAOD ET AL. 2014).

Aus den vorliegenden Ergebnissen konnten kein eindeutiger Einfluss des Schmerzmanagements auf die langfristige Entwicklung der Lebendmasse der Kälber nachgewiesen werden. BATES ET AL. (2015) konnte nach der Enthornung von drei bis sechs Wochen alten Kälbern über 30 Tage nach der Enthornung eine signifikant höhere Lebenstagszunahme bei Tieren, die mit Leitungsanästhesie und Xylazin enthornt wurden, gegenüber Tieren ohne Schmerzmanagement feststellen. Tiere, die nur mit Meloxicam enthornt wurden, zeigten keine signifikanten Unterschiede gegenüber den Tieren mit Leitungsanästhesie. BATES ET AL. (2016) konnten in den ersten 15 Tagen nach Enthornung einen positiven Einfluss des Einsatzes eines NSAID bei der Enthornung auf die Lebendmasseentwicklung nachweisen. In den Tagen 15 bis 30 nach Enthornung wuchsen Kälber, die ohne Schmerzmanagement (Leitungsanästhesie + Xylazin) bzw. nur mit NSAID enthornt wurden, langsamer als Kälber, die ein Lokalanästhetikum und Xylazin erhielten. Die Wahl des Schmerzmanagements scheint durchaus einen Einfluss auf die Lebendmasseentwicklung zu haben. Inwiefern hier allerdings ein langfristiger Effekt vorliegt und welche möglichen ökonomischen Auswirkungen sich daraus ergeben, kann nur vermutet werden. In die ökonomische Kalkulation der Enthornungskosten wurde dieser Aspekt deshalb nicht berücksichtigt.

Darüber hinaus wurde in den vorliegenden Untersuchungen eine Tendenz zur Beeinflussung der Lungengesundheit durch das Schmerzmanagements festgestellt. Signifikant höhere Wahrscheinlichkeiten am Respirationsstrakt zu erkranken, wiesen gegenüber den scheinenthornen Tieren die Behandlungsgruppen A, C, D, E, G und H auf. Lediglich die Behandlungsgruppen F (LA-, SED+, NSAID+) und I (LA+, SED++, NSAID+) zeigten keine signifikanten Unterschiede gegenüber Behandlungsgruppe B. Da Erkrankungen des Atmungstraktes mit Aufwendungen für die Behandlungen verbunden sind, führt eine höhere Erkrankungshäufigkeit zu höheren Kosten. Inwiefern bzw. welche unmittelbaren ökonomischen Auswirkungen zu verzeichnen sind, kann nur vermutet werden.

## 4.8 Abschließende Diskussion und Schlussfolgerungen

Die thermische Enthornung ist bei Kälbern mit unmittelbaren Schmerzen und Stress durch den Eingriff sowie mit entzündungsbedingten Schmerzen durch die Enthornungswunden verbunden.

Sowohl die Auswertung des Verhaltens während der Enthornung als auch der Vergleich des Serumcortisolspiegels vor (Basalwert) und nach der Enthornung weisen auf einen stark belastenden Eingriff hin. Die Notwendigkeit eines Schmerzmanagements wird schon seit längerer Zeit diskutiert (LADEN ET AL. 1985, BOANDL ET AL. 1989, WOHLT ET AL. 1994).

In der vorliegenden Studie wurden die einzelnen Elemente des Schmerzmanagements in verschiedenen Varianten kombiniert, um deren mögliche Wirkung hinsichtlich der Schmerzausschaltung sowie auf weitere Parameter wie Erkrankungshäufigkeit, Wundentwicklung und das Wachstum der Tiere darzustellen.

Die Untersuchungen konnten zeigen, dass die Gestaltung des Schmerzmanagements auf das Ausmaß der stress- und schmerzbedingten physiologischen und ethologischen Reaktionen bei den Tieren maßgeblich Einfluss hat. Durch die Enthornung wurde auch das Risiko für respiratorische Erkrankungen der Tiere negativ beeinflusst, wobei dieses Risiko in Abhängigkeit vom Schmerzmanagement gesenkt werden kann. Darüber hinaus waren direkte und indirekte Auswirkungen auf die Entwicklung bzw. Heilung der Enthornungswunden feststellbar.

Die Leitungsanästhesie des Ramus cornualis des Nervus zygomaticotemporalis ermöglichte eine Ausschaltung bzw. deutliche Reduktion des durch die unmittelbare Enthornung verursachten Schmerzes. In der vorliegenden Untersuchung zeigten Kälber mit Leitungsanästhesie während der Enthornung Verhaltensweisen wie Aufbäumen, Angstblick, Aufstehen, aber auch Kopfabwehr und Trippeln weniger häufig als Kälber, die kein Lokalanästhetikum erhielten. Die alleinige Gabe eines Sedativums ohne Leitungsanästhesie (auch in Kombination mit einem NSAID) führte dagegen nicht zu einer vergleichbaren Reduktion der Parameter Aufbäumen, Angstblick, Aufstehen, Kopfabwehr und Trippeln.

Die Reduktion von Verhaltensweisen, die als Anzeichen von Schmerzen gelten, konnte auch in vorhergehenden Studien durch die Gabe eines Lokalanästhetikums erreicht werden (MORISSE ET AL. 1995, TASCHKE UND FÖLSCH 1997, GRAF UND SENN 1999, GRONDAHL-NIELSEN ET AL. 1999, SYLVESTER ET AL. 2004, KAHRER ET AL. 2005).

30 Minuten nach Enthornung zeigten die Kälber dieser Studie ohne Leitungsanästhesie einen Anstieg des Cortisolwerte gegenüber den Werten unmittelbar vor der Enthornung, während bei Tieren mit lokaler Schmerzausschaltung sowie bei scheinenthornen Kälbern ein niedrigerer Serumcortisolgehalt gemessen werden konnte. Dies weist auf eine geringere Belastung der Kälber mit Leitungsanästhesie des Ramus cornualis gegenüber Tieren ohne unmittelbare lokale Schmerzausschaltung hin (MORISSE ET AL. 1995, GRONDAHL-NIELSEN ET AL. 1999, STAFFORD ET AL. 2003, STAFFORD UND MELLOR 2005, STILWELL ET AL. 2009).

Kälber mit Leitungsanästhesie wiesen in der vorliegenden Studie gegenüber Tieren, die ohne jegliches Schmerzmanagement enthornt wurden, eine höhere Wahrscheinlichkeit auf, nicht am Respirationstrakt zu erkranken. Da eine Lokalanästhesie die Schmerzen und damit auch die Abwehrreaktionen verhindert, hat sie einen indirekten positiven Effekt auf die Wundheilung. Die schmerzausschaltende Wirkung eines Lokalanästhetikums ist aber zeitlich beschränkt und genügt deshalb nicht als alleinige Komponente im Schmerzmanagement.

An Hand der ethologischen sowie Cortisoluntersuchungen hat sich gezeigt, dass eine effektive Ausschaltung des akuten sowie des chronischen entzündungsbedingten Schmerzes durch die Enthornung nur mit einer Kombination von Lokalanästhetikum, Sedation sowie einem schmerz- und entzündungshemmenden Mittel (NSAID) möglich ist. Bedingt durch die unterschiedliche pharmakologische und zeitliche Wirkung ergänzen sich alle drei Komponenten. Dabei dient die Sedation auch zur Ruhigstellung des Tieres, insbesondere für eine sichere Applikation des Lokalanästhetikums und die spätere Enthornung.

Auch die Ergebnisse der klinischen Untersuchung sprechen für ein Schmerzmanagement mit diesen drei Komponenten. Die Behandlungsgruppe I (multimodales Schmerzmanagement: Sedation in hoher Dosierung, Meloxicam, Leitungsanästhesie) zeigte als einzige Gruppe keine signifikant erhöhten Risiken respiratorischer Erkrankungen im Vergleich zu scheinenthornen Tieren. Es wird davon ausgegangen, dass, trotz eines möglicherweise negativen Einflusses von Xylazin auf die Infektabwehr der Lunge, diese Medikation als einzige den kurz- sowie langfristigen Stress auf die Tiere effektiv reduziert, was in einer niedrigen Rate an respiratorischen Erkrankungen mündet, die mit den scheinenthornen Tieren vergleichbar ist.

Bezüglich des günstigsten Alters für das Enthornen können keine abschließenden Empfehlungen gegeben werden. Die Ergebnisse des Hornwachstums zeigten, dass ab der zweiten Lebenswoche eine Lokalisation der Hornanlagen nach dem Scheren bei Vorliegen ausreichender Erfahrungen sicher möglich ist. Die höheren Cortisolspiegel der Kälber der Altersgruppe 1 gegenüber den älteren Tieren der Altersgruppe 2 scheint physiologisch (Altersunterschied) bedingt zu sein und nicht auf einen höheren Stress der jüngeren Tiere bei der Enthornung hinzuweisen. NUSS UND KELLER (2007) vertreten die Auffassung, dass bei einem Eingriff im frühen Alter weniger Gewebe zerstört bzw. entfernt werden muss und mit weniger Komplikationen gerechnet werden kann. Da die Enthornung auch bei optimalem Schmerzmanagement mit Schmerzen und Stress verbunden ist, sollte der Eingriff nicht durchgeführt werden, wenn Stressoren wie Futterumstellung, Umstallung bzw. Transport immunsuppressiv auf die Kälber einwirken. Unbedingt ist darauf zu achten, dass nur gesunde Tiere enthornt werden. Letztendlich sind bei der Wahl des Enthornungszeitpunktes betriebsinterne Abläufe (Umstallung, Tränkemanagement etc.) sowie die epidemiologische Situation bezüglich der Kälbergesundheit (Auftreten von Neugeborenen- und Jungtierkrankheiten) zu berücksichtigen.

Die Sedierung ermöglicht eine Ruhigstellung der Tiere und damit eine sichere Injektion des Lokalanästhetikums. Eine alleinige Verabreichung von Xylazin, auch in einer hohen Dosis (0,2 mg/kg i.m.) und auch in Verbindung mit einem NSAID, können Abwehrreaktionen des Kalbes nicht wirksam unterbinden. Eine Kombination von Xylazin in geringer Dosis (0,05 mg/kg i.m.) mit Meloxicam zeigte sowohl bei den ethologischen Untersuchungen als auch bei den Untersuchungen gegenüber den Kombinationen mit einem Lokalanästhetikum eine unzureichende Schmerzausschaltung. Auch auf die Wundheilung konnten negative Auswirkungen festgestellt werden. Sowohl bezüglich der Beurteilung des Ausgangszustandes als auch der Wundheilung in der frühen und späten Phase der Entzündung und Demarkation wies diese Behandlungsgruppe trotz NSAID die niedrigsten Wahrscheinlichkeiten hinsichtlich eines komplikationslosen Verlaufes auf. Allerdings zeigten die so behandelten Tiere bezüglich der Auswirkung auf die Lungengesundheit von allen Gruppen mit Enthornung die höchste Wahrscheinlichkeit für die Bewertung des Merkmalkomplexes Respiration und Lungengesundheit mit der Boniturnote 0 bis 2 (gesund), unterschied sich aber nur unwesentlich von den Tieren der Behandlungsgruppe I (mit Leitungsanästhesie, hohe Xylazin-Dosis und NSAID).

Der mit der Gabe einer hohen Xylazin-Dosis (0,2 mg/kg) beobachtete deutliche Anstieg der Serumcortisolkonzentration bereits vor dem schmerzhaften Eingriff kann bezüglich einer möglichen Stressbelastung auf die Tiere nicht abschließend beurteilt werden.

Die Beteiligung eines Tierarztes ist bei der Nutzung eines Lokalanästhetikums sowie einer hohen Xylazin-Dosis in Deutschland zwingend vorgeschrieben. Die kalkulierten Mehrkosten durch tierärztliche Leistungen sind dabei unter dem Aspekt eines wirksamen Schmerzmanagements bei Kombination von Leitungsanästhesie, Sedierung und NSAID sowie im Hinblick auf eine positive Auswirkung auf die Tiergesundheit und Entwicklung der weiblichen Kälber zu sehen.

# 5 Zusammenfassung

- Die thermische Enthornung ist bei Kälbern mit Schmerzen und Stress durch den unmittelbaren Eingriff sowie mit entzündungsbedingten Schmerzen durch die Enthornungswunden bedingt durch eine deutliche Gewebszerstörung verbunden.
- Das Ausmaß der stress- bzw. schmerzbedingten physiologischen und ethologischen Reaktionen, aber auch die Wundheilung und die Auswirkungen auf die Tiergesundheit werden durch die Wahl des Schmerzmanagements entscheidend beeinflusst.
- Die Leitungsanästhesie des Ramus cornualis des Nervus zygomaticotemporalis ermöglicht eine Ausschaltung des Schmerzes durch die unmittelbare Enthornung. Weiterhin hat sie eine positive Auswirkung auf die Wundheilung, da sie Abwehrreaktionen beim Enthornungsvorgang verhindert.
- Ein Schmerzmanagement, das nur aus einer Kombination von Sedation sowie schmerz- und entzündungshemmenden Mittel (NSAID) besteht, führt nicht zu einer wirksamen Reduktion der stress- bzw. schmerzbedingten physiologischen und ethologischen Reaktionen auf die Enthornung.
- Eine effektive Ausschaltung des akuten sowie des entzündungsbedingten Schmerzes erfordert ein multimodales Schmerzmanagement, das sich aus der Kombination von Lokalanästhetikum, Sedation sowie einem schmerz- und entzündungshemmenden Mittel (NSAID) zusammensetzt.
- Ab der zweiten Woche ist eine sichere Lokalisation der Hornanlagen und damit eine Enthornung möglich. Die Wahl des Enthornungszeitpunktes sollte in Abhängigkeit vom Management sowie der Tiergesundheitssituation im Bestand erfolgen. Zusätzliche Stressoren um die Enthornung (Umstallung, Futterumstellung) sollten vermieden werden. Es ist zu gewährleisten, dass nur gesunde Kälber enthornt werden.
- Die kalkulierten Mehrkosten für eine Leitungsanästhesie sind unter dem Aspekt eines wirksamen Schmerzmanagements sowie im Hinblick auf eine positive Auswirkung auf die Tiergesundheit und die Entwicklung der Nachzucht zu sehen. Es wird eine Einbindung der Enthornung in die tierärztliche Bestandsbetreuung mit dem Ziel empfohlen, Voraussetzungen für eine gute Entwicklung der weiblichen Kälber zu gewährleisten.
- Als langfristiges Ziel sind Möglichkeiten zu entwickeln und in der Praxis zu etablieren, die eine Enthornung von Kälbern überflüssig machen. Dies ist insbesondere durch den Einsatz genetisch hornloser Bullen, aber auch durch die Schaffung von Haltungsvoraussetzungen für horntragende Tiere möglich.

# Literaturverzeichnis

- ALLEN, K. A.; J. F. COETZEE; L. N. EDWARDS-CALLAWAY; H. GLYNN; J. DOCKWEILER; B. KUKANICH ; H. LIN; C. WANG; E. FRACCARO; M. JONES; L. BERGAMASCO (2013): The effect of timing of oral meloxicam administration on physiological responses in calves after cauterly dehorning with local anesthesia. *Journal of Dairy Science*. 96: S.5194-5205
- ALSAAD, M.; M. G. DOHERR; D. GREBER; A. STEINER (2014): Experience with the delegation of anaesthesia for disbudding and castration to trained and certified livestock owners. *BMC Veterinary Research* 10: S. 35
- ANDERSON, M. T.; S. K. ARMSTRONG (2008): Norepinephrine mediates acquisition of transferrin-iron in *Bordetella bronchiseptica*. *Journal of bacteriology* 190: S. 3940–3947
- ANONYM (2014): Verordnung über zwingende Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Gartenbau (Landwirtschaftsarbeitsbedingungenverordnung – LandwArbbV) vom 18. Dezember 2014. BAnz AT 19.12.2014
- Anonym (2017a): Tierschutzgesetz in der Fassung vom 18. Mai 2006. BGBl. I S. 1207, zuletzt geändert am 29. März 2017. BGBl. I S. 626
- ANONYM (2017B): Gebührenordnung für Tierärzte vom 28. Juli 1999. BGBl. I S. 1691, zuletzt geändert am 19. Juli 2017. BGBl. I S. 2696
- Anonym (2017c): Arzneimittelpreisverordnung vom 14. November 1980. BGBl. I S. 2147, zuletzt geändert am 4. Mai 2017. BGBl. I S. 1050
- BATES, A. J.; P. EDER; R. A. LAVE (2015): Effect of analgesia and anti-inflammatory treatment on weight gain and milk intake of dairy calves after disbudding. *New Zealand Veterinary Journal* 63: S.153-157
- BATES, A. J.; R. A. LAVEN; F. CHAPPLE; D. S. WEEKS (2016): The effect of different combinations of local anaesthesia, sedative and non-steroidal anti-inflammatory drugs on daily growth rates of dairy calves after disbudding. *New Zealand Veterinary Journal* 64: S. 282-287
- BALLOU, M A; M A SUTHERLAND; T A BROOKS; L E HULBERT; B L DAVISA; C J COBB (2013): Administration of anesthetic and analgesic prevent the suppression of many leukocyte responses following surgical castration and physical dehorning. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 151: S. 285– 293
- BOANDL, K. E.; J. E. WOHLT; R. V. CARSA (1989): Effects of Handling, Administration of a Local Anesthetic, and Electrical Dehorning on Plasma Cortisol in Holstein Calves. *J Dairy Sci* 72: S. 2193-1297
- BOESCH, D.; M. MERKLI; M. STAUFFACHER; A. STEINER (2010): Schmerzausschaltung & Kastration / Enthornung Kälber, Kursunterlagen. Bundesamt für Veterinärwesen. Zitiert vom 25.4.2018.  
<https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/tiere/tierschutz/nutztierhaltung/rinder/eingriffe-rind.html>
- BOZZO, G.; R. BARRASSO; P. MARCHETTI; R. ROMA; G. SAMOILIS; G. TANTILLO; E. CECI, (2018): Analysis of Stress Indicators for Evaluation of Animal Welfare and Meat Quality in Traditional and Jewish Slaughtering. *Animals*, 8 (4), 43; <https://doi.org/10.3390/ani8040043>
- BINKHORST, G. J.; P. A. HENRICKS; T. S. VD INGH; R. HAJER; F. P. NIJKAMP (1990): The effect of stress on host defense system and on lung damage in calves experimentally infected with *Pasteurella haemolytica* type A1. *Zentralblatt für Veterinärmedizin. Reihe A* 37 (7):S. 525–536

- COETZEE, J. F.; R. A. MOSHER; B. KUKANICH, R. GEHRING, B. ROBERT, J. B. REINBOLD; B. J. WHITE (2012): Pharmacokinetics and effect of intravenous meloxicam in weaned Holstein calves following scoop dehorning without local anesthesia. *BMC Veterinary Research* 8: S. 153 ff
- DIRKSEN, G.; H.-D. GRÜNDER; M. STÖBER (HRSG.) (2012): *Die klinische Untersuchung des Rindes*. 4. Auflage. Enke Verlag
- DOHERTY, T. J.; H. G. KATTESH; R. J. ADCOCK; M. G. WELBORN; A. M. SAXTON; J. L. MORROW; J. W. DAILEY (2007): Effects of a Concentrated Lidocaine Solution on the Acute Phase Stress Response to Dehorning in Dairy Calves. *Journal of Dairy Science* 90: S. 4232-4239
- DUFFIELD, T. F.; A. HEINRICH; S. T. MILLMAN; A. DEHAAN; S. JAMES; K. LISSEMORE (2010): Reduction in pain response by combined use of local lidocaine anesthesia and systemic ketoprofen in dairy calves dehorned by heat cauterization. *The Canadian veterinary Journal* 51: S. 283-288
- FAULKNER, P. M., D. M. WEARY (2000): Reducing pain after dehorning in dairy calves. *Journal of Dairy Science* 83: S. 2037-2041.
- FILMAR, S.; N. JETHA; P. MCCOMB; V. GOMEL (1989): A comparative histologic study on the healing process after tissue transection. II. Carbon dioxide laser and surgical microscissors. *American Journal of obstetrics and gynecology* 160: S. 1068-1072
- FRITON, G. M.; C. CAJAL; R. RAMIREZ-ROMERO (2005): Long-term effects of meloxicam in the treatment of respiratory disease in fattening cattle. *The Veterinar record* 156: S. 809-811
- GASTEINER, J.; J. HÄUSLER (2006): Enthornung von Kälbern in Theorie und Praxis. Nutztierschutztagung Raumberg-Gumpenstein: Tierschutz am landwirtschaftlichen Betrieb – Eigenverantwortliche Umsetzung in Tierhaltung, Management und Tierbetreuung, 16. November 2006 (<https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewcategory/160-nutztierschutztagung-2006.html>)
- GRAF, B.; M. SENN (1999): Behavioral and physiological response of calves to dehorning by heat cauterization with or without local anaesthesia. *Applied Animal Behaviour Science* 62: S. 153-171
- GRONDAHL-NIELSEN, C.; H. B. SIMONSEN, J. DAMKJER LUND AND M. HESSELHOLT (1999): Behavioural, endocrine and cardiac responses in young calves undergoing dehorning without and with use of sedation and analgesia. *The Veterinary Journal* 158: S. 14-20
- HART, K. A. (2012): The use of cortisol for the objective assessment of stress in animals: Pros and cons. *The Veterinary Journal* 192: S.137-139
- HEINRICH A.; T. F. DUFFIELD; K. D. LISSEMORE; E. J. SQUIRES; S T MILLMAN (2009): The impact of meloxicam on postsurgical stress associated with cautery dehorning. *Journal of Dairy Science* 92: S. 540-547
- HEINRICH, A.; T. F. DUFFIELD; K. D. LISSEMORE; S. T. MILLMAN (2010): The effect of meloxicam on behavior and pain sensitivity of dairy calves following cautery dehorning with a local anesthetic. *Journal of Dairy Science* 93: S. 2450-2457
- HOFFORD, J. M.; L. MILAKOFSKY; S. PELL; W. VOGEL (1996): A profile of amino acid and catecholamine levels during endotoxin-induced acute lung injury in sheep. Searching for potential markers of the acute respiratory distress syndrome. *The Journal of laboratory and clinical medicine* 128: S. 545–551
- HOPSTER H.; J. T. VAN DER WERF; J. H. ERKENS; H. J. BLOKHUIS (1999): Effects of repeated jugular puncture on plasma cortisol concentrations in loose-housed dairy cows. *Journal of Animal Science* 77: S. 708-714



- HUBER, J.; T. ARNHOLDT; E. MÖSTL; C.-C. GELFERT; M. DRILLICH (2013): Pain management with flunixin meglumine at dehorning of calves. *Journal of Dairy Science* 96: S. 132-140
- JONGMANS, D. (2011): Schmerzmanagement bei Kälbern am Beispiel der Enthornung: Welchen Nutzen bringen NSAID? *Der Praktische Tierarzt* 92: S. 335-337
- KÄSTNER, S. B. R.; S. OHLERTH; A. POSPISCHIL; J. BOLLER; M. K. HUHTINEN (2007): Dexmedetomidine-induced pulmonary alterations in sheep. *Research in veterinary science* 83: S. 217-226
- KAHRER, E.; J. TROXLER; W. BAUMGARTNER; E. MÖSTL; G. WINDISCHBAUER (2005): Untersuchungen zur Methodik, Schmerz- und Stressbelastung bei der Enthornung von Kälbern mit 2 verschiedenen Enthornungsgeräten. Forschungsprojekt VUW FA 142 04 008 Endbericht, November 2005
- KOZIOL, M. (2011): Quantitative Untersuchungen zur Entstehung pulmonaler Reaktionen infolge Applikation des  $\alpha$ 2-Rezeptoragonisten Xylazin beim Schaf. Diss. Uni Leipzig
- KRAMER, M (2003): Kompendium der allgemeinen Veterinärchirurgie. Schlütersche (Verlag), 1. Auflage
- KUPCZYŃSKI, R.; A. BUDNY, K. ŚPITALNIAK, E. TRACZ (2014): Dehorning of calves – methods of pain and stress alleviation – a review. *Annals of Animal Science*. 14: S. 231-243
- LADEN, S. A.; J. E. WOHLT; P. K. ZAJAC; R. V. CARZIA (1985): Effects of Stress from Electrical Dehorning on Feed Intake, Growth, and Blood Constituents of Holstein Heifer Calves. *Journal of Dairy Science* 68: S. 3062-3066
- LAGV (2007): Auslegungshinweise zu § 5 Abs. 3 Nr. 2 in Verbindung mit § 6 Abs. 1 Nr. 3 TierSchG (hier: Enthornen und Verhindern des Hornwachstums bei Rindern). Sitzung der AG Tierschutz der LAGV vom 04./05.06.2007 TOP 8
- LITZKE, F.; M. KRAMER; O. DIETZ (2004): Wunden, Wundbehandlung, Wundheilung. In: *Lehrbuch der allgemeinen Chirurgie für Tiermediziner*, Hrsg. O Dietz, F Litzke. Enke Verlag, 6. Auflage: 1-36
- MAIER, P. M. (1994): Vasopressin und Stress beim Wiederkäuer. Diss. ETH Zürich Nr. 10662
- MANG, A.-V.; C. NÖBAUER; T. ARNHOLDT; J. HUBER; M. DRILLICH; S. WAIBLINGER (2012): Schmerzmanagement bei der Enthornung von Kälbern: Verhalten, Herzfrequenzvariabilität und Plasmacortisol-Konzentration bei unterschiedlicher Analgetikagabe. Tagung der DVG-Fachgruppen „Tierschutz und Versuchstierkunde, Nürtingen, 12.-13. März 2012, Tagungsbericht, DVG: S. 183-194
- MCMEEKAN, C. M.; K. J. STAFFORD; D. J. MELLOR; R. A. BRUCE; R. N. WARD; N. G. GREGORY (1998): Effects of regional analgesia and/or a non-steroidal anti-inflammatory analgesic on the acute cortisol response to dehorning in calves. *Research in Veterinary Science* 64: S. 147-150
- MEHNE, D.; A. STEINHOFF-OOSTER; K. FRENZEL; C. SAUTER-LOUIS; E. RATTENBERGER; U. BAUER; A. RANDT (2013): Schonendes Veröden der Hornanlagen bei Kälbern. *Tierärztliche Umschau* 68: S. 477-485
- MEYER, H.; S. B. R. KÄSTNER; M. BEYERBACH; J. REHAGE (2010): Cardiopulmonary effects of dorsal recumbency and high-volume caudal epidural anaesthesia with lidocaine or xylazine in calves. *The Veterinary journal* 186: S. 316–322
- MILLIGAN, B. N.; T. DUFFIELD; T. K. LISSEMORE (2004): The utility of ketoprofen for alleviating pain following dehorning in young dairy calves. *The Canadian veterinary journal* 45: S. 140-143
- MORISSE, J. P.; J. P. COTTE; D. HUONNIC (1995): Effect of dehorning on behaviour and plasma cortisol response in young calves. *Applied Animal Behaviour Science* 43: S. 239-247

- NUSS, K.; A. KELLER (2007): Tierschutzgerechtes Enthornen beim Rind – eine Übersicht. Tierärztliche Praxis 35 (G): S. 453-458
- PETRIE, N. J.; D. J. MELLOR; K. J. STAFFORD; R. A. BRUCE; R. N. WARD (1996): Cortisol responses of calves to two methods of disbudding used with or without local anaesthetic. New Zealand Veterinary Journal 44: S. 9-14
- REHAGE, J.; KEHLER, W.; SCHOLZ, H. (1994): Erfahrungen mit der Anwendung von Xylazin zur sakralen Epiduralanästhesie beim Rind. Deutsche tierärztliche Wochenschrift 101 (1), S. 14–16.
- RIOJA, E.; C. L. KERR; S. S. ENOURI; W. N. McDONELL (2008): Sedative and cardiopulmonary effects of medetomidine hydrochloride and xylazine hydrochloride and their reversal with atipamezole hydrochloride in calves. American journal of veterinary research 69: S. 319-329
- ROBERTS, S. L.; J. G. POWELL; H. D. HUGHES; J. T. RICHESON (2018): Effect of castration method and analgesia on inflammation, behavior, growth performance, and carcass traits in feedlot cattle. Journal of animal science 96: S. 66–75
- ROBERTSON, I. S.; J. E. KENT; V. MOLONY (1994): Effect of different methods of castration on behaviour and plasma cortisol in calves of three ages. Research in veterinary science 56: S. 8-17
- SELYE, H. (1951): The influence of STH, ACTH and cortisone upon resistance to infection. Canadian Medical Association journal 64: S. 489–494
- STAFFORD, K. J.; D. J. MELLOR; S. E. TODD; R. N. WARD; C. M. McMEEKAN (2003): The effect of different combinations of lignocaine, ketoprofen, xylazine and tolazoline on the acute cortisol response to dehorning in calves. New Zealand Veterinary Journal 51: S. 219-2266
- STAFFORD, K. J.; D. J. MELLOR (2005): Dehorning and disbudding distress and its alleviation in calves. The Veterinary Journal 169: S. 337-349
- STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND VERKEHR (SMWA) (2018): Tarifrecht, Tarifvertragsammlung des Freistaates Sachsen. Tarifbereich/Branche Landwirtschaft. zitiert vom 11. 4. 2018, <http://arbeit.sachsen.de/894.html>
- STARKE, K.; H. MONTEL (1973): Sympathomimetic inhibition of noradrenaline release: mediated by prostaglandins? Naunyn-Schmiedebergs Archives of Pharmacology 278: S. 111-116
- STECKELER, P. (2016): Einfluss von Ketamin auf die Kortisolkonzentration im Plasma von Kälbern. Diss. LMU München
- STEINER, A. (2013): Zerstörung der Hornanlagen beim Kalb – Literaturübersicht – das Schweizer Modell. Tierärztliche Umschau 68: S. 203-211
- STEINHARDT, M. (2006): Einflüsse von Geschlecht, Alter und Körpermasse auf physiologische Reaktionen junger Saugkälber einer Mutterkuhhaltung bei der Enthornung unter Sedation mit Xylazin. Tierärztliche Praxis 34 (G): S. 155-64
- STEWART, M.; J. M. STOOKEY; K. J. STAFFORD; C. B. TUCKER; A. R. ROGERS; S. K. DOWLING; G. A. VERKERK; A. L. SCHAEFER; J. R. WEBSTER (2009): Effects of local anesthetic and a nonsteroidal antiinflammatory drug on pain responses of dairy calves to hot-iron dehorning. Journal of Dairy Science 92: 1512-1519
- STOCK, M. L.; S. L. BALDRIDGE; D. GRIFFIN; J. F. COETZEE (2013): Bovine Dehorning Assessing Pain and Providing Analgesic Management. Veterinar Clinics of North America: Food Animal Practice 29: S. 103-33

- STILWELL, G.; R. CAMPOS DE CARVALHO; M. S. LIMA; D. M. BROOM (2009): Effect of caustic paste disbudding, using local anaesthesia with and without analgesia, on behaviour and cortisol of calves. *Applied Animal Behaviour Science* 116: S. 35-44
- STILWELL, G.; R. C. CARVALHO; N. CAROLINO; M. S. LIMA; D. M. BROOM (2010): Effect of hot-iron disbudding on behaviour and plasma cortisol of calves sedated with xylazine. *Research in Veterinary Science* 88: S. 188-193
- SUTHERLAND, M. A.; D. J. MELLOR; K. J. STAFFORD; N. G. GREGORY; R. A. BRUCE; R. N. WARD (2002): Cortisol responses to dehorning of calves given a 5-h local anaesthetic regimen plus phenylbutazone, ketoprofen, or adrenocorticotrophic hormone prior to dehorning. *Research in Veterinary Science* 73: S. 115-123
- SYLVESTER, S. P.; K. J. STAFFORD; D. J. MELLOR; R. A. BRUCE; R. N. WARD (1998): Acute cortisol responses of calves to four methods of dehorning by amputation. *Australian Veterinary Journal* 76: S. 123-126
- SYLVESTER, S. P.; K. J. STAFFORD; D. J. MELLOR; R. A. BRUCE; R. N. WARD (2004): Behavioural responses of calves to amputation dehorning with and without local anaesthesia. *Australian Veterinary Journal* 82: 697-700
- TASCHKE, A. CH.; D. W. FÖLSCH (1997): Ethologische, physiologische und histologische Untersuchungen zur Schmerzbelastung der Rinder bei der Enthornung. *Tierärztliche Praxis* 25: S. 19-27
- TVT (2012): Stellungnahme der Tierärztlichen Vereinigung für Tierschutz e.V. zu Amputationen bei Tieren. Zitat vom 23.4.2019 <https://tierschutz-tvt.de/index.php?id=50>
- VAN DER SAAG, D.; S. LOMAX; P. A. WINDSOR; C. TAYLOR; P. THOMSON; E. HALL; P. J. WHITE (2018): Effects of topical anaesthetic and buccal meloxicam on average daily gain, behaviour and inflammation of unweaned beef calves following surgical castration. *Animal* 12, 1-9. doi: 10.1017/S1751731118000216
- VASSEUR, E; J RUSHEN; A M DE PASSILLÉ (2014): Short communication. Calf body temperature following chemical disbudding with sedation: effects of milk allowance and supplemental heat. *Journal of Dairy Science* 97: S. 5185–5190
- VETIDATA (2018): Isocain ad us. vet. Pharmakodynamische Eigenschaften. Zitiert vom 4.4.2018. <https://www.vetidata.de/>
- VIEGAS, V. N.; M. E. R. ABREU; C. VIEZZER; D. C. MACHADO; M. S. FILHO; D. N. SILVA; R. M. PAGNONCELLI (2007): Effect of low-level laser therapy on inflammatory reactions during wound healing. Comparison with meloxicam. *Photomedicine and laser surgery* 25: S.467-473
- WINDER, CH. B.; ST. J. LEBLANC; D. B. HALEY; K. D. LISSEMORE; M. A. GODKIN; T. F. DUFFIELD (2017): Clinical trial of local anesthetic protocols for acute pain associated with caustic paste disbudding in dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 100: S. 6429-6441
- WOHLT, J. E.; M. E. ALLYN; P. K. ZAJAC; L. S. KATZ (1995): Cortisol increases in plasma of holstein heifer calves from handling and method of electrical dehorning. *J Dairy Sci* 77: S. 3725-3729

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: + 49 351 2612-0  
Telefax: + 49 351 2612-1099  
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de  
www.smul.sachsen.de/lfulg

**Autoren:**

Dr. Gerd Möbius, Marie-Luise Fischer, Rosa Hofmann  
Universität Leipzig, Institut für Tierhygiene und Öffentliches Veterinärwesen  
An den Tierkliniken 1, 04103 Leipzig  
Telefon: + 49 341 9738150  
Telefax: + 49 341 9738198  
E-Mail: moebius@vetmed.uni-leipzig.de  
Johannes Kretschmann, Lisa Scherf, Prof. Dr. Alexander Starke  
Universität Leipzig, Klinik für Klauentiere  
An den Tierkliniken 11, 04103 Leipzig  
Telefon: + 49 341 9738320  
Telefax: + 49 341 9738349  
E-Mail: alexander.starke@vetmed.uni-leipzig.de  
Dr. Norbert Mielenz, Prof. Dr. Joachim Spilke  
Martin-Luther-Universität Halle, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften  
JProf. Dr. Marion Schmicke  
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Klinik für Rinder  
Dr. Ilka Steinhöfel  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

**Redaktion:**

Dr. Ilka Steinhöfel, Ramona Klee  
Abteilung Landwirtschaft, Referat 74  
Am Park 3, 04886 Köllitsch  
Telefon: + 49 34222 462212  
Telefax: + 49 34222 462099  
E-Mail: ilka.steinhoefel@smul.sachsen.de

**Fotos:**

Marie-Luise Fischer, Johannes Kretschmann

**Redaktionsschluss:**

07.05.2019

**ISSN:**

1867-2868

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

*Täglich für  
ein gutes Leben.*

www.lfulg.sachsen.de