



Aus der Klinik für Wiederkäuer und dem Institut für Tierhaltung und Tierschutz der
Veterinärmedizinischen Universität Wien

**UNTERSUCHUNGEN ZUR METHODIK, SCHMERZ- UND
STRESSBELASTUNG BEI DER ENTHORNUNG VON KÄLBERN
MIT 2 VERSCHIEDENEN ENTHORNUNGSGERÄTEN**

Forschungsprojekt VUW FA 142 04 008

Endbericht

November 2005

Projektteam: Prof. Dr. J. Troxler, Prof. Dr. W. Baumgartner,
Prof. Dr. E. Möstl, Prof. Dr. G. Windischbauer

Projekt-Durchführung: Dr. E. Kahrer



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Hintergrund..... | 3 |
| 2 | Projektplanung..... | 3 |
| 3 | Tiere, Material und Methode..... | 4 |
| 3.1 | Betriebe..... | 4 |
| 3.2 | Kälber..... | 4 |
| 3.3 | Beschreibung der beiden Enthornungsgeräte..... | 4 |
| 3.3.1 | Thermokauter..... | 4 |
| 3.3.2 | Enthorner buddex®..... | 5 |
| 3.4 | Gruppen und Methodik..... | 5 |
| 3.5 | Hormonanalysen..... | 6 |
| 3.5.1 | Kortisol im Plasma..... | 6 |
| 3.5.2 | Kortisolmetaboliten im Kot..... | 6 |
| 3.6 | Abgekürzte klinische Untersuchung..... | 6 |
| 3.7 | Beobachtung während der Anästhesie..... | 6 |
| 3.8 | Enthornungsvorgang..... | 7 |
| 3.9 | Ethologische Beobachtung nach der Enthornung..... | 8 |
| 3.10 | Appetenzverhalten nach der Enthornung..... | 9 |
| 3.11 | Dokumentation der Brandwunden, Heilungsverlauf..... | 9 |
| 3.12 | Statistische Auswertung..... | 9 |
| 3.13 | Messtechnische Prüfung..... | 9 |
| 3.14 | Tierversuchsantrag..... | 9 |
| 3.15 | Prüfberichte der DLG..... | 9 |
| 4 | Ergebnisse..... | 10 |
| 4.1 | Plasma-Kortisol..... | 10 |
| 4.1.1 | Thermokauter..... | 10 |
| 4.1.2 | buddex®..... | 11 |
| 4.1.3 | Altersgruppen..... | 11 |
| 4.1.4 | Anstieg der Plasmakortisolwerte..... | 12 |
| 4.2 | Glucokorticoidmetaboliten im Kot..... | 13 |



| | | |
|---------|---|----|
| 4.2.1 | Thermokauter..... | 14 |
| 4.2.2 | buddex® | 15 |
| 4.2.3 | Altersgruppen..... | 15 |
| 4.2.4 | Anstieg der Glucokorticoide im Kot..... | 17 |
| 4.2.4.1 | Thermokauter..... | 17 |
| 4.2.4.2 | buddex® | 18 |
| 4.3 | Abgekürzte klinische Untersuchung..... | 19 |
| 4.4 | Beobachtung während der Anästhesie..... | 20 |
| 4.5 | Enthornungsvorgang..... | 21 |
| 4.5.1 | Enthornen mit dem Thermokauter..... | 21 |
| 4.5.2 | Enthornen mit buddex® | 21 |
| 4.6 | Ethologische Beobachtung..... | 22 |
| 4.6.1 | Körperstellung..... | 22 |
| 4.6.1.1 | Thermokauter..... | 22 |
| 4.6.1.2 | buddex® | 22 |
| 4.6.2 | Beobachtetes Verhalten..... | 22 |
| 4.6.2.1 | Thermokauter..... | 23 |
| 4.6.2.2 | buddex® | 24 |
| 4.7 | Appetenzverhalten nach dem Enthornen..... | 26 |
| 4.8 | Dokumentation Wundheilungsverlauf..... | 26 |
| 4.9 | Messtechnische Untersuchungen..... | 27 |
| 5 | Zusammenfassung und Diskussion..... | 29 |
| 6 | Conclusio..... | 33 |
| 7 | Summary..... | 34 |
| 8 | Literatur..... | 35 |
| | <i>Danksagung</i> | 36 |

Anhang

Tabellen Medianwerte ethologischer Beobachtungen

Endbericht der messtechnischen Untersuchungen

DLG-Prüfberichte

Bescheid der Tierversuchsgenehmigung (Kopie)

1 Hintergrund

Von den Landwirten wird der große Wunsch geäußert, das Enthornen von Kälbern selbst durchzuführen, um einen zusätzlichen Mehraufwand durch Tierarztkosten zu vermeiden.

Gemäß 2.8. Anlage 2 der 1. Tierhaltungsverordnung, BGBl. II Nr. 485/2005 idF BGBl. II Nr. 25/2006, verbindlich geltend ab 1. Jänner 2005, ist das Zerstören der Hornanlagen von Kälbern durch einen Tierarzt oder einer „sachkundigen Person“ gem. § 4 Abs. 2 der 1. Tierhaltungsverordnung, bis zu einem Lebensalter von 2 Wochen durch Ausbrennen mit einem Brennstab zulässig. Der Eingriff darf vorgenommen werden, wenn der Brennstab über eine exakte Zeitsteuerung sowie eine automatische Abschaltung des Brennvorganges verfügt und fachgerecht durchgeführt wird, oder wenn der Eingriff durch Ausbrennen mit einem sonstigen Brennstab nach wirksamer Betäubung gem. § 7 Abs. 3 TSchG, in Österreich ausschließlich dem Tierarzt vorbehalten, durchgeführt wird.

Aus diesem Grund soll die schmerzärmste und tierschutzgerechteste Enthornungsmethode mit geringster Belastung für das Kalb gefunden werden. Ziel dieser Studie ist die Durchführung einer vergleichenden Untersuchung zwischen den beiden Enthornungsgerätefabrikaten Thermokauter und Enthorner buddex[®] an Kälbern unterschiedlichen Alters in Methodik, Effektivität, Stress- und Schmerzbelastung. Mittels ethologischer Verhaltensbeobachtung, Plasmakortisolgehalt und Bestimmung des Kortisolmetabolitengehaltes im Kot sollen die beiden Geräte bzw. die unterschiedlichen Methoden hinsichtlich Schmerz- und Stressbelastung für die Kälber bewertet werden.

Zugleich werden die Geräte im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit messtechnisch untersucht. Es soll der Frage nachgegangen werden, welche tatsächlichen Temperaturen beim Brennvorgang erreicht werden.

2 Projektplanung

In Kooperation zwischen der Klinik für Wiederkäuer, dem Institut für Tierhaltung und Tierschutz, dem Institut für Biochemie sowie dem Institut für medizinische Physik wurde diese Studie durchgeführt und durch das Bundesministerium für Gesundheit und Frauen finanziert.

Die Einarbeitungs- und Vorbereitungsphase fanden im Dezember 2004 und Jänner 2005 statt.

Der praktische Teil des Projektes wurde von Ende Jänner bis Anfang Juni 2005 (48 Kälber) bzw. bis Anfang November 2005 (weitere 16 Kälber) durchgeführt. Im Anschluss daran wurden bis einschließlich November 2005 die Daten aufgearbeitet, statistisch ausgewertet und der Endbericht verfasst.

3 Tiere, Material und Methode

Ursprünglich wurden 48 Kälber in die Studie miteinbezogen. Aufgrund unerwartet großer Schwankungen der Blutplasmakortisol- sowie Glucokorticoide-metabolitenwerte im Kot innerhalb der Tiergruppen, wurde eine Aufstockung der Tierzahl in den Gruppen vorgenommen. Im Rahmen dieser Enthornungsstudie sind insgesamt 64 Kälber, 30 männliche und 34 weibliche Tiere der Rassen Fleckvieh (80 %), Braunvieh (17 %) und Kreuzungen (3 %) im Alter von 5 bis 13 Tagen bzw. 3 bis 5 Wochen, in die Studie miteinbezogen worden. 2 unterschiedliche Enthornungsgeräte, ein herkömmlicher Brennstab (Thermokauter) und ein Enthornungsgerät mit Abschaltautomatik (buddex®) wurden verwendet. Die Tiere sind zufällig ausgewählt und in 5 Versuchs- und 3 Kontrollgruppen unterteilt worden.

3.1 Betriebe

Der Großteil des Versuches wurde am Lehr- und Forschungsgut Kremesberg der Veterinärmedizinischen Universität Wien durchgeführt. Um die Studie innerhalb der zeitlichen Frist (Soll: des praktischen Abschlusses Ende Mai) durchführen zu können, wurden 2 weitere Betriebe mit eingebunden (2 FV-Zuchtbetriebe in Hernstein/Berndorf und Mitterndorf a. d. Fischa).

Auswahl-Kriterien:

- Kommerzielles Haltungssystem: Iglu- bzw. Innenboxenhaltung von Kälbern
- Rasse: Fleckvieh + Kreuzungen, Braunvieh
- > 40 laktierende Kühe im Betrieb, sodass eine entsprechende Kälbergeburtensrate zu erwarten war
- ähnliches Management und vergleichbare Haltungsbedingungen sowie Umgang mit den Tieren seitens der Tierbesitzer

3.2 Kälber

- zufällige Auswahl der Kälber und Zuteilung in die Gruppen
- Tiere mussten klinisch gesund sein
- Rassen: Fleckvieh + Kreuzungen und Braunvieh
- Alter: zwischen 5. und 13. Lebenstag (LT) für die Gruppen buddex® und Ende 3. bis Ende 5. Lebenswoche (LW) für die Gruppen Thermokauter
- Geschlecht: je 4 weibliche und 4 männliche Kälber pro Gruppe mit Ausnahme 1 Gruppe (5 weibliche, 3 männliche Kälber)

3.3 Beschreibung der beiden Enthornungsgeräte von Seite der Hersteller

3.3.1 Thermokauter (Fa. Hauptner/ Herberholz, D-42651 Solingen, Fa. Eider, D-25733 Heide)

Enthornungsgerät Art. Nr. 33438 und Art. Nr. 802 mit Sicherheitstransformator zur unblutigen Enthornung von Kälbern im Alter von 4 – 6 (8) Wochen durch Ausbrennen des Hornansatzes. Vor dem Enthornen muss das Kalb an der Hornansatzstelle geschoren werden.

Doppelt schutzisolierter Transformator zum Sicherheitsbrennstab, Wärmeschutzgriff am Brennstab. Netzspannung für den Transformator 24 Volt. Elektrisch beheizbarer Brennstab (ca. 30 cm lang, ø 17 mm), erreicht die Arbeitstemperatur etwa nach 8 – 10 Minuten, besitzt

am zu brennenden Endteil eine ca. 1,5 cm tiefe Aushöhlung, die auf die Hornknospen aufgesetzt wird und mit kreisenden und zugleich bohrenden Bewegungen den Hornansatz ausbrennt. Durch schaufelartige Bewegung wird der Hornansatz „ausgehelt“.

3.3.2 Enthorner buddex[®] (Fa. Kerbl GmbH, D-84428 Buchbach)

Empfohlenes Alter der Kälber: 1 - 3 Lebenswochen (wenn fühlbare Hornknospe vorhanden). Ansetzen des Gerätes an der Hornknospenbasis, Brenndauer 6,5 Sekunden mit drehenden Bewegungen bis ein sichtbarer vollständiger Brandring bis zum Periost entsteht. Automatisches Abschalten des Gerätes nach 6,5 Sekunden Gerät wird mit Akku betrieben. Empfohlene Anwendung bei Kälbern im Alter von Ende 1. bis Ende 3. Lebenswoche (LW).

3.4 Gruppen und Methodik

Tab. 1: Einteilung der Gruppen nach Methode: SED = Sedation; LA = Leitungsanästhesie; T = Thermokauter; B = buddex[®]; SIM = Simulation

| Gruppe | n | Alter | SED | LA | T | B | SIM |
|--------|---|---------------|-----|----|---|---|-----|
| VA1 | 8 | 3. – 5. LW | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| VA2 | 8 | 3. – 5. LW | | ✓ | ✓ | | |
| VB1 | 8 | 5. – 13. LT | ✓ | ✓ | | ✓ | |
| VB2 | 8 | 5. – 13. LT | | ✓ | | ✓ | |
| VB3 | 8 | 5. – 13. LT | | | | ✓ | |
| K1 | 8 | 5. LT – 5. LW | ✓ | ✓ | | | ✓ |
| K2 | 8 | 5. LT – 5. LW | | ✓ | | | ✓ |
| K3 | 8 | 5. – 13. LT | | | | | ✓ |

LW =Lebenswoche; LT = Lebenstag

2 Versuchsgruppen für das Gerät Thermokauter: VA1 und VA2

3 Versuchsgruppen für das Gerät buddex[®]: VB1, VB2 und VB3

1 Kontrollgruppe ausschließlich für das Gerät buddex[®]: K3

2 Kontrollgruppen für beide Geräte: K1 und K2

Sedierung: Xylazin (20,0 mg / ml): 10,0 mg / 100 kg KG i.v.

Leitungsanästhesie: Procainhydrochlorid (20,0 mg / ml): 5 ml pro Seite s.c.

Leitungsanästhesie des *Ramus cornualis* des *N. zygomaticus* an der Linea temporalis in der Mitte zwischen temporalem Augenwinkel und Hornbasis.

Fixierung: Die Kälber wurden von 1 Hilfsperson fixiert und die Kopfbewegung so weit als möglich eingeschränkt. Sowohl die Versuchs- als auch die Kontrolltiere wurden alle gleich manipuliert.

Thermokauter: Enthornung durch Hitze bzw. „Heraushebeln“ der Hornanlagen durch drehende und schaufelartige Bewegungen mit dem Brennstab. Nachbehandlung mit Terramycinspray lokal.

Aus organisatorischen Gründen wurden in diesem Versuch 2 Thermokauter verwendet.

buddex[®]: Enthornung durch ringförmiges Verbrennen der Hornanlagen (kutane Hornzellen), Abschaltautomatik nach 6,2 bis 6,5 Sekunden, 2maliges Brennen pro Hornanlage, da im

Rahmen eines Vorversuches bei 1maligem Brennen kein vollständiger Brandring bis zum Periost entstanden ist. Nachbehandlung mit Terramycinspray lokal.

Es wurden insgesamt 2 buddex[®]-Geräte eingesetzt, da nach dem Enthornen einiger Kälber das erste Gerät defekt war.

Simulation: Die Kontrollgruppen K1 und K2 wurde gesplittet, wobei 4 Tiere zwischen 3 und 5 Wochen und 4 Tiere zwischen 5 und 13 Tagen alt waren. Entsprechend wurde auch die Enthornungssimulation vorgenommen. Zum Vergleich der Methode buddex[®] wurde der Brennstab im kalten Zustand 2 mal 6,5 Sekunden (= 2 Brennzyklen) lang im Abstand von 5 Sekunden auf die Hornanlagen mit annähernd gleichem Druck und drehender Bewegung aufgesetzt. Der Vergleich der Methode Thermokauter wurde durch Ansetzen und Aufpressen des kalten Brennstabes mit möglichst gleichem Druck und Bewegungen, wie es während eines tatsächlichen Enthornes gehandhabt wird, simuliert.

24 Stunden vor Versuchsbeginn wurden jegliche Manipulationen und Stresssituationen für die Kälber vermieden.

3.5 Hormonanalysen

3.5.1 Kortisolgehalt im Plasma

Bei 48 Kälbern (lt. Genehmigung des Tierversuchsantrages, siehe Anhang) wurde je 1 Blutprobe 2 Stunden vor Versuchsbeginn sowie unmittelbar (innerhalb von 3 Minuten) nach der Enthornung bzw. der Simulation aus der V. jugularis entnommen. Unter Berücksichtigung der Stresssituation für die Kälber wurde die 1. Blutprobe als allererste Maßnahme getätigt, um möglichst realistische Basiswerte zu bekommen. Das Blut wurde auf Eis bei ca. 4°C bis zur weiteren Verarbeitung gelagert, danach zentrifugiert und das Plasma bis zur weiteren Aufarbeitung bei -20°C tiefgefroren. Mittels eines Enzym-Immunoassays (EIA) nach PALME und MÖSTL (1997) wurde das Kortisol im Blutplasma bestimmt.

3.5.2 Kortisolmetaboliten im Kot

Vor Versuchsbeginn sowie 8, 10, 12 und 24 Stunden nach der Enthornung bzw. Simulation wurden von allen Kälbern Kotproben gewonnen und anschließend bis zur weiteren Aufarbeitung bei -20°C tiefgefroren. Die Kotproben wurden häufig direkt aus dem Rectum entnommen, da oftmals kein frischer Kot in der Box vorgefunden wurde bzw. bei Gruppenhaltung der Kot den Einzeltieren nicht zugeordnet werden konnte. Mittels eines Enzym-Immunoassays (EIA) für Glucokorticoidmetaboliten (GCM) im Kot nach MÖSTL et al. (2002) wurde der GCM-Gehalt im Kot der Kälber bestimmt.

3.6 Abgekürzte klinische Untersuchung

Vor Versuchsbeginn sowie nach der Enthornung bzw. der Simulation wurde jedes Kalb einer abgekürzten klinischen Untersuchung nach BAUMGARTNER (2002) unterzogen, um Puls bzw. Herzfrequenz, innere Körpertemperatur und Atemfrequenz zu erheben.

3.7 Beobachtung während der Anästhesie

Das Verhalten der Kälber während dem Anästhesie-Prozedere (gute Fixierung + Sedierung und/oder Leitungsanästhesie) wurde von entsprechend eingeschulten Studenten anhand der in

Tabelle 2 dargestellten Parameter nach TASCHKE und FÖLSCH (1997) beobachtet und handschriftlich erfasst.

Tab. 2: Verhaltensparameter der Kälber während der Anästhesie (Sedierung und/oder Leitungsanästhesie)

| Parameter | Definition | Erfassung |
|--------------------------------------|---|-----------|
| Trippeln mit den Vorderbeinen | Hin und her trippeln mit Vorderextremitäten; wird gezählt nach jeder Rückführung der Beine in die physiologische Körperhaltung | Frequenz |
| schnelles Schwanzwedeln | Schnelle Bewegungen des Schwanzes von einer Seite zur anderen, > 2-3 mal, wird gezählt nach langsamer physiologischer Schwanzbewegung oder Ruheposition | Frequenz |
| Aufbäumen mit den Vorderextremitäten | Aufstellen auf der Hinterhand, wird gezählt nach jeder Rückführung der Beine in die physiologische Körperhaltung | Frequenz |
| sich Fallenlassen | sich Fallenlassen in Brust-Bauchlage | Frequenz |
| nach vorne Drängen | mit gesamter Körperkraft nach vorne drängen | Frequenz |
| vermehrtes Ohrenwackeln | heftiges Ohr-Wackeln eines oder beider Ohren unabhängig von Kopfschütteln; > 2-3 mal Ohrenwackeln, wird jedes mal gezählt nach vorheriger Pause | Frequenz |
| Abwehr mit Kopf | heftige und zugleich kräftige Abwehrbewegungen mit dem Kopf zur Seite oder nach unten | Frequenz |

3.8 Enthornungsvorgang

Das Verhalten der Kälber während des Enthornens bzw. der Simulation inklusive der entsprechenden Fixierung der Kälber durch 1 Helfer (da die gesamte Studie so praxisnah wie möglich gestaltet werden sollte) wurde ebenfalls durch eingeschulte Studenten anhand der in Tab. 3 in Anlehnung an TASCHKE und FÖLSCH (1997) dargestellten Parameter erfasst und ausgewertet.

Tab. 3: Verhaltensparameter der Kälber während Enthornen bzw. der Simulation

| Parameter | Definition | Erfassung |
|--|---|-----------|
| Trippeln mit den Vorderbeinen | hin und her trippeln mit Vorderextremitäten; wird gezählt nach jeder Rückführung der Beine in die physiologische Körperhaltung | Frequenz |
| schnelles Schwanzwedeln | schnelle Bewegungen des Schwanzes von einer Seite zur anderen, > 2-3 mal, wird gezählt nach langsamer physiologischer Schwanzbewegung oder Ruheposition | Frequenz |
| Aufbäumen mit den Vorderextremitäten | aufstellen auf der Hinterhand, wird gezählt nach jeder Rückführung der Beine in die physiologische Körperhaltung | Frequenz |
| sich Fallenlassen | sich Fallenlassen in Brust-Bauchlage | Frequenz |
| nach vorne Drängen | mit gesamter Körperkraft nach vorne drängen | Frequenz |
| Lautäußerung | Vokalisieren; gezählt wird Häufigkeit der Lautäußerungen | Frequenz |
| vermehrtes Ohrenwackeln | heftiges Ohr-Wackeln eines oder beider Ohren unabhängig von Kopfschütteln; > 2-3 mal Ohrenwackeln, wird jedes mal gezählt nach vorheriger Pause | Frequenz |
| heftige Abwehr mit Kopf | heftige und zugleich kräftige Abwehrbewegungen mit dem Kopf zur Seite oder nach unten | Frequenz |
| Ruderbewegungen mit Vorderextremitäten | Lauf- oder Ruderbewegungen mit den Vorderbeinen in der Luft; wird gezählt nach jeder Rückführung der Beine in die physiologische Körperhaltung | Frequenz |
| nach hinten Drängen | mit gesamter Körperkraft nach hinten drängen | Frequenz |
| Hinterhandschlagen | Schlag- oder Reibebewegungen mit den Hinterbeinen Richtung Kopf ; wird jedes mal gezählt nach vorheriger Pause | Frequenz |

3.9 Ethologische Beobachtung nach der Enthornung bzw. der Simulation

Anschließend an die Enthornung bzw. die Simulation wurden die Kälber 4 Stunden lang mittels Time-Sampling-Methode im 4-Minuten-Rhythmus zusammen mit eingeschulten Studenten beobachtet. Alle Daten sind handschriftlich protokolliert und mittels elektronischer Datenverarbeitung erfasst und ausgewertet worden. Klassifiziert und beurteilt wurden die Verhaltensweisen oder Schmerzsymptome in Anlehnung an GRAF und SENN (1999), TASCHKE und FÖLSCH (1997) sowie SYLVESTER et al. (2004) nach deren Art, Grad, Ausprägung und Dauer (Tab. 4).

Je 15 Beobachtungsminuten ergaben 1 Beobachtungsstunde:

ZP1 = 1. Stunde nach Enthornung (à 15 min)

ZP2 = 2. Stunde nach Enthornung (à 15 min)

ZP3 = 3. Stunde nach Enthornung (à 15 min)

ZP4 = 4. Stunde nach Enthornung (à 15 min)

Tab. 4: Definitionen der beobachteten und ausgewerteten Verhaltensparameter und deren Klassifizierung

| Parameter | Definition | Erfassung |
|--|---|--------------------|
| Stehen | wird jedes mal gezählt, wenn stehen, aufstehen oder nochmaliges aufstehen | Frequenz |
| Liegen | wird jedes mal gezählt, wenn liegen oder wiederholtes abliegen | Frequenz |
| Dösen | schlafen / schlafähnlicher Zustand, liegen mit seitlich verschlagenem Kopf oder Kopf zwischen den Vorderbeinen und mit geschlossenen Augenlidern; wird gezählt, wenn Zustand bereits vorhanden und wenn Zustand-Einnahme in Beobachtungsminute; auch Zählung wenn Unterbrechung des Zustandes | ja/nein + Frequenz |
| Unruhe | häufiger Positionswechsel, Liege-, Stehplatzwechsel, unruhiges Hin- und Hergehen, häufiges Kopfbeugen und wieder ablegen | ja/nein |
| Zittern | deutlich sichtbares Muskelzittern, häufig der Flanken und Ankonäenlinie | ja/nein |
| aufgekrümmter Rücken | stehen mit aufgekrümmtem Rücken | ja/nein |
| gesenkte Kopf-Hals-Haltung | deutlich gesenkter Kopf unterhalb einer horizontalen Linie Höhe Widerrist | ja/nein |
| Apathisch – kein Umweltinteresse | geringgradig vermindertes Allgemeinverhalten, stehen oder liegen gemeinsam mit gesenkter Kopf-Hals-Haltung, hängenden Ohren, oftmals halbgeschlossene Lider, kein Ohrenspiel | ja/nein |
| Wiederkäuen | wiederkäuen eines Wiederkaubissens + abschlucken + heraufwürgen neuem Futtermaterials | ja/nein |
| Leerkauen | kauen ohne Wiederkaubissen und ohne Abschlucken dessen bzw. Heraufwürgen neuem Futtermaterials | ja/nein |
| Zähneknirschen | hörbar mit den Zähnen knirschen | ja/nein |
| hängende Ohren | beide Ohren hängen deutlich nach unten, oftmals verbunden mit fehlendem Ohrenspiel | ja/nein |
| halbgeschlossene Lider | liegen oder stehen mit halboffenen Augenlidern | ja/nein |
| Kopfschütteln | häufiges, > 1-3 mal heftiges hin- und herwenden des Kopfes um die axiale Achse (rostral-caudal); wird immer gezählt nach vorheriger Pause oder physiologischer Haltung des Kopfes | Frequenz |
| Kopf an Gegenstände reiben | Kopf an Gegenstand oder anderem Kalb reiben; wird jedes mal gezählt nach vorheriger Pause oder physiologischer Kopfhaltung | Frequenz |
| „Kratzen“ mit Hinterextremität am Kopf | Schlag- oder Reibebewegungen mit einem Hinterbein Richtung Kopf; wird jedes mal gezählt nach vorheriger Pause | Frequenz |
| vermehrtes Ohrenwackeln | heftiges Ohr-Wackeln eines oder beider Ohren unabhängig von | Frequenz |



| | | |
|--|---|----------|
| | Kopfschütteln; > 2-3 mal Ohrenwackeln, jedes mal gezählt nach vorheriger Pause | |
| schnelles Schwanzschlagen/-wedeln | schnelle Bewegungen des Schwanzes von einer Seite zur anderen, > 2-3 mal, wird gezählt nach langsamer physiologischer Schwanzbewegung oder Ruheposition | Frequenz |
| Flotzmaul lecken/ ± vermehrte Speichelproduktion | häufiges schlecken mit Zunge übers Flotzmaul; häufig in Kombination mit vermehrtem Speicheln und Abschlucken; wird gezählt nach vorheriger Pause | Frequenz |

Definitionen in Anlehnung an GRAF und SENN (1999), SYLVESTER et al. (2004) und TASCHKE und FÖLSCH (1997), sowie Beschreibung und Definition neuer Verhaltensparameter, die in dieser Untersuchung beobachtet wurden.

3.10 Appetenzverhalten nach der Enthornung bzw. der Simulation

Erfassung der Sauglust bzw. Fresslust nach der Enthornung und der Simulation abends, am Tag der Manipulation bzw. Tags darauf morgens und abends.

3.11 Dokumentation der Brandwunden, Heilungsverlauf

Der Brennvorgang, die Brandwunden nach der Enthornung bzw. das Heilungsprozedere wurde in zeitlichen Abständen adspektorisch sowie palpatorisch beurteilt, protokolliert und bildlich dokumentiert.

3.12 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS. for Windows. Angewendet wurden Tests zum Gruppenvergleich, die Daten zeigten sich alle als nicht normalverteilt, daher wurde der Kruskal-Wallis-Test sowie der Mann-Whitney-U-Test für Einzelaustestungen angewendet und $p \leq 0,05$ als signifikant gewertet. Zur Beschreibung der Lage und Streuung der Parameter einer Gruppe wurden entsprechend der Median sowie das 25 %- und das 75 % Quartile angegeben.

3.13 Messtechnische Prüfung

Die beiden Enthornungsgeräte wurden durch das Institut für medizinische Physik der Veterinärmedizinischen Universität Wien messtechnisch, sowohl auf Funktionstüchtigkeit und Leistung geprüft, siehe Anhang.

3.14 Tierversuchsantrag

Es wurde für 48 Kälber zur Entnahme der Blutproben eine Tierversuchsgenehmigung eingeholt und bewilligt (siehe Anhang).

3.15 Prüfberichte der DLG

siehe Anhang

4 Ergebnisse

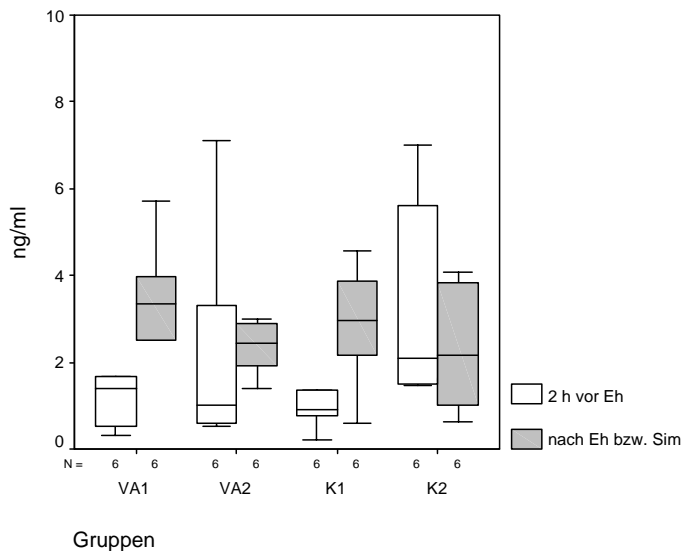
4.1 Plasma-Kortisol

Bei 48 Kälbern (6 Tiere pro Gruppe) wurde je 1 Blutprobe 2 Stunden vor (Basiswert; ZP1) und unmittelbar nach dem Enthornen bzw. der Enthornungssimulation (ZP2) gewonnen.

Tab. 5: Medianwerte und Angabe des 25 %- und 75 % Quartils der Plasmakortisolwerte der einzelnen Gruppen vor (ZP1) und nach (ZP2) dem Enthornen bzw. der Simulation im Vergleich

| Methode | Gruppe | n | ZP1 | | | ZP2 | | |
|--------------|--------|---|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | Median (ng/ml) | 25 % Quartil | 75 % Quartil | Median (ng/ml) | 25 % Quartil | 75 % Quartil |
| Thermokauter | VA1 | 6 | 1,4 | 0,3 | 4,6 | 3,3 | 0,1 | 5,7 |
| | VA2 | 6 | 1,0 | 0,5 | 7,1 | 2,5 | 1,4 | 3,0 |
| Kontrolle | K1 | 6 | 2,7 | 0,5 | 4,4 | 4,6 | 0,2 | 5,1 |
| | K2 | 6 | 2,6 | 1,3 | 13,2 | 2,8 | 1,6 | 9,5 |
| | K3 | 6 | 3,3 | 0,3 | 8,6 | 3,8 | 0,6 | 4,6 |
| buddex® | VB1 | 6 | 5,4 | 1,5 | 7,0 | 5,1 | 0,6 | 4,1 |
| | VB2 | 6 | 0,9 | 0,9 | 5,5 | 3,0 | 1,4 | 9,1 |
| | VB3 | 6 | 2,1 | 0,3 | 13,2 | 2,2 | 0,1 | 9,5 |

4.1.1 Thermokauter

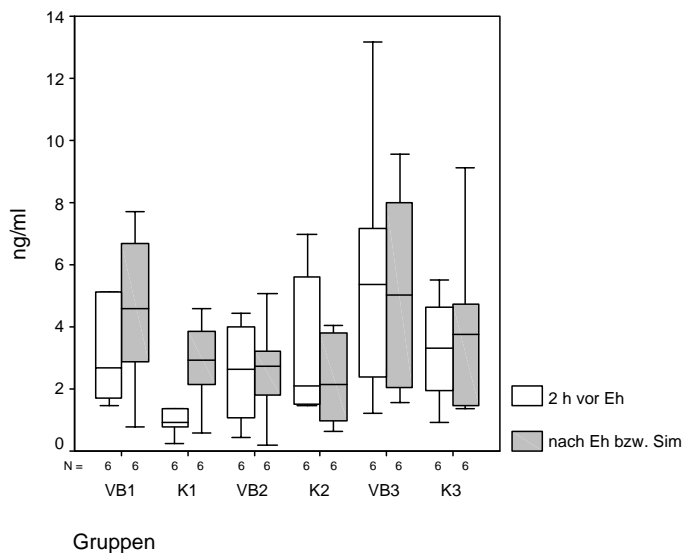


Eh = Enthornung; Sim = Enthornungssimulation

Abb. 1: Plasmakortisolwerte der Kälber der Methode Thermokauter (n = 12) + Kontrollgruppen (n = 12) vor und nach dem Enthornen bzw. Simulation im Vergleich

Sowohl in der sedierten Versuchsgruppe VA1, wie auch in Gruppe VA2 und in der Kontrollgruppe K1 konnten nach dem Enthornen bzw. der Simulation deutliche Anstiege der Kortisolwerte im Plasma festgestellt werden, die jedoch statistisch unter Verwendung des Kruskal-Wallis-Tests nicht signifikant waren (Abb. 1).

4.1.2 buddex[®]



Eh = Enthornung; Sim = Enthornungssimulation

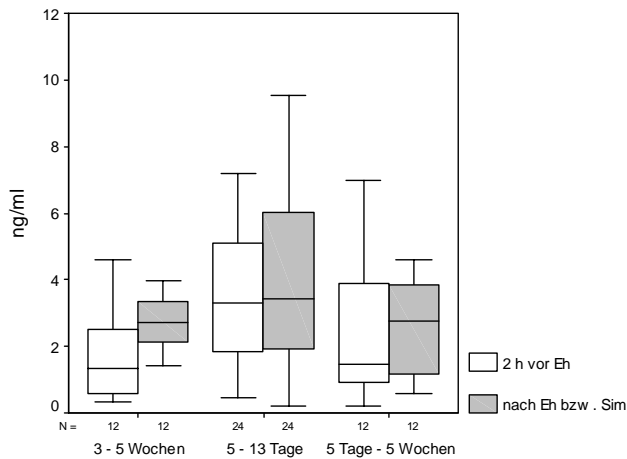
Abb. 2: Plasmakortisolwerte der Kälber der Methode buddex[®] (n = 18) + Kontrollgruppen (n = 18) vor und nach dem Enthornen bzw. der Simulation im Vergleich

Die sedierte Gruppe VB1 und Kontrollgruppe K1 zeigten nach der Enthornung bzw. der Simulation deutliche Anstiege der Plasmakortisolwerte, die jedoch statistisch nicht signifikant (Kruskal-Wallis-Test) waren. Auch zwischen den Gruppen der VB2, VB3 und den Kontrollgruppen K2 und K3 zeigten sich keine signifikanten Unterschiede (Kruskal-Wallis-Test) weder vor - noch nach dem Enthornen bzw. der Simulation (Abb. 2).

4.1.3 Altersgruppen

Die Kälber wurden in 3 Altersgruppen unterteilt und verglichen:

- Altersgruppe 1: 3. bis 5. LW (Versuchsgruppe VA1, VA2)
- Altersgruppe 2: 5. bis 13. LT (Versuchsgruppe VB1, VB2, VB3, Kontrollgruppe K3)
- Altersgruppe 3: 5. LT bis 5. LW (Kontrollgruppe K1, K2)



Altersgruppen

Eh = Enthornung; Sim = Enthornungssimulation

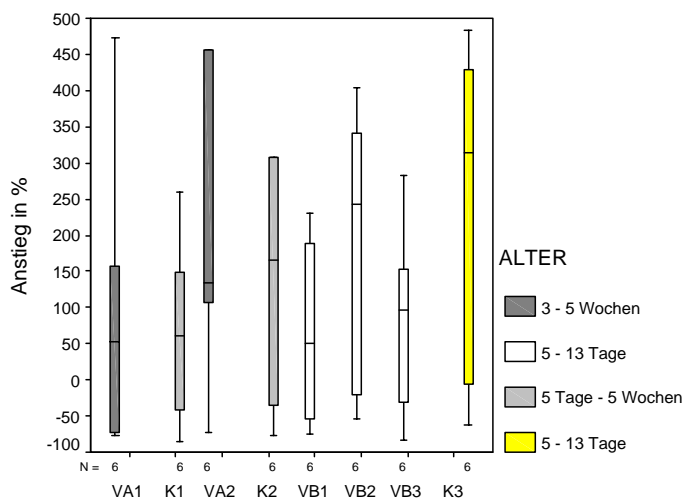
Abb. 3: Darstellung der Plasmakortisolwerte der 3 Altersgruppen vor und nach dem Enthornen bzw. Simulation im Vergleich

Tab. 6: Medianwerte der Plasmakortisolwerte der 3 Altersgruppen vor (ZP1) und nach dem Enthornen bzw. der Simulation (ZP2) im Vergleich

| Alter | Median in mg/ml | |
|-------------------|-----------------|-----|
| | ZP1 | ZP2 |
| 3 - 5 Wochen | 1,3 | 2,7 |
| 5 - 13 Tage | 3,4 | 3,4 |
| 5 Tage - 5 Wochen | 1,5 | 2,8 |

Zum ZP1 konnte zwischen den 3 Altersgruppen signifikant unterschiedliche Basis-Plasmakortisolwerte ($p = 0,029$; KW) festgestellt werden, hingegen nicht zum ZP2 (Tab. 6).

4.1.4 Anstieg der Plasmakortisolwerte



prozentueller Anstieg nach EH

Abb. 4: Prozentueller Anstieg des Plasmakortisols aller Gruppen nach dem Enthornen bzw. der Simulation im Vergleich

Im Vergleich zwischen allen Gruppen konnten deutliche prozentuelle Anstiege der Werte nach dem Eingriff bei den Gruppen VA2, VB2, der Kontrollgruppe K2 und am höchsten bei Kontrollgruppe K3 festgestellt werden, die jedoch mittels Kruskal-Wallis-Test nicht signifikant waren (Abb. 4).

Die Farben im Säulendiagramm (Abb. 4) zeigen das unterschiedliche Alter der Tiere in den einzelnen Gruppen. Ein möglicher Einfluss des Alters auf die Kortisolwerte ist wahrscheinlich.

4.2 Glucokorticoide im Kot (GCM)

Bei allen im Versuch stehenden Kälbern wurde vor und nach dem Enthornen bzw. der Simulation der Anteil eines Glucokorticoide (GCM) im Kot (ng/g) bestimmt:

1. Kotprobe: 2 h vor dem Enthornen
2. Kotprobe: 8 h nach dem Enthornen bzw. der Simulation
3. Kotprobe: 10 h nach dem Enthornen bzw. der Simulation
4. Kotprobe: 12 h nach dem Enthornen bzw. der Simulation
5. Kotprobe: 24 h nach dem Enthornen bzw. der Simulation

Tab. 7: Medianwerte und Angabe des 25 %- und 75 % Quartils der gemessenen Kortisolmetabolitenwerte im Kot der einzelnen Gruppen vor (ZP1) sowie 8 (ZP2), 10 (ZP3), 12 (ZP4) und 24 (ZP5) Stunden nach dem Enthornen bzw. der Simulation im Vergleich

| | Gruppe | ZP1 | | | ZP2 | | |
|--------------|--------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | Median ng/g | 25 % Quartil | 75 % Quartil | Median ng/g | 25 % Quartil | 75 % Quartil |
| Thermokauter | VA1 | 637 | 116 | 1918 | 897 | 206 | 2924 |
| | VA2 | 203 | 81 | 1830 | 426 | 132 | 1549 |
| Kontrolle | K1 | 645 | 219 | 2326 | 777 | 317 | 1860 |
| | K2 | 592 | 245 | 1563 | 437 | 218 | 1062 |
| | K3 | 487 | 259 | 1431 | 664 | 92 | 1130 |
| buddex® | VB1 | 275 | 142 | 688 | 366 | 163 | 755 |
| | VB2 | 434 | 88 | 724 | 226 | 130 | 711 |
| | VB3 | 713 | 251 | 1088 | 691 | 289 | 1700 |
| | | ZP3 | | | ZP4 | | |
| | Gruppe | Median ng/g | 25 % Quartil | 75 % Quartil | Median ng/g | 25 % Quartil | 75 % Quartil |
| Thermokauter | VA1 | 793 | 88,9 | 3301 | 673 | 78 | 3194 |
| | VA2 | 722 | 139 | 1685 | 464 | 189 | 24812 |
| Kontrolle | K1 | 880 | 122 | 2115 | 505 | 195 | 904 |
| | K2 | 528 | 172 | 1849 | 605 | 54 | 2594 |
| | K3 | 293 | 145 | 1450 | 460 | 129 | 1030 |
| buddex® | VB1 | 459 | 253 | 1007 | 576 | 404 | 888 |
| | VB2 | 325 | 142 | 1064 | 293 | 119 | 840 |
| | VB3 | 679 | 160 | 1413 | 589 | 137 | 970 |

| | Gruppe | ZP5 | | |
|--------------|--------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | Median ng/g | 25 % Quartil | 75 % Quartil |
| Thermokauter | VA1 | 707 | 221 | 1579 |
| | VA2 | 605 | 186 | 1644 |
| Kontrolle | K1 | 306 | 130 | 1118 |
| | K2 | 601 | 333 | 2282 |
| | K3 | 547 | 219 | 961 |
| buddex® | VB1 | 415 | 196 | 1035 |
| | VB2 | 525 | 134 | 1570 |
| | VB3 | 585 | 246 | 1177 |

4.2.1 Thermokauter

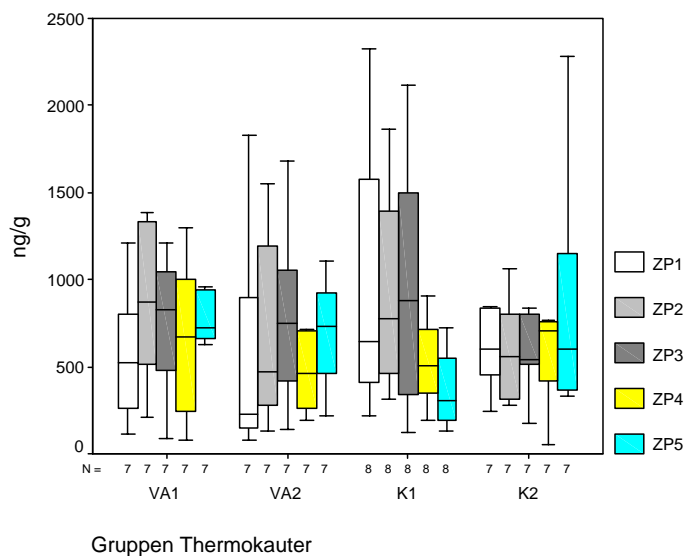


Abb. 5: Kortisolmetabolitenwerte im Kot der Kälber der Methode Thermokauter ($n = 16$) und der Kontrollgruppen ($n = 16$) vor (ZP1) sowie 8 (ZP2), 10 (ZP3), 12 (ZP4) und 24 (ZP5) Stunden nach dem Enthornen bzw. der Simulation im Vergleich

Tab. 8: Übersicht der GCM im Kot der Gruppen Thermokauter und Kontrollgruppen vor (ZP1) sowie 8 (ZP2), 10 (ZP3), 12 (ZP4) und 24 (ZP5) Stunden nach dem Enthornen bzw. der Simulation im Vergleich; Kruskal-Wallis-Test (KW)

| | ZP1 | ZP2 | ZP3 | ZP4 | ZP5 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Thermokauter + Kontrolle | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |

n. s. = nicht signifikant

Zu keinem Zeitpunkt konnten signifikante Unterschiede der Kortisolmetabolitenwerte im Kot der Gruppen Thermokauter + Kontrollgruppen mittels Kruskal-Wallis-Test festgestellt werden (Tab. 8, Abb. 5).

4.2.2 buddex[®]

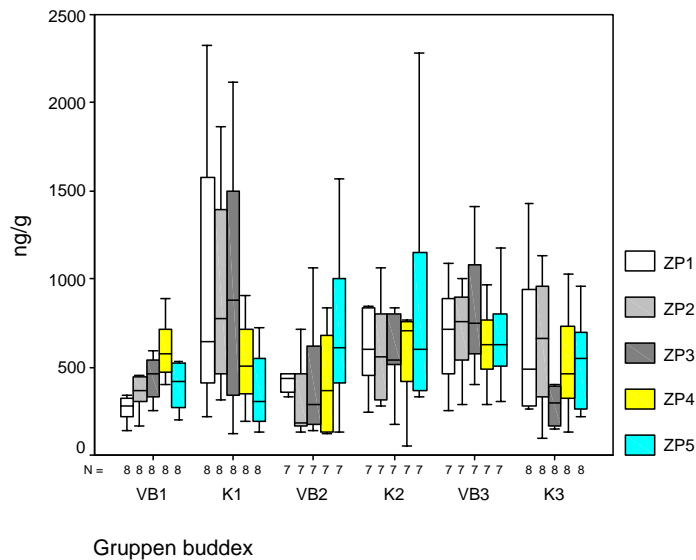


Abb. 6: Kortisolmetabolitenwerte im Kot der Kälber der Methode buddex[®] (n = 24) und der Kontrollgruppen (n = 24) vor (ZP1) sowie 8 (ZP2), 10 (ZP3), 12 (ZP4) und 24 (ZP5) Stunden nach dem Enthornen bzw. der Simulation im Vergleich

Tab. 9: Übersicht über die GCM im Kot der Gruppen buddex[®] und Kontrollgruppen vor (ZP1) sowie 8 (ZP2), 10 (ZP3), 12 (ZP4) und 24 (ZP5) Stunden nach dem Enthornen bzw. der Simulation im Vergleich; Kruskal-Wallis-Test (KW)

| | ZP1 | ZP2 | ZP3 | ZP4 | ZP5 |
|---------------------------------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
| buddex [®] + Kontrolle | n. s. | p = 0,038 (KW) | n. s. | n. s. | n. s. |
| n. s. = nicht signifikant | | | | | |

Bei der Einzeltaustestung im Mann-Whitney-Test (MW) zeigten die Kälber der Kontrollgruppe K1 signifikant höhere GCM-Werte im Kot 8 h nach der Enthornung bzw. Enthornungssimulation als die Tiere der Versuchsgruppe VB1 und VB2 (p = 0,015; MW). Die nicht betäubte Gruppe VB3 wies ebenfalls signifikant höhere Werte (p = 0,021; MW) nach 8 Stunden auf als die lokal anästhesierte Gruppe VB2 (Tab. 9, Abb. 6).

4.2.3 Altersgruppen

Die Kälber wurden in 3 Altersgruppen unterteilt und verglichen:

Altersgruppe 1: 3. bis 5. LW (Versuchsgruppe VA1, VA2)

Altersgruppe 2: 5. bis 13. LT (Versuchsgruppe VB1, VB2, VB3, Kontrollgruppe K3)

Altersgruppe 3: 5. LT bis 5. LW (Kontrollgruppe K1, K2)

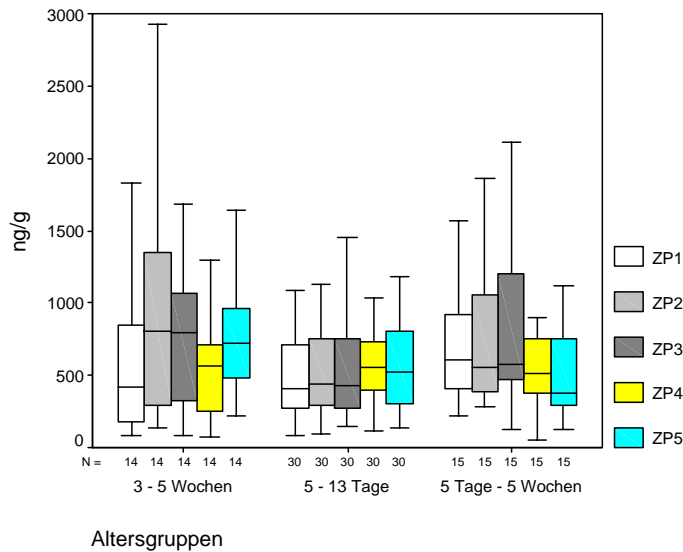


Abb. 7: Darstellung der Kortisolmetabolitenwerte im Kot der 3 Altersgruppen vor (ZP1) und nach dem Enthornen bzw. der Simulation (ZP2, ZP3, ZP4, ZP5) im Vergleich

Die älteren Kälber (3 bis 5 Lebenswochen) zeigten 8 bis 10 Stunden nach dem Eingriff einen höheren Anstieg der GCM im Kot, die bis zu 2 Wochen alten Kälber zeigten einen geringeren Anstieg nach 12 Stunden. Bei den Gruppen mit Tieren im Alter von 5 Tagen bis 5 Wochen wurden 12 und 24 Stunden nach dem Eingriff ein Abfall der Werte festgestellt (Abb. 7).

Tab. 10: Medianwerte sowie Angabe des 25 %- und 75 % Quartils der Kortisolmetabolitenwerte im Kot der 3 Altersgruppen vor (ZP1) und nach dem Enthornen bzw. der Simulation (ZP2, ZP3, ZP4, ZP5) im Vergleich

| Alter | ZP1 | | | ZP2 | | |
|-------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | Median ng/g | 25 % Quartil | 75 % Quartil | Median ng/g | 25 % Quartil | 75 % Quartil |
| 3 - 5 Wochen | 415 | 81 | 1918 | 803 | 132 | 2924 |
| 5 - 13 Tage | 410 | 88 | 1431 | 416 | 92 | 1700 |
| 5 Tage - 5 Wochen | 592 | 219 | 2326 | 527 | 218 | 1860 |
| Alter | ZP3 | | | ZP4 | | |
| | Median ng/g | 25 % Quartil | 75 % Quartil | Median ng/g | 25 % Quartil | 75 % Quartil |
| 3 - 5 Wochen | 754 | 89 | 3301 | 568 | 78 | 3194 |
| 5 - 13 Tage | 400 | 142 | 1450 | 530 | 119 | 1030 |
| 5 Tage - 5 Wochen | 555 | 122 | 2115 | 506 | 54 | 2594 |
| Alter | ZP5 | | | | | |
| | Median ng/g | 25 % Quartil | 75 % Quartil | | | |
| 3 - 5 Wochen | 707 | 186 | 1644 | | | |
| 5 - 13 Tage | 516 | 134 | 1570 | | | |
| 5 Tage - 5 Wochen | 376 | 130 | 2282 | | | |

4.2.4 Anstieg der Glucokorticoide im Kot

4.2.4.1 Thermokauter

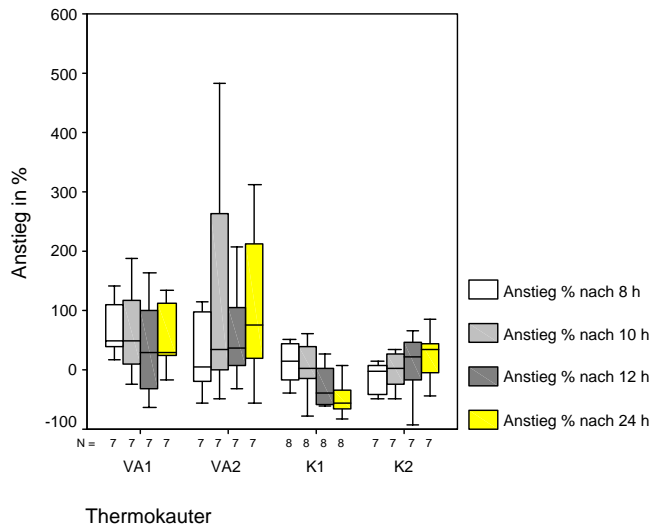


Abb. 8: Prozentueller Anstieg der Kortisolmetabolitenwerte im Kot der Thermokauter-Gruppen nach dem Enthornen bzw. der Simulation im Vergleich

Tab. 11: Übersicht über die prozentuellen Anstiege des GCM-Gehalts im Kot der Gruppen Thermokauter und Kontrollgruppen im Vergleich; Kruskal-Wallis-Test (KW)

| | nach 8 h | nach 10 h | nach 12 h | nach 24 h |
|---------------------------|----------|-----------|-----------|-------------------|
| Thermokauter + Kontrolle | n. s. | n. s. | n. s. | p = 0,007 (KW) |
| n. s. = nicht signifikant | | | | |

Im Mann-Whitney-Test (MW) wies die sedierte Kontrollgruppe K1 24 Stunden nach der Enthornung bzw. der Simulation einen signifikanten prozentuellen Abfall der gemessenen Kortisolmetabolitenwerte im Kot auf als die lokal betäubte Versuchsgruppe VA2 ($p = 0,003$; MW) und die Kontrollgruppe K2 ($p = 0,004$; MW) (Tab. 11, Abb. 8).

4.2.4.2 buddex®

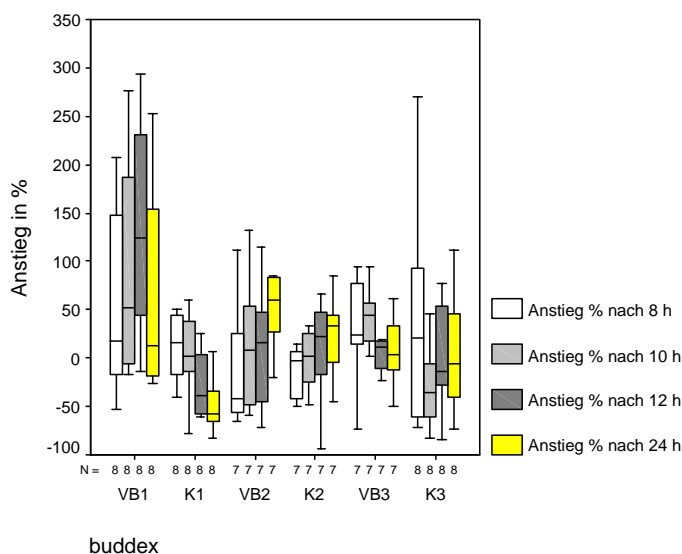


Abb. 9: Prozentueller Anstieg der Kortisolmetabolitenwerte im Kot der Gruppen buddex® nach dem Enthornen bzw. der Simulation im Vergleich

Tab. 12: Übersicht über die prozentuellen Anstiege der GCM im Kot der Gruppen buddex® und Kontrollgruppen im Vergleich; Kruskal-Wallis-Test (KW)

| | nach 8 h | nach 10 h | nach 12 h | nach 24 h |
|---------------------------|----------|-----------|----------------|----------------|
| buddex® + Kontrolle | n. s. | n. s. | p = 0,028 (KW) | p = 0,008 (KW) |
| n. s. = nicht signifikant | | | | |

12 Stunden nach der Enthornung bzw. der Simulation zeigte die sedierte Gruppe VB1 bei der Einzelaustestung im Mann-Whitney-Test (MW) einen signifikant höheren prozentuellen Anstieg der GCM-Werte im Kot im Vergleich zur Kontrollgruppe K1 ($p = 0,001$; MW), K3 ($p = 0,015$; MW) und K2 ($p = 0,038$; MW), sowie zu den Versuchsgruppen VB3 ($p = 0,014$; MW) und VB2 ($p = 0,029$; MW). 24 Stunden nach dem Eingriff konnte bei Gruppe VB1 immer noch ein signifikant ($p = 0,003$; MW) höherer Anstieg (%) der Kotkortisolwerte im Vergleich zur sedierten Kontrollgruppe K1 beobachtet werden. Diese Kälber (K1) zeigten 24 Stunden nach dem Eingriff ebenfalls einen signifikant höheren Anstieg (%) der Kortisolmetabolitenwerte im Kot im Vergleich zur Gruppe VB2 ($p = 0,001$; MW), hingegen einen signifikanten prozentuellen Abfall der Werte gegenüber den Tieren der nicht betäubten Gruppe VB3 ($p = 0,009$; MW) sowie der Kontrollgruppe K2 ($p = 0,004$; MW) (Tab. 12, Abb. 9).

4.3 Abgekürzte klinische Untersuchung

Tab. 13: Mittel- und Medianwerte der klinischen Parameter aller Gruppen vor (ZP1) und nach (ZP2) der Enthornung

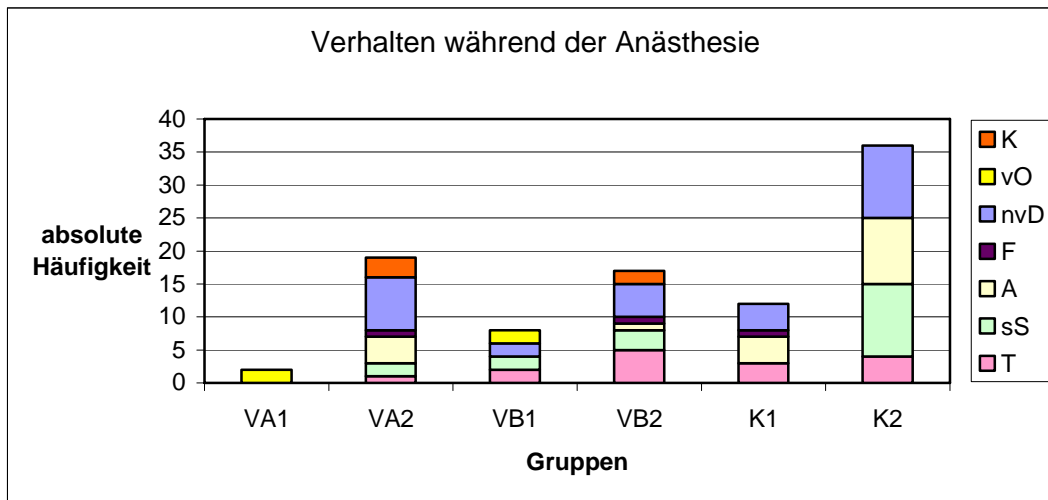
| Bericht | | IKT1 | PULS1 | ATM1 | IKT2 | PULS2 | ATM2 |
|-----------|--------------------|------|-------|------|------|-------|------|
| 1 | Mittelwert | 39,4 | 115 | 40 | 38,8 | 81 | 21 |
| | N | 8,0 | 8 | 8 | 8,0 | 8 | 8 |
| | Standardabweichung | ,3 | 19 | 11 | ,7 | 10 | 4 |
| | Median | 39,3 | 122 | 44 | 38,8 | 84 | 20 |
| 2 | Mittelwert | 39,0 | 129 | 44 | 39,0 | 133 | 57 |
| | N | 8,0 | 8 | 8 | 8,0 | 8 | 8 |
| | Standardabweichung | ,5 | 23 | 11 | ,4 | 30 | 23 |
| | Median | 39,4 | 131 | 46 | 39,1 | 128 | 56 |
| 3 | Mittelwert | 39,0 | 133 | 44 | 39,1 | 89 | 35 |
| | N | 8,0 | 7 | 8 | 8,0 | 8 | 8 |
| | Standardabweichung | ,5 | 45 | 17 | ,8 | 13 | 12 |
| | Median | 38,9 | 128 | 44 | 39,2 | 92 | 33 |
| 4 | Mittelwert | 39,2 | 122 | 40 | 39,0 | 135 | 48 |
| | N | 8,0 | 8 | 8 | 8,0 | 8 | 8 |
| | Standardabweichung | ,4 | 51 | 16 | ,9 | 32 | 34 |
| | Median | 39,2 | 107 | 39 | 38,8 | 126 | 39 |
| 5 | Mittelwert | 39,4 | 139 | 37 | 38,6 | 94 | 25 |
| | N | 8,0 | 8 | 8 | 8,0 | 8 | 8 |
| | Standardabweichung | ,5 | 51 | 14 | ,8 | 14 | 8 |
| | Median | 39,4 | 124 | 34 | 38,7 | 91 | 23 |
| 6 | Mittelwert | 39,5 | 156 | 50 | 39,1 | 135 | 43 |
| | N | 8,0 | 8 | 8 | 8,0 | 8 | 8 |
| | Standardabweichung | ,4 | 54 | 18 | ,4 | 25 | 16 |
| | Median | 39,3 | 166 | 50 | 39,2 | 132 | 39 |
| 7 | Mittelwert | 39,2 | 128 | 37 | 39,4 | 144 | 39 |
| | N | 8,0 | 8 | 8 | 8,0 | 8 | 8 |
| | Standardabweichung | ,6 | 39 | 9 | ,4 | 39 | 22 |
| | Median | 39,2 | 122 | 38 | 39,3 | 148 | 37 |
| 8 | Mittelwert | 39,2 | 144 | 44 | 39,3 | 131 | 47 |
| | N | 8,0 | 8 | 8 | 8,0 | 8 | 8 |
| | Standardabweichung | ,4 | 17 | 10 | ,5 | 20 | 19 |
| | Median | 39,3 | 136 | 44 | 39,3 | 120 | 51 |
| Insgesamt | Mittelwert | 39,2 | 133 | 42 | 39,0 | 118 | 39 |
| | N | 64,0 | 63 | 115 | 39,8 | 64 | 64 |
| | Standardabweichung | ,4 | 40 | 8 | 8,0 | 33 | 21 |
| | Median | 39,2 | 128 | 19 | 10,8 | 116 | 34 |

IKT= innere Körpertemperatur; ATM= Atmung

1= VA1; 2= VA2; 3= K1; 4= K2; 5= VB1; 6= VB2; 7= VB3; 8= K3

Bezüglich der abgekürzten klinischen Untersuchung und Erfassung Puls bzw. Herzfrequenz, innerer Körpertemperatur und Atemfrequenz konnten zwischen den Gruppen vor und nach dem Enthornungs- bzw. Simulationsprozedere keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Tab. 13).

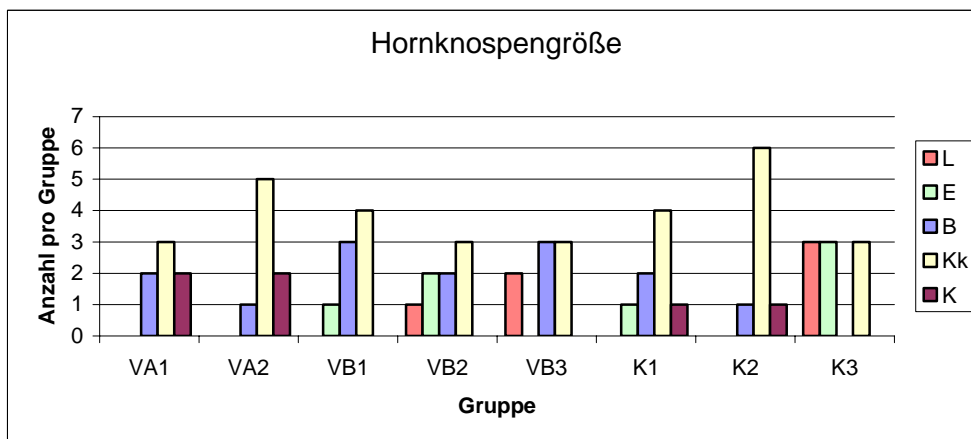
4.4 Beobachtung während der Anästhesie



T = trippeln mit Vorderbeinen; S = schnelles Schwanzwedeln; A = aufbäumen; F = sich fallenlassen; nVD = nach vorne drängen; vO = vermehrtes Ohrenwackeln; K = Abwehr mit Kopf

Abb. 10: Häufigkeit (absolut) der beobachteten Verhaltensparameter während der Anästhesie/Sedierung aller Gruppen im Vergleich

Die Grafik der Abbildung 10 zeigt deutlich die Abwehrbewegungen und Reaktionen im Zuge der Fixierung und Manipulation während der Applikation von Xylazin bzw. dem Lokalanästhetikum, wobei die Kälber der leitungsanästhesierten Kontrollgruppe K2, gefolgt von den beiden leitungsanästhesierten Versuchsgruppen VA2 und VB2 die häufigsten Reaktionen zeigten. Es ist anzunehmen, dass generell eine Manipulation im Kopfbereich deutliche Abwehr der Kälber hervorruft. Die Kälber der sedierten Gruppe VA1 zeigten lediglich gehäuftes Ohrenwackeln in der Einschlafphase.

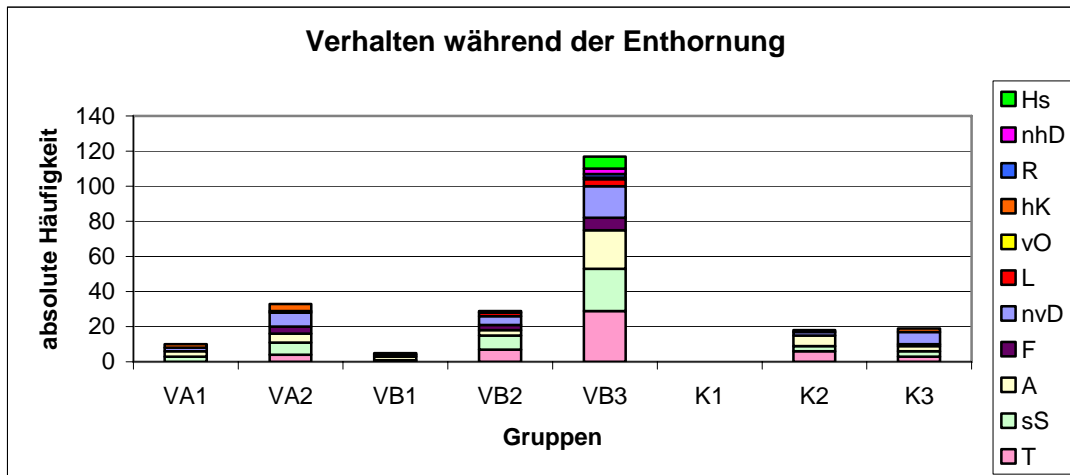


L = linsengroß; E = erbsengroß; B = gartenbohnergroß; Kk = kirschkerngroß; K = kirschgroß

Abb. 11: Anzahl der Hornknospengrößen der Kälber in den jeweiligen Gruppen im Vergleich

In allen Gruppen konnte ein überwiegender Anteil an kirschkerngroßen Hornknospen festgestellt werden, bei den 5 – 13 Tage alten Kälbern aber auch vielfach linsengroße Hornknospen, die sehr schwer zu tasten sind (Abb. 11).

4.5 Enthornungsvorgang



T = trippeln mit Vorderbeinen; S = schnelles Schwanzwedeln; A = aufbäumen; F = sich fallenlassen; nvD = nach vorne drängen; L = Lautäußerung; vO = vermehrtes Ohrenwackeln; hK = heftige Abwehr mit Kopf; R = Ruderbewegungen mit Vorderbeinen; nhD = nach hinten drängen; Hs = heftiges ausschlagen nach hinten

Abb. 12: Häufigkeiten (absolut) der beobachteten Verhaltensweisen während der Enthornung jeder Gruppe im Vergleich

4.5.1 Enthornen mit dem Thermokauter

Bei 3 Tieren der Gruppe VA1 ließ die Wirkung der Sedation zu Beginn des Enthornungsvorganges nach, sodass diese Kälber während dem Enthornen aufsprangen, wieder entsprechend fixiert werden mussten und Abwehrbewegungen zeigten. Dahingegen wurden bei Kontrollgruppe K1 keinerlei Reaktionen während der Simulation beobachtet. Die Kälber der leitungsanästhesierten Gruppe VA2 zeigten häufiger Abwehrreaktionen während des Enthornes als die Tiere der Kontrollgruppe K2. Eine nicht vollständige Schmerzausschaltung bei diesen Tieren trotz lokaler Anästhesie musste daher angenommen werden (Abb. 12).

4.5.2 Enthornen mit buddex®

Bei den nicht betäubten Kälbern der Gruppe VB3 konnte ein auffällig hohes Maß an heftigen Abwehrreaktionen wie Trippeln mit den Vorderbeinen, schnelles Schwanzwedeln, Aufbäumen sowie Fallenlassen, nach vorne Drängen, Abwehr nach hinten und Hinterhandschlagen beobachtet werden als Ausdruck von Panik, Schmerz und Fluchtverhalten. Es war für die Hilfsperson unmöglich alleine die Kälber so zu fixieren, dass eine absolute Bewegungsunfähigkeit – speziell des Kopfes - gewährleistet war. Das Enthornungsprozedere dauerte lange, da aufgrund der sehr heftigen und kräftigen Abwehr der Kälber der Brennvorgang von buddex® oftmals unterbrochen wurde und nur mit gleich bleibendem Kraftaufwand und Druck ein vollständiger Brennzyklus von etwa 6,5 Sekunden möglich war. Die lokal anästhesierte Gruppe VB2 zeigte ähnlich wie die Thermokauter Gruppe VA2 Abwehrreaktionen in etwas geringerem Ausmaß. In der sedierten Gruppe VB1 wurde bei 1 Tier Abwehr beobachtet, nachdem die Wirkung des Xylazin wahrscheinlich nachgelassen hatte. Das Abwehrverhalten der unbehandelten Kontrollgruppe K3 ist ausschließlich auf das Fixieren zurückzuführen (Abb. 12).

4.6 Ethologische Beobachtung nach dem Enthornen bzw. der Simulation

1 Stunde nach dem Enthornen bzw. der Simulation wurden die sedierten Gruppen VA1, VB1 und K1 in der Verhaltens-Auswertung nicht berücksichtigt.

4.6.1 Körperstellung

Die Medianwerte der Körperstellungen Stehen und Liegen über den gesamten Beobachtungszeitraum aller Gruppen sind der Tabelle 1 im Anhang zu entnehmen.

4.6.1.1 Thermokauter

Tab. 14: Übersicht über die Körperstellungen der Kälber der Gruppen VA1, VA2 und der Kontrollgruppen K1 und K2 bis 4 Stunden nach der Enthornung im Vergleich; Kruskal-Wallis-Test (KW)

| | 1. Stunde | 2. Stunde | 3. Stunde | 4. Stunde |
|---------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| stehen | p = 0,016 (KW) | n. s. | n. s. | n. s. |
| liegen | p = 0,024 (KW) | n. s. | n. s. | n. s. |
| n. s. = nicht signifikant | | | | |

Die beiden sedierten Gruppen VA1 und K1 wurden in der 1. Stunde nicht berücksichtigt. Die Kälber der Gruppe VA2 (Thermokauter + Leitungsanästhesie) stehen signifikant häufiger ($p = 0,016$; KW) in der ersten Stunde (ZP1) nach dem Enthornen als die der Kontrollgruppe K2 (Simulation + Leitungsanästhesie), diese liegen auch signifikant häufiger ($p = 0,024$; KW) (Tab. 12).

4.6.1.2 buddex[®]

Tab. 15: Übersicht über die Körperstellungen der Kälber der Gruppen VB1, VB2, VB3 und der Kontrollgruppen K1, K2 und K3 bis 4 Stunden nach der Enthornung im Vergleich; Kruskal-Wallis-Test (KW)

| | 1. Stunde | 2. Stunde | 3. Stunde | 4. Stunde |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| stehen | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| liegen | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| n. s. = nicht signifikant | | | | |

Die beiden sedierten Gruppen VB1 und K1 wurden in der 1. Stunde nicht berücksichtigt. Die Kälber der Gruppen buddex[®] zeigten keine signifikanten Unterschiede betreffend der Körperstellungen im Vergleich zu den Kontrollgruppen (Tab. 15).

4.6.2 Beobachtetes Verhalten

Medianwerte der beobachteten und ausgewerteten Verhaltensparameter aller Gruppen über den gesamten Beobachtungszeitraum im Vergleich finden sich im Anhang, Tabelle 2 und 3.

4.4.2.1 Thermokauter

Tab. 16: Übersicht über die Unterschiede der Verhaltensweisen nach deren Auftreten zwischen den Gruppen VA1, VA2 und den Kontrollgruppen K1 und K2 nach der Enthornung im Vergleich; Kruskal-Wallis-Test (KW)

| | 1. Stunde | 2. Stunde | 3. Stunde | 4. Stunde |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Dösen | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| Unruhe | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| Zittern | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| aufgezogenes Abdomen | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| gesenkte Kopf-Hals-Haltung | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| Apathisch - kein Umweltinteresse | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| Wiederkäuen | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| Leerkauen | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| Zähneknirschen | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| hängende Ohren | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| halbgeschlossene Lider | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |

n. s. = nicht signifikant

In der 1. Beobachtungsstunde wurden die sedierten Gruppen VA1 und K1 nicht berücksichtigt. Betreffend der in Tabelle 16 genannten Verhaltensparameter (Beurteilung nach Vorkommen ja/nein) konnten zwischen den Gruppen VA1, VA2 und den Kontrollgruppen während der gesamten Beobachtungszeit keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden.

Tab. 17: Übersicht über die Unterschiede der Verhaltensweisen nach Häufigkeit zwischen den Gruppen VA1, VA2 und den Kontrollgruppen K1 und K2 nach der Enthornung im Vergleich; Kruskal-Wallis-Test (KW)

| | 1. Stunde | 2. Stunde | 3. Stunde | 4. Stunde |
|--|-----------|----------------|----------------|----------------|
| Kopfschütteln | n. s. | p = 0,015 (KW) | n. s. | n. s. |
| Kopf an Gegenstände reiben | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| „Kratzen“ mit Hinterextremität am Kopf | n. s. | p = 0,001 (KW) | p = 0,006 (KW) | n. s. |
| vermehrtes Ohrenwackeln | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| schnelles Schwanzschlagen/ „wedeln“ | n. s. | n. s. | n. s. | p = 0,007 (KW) |
| Flotzmaul-lecken | n. s. | n. s. | n. s. | p = 0,022 (KW) |

n. s. = nicht signifikant

In der 1. Beobachtungsstunde wurden die sedierten Gruppen VA1 und K1 nicht berücksichtigt. Zwischen den Gruppen VA2 und K2 wurden keine signifikanten Unterschiede der beobachteten Verhaltensparameter, dargestellt in Tabelle 17, festgestellt.

In der 2. Stunde nach dem Enthornen zeigten die Kälber der Gruppe VA2 bei der Einzelaustestung im Mann-Whitney-Test (MW) signifikant häufigeres „Kratzen“ mit der

Hinterextremität am Kopf als die Gruppe VA1 und Kontrollgruppe K2 ($p = 0,009$; MW). Ebenso wurde bei den Kälbern der Gruppe VA2 signifikant häufigeres Kopfschütteln im Vergleich zur Gruppe VA1 ($p = 0,010$; MW) beobachtet.

In der 3. Beobachtungsstunde wurde in der Gruppe VA2 signifikant (im Mann-Whitney-Test; MW) häufigeres „Kratzen“ mit der Hinterextremität am Kopf im Vergleich zur Kontrollgruppe K2 beobachtet ($p = 0,004$; MW).

In der 4. Beobachtungsstunde zeigten die Kälber der Gruppe VA1 signifikant (im Mann-Whitney-Test; MW) häufigeres schnelles Schwanzwedeln gegenüber der Kontrollgruppe K1 ($p = 0,001$; MW) und K2 ($p = 0,011$; MW). So auch die Gruppe VA2 gegenüber den Kontrollgruppen K2 und K1 ($p = 0,027$; MW).

4.6.2.2 buddex[®]

Tab. 18: Übersicht über die Unterschiede in den aktuellen Körperstellungen der Kälber zwischen den Gruppen VB1, VB2, VB3 und den Kontrollgruppen K1, K2 und K3 nach der Enthornung im Vergleich; Kruskal-Wallis-Test (KW)

| | 1. Stunde | 2. Stunde | 3. Stunde | 4. Stunde |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Dösen | $p = 0,025$ (KW) | n. s. | n. s. | n. s. |
| Unruhe | n. s. | $p = 0,039$ (KW) | n. s. | n. s. |
| Zittern | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| aufgezogenes Abdomen | $p = 0,020$ (KW) | n. s. | n. s. | n. s. |
| gesenkte Kopf-Hals-Haltung | $p = 0,021$ (KW) | n. s. | n. s. | n. s. |
| Apathisch - kein Umweltinteresse | $p = 0,016$ (KW) | $p = 0,008$ (KW) | $p = 0,008$ (KW) | n. s. |
| Leerkauen | $p = 0,000$ (KW) | $p = 0,003$ (KW) | $p = 0,050$ (KW) | n. s. |
| Zähneknirschen | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| hängende Ohren | $p = 0,032$ (KW) | $p = 0,045$ (KW) | n. s. | n. s. |
| halbgeschlossene Lider | $p = 0,001$ (KW) | n. s. | n. s. | $p = 0,010$ (KW) |
| n. s. = nicht signifikant | | | | |

In der 1. Beobachtungsstunde wurden die sedierten Gruppen VB1 und K1 nicht berücksichtigt.

Die Kälber der unbehandelten Kontrollgruppe K3 zeigten mittels Mann-Whitney-Test (MW) signifikant häufigeres Dösen ($p = 0,020$; MW) im Vergleich zur nicht betäubten Gruppe VB3. Die Kälber dieser Versuchsgruppe (VB3) zeigten signifikant häufiger eine gesenkte Kopf-Hals-Haltung ($p = 0,011$; MW) ein apathisches Verhalten ohne Umweltinteresse ($p = 0,011$; MW) und ein aufgezogenes Abdomen ($p = 0,027$; MW). Weiters wurde bei dieser Gruppe signifikant häufiger halbgeschlossene Lider ($p = 0,001$; MW), Leerkauen ($p = 0,004$; MW) sowie hängende Ohren ($p = 0,027$; MW) gegenüber den Tieren der unbehandelten Kontrollgruppe K3 beobachtet. Die Kälber der leitungsanästhesierten Gruppe VB2 zeigten

gegenüber der Kontrollgruppe K3 signifikant häufigeres Stehen in gesenkter Kopf-Hals-Haltung ($p = 0,027$; MW) (Tabelle 18).

In der 2. Stunde nach dem Enthornen wurden mittels Mann-Whitney-Test keine signifikanten Unterschiede der in Tabelle 18 dargestellten Verhaltensparameter zwischen den einzelnen Gruppen festgestellt. Die Kälber der Gruppe VB3 zeigten jedoch im Mann-Whitney-Test (MW) signifikant häufiger Leerkaugen gegenüber den Tieren der Kontrollgruppe K3 ($p = 0,010$; MW).

Bei den Kälbern der Gruppe VB3 wurde in der 3. Stunde mittels Mann-Whitney-Test signifikant häufiger Leerkaugen gegenüber den Kontrollgruppen K3 und K1 ($p = 0,027$; MW) festgestellt. Weiters wurde in dieser Gruppe, signifikant häufiger, mit dem Kruskal-Wallis-Test ($p = 0,008$; KW), ein apathisches Verhalten ohne Umweltinteresse respektive der Kontrollgruppe K3 beobachtet (nicht jedoch im Mann-Whitney-Test) (Tabelle 18).

Bei Gruppe VB3 wurden in der 4. Stunde nach der Enthornung signifikant häufiger (im Mann-Whitney-Test; MW) halbgeschlossene Lider gegenüber den Kontrollgruppen K3 und K1 ($p = 0,011$; MW) sowie K2 ($p = 0,030$; MW) beobachtet (Tabelle 18).

Tab. 19: Übersicht über das Verhalten der Kälber in den Gruppen VB1, VB2, VB3 und den Kontrollgruppen K1, K2 und K3 bis 4 Stunden nach der Enthornung bzw. der Simulation; Kruskal-Wallis-Test (KW)

| | 1. Stunde | 2. Stunde | 3. Stunde | 4. Stunde |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Kopfschütteln | n. s. | n. s. | n. s. | $p = 0,003$ (KW) |
| Kopf an Gegenstände reiben | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| „Kratzen“ mit Hinterextremität am Kopf | n. s. | n. s. | n. s. | $p = 0,016$ (KW) |
| vermehrtes Ohrenwackeln | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| schnelles Schwanzschlagen/ „wedeln“ | $p = 0,034$ (KW) | n. s. | n. s. | n. s. |
| Flotzmaul-lecken | $p = 0,000$ (KW) | $p = 0,000$ (KW) | $p = 0,004$ (KW) | $p = 0,002$ (KW) |
| n. s. = nicht signifikant | | | | |

In der 1. Beobachtungsstunde wurden die sedierten Gruppen VB1 und K1 nicht berücksichtigt.

Die Kälber der nicht betäubten Gruppe VB3 zeigten im Mann-Whitney-Test (MW) signifikant häufigeres Flotzmaul-lecken gegenüber VB2 ($p = 0,002$; MW) und der Kontrollgruppe K3 ($p = 0,001$; MW). Bei Gruppe VB3 wurde weiters signifikant häufigeres Flotzmaul-lecken im Vergleich zur Kontrollgruppe K2 ($p = 0,001$; MW) sowie schnelles Schwanzschlagen ($p = 0,010$; MW) beobachtet. Ebenso fiel häufiges „Kratzen“ am Kopf mit den Hinterbeinen (im KW nicht signifikant, jedoch im MW $p = 0,027$) und Kopfschütteln im Vergleich zu den Kontrollgruppen K2 (im KW nicht signifikant, jedoch im MW $p = 0,031$) und K3 (im KW nicht signifikant, jedoch im MW $p = 0,048$) auf (Tabelle 19).

In der 2. Stunde zeigte die Gruppe VB3 im Mann-Whitney-Test (MW) signifikant häufiger Flotzmaul-lecken gegenüber der Gruppe VB1 ($p = 0,004$; MW), den Kontrollgruppen K3, K2 und K1 ($p = 0,004$; MW) sowie der lokalanästhesierten Gruppe VB2 ($p = 0,008$; MW) (Tabelle 19).

In der 3. Stunde zeigte die Gruppe VB3 signifikant häufiger Flotzmaul-lecken gegenüber den Kontrollgruppen K3, K2 und K1 ($p = 0,011$; Mann-Whitney-Test, MW) sowie der Gruppe VB1 ($p = 0,034$; MW) (Tabelle 19).

In der 4. Beobachtungsstunde konnte bei den Kälbern der nicht betäubten Gruppe VB3 signifikant häufigeres Kopfschütteln im Vergleich zur Kontrollgruppe K3 ($p = 0,010$; MW), Gruppe VB2 ($p = 0,010$; MW) und VB1 ($p = 0,036$; MW) im Mann-Whitney-Test (MW) beobachtet werden; weiters signifikant häufigeres „Kratzen“ mit der Hinterextremität am Kopf im Vergleich zur Kontrollgruppe K3 und Gruppe VB1 ($p = 0,011$; MW). Ebenso zeigte die Gruppe VB3 häufigeres Flotzmaul-lecken im Vergleich zur Kontrollgruppe K3 ($p = 0,016$; MW) und den Gruppen VB2 und VB1 ($p = 0,026$; MW) (Tabelle 19).

4.7 Appetenzverhalten nach dem Enthornen bzw. der Simulation

Laut Auskunft der Kälber-betreuenden Personen am Lehr- und Forschungsgut Kremesberg bzw. der Tierbesitzer der beiden anderen Betriebe zeigten alle enthornten Kälber sowie die Kontrolltiere gute Saug- bzw. Fresslust zur Abend- und Morgenfütterung. Bei den enthornten Kälbern konnte zusätzlich sehr vorsichtiges Hindurchstecken des Kopfes zum Milcheimer durch das Fressgitter beobachtet werden. Bei einem nicht betäubten Kalb wurde definitiv eine Mittagsmahlzeit - trotz bekundetem Interesse an der Milch – verweigert, da es aktiv den Kopf durch das Fressgitter hätte stecken müssen.

4.8 Dokumentation Wundheilungsverlauf

Je nach Hornknospengröße, entstand durch das Heraushebeln mittels Methode Thermokauter eine je nach dem unterschiedlich große Wundhöhle, die unter Ausgranulierung und Narbenbildung in durchschnittlich 7 – 8 Wochen abheilte (Abb. 13 u. 14). Ein Abfallen der kreisrunden kutanen Hautscheibe durch Unterbrechung der Blutversorgung durch das Enthornen mit buddex[®] wurde nach etwa 2 - 3 Wochen beobachtet. Danach heilte die Wundhöhle unter Ausbildung von Granulations- und Narbengewebe ebenfalls nach etwa 6 – 8 Wochen ab (Abb. 15 u. 16).

Bei beiden Geräten konnten in Einzelfällen Komplikationen wie starkes Nachbluten und geringe entzündlich-eitrige Wundheilungsstörungen beobachtet werden (Abb. 17 u. 18).

Generell waren zeitlich festgesetzte Kontrolluntersuchungen der Wundheilungen jedes einzelnen Kalbes aus Zeitgründen nicht möglich war sowie die Stierkälber in der Regel mit etwa 3 – 4 Monaten verkauft wurden. Es wurden somit stichprobenartige Untersuchungen an den Enthornungstagen vorgenommen, so dass keine separaten Anfahrten zu den Betrieben getätigt werden mussten.



Abb. 13 und 14: Wunden zu einem früheren und späteren Stadium nach Enthornung mit dem Thermokauter



Abb. 15 und 16: Wunden zu einem früheren und späteren Stadium nach Enthornung mit buddex[®]



Abb. 17 und 18: Geringgradige entzündlich-eitriger Wundheilungsverlauf nach buddex[®] - (linkes Bild) und Thermokauter-Anwendung

4.9 Messtechnische Untersuchung der beiden Geräte

Zusammenfassung der Ergebnisse der physikalisch-messtechnischen Untersuchungen durch das Institut für medizinische Physik der VMU. Gesamtbericht siehe im Anhang.

Die Messung der Hauttemperatur und der Gewebetemperatur beim Einsatz von Enthornungsgeräten ist mit miniaturisierten Thermoelementen möglich. Die praxisgerechte Handhabung der Geräte bedingt, dass die gemessenen Temperaturmaximalwerte stark schwanken. Ebenso spielt die Lokalisation des Temperaturfühlers im Gewebe eine wesentliche Rolle. Die Ergebnisse der Temperaturmessungen zeigen, dass mit dem Enthornungsgerät buddex[®] bei einmaliger Anwendung Hauttemperaturen bis zu 200°C erreicht werden können, wobei diese Temperaturwerte nach 20 - 30 Sekunden wieder unter 50°C sinken. Im Gewebeerinneren (ca. 5 mm Tiefe) wird dabei eine Temperatursteigerung um etwa 20°C beobachtet. Bei zweimaligem Brennvorgang mit buddex[®] (Dauer ca. 20 Sekunden) werden Temperaturen bis 350°C in einem Zeitraum von etwa 30 Sekunden erreicht, die wiederum nach 40 - 50 Sekunden unter 50°C absinken. Das Enthornungsgerät Thermokauter

weist eine höhere Wärmekapazität auf, so dass die Maximaltemperatur von ca. 200°C wesentlich rascher erreicht wird und dann konstant bleibt. Der Abfall der Temperatur nach Absetzen dieses Enthornungsgerätes ist ähnlich wie beim Gerät buddex[®], ebenso die Erwärmung im Gewebeinneren. Die Hautschnitte zeigen deutliche Koagulations- und Karbonisationszonen als irreversible Hautschädigungen, sowie ringförmige Vertiefungen, in denen das Gewebe durch Kompression, Wasserentzug, Karbonisation und Evaporation verdichtet ist. Die zunächst durch die verdampfende Gewebeflüssigkeit erhöhte Kühlung und die durch Karbonisation verringerte Wärmeleitung verzögern und verringern den Temperaturanstieg im Inneren des Gewebes, so dass bei einer Brenndauer von weniger als 10 Sekunden bereits ab einer Tiefe von etwa 5 mm nur mehr reversible Gewebeschädigungen zu erwarten sind. Der kühlende Effekt einer guten Gewebedurchblutung konnte mit den in vitro-Versuchen nicht erfasst werden. Zusammenfassend wird festgestellt, dass Enthornungsgeräte der Type Thermokauter infolge ihrer großen Wärmekapazität und thermischen Trägheit rasch konstante Hauttemperaturen erreichen. Geräte des Typus buddex[®] hingegen erreichen infolge ihrer geringeren Wärmekapazität nur kurzzeitig eine Maximaltemperatur, die bei mehrfacher Anwendung immer höher wird. buddex[®]-Geräte limitieren die Brenndauer mit ausreichender Genauigkeit elektronisch, während Thermokauter auch länger dauernde Brennzeiten zulassen. Somit ist in Bezug Temperaturkonstanz dem Enthornungsgerät Thermokauter, in Bezug auf Einhaltung einer bestimmten Brenndauer dem Enthornungsgerät buddex[®] der Vorzug zu geben.

5 Zusammenfassung und Diskussion

Von Jänner bis November 2005 führte die Klinik für Wiederkäuer gemeinsam mit dem Institut für Tierhaltung und Tierschutz eine Untersuchung zur Enthornung von Kälbern mit 2 verschiedenen Enthornungsgeräten in Bezug auf Effektivität, Stress- und Schmerzbelastung durch. Die Studie wurde auf 3 Milchviehbetrieben an insgesamt 64 Kälbern im Alter zwischen 5 Tagen und 5 Wochen in Einzel- und Gruppenhaltung durchgeführt.

Der lötkolbenartige Brennstab Type Thermokauter wird mit Netzspannung betrieben und setzt eine Anwendung mit Kabel- und Netzgerät voraus. Untersuchungen des Instituts für medizinische Physik haben gezeigt, dass sehr rasch eine große Wärmekapazität erreicht und konstant mit einer Maximaltemperatur von etwa 200°C gehalten wird. Diese Tatsache ermöglicht ein sehr rasches Verbrennen der Hornanlagen bzw. „Heraushebeln“ des Hornzapfens, das eine z. T. sehr tiefe und große Wundhöhle verursacht. Angewendet werden kann dieses Gerät nur bei Kälbern, deren Hornanlagen bereits entsprechend entwickelt und optimalerweise \geq kirschkerngroß sind. Dem gegenüber zeichnet sich das wieder aufladbare akkubetriebene Enthornungsgerät buddex[®] durch seine praktikable Größe, die Abschaltautomatik und eine Anwendung ohne hinderlicher Kabeln und Netzgeräte im Stall aus. Untersuchungen des Instituts für medizinische Physik haben gezeigt, dass mit dem Gerät buddex[®] ein Druck mit einem Kraftaufwand von 83 N auf den Kopf des Tieres einen Brennzyklus von 6,2 Sekunden auslöst und eine elektrische Energie von 1190 Joule abgibt. Das ordentliche und sachgemäße Enthornen von Kälbern mit diesem Gerät setzt eine absolute Bewegungsunfähigkeit des Tieres voraus, speziell des Kopfes, da bereits eine minimale Kraft- bzw. Druckverminderung auf den Kopf des Kalbes, die sich zwangsläufig durch Abwehrbewegungen der Tiere ergeben, eine Unterbrechung des Brennvorganges bewirkt. Sowohl in der Anwendung des Gerätes während des Versuches, wie auch im Rahmen von messtechnischen Vorversuchen des Instituts für medizinische Physik, wurde ein schwankender Auslösedruck, bedingt durch eine als Schlauchstück in das Gerät integrierte Auslösemechanik, festgestellt. Auf Grund dieser Tatsachen wurden im Rahmen dieses Versuches 2 buddex[®]-Geräte verwendet, da bereits nach dem Enthornen einiger Kälber die Einschalte- bzw. Abschaltautomatik nicht mehr funktionierte.

Die Kälber wurden in 2 Altersgruppen (5. - 13. Lebenstag und 3. - 5. Lebenswoche) eingeteilt und in insgesamt 8 Gruppen (n = 8) unterteilt: 2 Versuchsgruppen für das Gerät Thermokauter (3 – 5 Wochen alte Kälber) und 3 Versuchsgruppen für das Enthornungsgerät buddex[®] (5 – 13 Tage alte Kälber). 3 zusätzliche Gruppen dienten als Kontrollgruppen (Enthornungssimulation), wobei 2 Gruppen für beide Geräte als Vergleich dienten (gemischtes Alter: 5 Tage - 5 Wochen). Jeweils 1 Versuchsgruppe pro Enthornungsgerät wurde sediert + zusätzliche Leitungsanästhesie und bei jeweils 1 Gruppe pro Gerät wurde nur eine Leitungsanästhesie vor dem Enthornen durchgeführt. Mit dem Enthornungsgerät buddex[®] wurde auch 1 Gruppe ohne vorherige Betäubung enthornt sowie 1 entsprechende Kontrollgruppe ohne betäubende Maßnahmen gegenübergestellt.

Anhand der Parameter Plasmakortisol, der Bestimmung der Kortisolmetaboliten im Kot sowie ethologischer Verhaltensbeobachtungen sollte die Stress- und Schmerzbelastung der Kälber während bzw. nach dem Enthornen und der Simulation erfasst werden. Der Kortisolgehalt im Blutplasma wurde 2 Stunden vor dem Enthornen und unmittelbar danach bestimmt. Im Kot der Kälber wurde die Höhe der Glucokorticoide-metaboliten (GCM) vor sowie 8, 10, 12 und 24 Stunden nach dem Enthornen bzw. der Simulation gemessen. Während dem

Enthornungsvorgang bzw. der -simulation bis 4 Stunden danach wurden die Kälber beobachtet, ihr Verhalten protokolliert und statistisch ausgewertet.

Laut Angaben aus der Literatur sinken die peripartal stark erhöhten Plasmakortisolwerte bei Kälbern innerhalb von 2 bis 4 Tagen post partum ab und pendeln sich auf das Niveau adulter Rinder ein (RAUSCH et al., 1989; ŚLEBODZIŃSKI, 1994). Entgegen diesen Literaturangaben zeigten die Kälber in dieser Studie sowohl im Alter bis zu 2 Lebenswochen wie auch noch nach 5 Wochen deutlich erhöhte Kortisolwerte vor bzw. auch nach dem Enthornen bzw. der Simulation. Für erwachsene Rinder werden Werte im Median von 1,4 ng/ml angegeben (SIXT et al., 1997), in dieser Studie konnten Höchstwerte vor dem Eingriff bis zu 13,2 ng/ml festgestellt werden. Deutlich höhere Glucokorticoide-Werte im Blutplasma nach dem Enthornen bzw. der Simulation zeigten alle 3 sedierten bzw. lokal anästhesierten Gruppen, wenn auch nicht statistisch signifikant. Der höchste prozentuelle Anstieg lag jedoch bei der nicht betäubten Kontrollgruppe K3 vor. Es ist daher anzunehmen, dass allein die Fixierung der Kälber z. T. diese hohen Werte verursachte, bzw. die Kälber sehr individuell reagierten. Aufgrund dieser Tatsachen scheint die Bestimmung der Glucokorticoide im Blutplasma zur Messung von Belastung und Stress bei Kälbern, insbesondere bei so jungen Tieren, fraglich zu sein.

Die Glucokorticoide-Metaboliten (GCM) im Kot konnten ebenfalls sehr hohe Werte mit Spitzen bis zu 7650 nmol/kg vor dem Enthornungs- bzw. Simulationsprozedere ohne Unterschiede bezüglich Alter der Tiere festgestellt werden. Bei adulten Rindern werden Kortisolwerte im Kot im Median von etwa 490 nmol/kg (MÖSTL et al., 2002) als Basiswerte angegeben. Die sedierte und mit dem Thermokauter enthornte Gruppe zeigte einen signifikanten Abfall (%) der Werte nach 24 Stunden. Deutliche prozentuelle Anstiege der GCM im Kot nach dem Eingriff, z. T. auch signifikante Unterschiede, konnten bei den Kälbern, die mit buddex[®] enthornt wurden, wie auch in der lokal betäubten Kontrollgruppe, festgestellt werden. Möglicherweise spielt auch hier das Phänomen Alter eine wesentliche Rolle. Diese Ergebnisse lassen so keine eindeutigen Aussagen und Interpretationen zu und scheinen ebenfalls bei Jungtieren nicht die Methode der Wahl zu sein.

Eine allgemeine Sedierung mit Xylazin zusätzlich zur Leitungsanästhesie erweist sich für die Durchführung der Enthornung als eine sehr praktikable und leicht zu handhabende Methode, so dass im Prinzip die Enthornung von 1 Person ausgeführt werden kann und keine zusätzliche Fixierung des Kalbes erfordert. Bei ausschließlicher Leitungsanästhesie wurden trotzdem z. T. heftige Abwehrreaktionen des Kalbes während des Enthornens beobachtet, wobei diese bestimmt mehrheitlich den Fixierungsmaßnahmen als eventuellen Schmerzreaktionen im Vergleich zur Kontrollgruppe zugeordnet werden können. Es zeigte sich, dass nur lokal anästhesierte Kälber, die mit dem konventionellen Thermokauter enthornt wurden, sich ab der 2. und 3. Stunde nach dem Enthornen (Beginn der nachlassenden Wirkung der Leitungsanästhesie) trotzdem signifikant häufiger mit der Hinterextremität am Kopf „Kratzen“ im Vergleich zur zusätzlich sedierten Gruppe sowie zur Kontrollgruppe. 4 Stunden nach dem Eingriff konnte in beiden Thermokauter-Gruppen signifikant vermehrtes schnelles Schwanzwedeln als Ausdruck von Schmerz und Unbehagen beobachtet werden. Auch die lokal betäubte Gruppe VB2 (buddex[®]) zeigte während der ersten Stunde signifikant häufiger eine gesenkte Kopf-Hals-Haltung nach dem Eingriff verglichen mit der unbehandelten Kontrollgruppe K3. Der Nachschmerz kann offensichtlich mit einer zusätzlichen allgemeinen Sedierung hinausgezögert werden und scheint bei den Kälbern der mit buddex[®] enthornten Gruppe VB1, weniger belastend im Vergleich zur Gruppe VA1 (Thermokauter) zu sein. Diese Tatsache könnte mit dem wesentlich massiveren Eingriff,

bedingt durch die größere Hornknospe, die heraushebelnde Methodik und große Wundhöhle bzw. das Alter der Tiere, erklärt werden.

Um eine effektive und vollständige Zerstörung der Hornanlagen zu erreichen, ist die genaue Lokalisation und Palpation der Hornknospe erforderlich, die bei sehr jungen Kälbern, speziell innerhalb der ersten 2 Lebenswochen und besonders bei weiblichen Tieren, nur undeutlich und z. T. kaum bis gar nicht fühlbar ist. Diese Tatsache stellt die Sinnhaftigkeit des Enthornens von Kälbern innerhalb der ersten 2 Lebenswochen generell in Frage. In diesem Versuch wurde konkret bei einem mit buddex[®] enthornen Braunvieh-Stierkalb eine einseitige Stummelhornbildung nach 3 Monaten beobachtet (Abb. 19). Generell erwies sich die Erfassung des Enthornungserfolges als schwierig, da speziell die männlichen Kälber z. T. mit 3 - 4 Monaten verkauft wurden.

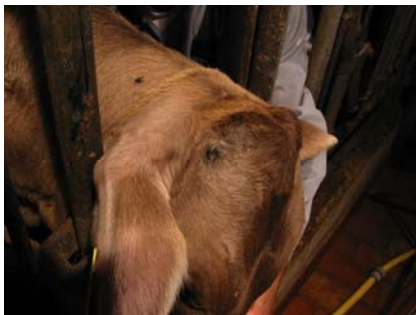


Abb. 19: einseitiges Nachwachsen eines Krüppelhorns bei einem 3 Monate alten BV-Stierkalb

Weiters hat sich gezeigt, dass mit einem einmaligen Brennzyklus mit dem Gerät buddex[®] kein vollständiger Brandring bis zum Periost erzielt werden konnte, so dass in dieser Studie jeder Brennvorgang wiederholt wurde. Das Enthornungsgerät buddex[®] erreicht bei einmaliger Anwendung an der Hautoberfläche Temperaturen bis zu 200°C und eine Erwärmung im Gewebeinneren von ca. 20°C. Infolge der geringen Wärmekapazität wird nur kurzzeitig eine Maximaltemperatur erreicht. Im Rahmen der messtechnischen Untersuchungen an Hautschnitten von Rinderkadavern, hat sich mit beiden Geräten eine Erwärmung im Gewebeinneren (5 mm) um etwa 20°C gezeigt. Was sich hingegen im Schädelinneren, speziell an den Meninges abspielt, ist nicht bekannt und gilt noch in weiterführenden Untersuchungen abgeklärt zu werden.

Eine optimale Fixierung und absolute Ruhigstellung der nicht sedierten Kälber stellte sich als großes Problem dar. Die Tiere zeigten während des Enthornens mit buddex[®] - speziell ohne vorherige Betäubung - massive und sehr heftige Abwehrreaktionen, sodass die helfende Person kaum in der Lage war, das Tier alleine zu fixieren. Diese Kälber (VB3) zeigten zahlreiche unphysiologische Verhaltensweisen über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg, die auf ein entsprechendes Maß an Schmerzen deuten lassen. Wir nehmen an, dass Rinder allgemein relativ lange mit Schmerzen „leben“ können ohne für den Menschen auffällige Symptome zu zeigen. Daher schließen wir anhand dieser beobachteten deutlichen Verhaltensreaktionen auf massive Schmerzen. Die Kälber zeigten während der 1. Stunde signifikant häufigeres Stehen mit aufgezo-genem Abdomen, Apathie, Stehen mit gesenkter Kopf-Hals-Haltung, Leerka-uen, hängende Ohren und halbgeschlossene Lider gegenüber den Kontrollgruppen sowie den beiden anderen Versuchsgruppen. Weiters wurden schnelles Schwanzwedeln sowie über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg dauerndes ständiges Lecken übers Flotzmaul mit teilweise vermehrter Speichelproduktion, als sehr „feine“ Ausdrucksweisen von Schmerzen, beobachtet. Von der 2. Beobachtungsstunde an konnten

statistisch signifikant häufiges Leerkauen, apathisches Verhalten ohne Teilnahme am Umweltgeschehen, Leerkauen, Kopfschütteln, „Kratzen“ mit der Hinterextremität am Kopf sowie halbgeschlossene Lider, als Zeichen von Schmerz und Verhaltensdepression, beobachtet werden.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen sehr deutlich, dass das Enthornen von Kälbern ohne jegliche vorherige Betäubung hochgradig schmerzbelastend und strikt abzulehnen ist, wobei das Alter keinen Unterschied macht. Wie auch in der Literatur beschrieben (TASCHKE u. FÖLSCH, 1997; GRAF u. SENN, 1999) wurden bei älteren Kälbern z. T. heftigere und eindeutige dem Schmerz als zuordbare Reaktionen und Verhaltensweisen beobachtet, hingegen konnten in dieser Studie bei jüngeren Kälbern viel „feinere“ und sensiblere Schmerzäußerungen bemerkt werden. Häufig ist beim bloßen Enthornungsakt ohne vorherige schmerzunterbrechende Maßnahme allein die massive, enorm kräftige Abwehr des Kalbes das einzige deutlich sichtbare Anzeichen von Schmerz, da oftmals danach ausschließlich „sehr feine und sensible“ Reaktionen gezeigt und vom Laien nicht sofort als solche wahrgenommen werden.

Bisher wurden noch keine Studien über das Enthornen von so jungen Kälbern in der Literatur beschrieben. In dieser vorliegenden Studie sind erstmals Kälber bis zu einem Alter von 2 Wochen enthornt und anhand spezifischer Verhaltensparameter eindeutig damit verbundene Schmerz- und Belastungsreaktionen nachgewiesen worden. Dabei zeigte sich, dass besondere ethologische Parameter wie Leerkauen, Flotzmaul-lecken, Zittern, Apathie, halbgeschlossene Augenlider sowie hängende Ohren als Zeichen von Schmerz besonders geeignet sind. Ähnlich wie in der Humanmedizin und insbesondere in der Pädiatrie, wird die Ethologie zur quantitativen Schmerzbeurteilung eingesetzt (DENECKE et al., 1997, VAN DIJK et al., 2000; HORGAN et al., 2002, LARSSON, 1999).

Im Rahmen dieser Studie konnte festgehalten werden, dass das Enthornen mit buddex[®] zu einer weit geringeren Wundfläche führt und nach Abfallen der kutanen Hautscheibe eine rasche Wundheilung und Vernarbung erfolgt. Bei den älteren Kälbern, die z. T. schon wesentlich größere Hornknospen aufwiesen, entstand durch die angewendete Thermokauter-Methode entsprechend größere Wundhöhle, die nach Ausgranulierung ebenfalls unter Narbenbildung nach 7 bis 8 Wochen abheilte – ähnlich wie bei den Kälbern der buddex[®]-Gruppen. Den Verhaltensreaktionen der Kälber jedoch nach zu schließen, scheint trotzdem die Enthornungsmethode buddex[®] - jedoch unter Anästhesie - für die Tiere bedeutend weniger belastend zu sein, was auf die doch zunächst wesentlich geringere Wundfläche zurückgeführt werden kann. Komplikationen bei der Wundheilung konnte bei beiden Geräten festgestellt werden - wie starkes Nachbluten oder geringe entzündlich-eitrige Prozesse.

In Summe der einzelnen Parameter zeigen diese Ergebnisse, dass unter dem Aspekt des Tierschutzes und eines optimalen Handlings der Tiere das Enthornen von Kälbern ausschließlich unter Betäubung durchgeführt werden sollte. Bei Verwendung des Gerätes buddex[®] wäre eine deutliche Ausprägung der Hornknospen abzuwarten, die jedoch häufig erst in der 3. Lebenswoche palpatorisch gut feststellbar ist. Unter Anwendung einer zusätzlichen allgemeinen Sedation zur Leitungsanästhesie kann generell eine optimale Durchführung der Enthornung durch 1 Person erzielt werden. Das Empfinden der Kälber kann somit während des Enthornungsvorganges unterbrochen und auf die Dauer von einigen Stunden hinausgezögert werden.

6 Conclusio

Nicht das Alter des Kalbes sollte als Kriterium verschiedener Enthornungsmethoden sein, sondern die palpierbare Hornknospegröße. Bei Verwendung des Gerätetypus buddex[®] sollte die Knospe \leq kirschkerngroß sein. Das alleinige ringförmige Verbrennen der Hornanlage mittels der Methode buddex[®] unter Leitungsanästhesie und einer zusätzlichen Sedation, zeigte sich bei genauer Lokalisation der Hornknospe und zielgenauem 2maligen Brennen als sehr effektives wie auch scheinbar weniger belastendes Verfahren als die „heraushebelnde“ Methode mittels Thermokauter. Voraussetzung für einen wirkungsvollen Enthornungseffekt mit buddex[®] ist das entsprechende Handling des Kalbes und eine absolute Bewegungsunfähigkeit des Tieres, um genau an der Hornknospe den relativ hohen gerätebedingten Druck- und Kraftaufwand zur Auslösung eines Brennzyklus zu erzeugen. Obwohl mit buddex[®] eine weniger massive Brandwunde entsteht als mit dem Thermokauter, verspüren die Kälber, wie die Ergebnisse zeigen, deutlich Schmerzen über mehrere Stunden, die sich nicht nur in sehr heftigen Abwehrbewegungen während des Enthornungsvorganges, sondern auch in sehr feinen aber deutlichen Schmerzsymptomen nach dem Eingriff äußern.

Unter diesen Aspekten wie auch unter dem Aspekt des Tierschutzes sollte generell das Enthornen von Kälbern ausschließlich unter Betäubung durchgeführt werden – unabhängig von Gerätefabrikat und Alter der Tiere. Durch eine zusätzliche allgemeine Sedation zur Leitungsanästhesie konnte der Nachschmerz in dieser Studie einige Stunden hinausgezögert und damit ein weiterer Schritt in Richtung tierschutzgerechte landwirtschaftliche Produktion gesetzt werden.

7 Summary

The study was performed from January until November 2005 in cooperation of the Clinic for Ruminants and the Institute for Animal Husbandry and Animal Welfare. The aim of this study was to check two different dehorners (thermokauter and buddex[®]) for their effectiveness and the resulting pain and distress for the calves. The study was performed in three different farms, 64 calves (age 5 days to 5 weeks) were used and divided into 8 groups. Three groups served as control, 2 groups were treated with the thermokauter, in 3 groups the buddex[®] was used for dehorning. The 3 control groups were treated as follows: one group got sedation and local anaesthesia of the corneal nerve, the second group was medicated with local anaesthesia only, the third group got neither sedation nor local anaesthesia before dehorning. The same procedure was done in the buddex[®] groups. For dehorning with the thermocauter, one group was prepared by local anaesthesia, the second thermocauter group got sedation also. The disturbance and pain during and after dehorning were evaluated by measurement of cortisol levels in plasma and faeces and by recording changes in behaviour. The period for observation was 4 hours. The cortisol levels in plasma samples and cortisolmetabolites in faeces were varying so much that the results were not useful for statistical evaluation. Calves, which were dehorned with buddex[®] without using any anaesthesia showed significantly reduced activity and behaviour and were standing with hanging ears and head. In the group, which had been dehorned by using the thermocauter there was a significantly higher frequency of scratching the head with the hind limbs obvious.

Concluding the results of the presented study dehorning should only be performed if a sufficient anaesthesia can be provided. Dehorning without any pain interruption has to be refused strictly for reasons of animal welfare and protection.

8 Literatur

BAUMGARTNER, W. (2002): Klinische Propädeutik der inneren Krankheiten und Hautkrankheiten der Haus- und Heimtiere. 5. Auflage, Parey-Verlag, Berlin.

DENECKE, H., GLIER, B., KLINGER, R., KRONER-HERWIG, B., NILGES, P., REDEGELD, M., WEISS, L. (1997): Qualitätssicherung in der Therapie chronischen Schmerzes. X. Instrumente zur Erfassung von Schmerz bei Kindern. *Schmerz*, **11** (2): 120 – 125.

VAN DIJK, M., DE BOER, J. B., KOOT, H. M., TIBBOEL, D., PASSCHIER, J., DUIVENVOORDEN, H. J. (2000): The reliability and validity of the COMFORT scale as a postoperative pain instrument in 0 to 3 year old infants. *Pain*, **84** (2-3): 367 – 377.

GRAF, B., SENN, M. (1999): Behavioural and physiological responses of calves to dehorning by heat cauterization with or without local anaesthesia. *Appl. Anim. Beh. Sci.* **62**, 153 – 171.

HORGAN, M. F., GLENN, S., CHOONARA, I. (2002): Further development of the Liverpool Infant Distress Scale. *J. Child. Health Care* **6** (2): 96 – 106.

LARSSON, B. A. (1999): Pain management in neonates. *Acta Ped.* **88** (12): 1301 – 1310.

MÖSTL, E., MAGGS, J.L., SCHRÖTTER, G., BESENFELDER, U., PALME, R. (2002): Measurement of cortisol metabolites in faeces of ruminants. *Vet. Res. Commun.* **26**, 127 - 139.

PALME, R., MÖSTL, E. (1997): Measurement of cortisol metabolites in faeces of sheep as a parameter of cortisol concentration in blood. *Int. J. Mammal. Biol.* **62**, Suppl. II, 192 - 197.

RAUSCH, W. D., HOFER, A., GMEINER, M., MÖSTL, E. (1989): Katecholamin- und Cortisolkonzentrationen im Plasma von Rindern um die Geburt. *J. Vet. Med. A* **36**, 218 – 224.

SIXT, A., STANEK, C., MÖSTL, E. (1997): The influence of different claw trimming methods on plasma cortisol levels in dairy cows. *Wien. Tierärztl. Mon.* **84** (7): 181 – 188.

ŚLEBODZIŃSKI, A. (1994): Endokrinologie der Neugeborenen. In: DÖCKE, F. (Hrsg.): *Veterinärmedizinische Endokrinologie*, 3. Auflage, Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, S. 596.

SYLVESTER, S.P., STAFFORD, K.J., MELLOR, D.J., BRUCE, R.A., WARD, R.N. (2004): Behavioural responses of calves to amputation dehorning with and without local anaesthesia. *Austral. Vet. J.* **82** (11): 697 – 700.

TASCHKE, A. Ch., FÖLSCH, D. W. (1997): Ethologische, physiologische und histologische Untersuchungen zur Schmerzbelastung der Rinder bei der Enthornung. *Tierärztl. Prax.* **25**, 19 – 27.



Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Bundesministerium für Gesundheit und Frauen für die große finanzielle Unterstützung des Projektes.

Herzlichen Dank den Studenten und Praktikanten für die tatkräftige Unterstützung während dieser Studie sowie Hr. Anton Spitzer und den Kollegen vom LFG-Kremesberg.

Die Autoren bedanken sich weiters bei Frau Prof. Dr. Susanne Waiblinger für die statistische Beratung, Frau Alexandra Kuchar vom Institut für Biochemie für die Aufarbeitung und Analyse der zahlreichen Plasma- und Kotproben, Herrn Ing. Jürgen Haller sowie Herrn Kurt Wimmer vom Institut für medizinische Physik für die Durchführung und Berichterstattung der physikalisch-messtechnischen Untersuchungen und Herrn Herbert Strnad für die fotodokumentarische Unterstützung.

Besonderer Dank den beiden landwirtschaftlichen Betrieben für die tatkräftige Hilfestellung und Überlassung der Kälber für diesen Versuch.

Anhang

Tab. 1: Medianwerte der Körperstellungen Stehen und Liegen in den Beobachtungsstunden 1 (ZP1), 2 (ZP2), 3 (ZP3) und 4 (ZP4)

| Gruppe | n= | Körperstellung | Median | | | |
|--------|----|----------------|--------|-------|-------|-------|
| | | | ZP1 | ZP2 | ZP3 | ZP4 |
| VA1 | 8 | stehen | - | 1,50 | 1,50 | 3,00 |
| | | liegen | - | 13,50 | 14,00 | 12,50 |
| VA2 | 8 | stehen | 7,50 | 2,00 | 1,00 | 2,00 |
| | | liegen | 7,50 | 13,00 | 14,50 | 14,00 |
| K1 | 8 | stehen | - | 1,50 | 2,00 | 1,00 |
| | | liegen | - | 14,00 | 13,50 | 14,00 |
| K2 | 8 | stehen | 4,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 |
| | | liegen | 11,00 | 14,00 | 14,50 | 14,00 |
| VB1 | 8 | stehen | - | 1,50 | 0,50 | 1,00 |
| | | liegen | - | 14,00 | 15,00 | 14,00 |
| VB2 | 8 | stehen | 6,00 | 0,00 | 1,00 | 2,50 |
| | | liegen | 9,00 | 15,00 | 14,50 | 12,50 |
| VB3 | 8 | stehen | 10,00 | 0,50 | 0,50 | 4,00 |
| | | liegen | 6,00 | 14,50 | 14,50 | 12,00 |
| K3 | 8 | stehen | 9,00 | 0,50 | 0,50 | 2,00 |
| | | liegen | 6,00 | 15,00 | 14,00 | 13,00 |

Tab. 2: Medianwerte von Verhaltensparameter aller Gruppen in den Beobachtungsstunden 1 (ZP1), 2 (ZP2), 3 (ZP3) und 4 (ZP4)

| Verhalten | Gruppe | n | Medianwert | | | |
|----------------------------------|--------|---|------------|-------|-------|------|
| | | | ZP1 | ZP2 | ZP3 | ZP4 |
| dösen | VA1 | 8 | - | 9,50 | 11,50 | 5,00 |
| | VA2 | 8 | 2,50 | 8,50 | 1000 | 9,00 |
| | K1 | 8 | - | 10,00 | 8,50 | 9,00 |
| | K2 | 8 | 6,50 | 10,00 | 9,00 | 8,00 |
| | VB1 | 8 | - | 8,50 | 7,00 | 5,00 |
| | VB2 | 8 | 3,50 | 11,50 | 8,00 | 6,00 |
| | VB3 | 8 | 0,00 | 10,50 | 11,50 | 5,50 |
| | K3 | 8 | 3,50 | 9,50 | 10,00 | 8,00 |
| unruhig | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 1,50 | 0,00 | 0,50 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| zittern | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| aufgezogenes Abdomen | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| gesenkte Kopf-Hals-Haltung | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 4,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| apathisch – kein Umweltinteresse | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 2,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| wiederkäuen | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |



| | | | | | | |
|------------------------|-----|---|------|------|------|------|
| | VB3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| leerkauen | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 3,00 | 1,00 | 0,50 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| zähneknirschen | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| hängende Ohren | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 1,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| halbgeschlossene Lider | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 1,50 | 0,00 | 0,00 | 1,50 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tab. 3: Medianwerte beobachteter Verhaltensparameter aller Gruppen in den Beobachtungsstunden 1 (ZP1), 2 (ZP2), 3 (ZP3) und 4 (ZP4)

| Verhalten | Gruppe | n | Medianwert | | | |
|--|--------|---|------------|------|------|------|
| | | | ZP1 | ZP2 | ZP3 | ZP4 |
| kopfschütteln | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,50 |
| | VA2 | 8 | 2,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 1,50 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Kopf an Gegenstände reiben | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| „kratzen“ mit Hinterextremität am Kopf | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,50 | 1,00 |
| | VA2 | 8 | 3,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,50 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| vermehrtes Ohrwackeln | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| schnelles schwanzschlagen | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 1,50 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,50 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Flotzmaul lecken | VA1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VA2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | K2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB1 | 8 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB2 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | VB3 | 8 | 9,00 | 2,50 | 1,00 | 3,50 |
| | K3 | 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Forschungsprojekt "Enthornung von Kälbern"

In vitro Temperaturmessung an drei verschiedenen Enthornungsgeräten

Endbericht

Wien, 11.11. 2005

Zl. 279-05

Aufgabenstellung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes "Enthornung von Kälbern" sollen drei Enthornungsgeräte im Hinblick auf deren Anwendbarkeit messtechnisch untersucht werden. Das Enthornen erfolgt mit Geräten, deren Brennelemente im unbelasteten Zustand Temperaturen von 400°C und mehr erreichen. Da die tatsächlich erreichbare Temperatur beim Enthornungsvorgang von Wassergehalt, Wärmeleitfähigkeit und Durchblutung des Gewebes abhängt, wurden sowohl das thermischen Verhalten der Enthornungsgeräte als auch der Temperaturanstieg an der Hautoberfläche und im Gewebeinneren in vitro an Rinderhautpräparaten bestimmt. Der kühlende Effekt der Gewebedurchblutung konnte naturgemäß nicht erfasst werden.

Messanordnung

Die Temperaturmessung erfolgte mit 1 bis 4 Miniatur-Hochtemperatur-Thermoelemente, die mit Mineralfaser isoliert waren und daher für die hohen Temperaturen geeignet waren. Die temperaturproportionalen Ausgangssignale (Thermospannungen) wurden programmgesteuert über eine Zeitspanne von 10 Minuten mit einem PC erfasst. Thermoelemente, Vorverstärker und Messprogrammierung wurden für dieses Projekt speziell angeschafft bzw. erstellt. Die nachstehende Abbildung zeigt das Blockschaltbild der Messanordnung (Abbildung 1).

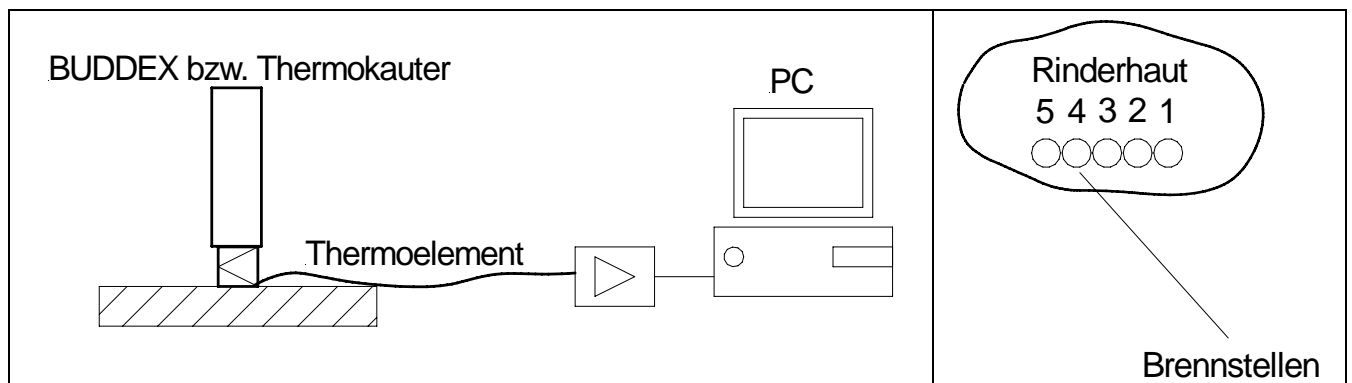


Abbildung 1 Anordnung zur Messung der Temperatur an der Probenoberfläche

Folgende Messausrüstung wurde verwendet :

| Nr. | Firma | Gegenstand |
|-----|---------------------------|---|
| 1 | National Instrument; USA | Lab View Development System for Win |
| | National Instrument; USA | NIDAQ 4350 Temperaturmesskarte |
| | National Instrument; USA | PSH32-TC6 Vergleichsstellenkompensator |
| 2 | RS Components Gmünd | Kabelstecker |
| | RS Components Gmünd | Thermoelement Type K |
| | Schwille, Wien | NiCrNi Thermoelement Type K Nr. 100-062 |
| | Trenka Wien | NiCrNi-Thermodraht |
| 3 | Testoterm | Oberflächenfühler 0604-0194 200-300°C |
| | Testoterm | Temperaturmessgerät 650 |
| 4 | Goldadler Wien | PC AMD Sempron |
| | Diskont ComputerComp Wien | PCMCIA PW Cardbus |
| | ARP Datacom | DVD-R Datensicherung |
| 5 | Inst-Med-Physik VUW | Digitalkamera |
| 6 | Inst-Med-Physik VUW | Werkstättenfertigung, Kleinmaterial |

Die entstehenden thermischen Schädigungen (Brandfiguren) wurde analysiert und fotografisch dokumentiert. Die Ergebnisse der bisherigen in vitro Versuche wurde in drei Zwischenberichten und nun im vorliegenden Endbericht zusammengefasst.

Technisch-physikalische Beschreibung der Enthornungsgeräte

In den Versuchen kamen drei Enthornungsgeräte zum Einsatz (Tabelle 1)

Tabelle 1 Enthornungsgeräte

| Bezeichnung | Type | Erzeuger | Anschlusswert | verwendet für | DLG Zulassung ¹ |
|--------------|--------------------|----------|---------------|---------------|----------------------------|
| Buddex | Reg.Des.No.:103735 | Kerbl | 9VDC/500mA | Hauptversuch | Bericht 4924 2001 |
| Thermokauter | Art.Nr.802 | Eider | 230V/50Hz | Hauptversuch | Bericht 4661 1997 |
| Thermokauter | Art.Nr.803 | Hauptner | 230V/50Hz | Vorversuch | |

Die Eigenschaften von zwei Enthornungsgeräten können im wesentlichen zwei Prüfprotokollen der DLG aus den Jahren 1997 und 2001 entnommen werden. Daher wurde die Geräteuntersuchung nur auf wenige als wesentlich erscheinende Punkte beschränkt.

Zunächst wurden die elektrischen Leistungsdaten, die mechanische Beschaffenheit und allfällige Besonderheiten der Enthornungsgeräte aufgenommen. Dabei stellte sich heraus, dass das mit einem Akkumulator betriebene Enthornungsgerät BUDDIX beim Aufbringen einer Normalkraft von etwa 83 N einen Brennzyklus von 6,2 Sekunden auslöst und dabei eine elektrische Energie von 1190 Joule abgibt.

¹ DLG Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. Fachbereich Landtechnik-Prüfstelle für Landmaschinen Max Eitl Weg 1 D - 64823 Groß-Umstadt

Bei der Handhabung des Gerätes BUDDEX fiel während des Vorversuches ein schwankender Auslösedruck auf, welcher sich bedingt durch die Auslösemechanik (Schlauchstück) im Laufe der Zeit verstellte. Dies kann sogar soweit führen, dass ein Brennvorgang unbeabsichtigt ausgelöst wird.

Dagegen verhalten sich die netzspannungsbetriebenen Geräte der Type "Thermokauter" ähnlich wie Industrielötkolben, die ihre Temperatur über einen Zweipunktschalter mit geringer Hysterese regeln.



Abbildung 2 Brennvorgänge auf Hartholz und Keramikplatten

In den Vorversuchen wurde u.a. als Probenmaterial Hartholz verwendet (Abbildung 2). Die nachfolgenden beiden Abbildungen zeigen Oszillogramme, in denen auf der Abszisse die Zeit ("Time" in Sekunden), auf der Ordinate die Temperatur ("Amplitude") in Grad Celsius aufgetragen ist. Der Brennbeginn erfolgte zirka 6 Sekunden nach dem Starten des Messprogrammes. Nach einem raschen Erhitzen der Holzoberfläche durch den angespressten Thermokauter (Eider) wird die Endtemperatur in diesem Versuch nach wenigen Sekunden erreicht. Die nächsten 10 Sekunden hält das Gerät eine annähernd gleich bleibende Oberflächentemperatur (Abbildung 3). Die Temperatur des ringförmigen Brennelementes änderte sich zwischen verschiedenen Brennvorgängen nur um wenige Grad Celsius (270-281°C). Dieses Verhalten ist vor allem auf seine hohe Wärmekapazität (massives Metallstück um die elektrisch beheizten Brennelemente) zurückzuführen.

An der gleichen Holzprobe zeigte das Enthornungsgerät Buddex hingegen einen wesentlich langsameren Temperaturanstieg (Abbildung 4). Die Oberflächentemperatur hingegen erreicht einen Maximalwert von 550°C. Da das Gerät die Heizung nach 6,2s beendet, erkennt man den daran anschließenden Abkühlungsvorgang, bei dem die Wärme in das Innere der Holzprobe abgeführt wird, jedoch nicht mehr nachgeliefert wird. An Proben mit einem wesentlich geringeren Wärmeleitvermögen wurden noch höhere Temperaturwerte (700°C und mehr), an angefeuchteten Textilproben jedoch wesentlich geringere Temperaturen erzielt.

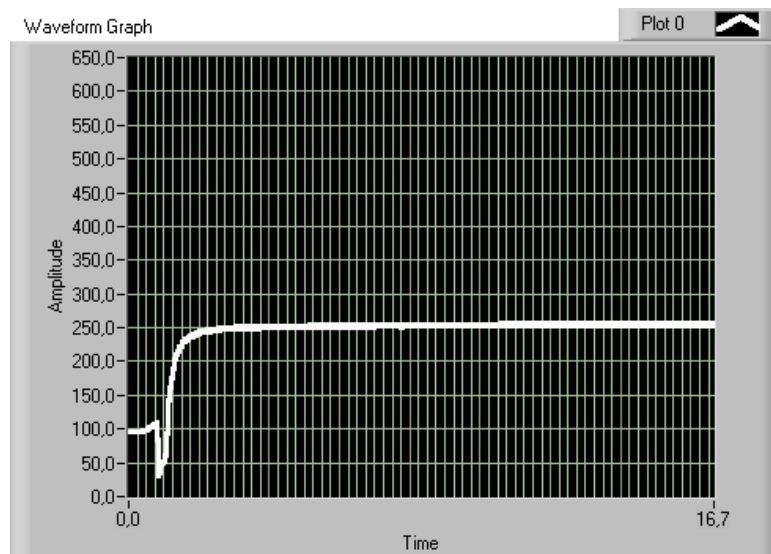


Abbildung 3 Temperaturverlauf unter dem Enthornungsgerät Thermokauter (Hauptner)

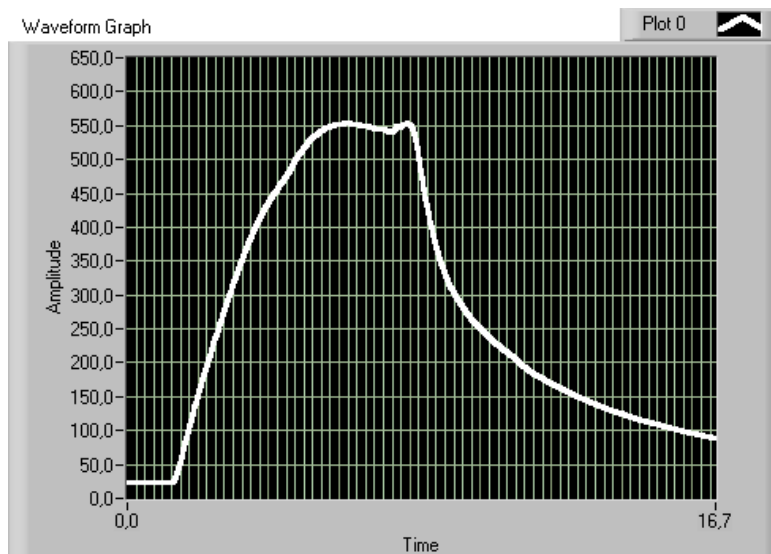


Abbildung 4 Temperaturverlauf unter dem Enthornungsgerät Buddex

Aus den Messungen mit verschiedenen technischen Werkstoffen folgt, was in den beiden vorangehenden Abbildungen deutlich ersichtlich ist, dass mit dem Thermokauter die Verbrennung mit konstanter Temperatur über die ganze Kontaktzeit Enthornungsgerät - Probenmaterial, bei Buddex jedoch nach einer Aufheizzeit die Maximaltemperatur nur über wenige Sekunden aufrecht erhalten wird. Darüber hinaus hängt bei diesem Gerät die erreichbare Maximaltemperatur von dem Wassergehalt und der Wärmeleitfähigkeit der Proben ab, so daß in vitro Messungen an Gewebeproben notwendig waren.

In vitro Messungen

Für die in vitro Messung wurde Hautproben von Rinderkadavern, kurz nachdem sie in die Pathologie eingeliefert wurden, herangezogen. Die Proben wurden nach einem bestimmten

Schema wie in den folgenden Abbildungen dargestellt markiert (Abbildung 5). Jede Zeile beinhaltet eine fünffache Wiederholung eines Brennversuches. Von Zeile zu Zeile ändert sich das Gerät bzw. die Brenndauer. Jeder Versuch ist somit eindeutig durch eine Nummer, einen Dateinamen, die Fotodokumentation und Anmerkungen gekennzeichnet. Die Hautproben wurden nach den Brennversuchen fotografiert und im Bereich der Brennstellen geschnitten, um den Verbrennungskrater untersuchen zu können.

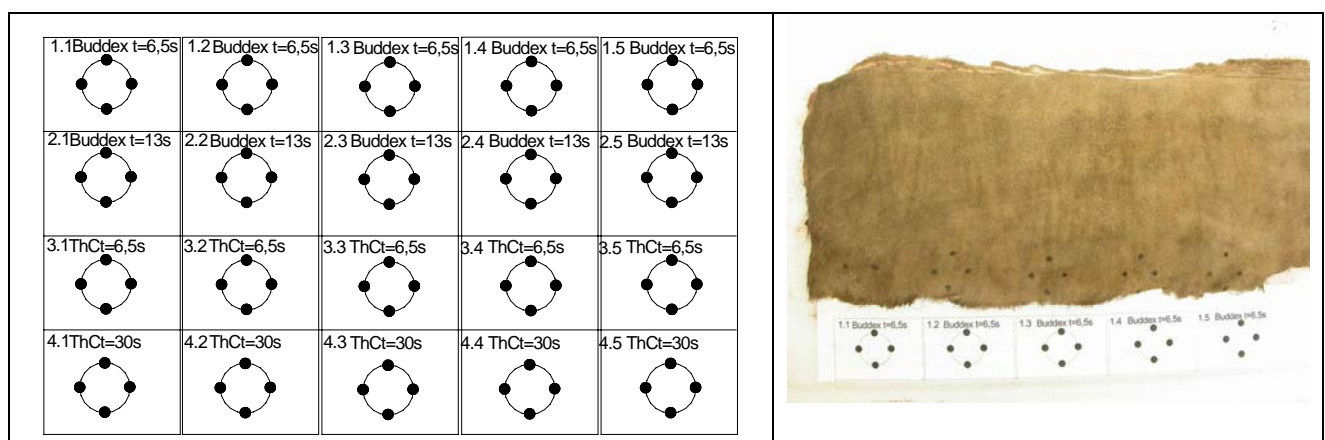


Abbildung 5 Markierungsschablone und Kennzeichnung der Messstellen auf der Rinderhaut

Zur Bestimmung der Haut(-oberflächen-)Temperatur wurde ein Thermoelement jeweils direkt auf einen der schwarzen Punkte angebracht. Um die Ausbreitung der Wärme in die Gewebetiefe und die damit verbundenen Gewebeveränderungen zu studieren, wurde eine zweite Reihe von Thermoelementen in ungefähr 5 mm Tiefe unter der Hautoberfläche eingebracht. Der Temperaturverlauf wurde insgesamt über 10 Minuten (600 s) verfolgt.

Ergebnisse von Einzelmessungen

Die nachstehende Abbildung zeigt das Ergebnis eines auf diese Weise durchgeführten Einzelversuches mit dem Enthornungsgerät Buddex mit einmaliger Betätigung (Abbildung 6). Einem in dieser Darstellung kurzzeitig erscheinenden Temperaturanstieg auf etwas über 140 °C folgt an der Hautoberfläche ein Temperaturabfall, bei dem etwa nach 30 - 40 Sekunden eine Oberflächentemperatur von 42°C unterschritten wird (rot gezeichneter Temperaturverlauf). Die Temperatur in 5mm Gewebetiefe (blauer Temperaturverlauf) steigt viel später an, um erst nach etwa 90 Sekunden ein Maximum zu erreichen, das weit unter einer Verbrennungstemperatur liegt (rechte Temperaturskala).

Einen ähnlichen Temperaturverlauf, jedoch Maximaltemperaturen von etwa 150°C an der Hautoberfläche zeigt beispielhaft ein Einzelversuch mit dem Thermokauter mit einer Brenndauer von 30s (Abbildung 7). Wiederum sind sowohl Hauttemperatur, als auch Gewebeinnentemperatur ersichtlich. Beide Temperaturkurven sind diesmal mit gleicher Temperaturskala aufgetragen. Einzelne Spitzen nach oben oder unten weisen auf Messfehler hin, wenn z.B. der miniaturisierte Messfühler durch die Bewegung des Brennstabes in seiner Position verändert wird. Wie bei den Einzelversuchen bereits gezeigt, erreicht die Gewebeinnentemperatur in etwa 5mm Tiefe weniger als 50 °C. Damit sind in diesem Bereich keine irreversiblen Schädigungen mehr zu erwarten.

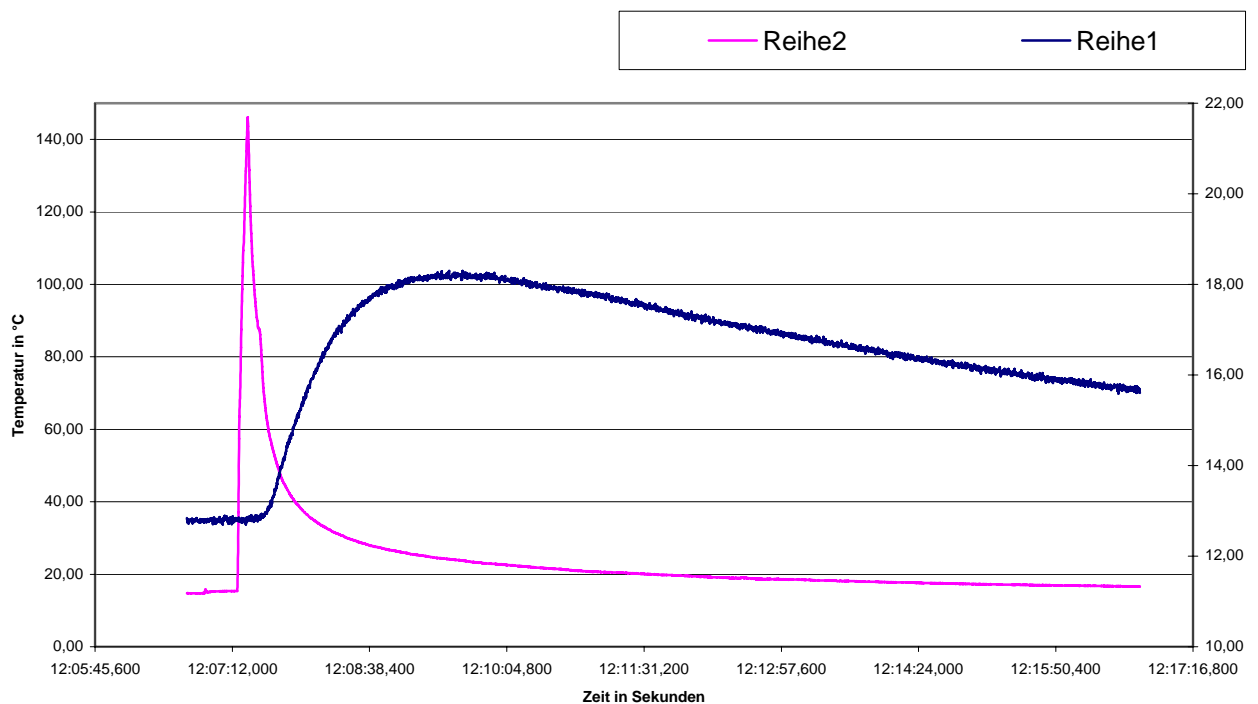


Abbildung 6 Temperturverlauf an der Hautoberfläche (rot) und in 5mm Gewebetiefe (blau) bei einmaliger Brennen mit dem Buddex-Gerät

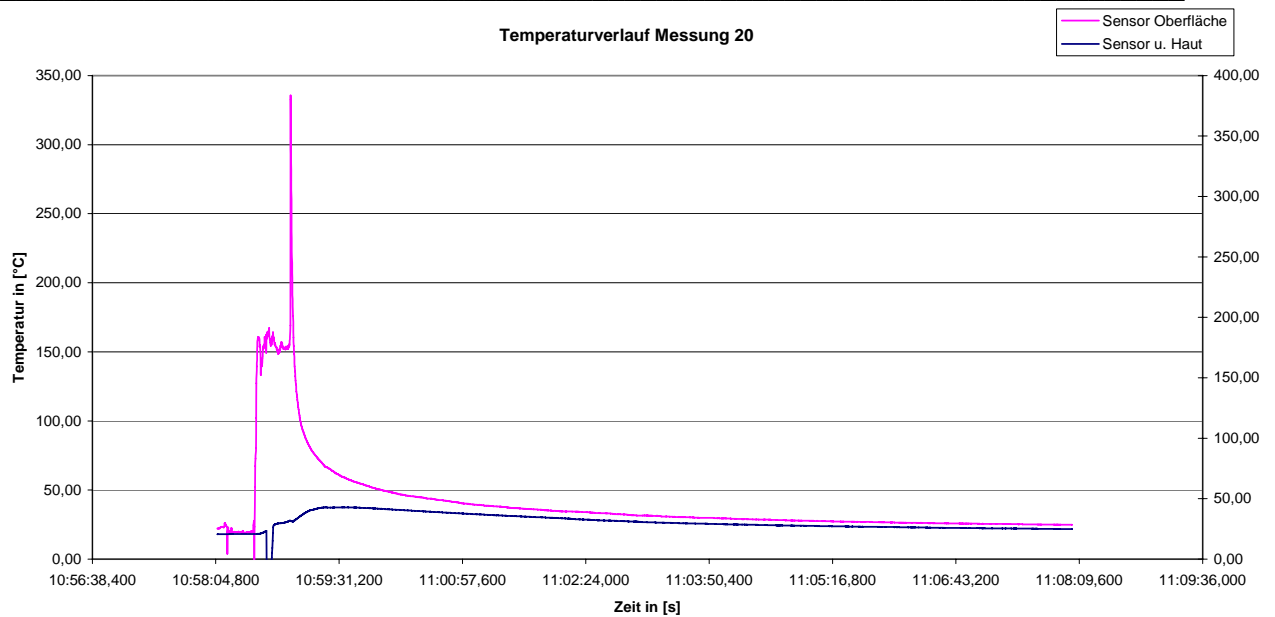


Abbildung 7 Temperaturverlauf an der Hautoberfläche (rot) und in 5mm Gewebetiefe (blau) bei einmaliger Brennen mit dem Thermokauter

Ergebnisse wiederholter Messungen

Wiederholt man die Brennversuche unter gleichen Bedingungen mit dem Enthornungsgerät Buddex an 5 verschiedenen Stellen der Hautoberfläche, wie in Abbildung 5 dargestellt, ergibt sich ein Bereich von Temperaturen, innerhalb dessen die experimentell gemessenen Hauttemperaturwerte liegen (Abbildung 8). Die Brenndauer ist bei dem Enthornungsgerät Buddex durch die Elektronik vorgegeben und beträgt bei einmaliger Betätigung $t = 6,5$ Sekunden. Die Messdauer erstreckte sich über 600 Sekunden, wobei erst nach Verstreichen von ca. 30 Sekunden der Brennversuch gestartet wurde. Für die Darstellung wurde ein 50 Sekunden Intervall herausgegriffen.

In der Abbildung 8 sind der Mittelwert als auch die Spannweite des Temperaturverlaufes (maximale u. minimale Temperatur) eingetragen. Die großen Temperaturunterschiede ergeben sich durch lokale Hautunterschiede (Flächen mit Fellresten, unterschiedlicher Feuchtigkeitsgehalt) als auch durch die Messgenauigkeit, die vor allem durch die Positionierung des Thermoelementes unter dem Brenndraht des Enthornungsgerätes bedingt ist. Noch größere Unsicherheiten erhält man bei Messungen innerhalb des Gewebes, da die Positionierung des Thermoelementes noch schwieriger ist.

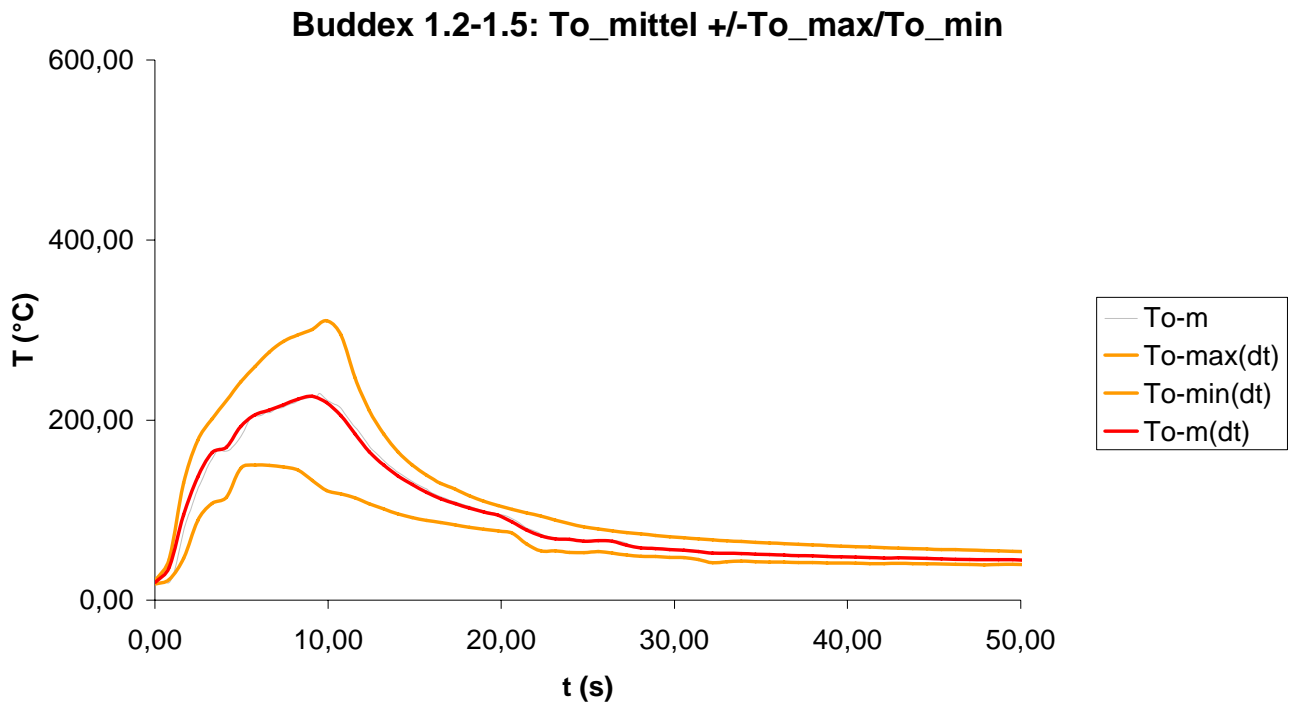


Abbildung 8 Verlauf der mittleren Hauttemperatur (rot) und der Spannweite (orange) bei 5 Versuchswiederholungen mit dem Enthornungsgerät Buddex

In der Praxis ist es üblich, bei Verwendung des Enthornungsgerätes Buddex zwei Brennzyklen mit 2 mal 6,5 Sekunden Brennzeit auszulösen. Dazwischen musste ein 5s Intervall eingehalten werden. Die nachstehende Abbildung zeigt in gleicher Weise den Temperaturverlauf, wobei die beiden Brennphasen und die sich danach einstellende höhere Hauttemperatur deutlich sichtbar wird. Die gesamte Messdauer erstreckte sich über 600 Sekunden, wobei erst nach dem Verstreichen von ca. 30 Sekunden der erste Brennversuch gestartet wurde. Für die Darstellung wurde wiederum ein 50 Sekunden Intervall herausgegriffen.

In der Abbildung 9 sind wiederum der Mittelwert als auch die Spannweite des Temperaturverlaufes (maximale u. minimale Temperatur) eingetragen. Auf die Darstellung im Gewebeinneren wurde wiederum verzichtet.

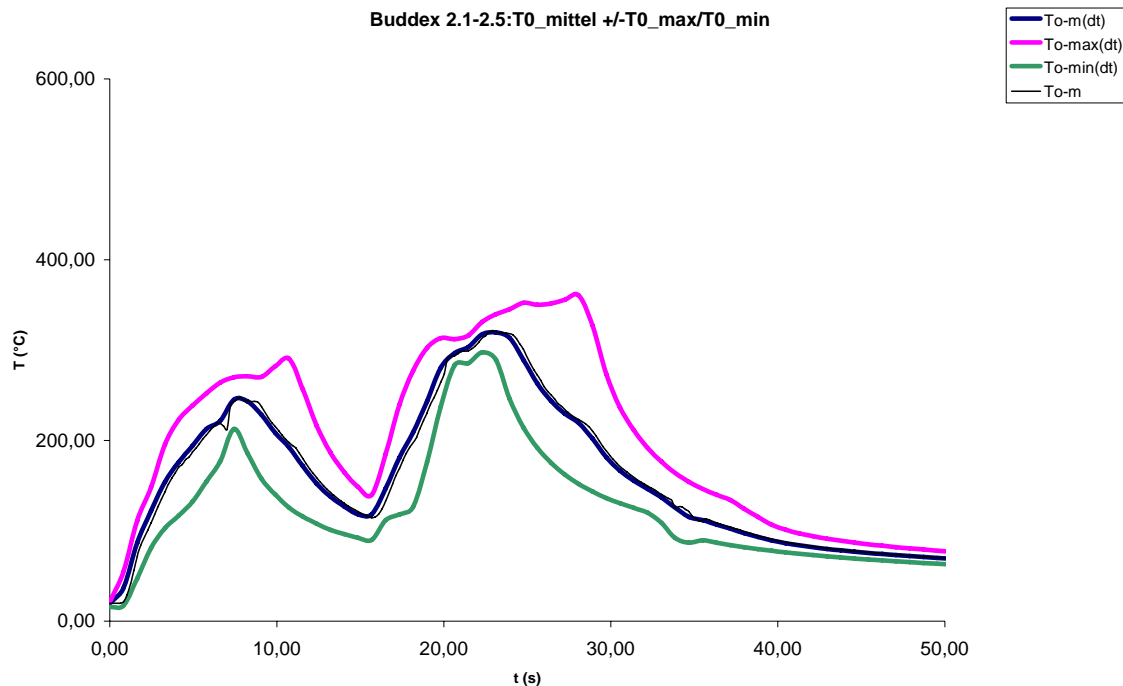


Abbildung 9 Temperaturverlaufsbereiche an der Hautoberfläche nach zweimaliger Betätigung des Enthornungsgerätes Buddex

Abbildung 10 zeigt den Temperaturverlauf an der Hautoberfläche mit dem Enthornungsgerät Thermokauter bei einmaliger Verbrennung mit 7 Sekunden Dauer. Deutlich erkennt man das Temperaturplateau, dass mit diesem Verbrennungsgerät erreicht wird.

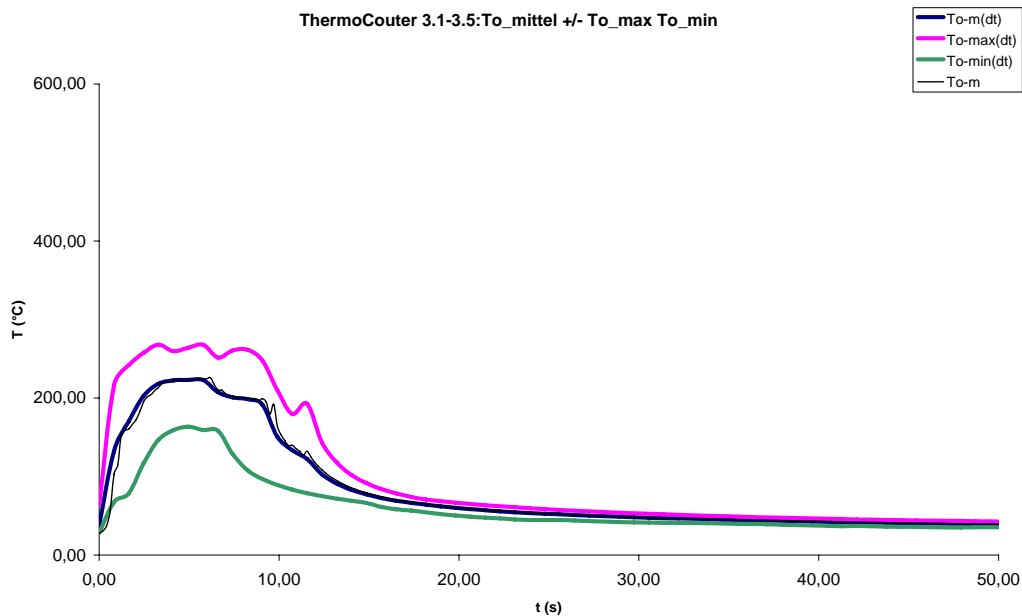


Abbildung 10 Temperaturverlaufsbereiche an der Hautoberfläche bei 7s Brenndauer mit dem Enthornungsgerät Thermokauter.

Analyse von Gewebeschnitten

Wie in der Kapitel Messanordnung beschrieben, wurden die verbrannten Hautstellen geschnitten und fotografiert. Abbildung 11 zeigt des Schema der Gewebeschädigungen in Abhängigkeit von der eingetragenen Wärmemenge und der resultierenden Hauttemperatur. Mit steigender Temperatur reichen die irreversiblen Veränderungen von Koagulations-, Karbonisations- bis zu Evaporations- (Verdampfungs-)zonen. Welche Schäden in welcher Gewebetiefe auftreten, hängt auch von der Zeit (Brenndauer) ab, in der die Wärme eingebracht wird.

Die resultierende Gewebeveränderung ist ein Effekt der eingebrachten Wärmeenergie, der Zeit und der Wärmeleitung im Gewebe sowie der Kühlung (z.B. zufolge Durchblutung). Hierüber kann ein in vitro Versuch natürlich nur bedingt Aufschluss geben, jedoch liegen zahlreiche Studien über Verbrennungsvorgänge aus der Arbeitsmedizin vor.



Abbildung 11 Schema der Gewebeschädigung in Abhängigkeit von der Gewebetemperatur (rechts oben) und verschiedene Darstellungen von Hautschädigungen

Zusammenfassung

Die Messung der Hauttemperatur und der Gewebetemperatur beim Einsatz von Enthornungsgeräten ist mit miniaturisierten Thermoelementen möglich. Die praxisgerechte Handhabung der Geräte bedingt, dass die gemessenen Temperaturmaximalwerte stark schwanken. Ebenso spielt die Lokalisation des Temperaturfühlers im Gewebe eine wesentliche Rolle.

Die Ergebnisse der Temperaturmessungen zeigen, dass mit dem Enthornungsgerät Buddex bei einmaliger Anwendung die Hauttemperaturen bis zu 200°C erreicht werden können, wobei diese Temperaturwerte nach 20-30 Sekunden wieder unter 50°C sinken. Im Gewebeinneren (ca. 5mm Tiefe) wird dabei eine Temperatursteigerung um etwa 20°C beobachtet. Beim zweimaligen Brennvorgang mit dem Buddexgerät (Dauer ca 20s) werden Temperaturen bis 350°C in einem Zeitraum von etwa 30 Sekunden erreicht, die wiederum nach 40 - 50 Sekunden unter 50°C absinken.

Das Enthornungsgerät Thermokauter weist eine höhere Wärmekapazität auf, so dass die Maximaltemperatur von ca 200°C wesentlich rascher erreicht wird und dann konstant bleibt. Der Abfall der Temperatur nach dem Entfernen des Enthornungsgerätes ist ähnlich wie beim Buddex, ebenso die Gewebeerwärmung im Inneren. Die Hautschnitte zeigen deutliche Koagulations- und Karbonisationszonen als irreversible Hautschädigungen, sowie ringformige Vertiefungen, in denen das Gewebe durch Kompression, Wasserentzug, Karbonisation und Evaporation verdichtet ist. Die zunächst durch die verdampfende Gewebeflüssigkeit erhöhte Kühlung und die durch Karbonisation verringerte Wärmeleitung verzögern und verringern den Temperaturanstieg im Inneren des Gewebes, so dass bei einer Brenndauer von weniger als 10s bereits ab einer Tiefe von etwa 5mm nur mehr reversible Gewebeschädigungen zu erwarten sind. Der kühlende Effekt einer guten Gewebedurchblutung konnte mit den in vitro Versuchen nicht erfasst werden.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass Enthornungsgeräte der Type Thermokauter infolge ihrer großen Wärmekapazität und thermischen Trägheit rasch konstante Hauttemperaturen erreichen. Geräte des Typus Buddex hingegen erreichen infolge ihrer geringeren Wärmekapazität nur kurzzeitig eine Maximaltemperatur, die bei mehrfacher Anwendung immer höher wird. Buddex-Geräte limitieren die Brenndauer mit ausreichender Genauigkeit elektronisch, während Thermokauter auch länger dauernde Brennzeiten zulassen. Somit ist in Bezug Temperaturkonstanz dem Enthornungsgerät Thermokauter, in Bezug auf Einhaltung einer bestimmten Brenndauer dem Enthornungsgerät Buddex der Vorzug zu geben.

Durchführung der Messungen

Ing. Jürgen Haller, Elektronische Messtechnik und Programmierung
Kurt Wimmer, Feinmechanische Werkstätte und Messtechnik
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Windischbauer, Leitung

Dr. G. Windischbaue m.p.