

Aus dem  
Institut für Lebensmittelhygiene  
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

**Untersuchung der Wirksamkeit  
des penetrierenden Bolzenschusses  
als kombinierte Betäubungs- und Tötungsmethode  
bei Saugferkeln und Ferkeln bis 30 kg Körpergewicht  
und Entwicklung einer geeigneten Fixierung**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines  
Doctor medicinae veterinariae (Dr. med. vet.)  
durch die Veterinärmedizinische Fakultät  
der Universität Leipzig

eingereicht von  
Claudia Meier  
aus Preetz

Leipzig, 2020

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Dekan: Prof. Dr. Dr. Thomas Vahlenkamp

Betreuer: Prof. Dr. Ernst Lücker

Gutachter: Prof. Dr. Ernst Lücker, Institut für Lebensmittelhygiene, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig

Prof. Dr. Katharina Riehn, Department Ökotoxikologie, Fakultät Life Sciences,  
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Tag der Verteidigung: 10.03.2020

Beteiligte Einrichtung:  
Beratungs- und Schulungsinstitut  
für Tierschutz bei Transport und Schlachtung  
(bsi Schwarzenbek)

# Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG .....	- 1 -
2	LITERATURÜBERSICHT .....	- 3 -
2.1	Rechtsgrundlagen für die Nottötung .....	- 3 -
2.2	Indikationen für die Nottötung von Ferkeln .....	- 4 -
2.3	Zugelassene Betäubungs- und Tötungsmethoden für die Nottötung von Ferkeln.....	- 6 -
2.4	Die Betäubung mittels penetrierendem Bolzenschuss.....	- 8 -
2.4.1	Aufbau und Funktionsweise .....	- 8 -
2.4.2	Wirkungsweise .....	- 9 -
2.5	Schädel- und Gehirnanatomie des Ferkels.....	- 10 -
2.6	Funktionen des Hirnstammes .....	- 11 -
2.7	Ansatzposition für den penetrierenden Bolzenschuss beim Ferkel.....	- 11 -
2.8	Ruhigstellung/Fixierung zur Betäubung.....	- 11 -
2.9	Beurteilung der Betäubungswirkung .....	- 12 -
2.9.1	Physiologie der geprüften Reflexe/Reaktionen .....	- 13 -
2.9.1.1	Augenreflexe .....	- 13 -
2.9.1.2	Kiefertonus.....	- 14 -
2.9.1.3	Schmerzreize .....	- 14 -
2.10	Todeseintritt.....	- 15 -
2.11	Übersicht über bisherige Studien zu dem Thema.....	- 17 -
3	TIERE, MATERIAL UND METHODEN.....	- 19 -
3.1	Ziel der Untersuchung und Überblick .....	- 19 -
3.1.1	Beteiligte Betriebe .....	- 20 -
3.1.2	Zeitraum der Datenaufnahme .....	- 20 -
3.1.3	Tiere.....	- 20 -
3.2	Voruntersuchungen.....	- 20 -
3.2.1	Vermessen von Ferkeln .....	- 21 -
3.2.2	Verwendete Geräte und Modifikationen an den Bolzenschussgeräten .....	- 21 -
3.2.3	Probeschüsse auf tote Ferkel .....	- 23 -
3.2.4	Entwicklung und Erprobung der Fixierungsmöglichkeiten .....	- 24 -
3.2.5	Kooperation mit dem FLI Celle .....	- 26 -
3.3	Hauptuntersuchung.....	- 26 -
3.3.1	Allgemeinuntersuchung .....	- 26 -
3.3.2	Fixierung .....	- 27 -
3.3.3	Betäubung und Tötung.....	- 27 -
3.3.3.1	Parameter zur Bewertung der Betäubung und Tötung .....	- 28 -
3.3.3.2	Durchführung der Überprüfung der Betäubungseffektivität sowie des Todeseintritts.....	- 30 -
3.3.3.3	Bewertung der Betäubung und Tötung .....	- 31 -
3.3.4	Videoauswertung .....	- 32 -
3.3.4.1	Genauigkeit des Ansatzes des Bolzenschussgerätes .....	- 32 -
3.3.5	Pathologische Untersuchungen .....	- 34 -
3.3.6	Statistische Analysen .....	- 35 -
4	ERGEBNISSE .....	- 36 -
4.1	Voruntersuchungen.....	- 36 -
4.1.1	Vermessen von Ferkeln .....	- 36 -
4.1.1.1	Vermessung des Kopfes.....	- 36 -
4.1.1.2	Vermessung des Körpers .....	- 38 -
4.1.2	Probeschüsse auf tote Ferkel .....	- 38 -
4.1.3	Erprobung der Fixierungsmöglichkeiten .....	- 42 -
4.2	Hauptuntersuchung.....	- 44 -

4.2.1 Lebendgewichte der Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen .....	44 -
4.2.2 Indikationen zur Nottötung.....	45 -
4.2.2.1 Bewertung des Allgemeinbefindens .....	48 -
4.2.3 Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates .....	48 -
4.2.3.1 Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates in den einzelnen Versuchsgruppen.....	49 -
4.2.4 Betäubungseffektivität.....	49 -
4.2.4.1 Betäubungseffektivität in Abhängigkeit von der Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates.....	53 -
4.2.4.2 Betäubungseffektivität in Abhängigkeit vom Lebendgewicht der Ferkel .....	53 -
4.2.5 Dauer der Krämpfe.....	53 -
4.2.5.1 Tonische Krämpfe.....	54 -
4.2.5.2 Gesamtkrampfdauer .....	54 -
4.2.5.3 Kovarianzanalyse für die Gesamtkrampfdauer .....	54 -
4.2.5.4 Gesamtkrampfdauer nach Versuchsgruppe .....	55 -
4.2.6 Effektivität der Tötung .....	56 -
4.2.6.1 Dauer der Bewegungen .....	56 -
4.2.6.1.1 Kovarianzanalyse für die Bewegungsdauer .....	58 -
4.2.6.1.2 Bewegungsdauer nach Versuchsgruppe .....	58 -
4.2.6.2 Zeit bis zur finalen Pupillendilatation.....	60 -
4.2.6.2.1 Kovarianzanalyse für die Zeit bis zur finalen Pupillendilatation .....	60 -
4.2.6.2.2 Zeit bis zur finalen Pupillendilatation nach Versuchsgruppe .....	61 -
4.2.6.3 Herzschlagdauer .....	62 -
4.2.6.3.1 Herzschlagdauer erhoben per Stethoskop nach Versuchsgruppe.....	65 -
4.2.6.3.2 Herzschlagdauer erhoben per EKG nach Versuchsgruppe .....	65 -
4.2.6.3.3 Einzeltiervergleich für die Herzschlagdauer erhoben per Stethoskop und per EKG .....	66 -
4.2.6.3.4 Herzschlagdauer ermittelt per Stethoskop in Abhängigkeit von der Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates.....	68 -
4.2.6.3.5 Herzschlagdauer ermittelt per EKG in Abhängigkeit von der Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates.....	68 -
4.2.6.3.6 Herzschlagdauer ermittelt per Stethoskop in Abhängigkeit vom Allgemeinbefinden der Ferkel ..	68 -
4.2.6.3.7 Herzschlagdauer ermittelt per EKG in Abhängigkeit vom Allgemeinbefinden der Ferkel.....	69 -
4.2.6.3.8 Herzfrequenz am Ende der EKG-Aufzeichnung.....	69 -
4.2.6.3.9 Herzstromkurve am Ende der EKG-Aufzeichnung .....	70 -
4.2.7 Pathologische Untersuchung.....	71 -
4.2.7.1 Schussposition .....	71 -
4.2.7.2 Verlauf des Schusskanals .....	72 -
4.2.7.3 Blutungen.....	72 -
4.2.7.4 Beschädigung des Stammhirns .....	73 -
4.2.7.5 Weitere Befunde .....	74 -
4.2.7.6 Befunde zu den Ferkeln mit langer Bewegungsdauer/langem Herzschlag .....	74 -
<b>5 DISKUSSION .....</b>	<b>75 -</b>
5.1 Erzielte Betäubungseffektivität und Parameter zur Bewertung der Betäubungseffektivität.....	75 -
5.1.1 Bedeutung von Lautäußerungen .....	76 -
5.2 Klinisches Bild nach dem Schuss: Krämpfe.....	79 -
5.3 Praktikabilität der Methode .....	77 -
5.3.1 Bewertung der Fixierungsmöglichkeiten .....	79 -
5.3.2 Voruntersuchungen: Bewertung der Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates im Rahmen der Probeschüsse.....	80 -
5.3.3 Hauptuntersuchung: Auswirkung der Genauigkeit des Ansatzes des Bolzenschussapparates auf die Betäubungseffektivität und das klinische Bild nach dem Schuss .....	80 -
5.4 Feststellung des Todesintritts.....	82 -
5.4.1 Parameter „Letzte Bewegung“ .....	82 -
5.4.2 Parameter „Finale Pupillendilatation“.....	83 -
5.4.3 Parameter „Herzschlagdauer“ .....	83 -
5.4.4 Kriterien für den Eintritt des Todes .....	84 -
5.5 Pathologische Untersuchungen .....	85 -
5.6 Gewichte der untersuchten Tiere .....	87 -

5.7	Indikationen zur Nottötung .....	- 87 -
5.8	Abschließende Bewertung der Methode .....	- 89 -
6	ZUSAMMENFASSUNG .....	- 92 -
7	SUMMARY .....	- 94 -
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	- 96 -
9	ANHANG .....	- 105 -

## Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
°	Grad (Winkelmaß)
Abb.	Abbildung(en)
ANCOVA	Kovarianzanalyse (englisch: analysis of covariance)
AVMA	American Veterinary Medical Association
BÄK	Bundesärztekammer
BGVV	Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
bpm	engl. Schläge pro Minute
BSI	Beratungs- und Schulungsinstitut für Tierschutz bei Transport und Schlachtung (bsi Schwarzenbek)
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
DCO	Distanz vom caudalen Augenwinkel zum Ohrgrund
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
EEG	Elektroenzephalogramm
EKG	Elektrokardiogramm
EFSA	European Food Safety Authority (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit)
engl.	englisch
<i>et al.</i>	lat. und andere
FLI	Friedrich-Loeffler-Institut
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde(n)
HSA	Humane Slaughter Association
IQR	Interquartilsabstand
Kap.	Kapitel
kg	Kilogramm
LALLF M-V	Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg- Vorpommern
lat.	lateinisch
LKSH	Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Max	Maximum
Min	Minimum
min	Minute(n)
ml	Milliliter
mm	Millimeter
n	Anzahl
NPB	National Pork Board
p	Signifikanzniveau (ANCOVA und Kruskal-Wallis-Test)

rel.	relativ(e)
S.	Seite
s	Sekunde(n)
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
SEM	Standardfehler des Mittelwertes
T	Temperatur
Tab.	Tabelle
TVT	Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V.
vgl.	vergleiche
VG	Versuchsgruppe
z.B.	zum Beispiel

# 1 Einleitung

Die Nottötung nicht überlebensfähiger (Saug-)Ferkel war lange Zeit ein wenig beachteter Bereich der kommerziellen Schweinehaltung. Durch verschiedene Fernsehreportagen in den Jahren 2013<sup>1</sup> und 2014<sup>2</sup> wurde plötzlich eine breite Öffentlichkeit auf die damit verbundenen Probleme aufmerksam. Dies führte unter anderem zu Erlassen mehrerer Bundesländer zum tierschutzgerechten Umgang mit Saugferkeln (ANON. 2014a, 2014b, 2014c) sowie zu einer Stellungnahme der Tierärztlichen Vereinigung für Tierschutz e.V. (TVT 2014). Im Jahr 2016<sup>3</sup> wurde erneut ein Fernsehbeitrag ausgestrahlt, der deutlich machte, dass die Problematik weiterhin existierte. Nur ein Jahr später wurde mit der Untersuchung von GROßE BEILAGE (2017) die Thematik der Nottötung in der Schweinehaltung umfangreich wissenschaftlich untersucht. Ihre Ergebnisse machen deutlich, dass bei den ausführenden Personen ein großer Mangel an Sachkunde bezüglich der Nottötung besteht. Zudem gibt es für Schweine bisher kein zugelassenes Betäubungs- und Tötungsverfahren, das gänzlich ohne Nachteile wäre (MEIER und VON WENZLAWOWICZ 2017).

Während die Wurfgrößen in der modernen Schweinehaltung immer weiter zunehmen, verbleiben die Saugferkelverluste seit Jahren auf einem relativ konstanten Niveau von ca. 15 % (WELP 2014, LKSH 2018). Auch wenn nicht allen Verlusten eine Nottötung vorausgeht, kommt es doch nicht vereinzelt dazu, sondern Landwirte auf ferkelerzeugenden Betrieben sind immer wieder mit dieser Problematik konfrontiert.

Das aktuell am häufigsten angewandte Betäubungsverfahren für Ferkel bis fünf Kilogramm Körpergewicht ist der stumpfe Schlag auf den Kopf mit anschließender Entblutung zum Zwecke der Tötung. Nachteilig sind hierbei die schlechte Standardisierbarkeit sowie die Tatsache, dass es vom Personal häufig abgelehnt wird (AVMA 2013). Auch Zuschauer würden das Verfahren wie auch die nachfolgend erforderliche Entblutung wohl aus ästhetischen bzw. psychologischen Gründen nicht akzeptieren (MARAHRENS 2014, UNTERWEGER *et al.* 2015).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den modifizierten penetrierenden Bolzenschuss als einstufiges, gut standardisierbares Verfahren zur kombinierten Betäubung und Tötung von Ferkeln bis 30 Kilogramm Körpergewicht zu untersuchen. Die Wirkungsweise des Schussapparates beruht hierbei auf einer herkömmlichen Betäubung per Bolzenschuss sowie einer Tötung durch die Zerstörung des Stammhirns analog der Wirkungsweise eines Gehirn-/Rückenmarkzerstörers. Die tödliche Wirkung wird durch einen im Verhältnis zur Kopfgröße relativ langen Bolzen und eine entsprechende Ansatzposition erreicht.

Zu diesem Zweck musste zunächst ein für Saugferkel geeigneter Schussapparat entwickelt werden. Außerdem wurden geeignete Fixierungseinrichtungen zur sicheren Durchführung der Betäubung und Tötung realisiert. Im Zuge der Untersuchungen wurden zudem soweit wie möglich die Indikationen für

---

<sup>1</sup> „Report Mainz“ vom 10.12.2013

<sup>2</sup> „Exklusiv im Ersten“ vom 14.07.2014

<sup>3</sup> „Report Mainz“ vom 12.01.2016

die Nottötung von Ferkeln erhoben. Im Anschluss an die Untersuchung konnte ein praxistauglicher Leitfaden für die Durchführung der Nottötung von Ferkeln bis 30 Kilogramm Lebendgewicht am landwirtschaftlichen Betrieb per Bolzenschuss als Ein-Schritt-Methode erstellt werden (siehe Anhang).

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Rechtsgrundlagen für die Nottötung

Es gibt in Deutschland mehrere Gesetze und Verordnungen, die rechtliche Grundlagen für die Nottötung von Ferkeln beinhalten. Im deutschen Tierschutzgesetz (ANON. 1972) wird im § 4 das Töten von Tieren geregelt. Dazu heißt es, dass „Ein Wirbeltier [...] nur unter wirksamer Schmerzausschaltung (Betäubung) in einem Zustand der Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit oder sonst [...] nur unter Vermeidung von Schmerzen getötet werden“ darf. Eine Tötung von Wirbeltieren ohne vernünftigen Grund kann gemäß § 17 Tierschutzgesetz im Sinne einer Straftat geahndet werden. Es gibt allerdings keine Auflistung mit eindeutig definierten Gründen für eine Tötung bzw. juristisch gesehen keine Legaldefinition (LUY 2008). LORZ und METZGER (2008) nennen die Tötung zur Gewinnung von Lebensmitteln oder nach tierärztlicher Indikation als Beispiele für vernünftige Gründe im Sinne des Tierschutzgesetzes. Für VON LOEPER (2002) und HIRT *et al.* (2003) ist entscheidend, dass die Begründung aus Sicht der Allgemeinheit nachvollziehbar ist und mit ihren mehrheitlichen Wert- und Gerechtigkeitsvorstellungen bzw. den vorherrschenden sozialetischen Überzeugungen übereinstimmt.

In der deutschen Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (ANON. 2001) ist in § 4 die Rechtsgrundlage für die Pflegeverpflichtung des Tierhalters festgelegt: „Wer Nutztiere hält, hat [...] sicherzustellen, dass [...] 3. soweit erforderlich, unverzüglich Maßnahmen für die Behandlung [...] oder die Tötung kranker oder verletzter Tiere ergriffen werden“. Im Jahr 2013 ist zudem die 2009 verabschiedete europäische Verordnung Nr. 1099/2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung in Deutschland in Kraft getreten (ANON. 2009). Eine „Nottötung“ im Sinne dieser Verordnung ist „die Tötung von verletzten Tieren oder Tieren mit einer Krankheit, die große Schmerzen oder Leiden verursacht, wenn es keine andere praktikable Möglichkeit gibt, diese Schmerzen oder Leiden zu lindern“ (Artikel 2). Der Begriff „praktikabel“ ist dabei nicht näher definiert. In Artikel 19 ist zudem geregelt, dass „Im Fall der Nottötung [...] der Halter der betroffenen Tiere alle Maßnahmen, die erforderlich sind, um die Tiere so bald als möglich zu töten“ ergreift. Um die europäische Verordnung Nr. 1099/2009 auf nationaler Ebene umzusetzen, wurde 2012 die deutsche Tierschutz-Schlachtverordnung (ANON. 2012) erlassen. Die für die Betäubung und Tötung von Ferkeln zugelassenen Verfahren sind in der europäischen Verordnung Nr. 1099/2009 und in der nationalen Tierschutz-Schlachtverordnung geregelt (siehe Kapitel 2.3). Im Zuge der öffentlichen Diskussion über den Umgang mit nicht überlebensfähigen Saugferkeln haben mehrere Bundesländer Erlasse zu dieser Thematik veröffentlicht, in denen die Rechtsgrundlagen für eine Nottötung von Ferkeln zusammengefasst sowie die zugelassenen Methoden erläutert werden (ANON. 2014a, 2014b, 2014c).

Ein wichtiger Aspekt bei der (Not-)Tötung von Tieren ist die Sachkunde des Durchführenden. Das Tierschutzgesetz (ANON. 1972) verlangt, dass derjenige, der ein Wirbeltier tötet, „die dazu notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten hat“. Werden Wirbeltiere berufs- oder gewerbsmäßig regelmäßig betäubt oder getötet, muss der zuständigen Behörde ein Sachkundenachweis vorgelegt werden (§ 4). Dieser Sachkundenachweis entspricht nicht dem nach Artikel 7 der europäischen Verordnung Nr. 1099/2009. Problematisch ist die Definition des Begriffes „regelmäßig“. Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung des Tierschutzgesetzes (ANON. 2000) gibt an, dass

für das „Töten lebensschwacher, nicht lebensfähiger oder schwerverletzter Wirbeltiere im Einzelfall im eigenen Tierbestand“ keine Regelmäßigkeit gegeben ist (3.1.3 zu § 4). Je nach Betriebsgröße kann die Grenze zur Regelmäßigkeit aber überschritten sein (HIRT *et al.* 2016). Auch UNTERWEGER *et al.* (2015) gehen aufgrund der Größe der Schweinehaltungen von einer regelmäßigen Notwendigkeit zur Nottötung von Tieren aus. Damit verbinden sie die Forderung danach, dass Mitarbeiter auf Schweinebetrieben jederzeit über das Wissen und die Ausstattung für eine Tötung von Schweinen verfügen müssen.

## **2.2 Indikationen für die Nottötung von Ferkeln**

Sowohl international als auch in Deutschland ist der Trend hin zu großen Würfen bei der Ferkelerzeugung unverkennbar (KECMAN und WÄHNER 2016, RUTHERFORD *et al.* 2013). Eine Erhöhung der Wurfgröße führt jedoch auch zu einer erhöhten Verlustrate bei den Ferkeln (ANDERSEN *et al.* 2011). Dies steht im Zusammenhang mit den geringeren Geburtsgewichten der Ferkel bei größeren Würfen (MEYER *et al.* 1976). Ein niedriges Geburtsgewicht erhöht außerdem das Risiko für das Vorkommen von „Spreizferkeln“ (HOLL und JOHNSON 2005) sowie für Hypoxie und Lebensschwäche (HERPIN *et al.* 1996).

Bereits vor der Geburt wird die Überlebensfähigkeit der Ferkel durch übergroße Würfe negativ beeinflusst. Hohe Wurfgrößen führen beispielsweise zu verkürzten Trächtigkeitsdauern, so dass die Ferkel bei der Geburt nicht völlig ausgereift sind (CANARIO *et al.* 2006). Während der Geburt ist das Risiko der Aspiration von Fruchtwasser oder Mekonium bei großen Würfen erhöht, weil die Austreibungsphasen länger dauern (MOTA-ROJAS *et al.* 2006).

Nach der Geburt wirkt die Anzahl der Zitzen der Muttersau als limitierender Faktor für eine erfolgreiche Aufzucht der Ferkel. HOY (2016) gibt an, dass Wurfgrößen von 16 bis 17 Ferkeln tierschutzrechtlich kein Problem sind, wenn unter anderem 15 bis 16 funktionsfähige Zitzen vorhanden sind und die Betreuung von Sau und Ferkeln überdurchschnittlich gut ist. Hingegen betrachtet er Würfe mit im Mittel mehr als 17 geborenen Ferkeln gegenwärtig als kritisch. Sind mehr Ferkel als Zitzen vorhanden, entsteht eine Konkurrenzsituation unter den Jungtieren (MILLIGAN *et al.* 2001), was zu einer verringerten Kolostrumaufnahme bei den schwächsten führt. In solch einem Fall sind Gegenmaßnahmen wie beispielsweise der Wurfausgleich tierschutzrechtlich geboten (WIEDEMANN 2012). Eine Tötung von „überzähligen“ Ferkeln aus Gründen der Produktionseffizienz, wie sie beispielsweise von GRIST *et al.* (2018a) beschrieben wird, ist in Deutschland nicht zulässig (TVT 2014, ANON. 1972, ANON. 2009).

MEIER und VAN DER AA-KUPPLER (2017) beschreiben eine „Abwärtsspirale schwaches Ferkel“, bei der das geringe Geburtsgewicht gegebenenfalls gemeinsam mit einer zu niedrigen Stalltemperatur zu einem Abfall der Körpertemperatur bei den betroffenen Ferkeln führt. Als Folgen lassen sich Zittern, ein träges Verhalten sowie eine zu geringe oder ausbleibende Kolostrumaufnahme feststellen. Solche Tiere hungern und zeigen eine erhöhte Anfälligkeit für Krankheitserreger, was häufig zum Verenden bzw. zu einer notwendigen Nottötung durch den Tierhalter führt.

Die Entscheidung für eine Nottötung von Ferkeln erfordert eine sorgfältige Ausbildung und Erfahrung. Eine Entscheidung zur Überlebensfähigkeit eines Tieres darf ausschließlich durch hierfür sachkundige

Personen erfolgen und muss jeweils im Einzelfall getroffen werden (TVT 2014). Als mögliche Indikationen für eine Nottötung werden eine unheilbare Krankheit, angeborene lebensbedrohliche Anomalien wie zum Beispiel Afterlosigkeit oder erfolglos behandeltes Spreizen der Hinterbeine genannt (TVT 2014). Entwicklungsstörungen wie beispielsweise eine runde Kopfform mit Hautfalten hinter der Nase sind alleine keine ausreichende Indikation für eine Nottötung (MEIER und VAN DER AA-KUPPLER 2017). Ein unheilbar krankes Ferkel kann beispielsweise folgende Symptome aufweisen: „starke Abmagerung trotz intensiver Betreuung, bei Neugeborenen auch Untertemperatur, Festliegen, Kreislaufversagen und fehlender Saugreflex“ (TVT 2014).

UNTERWEGER *et al.* (2015) bezeichnen neben den bereits genannten Kriterien auch durch Erkrankungen wie Nabelentzündung oder Ferkelruß verursachte Schmerzen sowie Verletzungen mit infauster Prognose (zum Beispiel Frakturen oder Verletzungen der inneren Organe nach Erdrückung durch die Muttersau) als mögliche Indikationen für eine Nottötung.

BALZER (2017) hat in ihrer Arbeit folgende Parameter als besonders charakteristisch für nicht überlebensfähige Saugferkel definiert: geringes Körpergewicht, verminderte Körpertemperatur, eingeschränkte Bewegungsfähigkeit, herabgesetzte Milchaufnahme, gestörter Kot- und Harnabsatz und verminderte Anteilnahme an der Umgebung.

Im Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt zur tierschutzgerechten Tötung von Ferkeln werden zudem Erkrankungen, bei denen keine Aussicht auf Heilung besteht, massive Bauchdeckenbrüche, massive Verletzungen sowie generalisierte massive Hautnekrosen als mögliche Indikationen für eine Nottötung genannt (ANON. 2014a). Anders als in der Stellungnahme der TVT, in der nur die Abmagerung trotz intensiver Betreuung als mögliche Indikation für eine Nottötung herangezogen wird, geht der Erlass aus Sachsen-Anhalt auch bei stark untergewichtigen Ferkeln, „bei denen ein Überleben auch durch zusätzliche Fütterungs- bzw. Tränkmaßnahmen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht zu erwarten ist“, von einer möglichen Indikation für eine Nottötung aus.

Der niedersächsische Erlass sieht zudem die Indikation zur Nottötung als gegeben an, wenn die Ferkel ansonsten objektiv feststellbar erhebliche Schmerzen oder länger anhaltende Leiden und Schmerzen ertragen müssten (ANON. 2014b).

Im Erlass aus Mecklenburg-Vorpommern wird eine zweimalige Untersuchung der Ferkel vorgeschrieben, bei der vor allem die Kriterien Körpertemperatur, Körpergewicht, Saugreflex, Missbildungen, Krankheiten und Verletzungen für jedes Einzeltier erhoben und beurteilt werden müssen. Ein vernünftiger Grund für die Tötung des Ferkels wird erst dann gesehen, wenn „in der Summe der Abweichungen oder in der Erheblichkeit der einzelnen Abweichungen und trotz Ausschöpfung von Gegenmaßnahmen ein Weiterleben des Tieres nur unter anhaltenden Schmerzen, Leiden oder Schäden möglich wäre“ (ANON. 2014c).

### 2.3 Zugelassene Betäubungs- und Tötungsmethoden für die Nottötung von Ferkeln

Die zugelassenen und geeigneten Verfahren zur Betäubung und Tötung von Ferkeln unterscheiden sich je nach Gewicht der Tiere. In der europäischen Verordnung Nr. 1099/2009 (ANON. 2009) erfolgt zudem eine Einteilung in mechanische und elektrische Verfahren sowie Verfahren unter Anwendung von Gas. Zusätzlich kann man Betäubungsverfahren auch in reversible (einfache) und irreversible Verfahren unterteilen. Bei einem reversiblen Betäubungsverfahren besteht die Möglichkeit, dass das Tier nach der Anwendung das Wahrnehmungs- und Empfindungsvermögen wiedererlangt. Daher muss an das Betäubungsverfahren eine Tötung zum Beispiel durch Entblutung oder Gehirn-/Rückenmarkszerstörung angeschlossen werden.

Der nicht-penetrierende Bolzenschuss führt beim Ferkel zu einer irreversiblen Betäubung, also zu einer Betäubung und Tötung in einem Schritt (WOODS 2012). Er ist allerdings in der Europäischen Union laut Verordnung Nr. 1099/2009 (ANON. 2009) nur als einfaches Betäubungsverfahren zugelassen und in Deutschland nach der Tierschutz-Schlachtverordnung (ANON. 2012) für Schweine überhaupt nicht.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die nach Verordnung Nr. 1099/2009 und Tierschutz-Schlachtverordnung für Schweine zugelassenen Betäubungs- und Tötungsverfahren.

**Tab. 1:** Für Schweine zugelassene Betäubungs- und Tötungsverfahren gemäß Tierschutz-Schlachtverordnung und Verordnung Nr. 1099/2009

Altersstufe	Tierarzt	Landwirt			
		Stumpfer Schlag* + Entblutung**	Penetrierender Bolzenschuss* + Entblutung** oder Gehirn-/Rückenmarkszerstörung**	Gasbetäubung* und/oder Gastötung**	Schuss mit einer Feuerwaffe**
Saugferkel <5kg	Medikamentelle Euthanasie**				
Ferkel ab 5kg, Mastschwein, Sau, Eber	Medikamentelle Euthanasie**	Elektrobetäubung* und/oder Elektrotötung**	Penetrierender Bolzenschuss* + Entblutung** oder Gehirn-/Rückenmarkszerstörung**	Gasbetäubung* und/oder Gastötung**	Schuss mit einer Feuerwaffe**

\* Betäubungsverfahren

\*\* Tötungsverfahren

Der penetrierende Bolzenschuss, der Schuss mit einer Feuerwaffe und der stumpfe Schlag auf den Kopf gehören zu den mechanischen Verfahren zur Ferkelbetäubung bzw. -tötung. Als elektrische Verfahren sind die Elektrobetäubung durch Kopfdurchströmung sowie durch Ganzkörperdurchströmung zugelassen. Zur Betäubung bzw. Tötung mittels Gas können Kohlenstoffdioxid und Edelgase (alleine und in Kombination) für Ferkel angewendet werden. Die in der Verordnung unter „Andere Verfahren“ aufgeführte tödliche Injektion stellt ein kombiniertes Betäubungs- und Tötungsverfahren dar. Von den zugelassenen Verfahren sind jedoch nicht alle auch uneingeschränkt für die Betäubung und Tötung von Ferkeln geeignet.

Der penetrierende Bolzenschuss ist laut Tierschutz-Schlachtverordnung für Schlachtschweine nur als Ersatzverfahren während der Reparatur der Elektro- oder Kohlenstoffdioxidbetäubungsanlage zugelassen sowie bei Hausschlachtungen und zur Tötung in Notfällen. Er darf zudem bei Tötungen

ohne Blutentzug nur verwendet werden, wenn im Anschluss das Rückenmark zerstört wird oder ein Herzstillstand durch elektrische Herzdurchströmung verursacht wird (ANON. 2012).

Der Begriff Rückenmarkszerstörung im engeren Sinne ist irreführend. Er kommt aus der Schlachttechnik. Vor dem Auftreten der Bovinen Spongiformen Enzephalopathie (BSE) wurde bei Rindern im Rahmen der Schlachtung im Anschluss an die Betäubung ein rund ein Meter langer Stab durch das Schussloch in die Schädelhöhle eingeführt und durch das *Foramen occipitale* in das Rückenmark vorgeschoben. Dadurch werden einerseits Bewegungen des Tieres beim Aufhängen und zum Zeitpunkt des Entblutens verhindert. Lange Zeit war dies ausschließlich eine Maßnahme zur Verbesserung der Arbeitssicherheit insbesondere bei der Schragenschlachtung des Rindes (GRACEY 1982). Durch die mechanische Zerstörung von Gehirn, Stammhirn und Teilen des Rückenmarks wird andererseits gleichzeitig ein Wiedererwachen des Tieres verhindert bzw. das Tier getötet. Tierschutzfachlich wird der Begriff Rückenmarkszerstörung analog dem englischen „pithing“ verwendet (EFSA 2004). Diese kombinierte Gehirn-/Rückenmarkszerstörung ist inzwischen als Tötungsverfahren anerkannt (APPELT und SPERRY 2007, HSA 2019a). Insbesondere aus der von der Humane Slaughter Association (HSA) gewählten Beschreibung des Vorgangs wird deutlich, dass vorrangig die Zerstörung des Hirns und Hirnstammes gemeint ist („Pithing involves inserting a flexible rod through the hole in the head made by a penetrative captive-bolt. The rod is then thrust towards the tail through the brain to the level of the brainstem and, *if it is long enough*, into the spinal cord.“). Die mit dem deutschen Wort Rückenmarkszerstörung implizierte Zerstörung des Rückenmarks ist für den gewünschten Effekt, nämlich das Ausbleiben des Wiedererlangens der Empfindungs- und Wahrnehmungsfähigkeit, nicht notwendig. Die HSA trägt damit auch der Tatsache Rechnung, dass beim Schwein bei der Tötung durch „pithing“ im Anschluss an eine Bolzenschussbetäubung zwar eine mechanische Zerstörung von Gehirn und Stammhirn erfolgt, das Rückenmark aber nicht immer mitverletzt wird.

Obwohl der penetrierende Bolzenschuss als Betäubungsmethode für Ferkel zugelassen ist, stellt er mit den 2014 verfügbaren Apparaten bei kleinen Tieren eine Gefahr für den Anwender dar (TVT 2014). Zudem ist die im Anschluss durchzuführende Tötung zum Beispiel mittels Entblutung oder Gehirn-/Rückenmarkszerstörung aufgrund der starken Krämpfe nach dem Schuss schwierig durchführbar (BSI 2013) und wird von vielen Tierbetreuern auch aus ästhetischen Gründen abgelehnt (MARAHRENS 2014).

Der Schuss mit einer Feuerwaffe ist aus waffenrechtlichen Gründen in einem geschlossenen Stallgebäude untersagt und daher kein praktikables Verfahren in der kommerziellen Schweinehaltung (ANON. 2002).

Der stumpfe Schlag auf den Kopf ist nur für die Betäubung von Ferkeln bis fünf Kilogramm Lebendgewicht zugelassen. Obwohl es Vorteile wie eine hohe Effizienz und geringe Kosten hat (UNTERWEGER *et al.* 2015), bringt dieses Verfahren auch eine Reihe von Nachteilen mit sich. So ist es schlecht standardisierbar und wird häufig vom Personal abgelehnt (AVMA 2013). MARAHRENS (2014) und UNTERWEGER *et al.* (2015) weisen zudem darauf hin, dass es aus ästhetischen bzw. psychologischen Gründen wohl keine Akzeptanz in der Gesellschaft finden wird.

Bisher ging man davon aus, dass die Elektrobetäubung und –tötung für kleine Saugferkel nicht geeignet ist, da Herzkammerflimmern nicht sicher ausgelöst werden kann (TVT 2014). Zudem fehlte es an

angepasster Technik (VON WENZLAWOWICZ 2014). In seiner Dissertation hat HUSHEER (2017) die Elektrotötung von Saugferkeln untersucht und auch bei Tieren mit einem Gewicht von ein bis zwei Kilogramm Erfolge erzielt. Allerdings ist dieses Verfahren noch nicht praxisreif.

Bei der Gasbetäubung und –tötung wurden bislang Kohlenstoffdioxid, Helium, Stickstoff und Argon für Schweine untersucht. Alle Verfahren weisen dabei sowohl Vor- als auch Nachteile auf. Obwohl Kohlenstoffdioxid bereits seit fast 70 Jahren kommerziell zur Betäubung von Schweinen verwendet wird (GRANDIN 1980), ist noch immer nicht eindeutig geklärt, ob die Einleitungsphase tierschutzrelevant ist (EFSA 2004, AVMA 2013). Zur Reduzierung der Belastungen der Ferkel vor der Kohlenstoffdioxid-Narkose empfiehlt sich laut SPORN (2015) die hochdosierte Prämedikation (0,5 ml intra muskulär pro Saugferkel) mit Azaperon (Stresnil®, Lilly Deutschland GmbH, Bad Homburg, D). Die Verwendung des Edelgases Helium scheint zu einer tierschutzgerechten Betäubung zu führen (MACHTOLF *et al.* 2013), allerdings ist das Verfahren noch nicht praxisreif, teuer und bisher lediglich für die Betäubung von Schweinen erprobt worden, so dass auch hierbei eine Tötung zum Beispiel mittels Entblutung durchgeführt werden muss. BALZER (2017) untersuchte die Tötung von neugeborenen Saugferkeln in einem mit Stickstoff gefüllten Schaum und stellte fest, dass das Verfahren aktuell noch nicht belastungsarm und tierschutzgerecht durchgeführt werden kann. Auch die Verwendung von Argon für die Betäubung und Tötung von nicht überlebendigen Saugferkeln wurde bereits untersucht, allerdings konnte keine geringere Tierbelastung im Vergleich zur Verwendung von Kohlenstoffdioxid nachgewiesen werden (SADLER *et al.* 2014a, 2014b).

Die tödliche Injektion ist ein Verfahren, welches in Deutschland aufgrund arzneimittelrechtlicher Vorschriften nur von Tierärzten angewendet werden darf (MEIER und VON WENZLAWOWICZ 2017).

Wünschenswert wäre ein einstufiges Verfahren, welches auf das Entbluten verzichtet, vom Landwirt angewendet werden darf und eine geringe Fehleranfälligkeit aufweist (MEIER und VON WENZLAWOWICZ 2017).

## **2.4 Die Betäubung mittels penetrierendem Bolzenschuss**

Die Bolzenschussbetäubung gehört zu den mechanischen Betäubungsverfahren und findet bei Schweinen zumeist bei der Hausschlachtung sowie bei der Nottötung im Herkunftsbetrieb Anwendung.

### **2.4.1 Aufbau und Funktionsweise**

Bauartbedingt lassen sich drei unterschiedliche Formen des penetrierenden Bolzenschusses unterscheiden: der ladungsbetriebene penetrierende Bolzenschuss, der pneumatische penetrierende Bolzenschuss sowie der federzugbetriebene penetrierende Bolzenschuss (EFSA 2004, SCHÜTT-ABRAHAM *et al.* 1992).

In der Regel werden für die Betäubung von Schweinen ladungsbetriebene Geräte verwendet (EFSA 2004). Es gibt jedoch auch Studien zur Wirksamkeit von pneumatisch betriebenen nicht-penetrierenden Bolzenschussgeräten beim Ferkel (WIDOWSKI 2008, WOODS 2012, CASEY-TROTT 2012). In Deutschland sind solche Geräte aber nicht zugelassen. Der federzugbetriebene penetrierende

Bolzenschussapparat ist ein Gerät zur Betäubung von Geflügel und Kaninchen. Bisher gibt es keine Studien zu seiner Wirksamkeit bei der Betäubung von Ferkeln. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die kinetische Energie, mit der der Schussbolzen auf den Schädel auftrifft, sowie dessen Geschwindigkeit bei federzugbetriebenen Geräten nicht ausreicht, um eine betäubende Wirkung bei Ferkeln zu erreichen (Martin v. Wenzlawowicz, Schwarzenbek, 22.01.2018).

Im Folgenden werden der Aufbau und die Funktionsweise von ladungsbetriebenen penetrierenden Bolzenschussapparaten erläutert.

Der Apparat besteht aus einem Schlagbolzen, der per Hand gespannt wird und nach Betätigen des Abzuges auf eine mit Treibladung gefüllte Kartusche schlägt, wodurch diese zur Explosion gebracht wird. Die freiwerdende Energie wird auf den metallischen Schussbolzen im Führungsrohr übertragen, welcher daraufhin den Apparat am unteren Ende verlässt und in den Schädel und das Gehirn des Tieres eindringt. Der Schussbolzen ist am oberen Ende verbreitert, so dass er das Gerät nicht verlassen kann. Zumeist wird er nach dem Schuss mithilfe von Gummiringen oder einer Feder wieder in das Gerät zurückgezogen (GREGORY 1998, 2007, TROEGER 2007).

Die Austrittslänge des Schussbolzens aus dem Gerät ist abhängig vom verwendeten Gerätemodell, der Gesamtlänge und Masse des Schussbolzens, der Anzahl und Form der dämpfenden Elemente sowie der verwendeten Kartusche (TROEGER 2007, DÖRFLER 2015). Die Stärke der Kartuschen lässt sich anhand einer Farbcodierung unterscheiden (BGVV 2001).

#### **2.4.2 Wirkungsweise**

Der penetrierende Bolzenschuss bewirkt in erster Linie eine Betäubung, kann jedoch auch zur Tötung des geschossenen Tieres führen (EFSA 2004, WOODS 2012, GRANDIN 2012).

Die betäubende Wirkung des penetrierenden Bolzenschusses beruht auf mehreren Effekten. Zum einen entsteht durch den Aufprall des Bolzens auf den Schädelknochen eine Gehirnerschütterung mit Wellen kinetischer Energie, die durch das Hirngewebe weitergeleitet werden und zum Bewusstseinsverlust führen. Zum anderen zerstört der in das Gehirn eindringende Bolzen das Gewebe auch mechanisch und irreversibel. Da die Wirkung der Gehirnerschütterung reversibel ist, hängt die Zuverlässigkeit der gesamten Betäubungswirkung entscheidend von dem Ausmaß und der Lokalisation der mechanischen Gewebeschädigung ab (EFSA 2004).

Es gibt mehrere Hypothesen zu den Gründen für eine Bewusstlosigkeit durch eine Gehirnerschütterung. Bekannt ist, dass es nach der Bolzenschussbetäubung zu Blutungen an der Stelle des Aufpralls (bezeichnet als „coup“) sowie an der gegenüberliegenden Seite des Gehirns kommt (bezeichnet als „contre-coup“), da sich das Gehirn aufgrund seiner Trägheit auch nach dem Stoppen des Schädels weiterbewegt und an der Gegenseite des Aufpralls erneut gegen den Schädel schlägt (EFSA 2004). Eine Hypothese geht davon aus, dass durch den starken Aufprall das Blut aus den Hirnkapillaren in die größeren Gefäße gepresst wird und es zu einer Ischämie mit daraus resultierender Mangelversorgung bestimmter Hirnareale kommt (vaskuläre Hypothese). Andere Hypothesen machen die direkte mechanische Einwirkung auf die Neuronen für die Bewusstlosigkeit verantwortlich (konvulsive Hypothese), nehmen an, dass die plötzlichen Rotationskräfte Verbindungen zwischen Nervenzellen zerstören (zentripetale Hypothese) oder vermuten, dass die neuronalen Wege der

Signalübermittlung innerhalb des retikulären aktivierenden Systems des Gehirns durch die Gehirnerschütterung beeinträchtigt sind (retikuläre Hypothese) (SHAW 2002, EFSA 2004).

Neben der Zerstörung von Hirngewebe, die durch den Schussbolzen direkt verursacht wird, wirken auch die ausgestanzten Haut- und Knochenfragmente als sogenannte „Sekundärgeschosse“, die die Schädigung verstärken (FINNIE 1993).

Zu der tödlichen Wirkung des Bolzenschusses gibt es in der Literatur unterschiedliche Angaben. Bei Rindern kann die mechanische Zerstörung des Gehirns durch den Schussbolzen zum Tod führen, allerdings ist dies nicht in allen Fällen garantiert und einige Tiere können Anzeichen für das Wiedererlangen der Wahrnehmung zeigen, wenn nach dem Schuss kein Tötungsverfahren angewendet wird (APPELT und SPERRY 2007). GRANDIN (2012) hat dagegen die Erfahrung gemacht, dass bei korrekter Platzierung des Bolzenschussgerätes Rinder durch den Schuss sowohl betäubt als auch getötet werden. Um zum Tod zu führen, muss der Schussbolzen eine zerebrale Hemisphäre und den Hirnstamm ausreichend schädigen. Wenn das Schussgerät in einem mangelhaften Zustand ist oder fehlerhaft verwendet wird, tritt der Tod nicht ein (AVMA 2013). Um den Tod nach der Anwendung des Bolzenschusses sicherzustellen, sollte bei großen Tieren die Gehirn-/Rückenmarkszerstörung durchgeführt werden. Ob der penetrierende Bolzenschuss ein Tier nur betäubt oder auch tötet, hängt sowohl von der Spezies als auch vom verwendeten Schussgerät und der Ansatzposition ab. Obwohl wissenschaftliche Daten fehlen, zeigt die praktische Erfahrung, dass es wahrscheinlich ist, dass junge Tiere durch den Schuss sofort getötet werden (EFSA 2004).

Bisher ist vor allem die Wirkung des nicht-penetrierenden Bolzenschusses auf Ferkel untersucht worden (FINNIE *et al.* 2003, WIDOWSKI 2008, CASEY-TROTT 2012, WOODS 2012, GRIST *et al.* 2017, 2018a, 2018b); Untersuchungen zur Anwendung des penetrierenden Bolzenschusses fehlen noch.

Schon leichte Abweichungen von der empfohlenen Schussposition und/oder von der senkrechten Ansatzrichtung erhöhen die Krampfintensität nach dem Schuss und können so weitere Arbeitsschritte wie das Anschlingen oder Aufziehen erschweren (ILGERT 1985).

## **2.5 Schädel- und Gehirnanatomie des Ferkels**

Das Gehirn befindet sich in der Schädelhöhle (*Cavum cranii*), welche von den Knochen des Hirnschädels umschlossen wird. Die knöcherne Wand des Hirnschädels setzt sich abhängig von der Tierart, der Rasse, dem Alter und dem Geschlecht des Individuums aus unterschiedlich ausgebildeten Einzelknochen zusammen. Im Verhältnis zum gesamten Kopf nimmt das Gehirn der Haussäugetiere einen relativ geringen Raum ein. Kaudal reicht es bis zu einer gedachten Querebene, die auf Höhe des äußeren Gehörganges verläuft (KÖNIG und LIEBICH 2011). Nach BÖHME (2004) reicht der Frontalpol des Gehirns bei Schweinen zudem rostral bis zwischen die beiden *Orbitae*.

Der Übergang vom Gehirn (*Encephalon*) zum Rückenmark erfolgt ohne klare Grenze. Die Einteilung des Gehirns in Abschnitte erfolgt je nach Autor unterschiedlich. Vereinfacht lässt sich das Gehirn in die Abschnitte Großhirn (*Cerebrum*), Kleinhirn (*Cerebellum*) und Hirnstamm (*Truncus encephali*) einteilen. Letzterer besteht von rostral nach kaudal aus folgenden Abschnitten:

- Basalganglien
- Zwischenhirn (*Diencephalon*)
- Mittelhirn (*Mesencephalon*)
- Brücke (*Pons*)
- verlängertes Mark (*Medulla oblongata*)

Von dem Hirnstamm lässt sich der kaudale bzw. untere Hirnstamm abgrenzen, welcher aus dem Mittelhirn (*Mesencephalon*), der Brücke (*Pons*) und dem verlängerten Mark (*Medulla oblongata*) besteht. Häufig meint der Begriff „Hirnstamm“ im klinischen Sprachgebrauch lediglich die Strukturen des kaudalen Hirnstammes. Sie gehen kontinuierlich ineinander über (SALOMON *et al.* 2005). Die Bezeichnung „Stammhirn“ wird zumeist synonym für den kaudalen Hirnstamm verwendet, umfasst also nicht das Zwischenhirn (STOFFEL 2010).

## **2.6 Funktionen des Hirnstammes**

Neben seiner essenziellen Bedeutung für die Atemtätigkeit ist der Hirnstamm auch für die ordnungsgemäße Funktion des Cortex notwendig (PALLIS 1982c). Das Kreislaufzentrum, das in *Medulla oblongata* und *Pons* lokalisiert ist, steuert zentral die Herzfunktion und den Blutdruck des Tieres (SILBERNAGL 1983). Alle motorischen Reize, die von den Großhirnhemisphären kommen, passieren den Hirnstamm. Gleiches gilt für alle sensorischen Reize aus der Peripherie an das Gehirn abgesehen von den visuellen und olfaktorischen (PALLIS 1982c). Zudem erläutert genannter Autor, dass das Bewusstsein zwar zu den Funktionen der Großhirnhemisphären gehört, diese eine Wahrnehmungsfähigkeit aber nur sicherstellen können, wenn der Hirnstamm uneingeschränkt funktioniert. Kommt es zu akuten, massiven und irreversiblen Schädigungen des Hirnstammes, kann auch das übrige Gehirn nicht mehr funktionieren, auch wenn sich in isolierten Gehirnteilen eventuell noch für kurze Zeit Zeichen biologischer Aktivität feststellen lassen.

## **2.7 Ansatzposition für den penetrierenden Bolzenschuss beim Ferkel**

Während der korrekte Ansatz des Bolzenschussgerätes bei älteren Schweinen aufgrund der Kopfform und der Lage des Gehirns im Schädel problematisch ist (HSA 2019b), fehlen für Ferkel bisher entsprechende Untersuchungen. In der Literatur wird der penetrierende Bolzenschuss für Saugferkel oft nicht empfohlen (NPB 2016, TVT 2014). Für Ferkel ab ca. fünf Kilogramm Körpergewicht wird der Ansatz des penetrierenden Bolzenschussgerätes in der Mitte der Stirn etwa 1 bis 1,5 cm über Augenhöhe empfohlen. Dabei sollte fest gegen den Schädelknochen gedrückt werden und es sollte in Richtung Schwanz gezielt werden (NPB 2016).

## **2.8 Ruhigstellung/Fixierung zur Betäubung**

Die europäische Verordnung Nr. 1099/2009 (ANON. 2009) definiert in Artikel 2p eine Ruhigstellung als „die Anwendung eines Verfahrens zur Einschränkung der Bewegungsfähigkeit, um den Tieren vermeidbare Schmerzen, Angst oder Aufregung zu ersparen, so dass diese wirksam betäubt bzw.

getötet werden können“. Der Begriff Ruhigstellung und Fixierung wird häufig synonym verwendet. Die Fixierung kann als „Bewegungseinschränkung eines Tieres“ oder „Halten des Tieres in der korrekten Position, um einen Arbeitsschritt (z.B. das Entbluten oder Betäuben) präzise durchführen zu können“ definiert werden (VON HOLLEBEN *et al.* 2010). Es müssen unter anderem folgende grundlegenden Anforderungen für eine tierschutzgerechte Fixierung erfüllt sein (VON HOLLEBEN 2007):

- stressfreies Betreten der Fixierungseinrichtung bzw. stressfreies Verbringen in diese,
- kein unnötiger Stress oder Schmerz durch die Fixierung,
- die Zeitspanne, während der das Tier fixiert ist, muss so kurz wie möglich sein,
- keine Verletzungen durch die Fixierung,
- die Fixierung muss einen sicheren Ansatz des Betäubungsgerätes erlauben,
- ein sofortiges Nachbetäuben muss möglich sein,
- die Fixierung muss der Größe, der Tierart und dem Typus der zu tötenden Tiere entsprechen,
- der Arbeitsschutz muss sichergestellt sein.

Zudem sollte die Fixierung keine Abwehrbewegungen oder Fluchtreaktionen auslösen, die dann zu Fehlbetäubungen aufgrund eines Fehlansatzes des Betäubungsgerätes führen (VON HOLLEBEN 2007).

## **2.9 Beurteilung der Betäubungswirkung**

Laut Artikel 2f der europäischen Verordnung Nr. 1099/2009 (ANON. 2009) ist eine Betäubung „jedes bewusst eingesetzte Verfahren, das ein Tier ohne Schmerzen in eine Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit versetzt, einschließlich jedes Verfahrens, das zum sofortigen Tod führt“. Der Verlust der Wahrnehmungs- und Empfindungsfähigkeit ist eine Folge einer reversiblen oder irreversiblen Dysfunktion bestimmter Gehirnstrukturen. Dabei können die *Formatio reticularis*, deren aufsteigendes retikuläres Aktivierungssystem oder die zerebralen Hemisphären in ihrer Gesamtheit betroffen sein (TERLOUW *et al.* 2016a). Unter Laborbedingungen gilt das Elektroencephalogramm (EEG) als „Goldstandard“ zur Bestimmung der Wahrnehmungsfähigkeit (ERASMUS *et al.* 2010). Da dies sich jedoch in praxi nur schwer umsetzen lässt, bedient man sich hier stattdessen einer Reihe von klinischen Indikatoren zur Beurteilung der Betäubungswirkung. Dabei muss zwischen solchen, deren An- oder Abwesenheit eine Wahrnehmungs- und Empfindungsfähigkeit bedingen, und solchen, die lediglich als ergänzende Information genutzt werden können, unterschieden werden (TERLOUW *et al.* 2016b). Um die Betäubungswirkung möglichst fehlerfrei zu beurteilen, ist generell die Erfassung von mehr als einem Indikator anzuraten (GOUVEIA *et al.* 2009).

In Tabelle 2 (auf S. 13) sind mögliche klinische Indikatoren für die Beurteilung der Betäubungswirkung aufgelistet.

**Tab. 2:** Klinische Indikatoren zur Bewertung der Betäubungseffektivität

Indikator	Anzeichen für
Schlagartiger Verlust der Stehfähigkeit	Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit
Tonischer Krampf der Muskulatur des Rumpfes und der Gliedmaßen	Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit
Sofortiger Ausfall regelmäßiger Atemtätigkeit - <i>Zustand ist von Dauer</i>	Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit - <i>Tod</i>
Starres und reflexloses Auge - <i>Zustand ist von Dauer</i>	Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit - <i>Tod</i>
Dilatierte Pupillen - <i>Zustand ist von Dauer</i>	Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit - <i>Tod</i>
Kiefer ohne Muskeltonus	Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit
Willkürliche Lautäußerung	Wahrnehmungs- und Empfindungsfähigkeit
Nicht auslösbarer Nasenscheidewandreflex	Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit
Nicht auslösbarer Zwischenklauenreflex	Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit
Aufrichtversuche von Kopf und/oder Körper	Wahrnehmungs- und Empfindungsfähigkeit

(ADAMS und SHERIDAN 2008, BSI 2013, EFSA 2004, FRICKER und RIEK 1981, GOUVEIA *et al.* 2009, GRANDIN 1998, GREGORY und SHAW 2000, GREGORY 1998, 2007, GREGORY *et al.* 2007, VON HOLLEBEN *et al.* 2010, MÄNNL 1994, MARZIN *et al.* 2008, RIEK 1980, SCHÜTT-ABRAHAM 2002, Von Wenzlawowicz *et al.* 2012, TERLOUW *et al.* 2016b)

### 2.9.1 Physiologie der geprüften Reflexe/Reaktionen

Reflexe stellen unwillkürliche Reaktionen auf einen Stimulus dar, die im Rückenmark oder im Hirnstamm integriert sind und mit Wahrnehmung verbunden sein können. Hirnnervenreflexe sind Reflexe, die eine Beteiligung der Hirnnerven erfordern. Sie sind geeignet, die Gehirnfunktion nach einer Betäubung zu beurteilen, allerdings muss der Einfluss des Betäubungsverfahrens auf die Reflexantwort mit in Betracht gezogen werden (z.B. Erschütterung der Gehirnnerven durch die Bolzenschussbetäubung). Auch die Fixierung des Tieres zur Betäubung kann die körperlichen Reaktionen behindern, so dass bei der Beurteilung der Reflexe neben der Betäubungsmethode immer auch die Fixierung mitberücksichtigt werden muss (WIJDICKS 2001, VON HOLLEBEN *et al.* 2010).

Im Rahmen der Untersuchung wurden folgende Reflexe bzw. Reaktionen zur Beurteilung der Betäubungseffektivität geprüft:

- Augenreflexe: Cornealreflex, Lidschlussreflex, Pupillenlichtreflex,
- Kiefertonus und
- Reaktion auf einen Schmerzreiz am Nasenseptum und im Zwischenklauenbereich

#### 2.9.1.1 Augenreflexe

Zu den geprüften Augenreflexen gehören der Corneal-, der Lidschluss- und der Pupillenlichtreflex. Der Cornealreflex wird ausgelöst, indem die Cornea sanft berührt wird. Dies führt zu einem sensorischen Reiz, der durch den *Nervus trigeminus* den *Nucleus trigeminus* neben der *Formatio reticularis* im Hirnstamm erreicht (CRUCCU und DEUSCHL 2000). Durch die *Formatio reticularis* besteht eine Verbindung zwischen dem *Nucleus trigeminus* und dem *Nucleus facialis* (ARAMIDEH und ONGERBOER DE VISSER 2002). Dies führt dazu, dass der *Nervus facialis* aktiviert wird, was einen Lidschluss am betroffenen Auge zur Folge hat. Gleichzeitig werden über den *Nucleus trigeminus* auch der *Nucleus nervi abducentis* sowie der akzessorische *Nucleus nervi abducentis* aktiviert, welche wiederum die

Retraktion des Bulbus auslösen. Wenn der Cornealreflex nicht auslösbar ist, liegt wahrscheinlich eine Schädigung der *Formatio reticularis* vor, was mit einer Bewusstlosigkeit einhergeht (LAUREYS 2005, STURGES 2005). Es ist jedoch auch möglich, dass der Cornealreflex bei einem betäubten Tier auslösbar ist. Dies wird unter anderem damit erklärt, dass eine Dysfunktion der *Formatio reticularis* zwar zu einer Wahrnehmungsunfähigkeit führt, diese Schädigung jedoch so weit von der neuronalen Verschaltung des Cornealreflexes entfernt erfolgte, dass der Reflex weiterhin auslösbar bleibt (TERLOUW *et al.* 2016b). Bei wiederkehrender Wahrnehmungs- und Empfindungsfähigkeit ist er nach dem Einsetzen von rhythmischer Atemtätigkeit der erste Reflex, der positiv ausfällt (ANIL 1991).

Der Lidschlussreflex kann getestet werden, indem das Augenlid sanft berührt wird. Die neuronale Verschaltung entspricht weitgehend der des Cornealreflexes. Dieser scheint jedoch zumindest bei Rindern länger auslösbar zu sein als der Lidschlussreflex (VERHOEVEN *et al.* 2016).

Für den Pupillenlichtreflex ist eine funktionierende Netzhaut Voraussetzung. Über den *Nervus opticus* wird der Lichtreiz an das verarbeitende Zentrum im Mittelhirn nahe der *Formatio reticularis* geleitet. Über den *Nervus oculomotorius* erfolgt die motorische Reflexantwort, die in einer Engstellung der Pupille besteht. Bei starkem Blutverlust kann die Funktion der Netzhaut gestört sein, so dass der Reflex nicht mehr auslösbar ist, obwohl die zuständigen Nervenbahnen intakt sind (BLACKMAN *et al.* 1986). Blut auf der Cornea kann sowohl die Durchführbarkeit des Cornealreflextests als auch die Zuverlässigkeit des Pupillenlichtreflextests negativ beeinflussen (TERLOUW *et al.* 2016b).

#### **2.9.1.2 Kiefertonus**

Der Kiefertonus wurde von WIDOWSKI (2008) und CASEY-TROTT (2012) im Rahmen der Untersuchung eines nicht-penetrierenden Bolzenschussapparates für Saugferkel und abgesetzte Ferkel zur Beurteilung der Betäubungseffektivität genutzt. Dabei wurde der Unterkiefer sanft heruntergedrückt und geprüft, ob sich bei der Abwärtsbewegung ein Widerstand feststellen lässt.

#### **2.9.1.3 Schmerzreize**

Die Aussagekraft von Schmerzreizen in Bezug auf die Betäubungstiefe ist noch nicht abschließend geklärt. Verschiedene Studien führten zu unterschiedlichen Ergebnissen. So konnten VERHOEVEN *et al.* (2015) zeigen, dass pharmakologisch anästhesierte Schafe, die ein für Wahrnehmungsunfähigkeit typisches EEG zeigten, trotzdem noch auf einen Stich ins Ohr reagierten. Es ist davon auszugehen, dass diese Reaktion nur vom Rückenmark ausging und einen nozizeptiven Reflex darstellte. In der selben Studie wurde außerdem festgestellt, dass unbetäubt entblutete Schafe nicht mehr auf den Ohrstich reagierten, obwohl sie zur gleichen Zeit noch Atmung und einen auslösbaren Cornealreflex zeigten sowie ihr EEG noch auf eine Wahrnehmungsfähigkeit schließen ließ.

Es muss also unterschieden werden zwischen schmerzhaften Stimuli, die nur auf der Ebene des Rückenmarks ohne Beteiligung des Bewusstseins verarbeitet werden, und solchen, die eine Beteiligung des Gehirns und demzufolge auch einen gewissen Grad an Bewusstsein erfordern (TERLOUW *et al.* 2016b).

Auch wenn noch nicht endgültig geklärt ist, ob die Reaktion auf Schmerzreize ein Zeichen für eine ungenügende Betäubungstiefe ist, werden diese beispielsweise bei der Beurteilung der Narkosetiefe verwendet (KAISER *et al.* 2006, METTE 2008, TERLOUW *et al.* 2016b). Spinale Reflexe beruhen auf der

Aktivierung von Nozizeptoren, die für die Weiterleitung von Schmerzreizen im Rückenmark zuständig sind (KAISER *et al.* 2006). Eine Aktivierung der Reflexkette führt zum Zurückziehen des betroffenen Körperteils. Verschiedene Studien verweisen bei der Prüfung der Betäubungstiefe auf den Zwischenklauenreflex als geeigneten Stimulus (EGER *et al.* 1988, SATAS *et al.* 1996). BOSCHERT *et al.* (1996) bezeichnen auch den Nasenscheidewandreflex als hochsensibel. Die Stimulation an der Nasenscheidewand kann sowohl als Reflex die Funktionalität der Hirnnerven *trigeminus* und *facialis* abbilden als auch eine echte Schmerzreizreaktion zeigen. In diesem Fall erfolgt die Reizweiterleitung über den *Thalamus* bis in die Großhirnrinde. Da eine Unterscheidung zwischen der durch den Reflex ausgelösten Bewegung und einer schmerzbedingten Abwehrreaktion nicht immer möglich ist, bevorzugt ARNOLD (2015) die Bezeichnung „Nasenscheidewandtest“.

## **2.10 Todeseintritt**

Der Todeseintritt eines Individuums wird in der wissenschaftlichen Literatur unterschiedlich definiert. Heutzutage wird nach TERLOUW *et al.* (2016a) zumeist ein Individuum für „tot“ erklärt, wenn der Hirntod eingetreten ist. Die Autoren schreiben, dass das Gehirn nach einer Bolzenschussbetäubung aufgrund einer permanenten und irreversiblen Schädigung nicht mehr ordnungsgemäß funktionieren kann. Sie merken aber auch an, dass bei korrekter Anwendung des Bolzenschusses zwar sofort die Atmung des Tieres sistiert, die Herzaktivität jedoch bei ausbleibender Entblutung noch acht bis zehn Minuten andauern kann.

Laut der American Veterinary Medical Association (AVMA 2013) muss der Tod eines Tieres sichergestellt sein, bevor dieses entsorgt werden darf. Dabei ist die Kombination mehrerer Kriterien am zuverlässigsten. Zu den überprüfbareren Kriterien gehören Pulslosigkeit, Apnoe, fehlender Cornealreflex, fehlende Reaktion auf einen Schmerzreiz an der Klaue, per Stethoskop nicht auskultierbare Herztöne oder Atmungsgeräusche, Graufärbung der Schleimhäute und Totenstarre. Keines dieser Merkmale außer der Totenstarre ist pathognomonisch für den Todeseintritt.

Die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA 2004) definiert den Tod als einen physiologischen Zustand, bei dem aufgrund der irreversiblen Inaktivierung der respiratorischen sowie zirkulatorischen Hirnzentren in der *Medulla oblongata* die Atmung und die Blutzirkulation eingestellt sind. Im Zusammenhang damit steht der irreversible Verlust der Empfindungs- und Wahrnehmungsfähigkeit aufgrund eines Mangels an Nährstoffen und Sauerstoff im Gehirn. Die EFSA verweist zudem darauf, dass die zu beobachtenden klinischen Hauptmerkmale des Todeseintritts im Zusammenhang mit der Betäubung und Schlachtung das anhaltende Ausbleiben von Atmung (inklusive Schnappatmung), Puls sowie Korneal- und Lidreflex sind.

Für den Menschen formuliert die Bundesärztekammer (BÄK 2015) neben dem Vorliegen einer schweren Hirnschädigung zudem die Kriterien Bewusstlosigkeit (Koma), Hirnstamm-Areflexie und Apnoe als Voraussetzung zur Feststellung des Hirntodes. Diese Kriterien lassen sich beim Ferkel jedoch nicht ohne weiteres von den Kriterien einer effektiven Betäubung abgrenzen.

Nach LAUREYS (2005) ist der Tod der permanente und irreversible Verlust der kritischen Funktionen des Gesamtorganismus, wobei kritische Funktionen solche sind, ohne die der Gesamtorganismus nicht

funktionieren kann: Atmung, Blutzirkulation, neuroendokrine und homöostatische Regulation sowie Bewusstsein. Seiner Meinung nach lässt sich nicht eindeutig sagen, ob der Tod ein Prozess oder ein Ereignis ist.

GRANDIN (2010) legt dar, dass der Tod ein Prozess ist und nicht unmittelbar eintritt, auch wenn die Sensibilität und die Fähigkeit, Schmerzen wahrzunehmen, sofort nach der korrekten Durchführung einer Betäubungsmethode wie dem Bolzenschuss verloren gehen. Sie befürwortet die Kontrolle des Verlustes von kortikalen und Hirnstammreflexen als Anzeichen dafür, dass das Tier "technisch" tot ist. Zusammen mit dem Fehlen von regelmäßiger Atmung müssen nach GRANDIN mindestens zwei der fünf folgenden Bedingungen erfüllt sein: Sistieren des regelmäßigen Herzschlags, Pulslosigkeit, kein Palpebral- oder Cornealreflex auslösbar, Pupillendilatation sowie Verlust der kapillären Rückfüllung.

PALLIS (1982a, 1982b, 1982c, 1982d) betrachtet in seinen Arbeiten den Tod ebenfalls als einen Prozess, der entweder durch ein Sistieren des Herzschlages und der Atmung oder durch den Tod des Hirnstammes verursacht wird. Sowohl das Sistieren der Herz- und Atemtätigkeit als auch der Tod des Hirnstammes führen dabei jedoch nicht notwendigerweise sofort zum Tod aller Körper- bzw. Gehirnzellen. Bei der Betrachtung des Todes als Prozess gibt es verschiedene voneinander abhängige Funktionen: Bei ausreichender Beeinträchtigung des Stammhirnes wird die Atmung eingestellt, zusätzlich folgt daraus der irreversible Verlust der Empfindungs- und Wahrnehmungsfähigkeit. Das Herz verfügt über autonome Steuerungsmechanismen, so dass es nach dem Sistieren der Atemtätigkeit weiterschlagen kann. Voraussetzung für die anhaltende Pumpfunktion des Herzens ist, dass seinen Zellen ausreichend Sauerstoff und Energie zur Verfügung steht und dass anfallende Stoffwechselabfallprodukte in ausreichendem Maße abtransportiert werden können. Falls das Sistieren der Herztätigkeit bzw. eine ausreichende Dysfunktion des Herzens bereits vor einer Gehirndysfunktion eintreten, führt dies dazu, dass die Blutzirkulation im Gehirn abnimmt oder gänzlich stoppt. Somit können die Neuronen im Gehirn nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff und Energie versorgt werden und zudem sammeln sich Stoffwechselabfallprodukte an. Dies wiederum führt zu einer Fehlfunktion des Gehirns und zum daraus resultierenden Gehirntod (PALLIS 1982a, PALLIS 1982b, PALLIS 1982c, PALLIS 1982d, MICHIELS 2004, ROSEN 2004).

Der Hirntod kann aufgrund von primären oder sekundären Ursachen eintreten. Dabei betreffen die primären Ursachen die Struktur des Gehirns direkt, während die sekundären Ursachen über Veränderungen im Metabolismus des Gehirns zur Schädigung führen (BERTELS 2002). Während die Entblutung bei Schlachttieren eine sekundäre Ursache für den Hirntod darstellt, wird das Gehirn bei einem Bolzenschuss mit kombinierter Gehirn-/Rückenmarkszerstörung strukturell also primär geschädigt.

Der Nottötung folgt zwingend die Feststellung des Todeseintritts. Die TVT (2014) wie auch das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern (ANON. 2014c) fordern eine zehnminütige Kontrollzeit nach der Anwendung eines Tötungsverfahrens. Erst nach Ablauf dieser Kontrollzeit und nach sicherer Feststellung des Todes dürfen die Tiere der Tierkörperbeseitigung zugeführt werden.

## **2.11 Übersicht über bisherige Studien zu dem Thema**

Bisher gibt es nur relativ wenig Literatur zu dem Thema „Schweinetötung per Bolzenschuss“. Hier sind neben der Arbeit von WOODS (2012) die Arbeiten von WIDOWSKI (2008), CASEY-TROTT (2012) und FINNIE (2003) zu nennen. GRIST *et al.* (2017, 2018a, 2018b) führten ebenfalls insgesamt drei Studien zur Tötung von Ferkeln mit nicht-penetrierenden Bolzenschussgeräten durch. Zusätzlich soll auch die Arbeit von GIBSON *et al.* (2012) betrachtet werden, auch wenn hier nicht Schweine sondern Schafe per Bolzenschuss getötet wurden.

WOODS (2012) untersuchte in einer experimentellen wie auch in einer Feldstudie die Tötung von insgesamt 251 Schweinen per Bolzenschuss bis zu einem Gewicht von über 200 Kilogramm. Während sie für die Ferkel bis zehn Kilogramm ein nicht-penetrierendes Gerät verwendete, wurden für die schwereren Tiere ein „kurzer“, ein „mittellanger“ sowie ein „langer“ Bolzen verwendet, wobei die genauen Austrittslängen unklar bleiben. WOODS konnte die Tiere bis zu einem Gewicht von 120 Kilogramm in jedem Fall erfolgreich mit einem Schuss euthanasieren und es kam lediglich in der Gewichtsklasse über 200 Kilogramm zu Fehlschüssen, die eine alternative Tötungsmethode erforderlich machten. Allerdings bewertete die Autorin Atembewegungen, regelmäßig oder unregelmäßig, nicht als Zeichen für einen Fehlschuss. Die Zeit bis zum Sistieren des Herzschlages wurde bei ihr per Palpation und Auskultation erhoben. Im Zuge der experimentellen Studie wurden zudem pathologische Untersuchungen durchgeführt. Bei der pathologischen Untersuchung von zwei Schweinen, die als „Fehlschuss“ bewertet worden waren, wurden trotz der nicht zufriedenstellenden Klinik Blutungen auf Höhe der *Pons* und der *Medulla oblongata* festgestellt.

WIDOWSKI (2008) untersuchte im Rahmen einer Feldstudie die Tötung von 175 neugeborenen Ferkeln sowohl mit einem ursprünglich für die Kaninchenbetäubung entwickelten druckluftbetriebenen nicht-penetrierenden Bolzenschussgerät als auch per Kopfschlag. Dabei kam es bei 13 % der mit dem Schussgerät getöteten Ferkel zu Anzeichen des Wiedererlangens der Wahrnehmungsfähigkeit. Dies lag vermutlich daran, dass das Schussgerät in der angewendeten Ausführung nicht stark genug für die irreversible Betäubung der Ferkel war und zudem von den unterschiedlichen Anwendern keine identischen Geräte verwendet wurden. So unterschieden sich die eingesetzten Geräte in Hinblick auf die Austrittslänge und die Durchmesser der Schussbolzen.

In einer umfangreichen dreiteiligen Arbeit untersuchte CASEY-TROTT (2012) die Tötung von Ferkeln bis neun Kilogramm Lebendgewicht mit einem druckluftbetriebenen nicht-penetrierenden Bolzenschussgerät. Je nach Versuchsaufbau konnten dabei zwischen 94 % und 98,6 % der Ferkel erfolgreich getötet werden. Es wurden verschiedene Ansatzpositionen und –muster des Bolzenschussgerätes erprobt, wobei der zweimalige Ansatz auf der Stirn am erfolgreichsten war. Im Zuge der Versuche wurden auch pathologische Untersuchungen des Gehirns durchgeführt, die in jedem Fall starke Blutungen zeigten.

Nachdem das von CASEY-TROTT (2012) erprobte Bolzenschussgerät vom Hersteller modifiziert worden war, untersuchten es GRIST *et al.* (2017, 2018b) in zwei Studien erneut. In der ersten Studie wurden dazu zuvor anästhesierte Ferkel mit dem Gerät geschossen und die Reaktionen nach dem Schuss sowohl klinisch als auch per Elektrokardiogramm (EKG) und EEG erhoben. Es erfolgte eine unmittelbare Betäubung und Tötung durch den Schuss bei 59 der 60 untersuchten Ferkel. Der Fehlschuss kam

dadurch zustande, dass der Kopf des betreffenden Ferkels beim Schuss nicht auf einer harten Unterlage auflag, so dass die Autoren dies als Voraussetzung für eine erfolgreiche Tötung mit der untersuchten Methode formulieren. In der Folgestudie (2018b) wurde die Vorgehensweise im Rahmen einer Feldstudie mit 313 Ferkeln validiert. Der Betäubungs- und Tötungserfolg lag hier bei 100 %.

FINNIE (2003) untersuchte in einer experimentellen Studie die Tötung von sechs Schweinen zwischen 15 und 18 Kilogramm Lebendgewicht mit einem nicht-penetrierenden Bolzenschussgerät. Er wählte dabei einen temporalen Ansatz für das Schussgerät. Das Vorgehen erwies sich als nicht erfolgreich. Bei der pathologischen Untersuchung zeigten sich nur bei zwei Schweinen kleinere Blutungen um den Hirnstamm und die Hirnbasis.

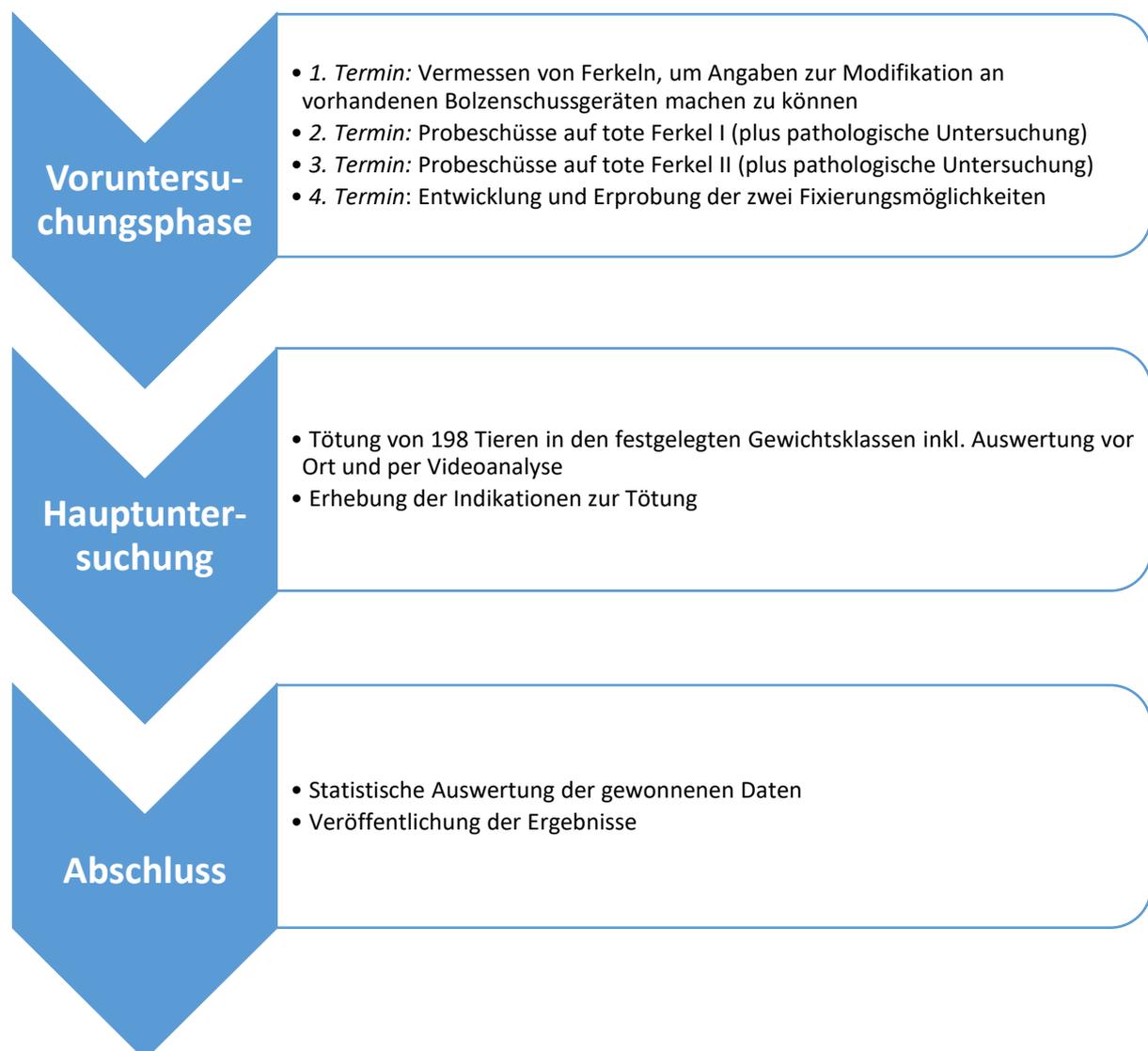
In einer Feldstudie mit 489 Schafen (beide Geschlechter, behornt und unbehornt), die mit einem penetrierenden Bolzenschussgerät geschossen wurden, konnten GIBSON *et al.* (2012) zeigen, dass die Fehlschussrate sowohl vom Geschlecht als auch von der Behornung der Tiere abhing. Während insgesamt 94 % der Tiere erfolgreich mit einem Schuss getötet werden konnten, waren es bei den weiblichen Tieren sogar 98 % bzw. bei den unbehornnten Tieren 97 %. Bei der pathologischen Untersuchung zeigte sich, dass 32 % der fehlbetäubten Tiere Blutungen auf der ventralen Oberfläche des Stammhirns aufwiesen.

### 3 Tiere, Material und Methoden

#### 3.1 Ziel der Untersuchung und Überblick

Ziel des Projektes ist sowohl die Untersuchung der Wirksamkeit des penetrierenden Bolzenschusses als einstufiges Betäubungs- und Tötungsverfahren zur Nottötung von Ferkeln auf dem landwirtschaftlichen Betrieb als auch die Entwicklung einer geeigneten Fixierung.

Das Projekt lässt sich in die Voruntersuchungs- sowie die Hauptuntersuchungsphase einteilen. Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden zunächst Ferkel in verschiedenen Größen vermessen, um geeignete Bolzenschussgeräte bauen lassen zu können. Anschließend wurden die Geräte an toten Ferkeln erprobt. Zudem wurden zwei Fixierungseinrichtungen entworfen und auf ihre Eignung überprüft. Vor dem Beginn der Hauptuntersuchung wurde der Versuchsaufbau am Institut für Tierschutz und Tierhaltung des Friedrich-Loeffler-Instituts, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit (FLI), in Celle vorgestellt. Bei der Hauptuntersuchung ging es anschließend darum, die in den Vorversuchen gewonnenen Erkenntnisse anhand einer größeren Tierzahl zu verifizieren.



**Abb. 1:** Überblick über den Projektablauf

### **3.1.1 Beteiligte Betriebe**

Die Voruntersuchungen fanden auf jeweils einem sauenhaltenden Betrieb in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern statt. Die Hauptuntersuchung fand ausschließlich auf dem Betrieb in Mecklenburg-Vorpommern statt. Der schleswig-holsteinische Betrieb hielt ca. 400 Sauen der Genetik DanAvl Hybrid-Sauen (Porkuss) und PIC-Sauen. Es ferkelten wöchentlich durchschnittlich 17,4 Sauen ab, was zu einer durchschnittlichen Anzahl lebend geborener Ferkel von 292 pro Woche mit einem durchschnittlichen Geburtsgewicht von 1,2 Kilogramm führte. Die Säugezeit betrug im Durchschnitt 26,4 Tage und die Zeit im Flatdeck zwischen 40 und 55 Tage. Der Betrieb in Mecklenburg-Vorpommern hielt ca. 5000 Sauen mit dänischer Genetik, wovon wöchentlich ca. 265 Sauen abferkelten. Die Anzahl der lebend geborenen Ferkel pro Woche betrug ca. 3800. Die Ferkel wurden mit einem Durchschnittsgewicht von 1,3 Kilogramm geboren und ca. 25 Tage gesäugt. Die Zeit im Flatdeck betrug dort 55 Tage.

### **3.1.2 Zeitraum der Datenaufnahme**

Die Voruntersuchungen fanden von Februar bis Juni 2016 an insgesamt vier Terminen statt. Die Hauptuntersuchung fand von Juli 2016 bis Mai 2017 an 14 Terminen statt.

### **3.1.3 Tiere**

Im Rahmen der Hauptuntersuchung wurden die Tötungen von insgesamt 198 Ferkeln unterschiedlicher Genetiken (sowohl Zucht- als auch Masttiere) untersucht, dargestellt in Tabelle 3. In Versuchsgruppe (VG) 1 wurden Ferkel eingeteilt, die unter dem angestrebten Geburtsgewicht von mindestens 1,3 Kilogramm lagen. In Versuchsgruppe 2 fielen Ferkel bis zu einem Alter von ca. einer Woche, die mit Zielgewicht geboren worden waren. Versuchsgruppe 3 umfasste die Ferkel ab einem Alter von ca. einer Woche bis kurz vor der Umstallung vom Abferkelstall in das Flatdeck. In Versuchsgruppe 4, 5 und 6 wurden die Ferkel im Flatdeck in drei Gewichtsklassen eingeteilt, bis sie als Läuferferkel mit ca. 30 Kilogramm in die Mast gingen.

**Tab. 3:** Anzahl der getöteten Ferkel je Versuchsgruppe

	Versuchs- gruppe 1	Versuchs- gruppe 2	Versuchs- gruppe 3	Versuchs- gruppe 4	Versuchs- gruppe 5	Versuchs- gruppe 6	gesamt
<b>Gewicht</b>	<1,3 kg	1,30-1,99 kg	2,00-4,99 kg	5,00-9,99 kg	10,00-19,99 kg	20,00- >30 kg	
<b>getötet</b>	44	16	48	44	31	15	198

Es wurden 75 weibliche und 123 männliche Ferkel erfasst. Hierdurch ergab sich ein Verhältnis weiblicher zu männlicher Schweine von 1:1,64. Von den männlichen Ferkeln waren 84 kastriert und 39 noch intakt.

## **3.2 Voruntersuchungen**

Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden zunächst Ferkel unterschiedlicher Gewichtsklassen vermessen, um die notwendigen Modifikationen am Bolzenschussgerät definieren zu können und zusätzlich Daten für die Entwicklung der Fixierungsmöglichkeiten zu gewinnen. Anschließend wurden zwei Prototypen des Schussapparates bei Probeschüssen auf tote Ferkel getestet. Durch die darauffolgende pathologische Untersuchung konnten Aussagen zur Eignung der Schussapparate sowie

zur optimalen Ansatzstelle und zur Eingrenzung der Gewichtsbereiche getroffen werden. Im Anschluss daran wurden zwei Fixierungsmöglichkeiten für die Ferkel entwickelt und erprobt.

### **3.2.1 Vermessen von Ferkeln**

Um die Maße für das modifizierte Bolzenschussgerät festlegen zu können, wurden insgesamt 38 Ferkel im Alter von einem Tag bis zu ca. zwölf Wochen und mit einem geschätzten Gewicht von ca. 0,7 Kilogramm bis ca. 30 Kilogramm mit Hilfe eines Gliedermaßstabes vermessen.

Folgende Parameter wurden erhoben:

- Alter (geschätzt)
- Gewicht (geschätzt)
- Gesamtlänge/Scheitel-Steiß-Länge (gemessen)
- Distanz vom caudalen Augenwinkel zum Ohrgrund (DCO) (gemessen)

Ziel war es zum einen, die Länge der Tiere für die Entwicklung der Fixierungsmöglichkeiten zu bestimmen. Des Weiteren sollte die Entfernung zwischen dem caudalen Augenwinkel und dem Ohrgrund (siehe Abb. 2) bestimmt werden, um die Austrittslänge des Schussbolzens festlegen zu können. Das Bolzenschussgerät musste so gestaltet sein, dass der Bolzen lang genug ist, um bis in den Bereich des Stammhirns des Ferkels vorzudringen und dieses mechanisch zu schädigen. Gleichzeitig durfte er aber nicht so lang sein, dass er aus dem Tierkörper austritt, um den Anwender nicht zu gefährden.



**Abb. 2:** Vermessen des Abstands zwischen caudalem Augenwinkel und Ohrgrund (rote Linie)

### **3.2.2 Verwendete Geräte und Modifikationen an den Bolzenschussgeräten**

Die Firma turbocut Jopp GmbH (Bad Neustadt an der Saale) stellte insgesamt drei unterschiedliche Geräte für die Voruntersuchung zur Verfügung:

1.) Das Gerät „Kurze Ausführung“ mit einer Bolzenaustrittslänge von ca. 50-53 mm. Für dieses Gerät standen speziell angefertigte grüne Kartuschen zur Verfügung (siehe Abb. 3 auf S. 22 und Abb. 7 auf S. 23).

2.) Das Gerät „Drei Puffer“ mit einer Bolzenaustrittslänge von ebenfalls ca. 50-53 mm. Hierbei handelte es sich um das Serienmodell der Firma, welches anstelle des normalerweise verwendeten Elastomers drei Gummipuffer enthält. Für dieses Gerät standen die serienmäßigen grünen Kartuschen des Herstellers zur Verfügung (siehe Abb. 4 auf S. 22 und Abb. 6 auf S. 23).

3.) Das Serienmodell „Blitz-Kerner“ der Firma mit einer Bolzenaustrittslänge von ca. 80-83 mm bei Verwendung der serienmäßigen grünen Kartuschen (siehe Abb. 5 und 6 auf S. 23).



**Abb. 3:** Bolzenschussgerät „Kurze Ausführung“



**Abb. 4:** Bolzenschussgerät „Drei Puffer“ mit dreiteiligem Elastomer



**Abb. 5:** Bolzenschussgerät „Blitz-Kerner“ mit einteiligem Elastomer



**Abb. 6 und 7:** Serienmäßige Kartuschen für die Geräte „Drei Puffer“ und „Blitz-Kerner“ (links) sowie Spezialkartuschen für das Gerät „Kurze Ausführung“ (rechts)

### 3.2.3 Probeschüsse auf tote Ferkel

Beim ersten Termin im Mai 2016 wurden zwölf tote Ferkel mit einem Gewicht von 0,55 bis 27,00 Kilogramm mit den unterschiedlichen Geräten probeweise geschossen. Die Tiere waren entweder verendet oder durch Elektrobetäubung mit anschließender Herzdurchströmung getötet worden. Das Vorgehen wurde per Videokamera (Digitale HD-Videokamera, Sony® HDR-PJ 260 VE, Tokia, Japan) dokumentiert. Die Betrachtung aller Videofilme sowohl im Rahmen der Voruntersuchungen als auch während der Hauptuntersuchung erfolgte mit dem Programm „VLC Media Player“ (Version 2.2.0 Weatherwax, VideoLAN, Paris, Frankreich). Nach den Probeschüssen wurden die Ferkel in der Pathologie des Landesamtes für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und

Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LALLF M-V) in Rostock im Hinblick darauf pathologisch untersucht, ob das Stammhirn durch den Schussbolzen beschädigt worden war.

Da die Zielgenauigkeit nach den ersten Probeschüssen noch nicht zufriedenstellend war, erfolgten im Juni 2016 erneut Probeschüsse auf acht tote Ferkel mit den Geräten „Drei Puffer“ und „Blitz-Kerner“, die zuvor mit Zielvorrichtungen ausgestattet worden waren. Die Zielvorrichtungen bestanden aus den Metallstäben, die den Schussgeräten als Reinigungsutensilien beigelegt sind. Diese wurden mithilfe von Schraubzwingen an den Schussapparaten befestigt, um den Schusswinkel besser beurteilen zu können (siehe Abb. 8).

Beim zweiten Termin wogen die geschossenen Ferkel zwischen 0,95 und 18,50 Kilogramm. Die Vorgehensweise entsprach der des ersten Termins.



**Abb. 8:** Bolzenschussgeräte „Drei Puffer“ und „Blitz-Kerner“ mit selbstentwickelter Zielvorrichtung bestehend aus den Reinigungsstäben und Schraubzwingen

### **3.2.4 Entwicklung und Erprobung der Fixierungsmöglichkeiten**

Ziel der Fixierung war es, dass das Schussgerät optimal angesetzt werden konnte und dabei die Tiere so wenig wie möglich beunruhigt wurden. Damit sollte auch das Risiko für Fehlschüsse sowie für Verletzungen des Anwenders minimiert werden. Dafür wurden zwei unterschiedliche Systeme zur Fixierung entwickelt:

- 1.) Eine Kopfstütze, die die Firma Animal Welfare Service GmbH (Wolver) für ihr „Piglet Case“ zur Fixierung für den Kopfschlag entworfen hat (siehe Abb. 9 auf S. 25). Diese wurde mit Schraubzwingen an einem Tisch oder ähnlichem befestigt und kam für Ferkel bis ca. 2,5 Kilogramm Lebendgewicht zum Einsatz.
- 2.) Die Ruhigstellung in einem Netz (handelsübliches Ladungssicherungsnetz für PKW-Anhänger, Maschenweite ca. 55 mm) für größere Ferkel mit einem Lebendgewicht von ca. 2,5 bis 30 Kilogramm (siehe Abb. 10 auf S. 25). Das Netz wurde dafür über einen Rollwagen

(Außenmaße Länge x Breite x Höhe: 131 x 70 x 74 cm; GFS-Top-Animal-Service GmbH, Ascheberg) gespannt und am Rand mit Abspannhaken fixiert.



**Abb. 9:** Kopfstütze von der Firma Animal Welfare Service GmbH (Welver) zur Fixierung von Ferkeln bis ca. 2,5 kg Lebendgewicht



**Abb. 10:** Fixierung für Ferkel (ca. 2,5 - 30 kg Lebendgewicht) in einem handelsüblichen Ladungs-sicherungsnetz (Maschenweite ca. 55 mm) über einem Rollwagen (GFS-Top-Animal-Service GmbH, Ascheberg)

Beide Systeme zur Fixierung wurden im Juni 2016 auf dem schleswig-holsteinischen Betrieb erprobt. Dazu wurden gesunde Ferkel in den unterschiedlichen Systemen fixiert, ihre Reaktionen beobachtet

und das Vorgehen per Videokamera (Digitale HD-Videokamera, Sony® HDR-PJ 260 VE, Tokio, Japan) dokumentiert.

### **3.2.5 Kooperation mit dem FLI Celle**

Vor Beginn der Hauptuntersuchung wurde das Versuchsschema am Institut für Tierschutz und Tierhaltung des Friedrich-Loeffler-Instituts, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit (FLI), in Celle vorgestellt. Das Institut untersuchte parallel zur vorliegenden Arbeit die Tötung von Ferkeln mit anderen Methoden. Eine enge Kooperation im Hinblick auf die Methodik und die Bewertung der Ergebnisse wurde vereinbart.

## **3.3 Hauptuntersuchung**

Im Rahmen der Hauptuntersuchung wurden in dem Betrieb in Mecklenburg-Vorpommern an 14 Untersuchungstagen insgesamt 198 Ferkel getötet. Die Auswahl der Tiere zur Nottötung erfolgte durch Mitarbeiter des Betriebes. Die getöteten Tiere hatten ein Lebendgewicht zwischen 0,48 und 39,00 Kilogramm. Ferkel, die aus dem Flatdeck separiert wurden, wurden gesammelt zum Kadaverraum verbracht und dort bis zur Tötung in einem oder mehreren Transportwagen aufgestellt. Ferkel, die im Abferkelstall zur Tötung ausgewählt wurden, wurden dort in einer Bucht bis zur Tötung gesammelt. Für die Ferkel im Abferkelstall wurde während der Versuchsdurchführung immer eine Wärmelampe verwendet; bei den Ferkeln im Kadaverraum wurde ebenfalls nach Bedarf eine Wärmelampe genutzt.

### **3.3.1 Allgemeinuntersuchung**

Bei der Bewertung der Indikationen zur Nottötung wurden die Vorgaben aus der „Leitlinie zum tierschutzgerechten Umgang mit Saugferkeln“ des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern berücksichtigt. Hier ist festgelegt, dass für jedes Ferkel folgende Parameter erhoben werden müssen:

Körpertemperatur, Körpergewicht, Saugreflex, Missbildungen, Krankheiten und Verletzungen.

Vor der Tötung wurden die Ferkel einer Allgemeinuntersuchung unterzogen und zudem vor und nach der Tötung gewogen (Plattformwaage Kern EOB60K20, Balingen-Frommern). Bei Ferkeln, die z.B. aufgrund von übermäßiger Aufregung nicht gewogen werden konnten, wurden das Gewicht nur *post mortem* bestimmt. Bei der Allgemeinuntersuchung wurden folgende Parameter erhoben, anhand derer die Entscheidung zur Nottötung durch die Betriebsmitarbeiter nachvollzogen werden sollte:

- Geschlecht
- Gewicht in Kilogramm
- ungefähres Alter
- Verhalten (ruhig – aufgeregt – apathisch)
- Haltung
- Ernährungszustand
- Zustand der Haut
- Innere Körpertemperatur (rektal gemessen) (Fieberthermometer SC 28 flex, SCALA

Electronic GmbH, Stahnsdorf)

- Zustand der Schleimhäute
- Herzfrequenz (Stethoskop Littmann® Master Classic, 3M Deutschland GmbH, Neuss)
- Atemfrequenz
- vorhandener Saugreflex (bei Saugferkeln)
- Auffälligkeiten

Für die statistischen Untersuchungen wurden die Ferkel mit einem stark beeinträchtigten Allgemeinbefinden mit denen, deren Allgemeinbefinden lediglich mäßig beeinträchtigt war, verglichen.

Dazu wurde für alle Ferkel ein stark beeinträchtigtes Allgemeinbefinden definiert, wenn die folgenden Kriterien erfüllt waren:

- ruhig-apathisches oder apathisches Verhalten in Kombination mit
- fehlendem Stehvermögen und
- fehlendem Saugreflex (bei Saugferkeln).

### **3.3.2 Fixierung**

Abhängig von ihrem Gewicht und dem Ort der Tötung wurden die Ferkel mittels Netz und Rollwagen oder mittels Kopfstütze für den Schuss fixiert. Im Abferkelstall kam aufgrund des geringeren Gewichtes der zu tötenden Tiere nur die Kopfstütze zur Anwendung. Im Kadaverraum wurden die Ferkel hingegen nur mittels Netz und Rollwagen fixiert.

### **3.3.3 Betäubung und Tötung**

Direkt im Anschluss an die Fixierung eines Ferkels wurde es geschossen. Der gesamte Tötungsvorgang wurde per Videokamera (Digitale HD-Videokamera, Sony® HDR-PJ 260 VE, Tokio, Japan) dokumentiert und Zeiten wurden mit einer Stoppuhr (hanhart® DELTA E 100, Gütenbach) erhoben. Dabei wurde die Kamera jeweils so positioniert, dass beim Schuss der Ansatz des Schussapparates sichtbar war. Nach dem Schuss während der Untersuchung war der gesamte Tierkörper auf dem Tisch bzw. im Netz im Kamerabild erkennbar.



**Abb. 11:** Versuchsaufbau in der Abferkelung aus Sicht der Kamera: Links ist die Fixierung am Tisch befestigt, auf dem Tisch liegt das zur Untersuchung benötigte Material.



**Abb. 12:** Versuchsaufbau im Kadaverraum: Die Kamera links ist auf die Fixierung (grüner Rollwagen) gerichtet, dahinter steht ein Tisch mit Untersuchungsmaterial, im Hintergrund rechts steht der Transportwagen für die lebenden Ferkel, davor liegen bereits getötete Ferkel zur Kontrolle.

### 3.3.3.1 Parameter zur Bewertung der Betäubung und Tötung

Um die Qualität der Betäubungswirkung sowie den sicheren Todeseintritt bewerten zu können, wurde jedes Tier nach dem Schuss im Hinblick auf die An- bzw. Abwesenheit verschiedener in der Literatur beschriebener Symptome geprüft.

Bei einer korrekt verlaufenden Betäubung und Tötung per Bolzenschuss wird folgendes klinisches Bild erwartet: Sofort nach dem Schuss kommt es zu einer tonischen Verkrampfung oder klonischen Krampfbewegungen. Tonische Krämpfe sind starre Krämpfe, die direkt nach dem Schuss auftreten

können. Sie gehen dann in die klonischen, das heißt in zuckende Krämpfe über. Es ist aber auch möglich, dass es keine tonische Krampfphase gibt und direkt nach dem Schuss die klonischen Krämpfe beginnen. Während der klonischen Krämpfe zeigt das Ferkel nur ungerichtete Bewegungen; es versucht nicht, aufzustehen oder den Kopf anzuheben. Zudem dürfen Atembewegungen und/oder bewusste Lautäußerungen nicht vorkommen. Nach Abklingen der heftigsten Krämpfe kann zudem festgestellt werden, dass das Ferkel geöffnete, starre Augen aufweist und die Pupille immer weiter wird. Das Ferkel zeigt keine Augenreflexe und reagiert nicht auf Schmerzreize an der Nase oder im Zwischenklauenbereich. Zudem lässt sich das Maul aufgrund der fehlenden Kieferspannung ohne Widerstand öffnen.

Nach dem Bolzenschuss soll die hervorgerufene Empfindungs- und Wahrnehmungslosigkeit (= Betäubung) ohne Unterbrechung in den Tod übergehen. Die klare Abgrenzung zwischen dem Zustand der Betäubung und dem Todeseintritt ist sehr schwierig. Um die Ergebnisse der Untersuchung besser darstellen zu können, wurden folgende Parameter zur Bewertung der Betäubungseffektivität genutzt (auch wenn diese zum Teil ebenfalls einen möglichen Todeseintritt anzeigen können):

**Tab. 4:** Parameter zur Bewertung der Betäubungseffektivität

<b>Bewertung des Parameters</b> <b>Parameter</b>	<b>negativ</b>	<b>fraglich</b>	<b>positiv</b>
Bewegungsapparat	sofort einsetzende klonische oder tonische Verkrampfung	untypische/fehlende Verkrampfung	gerichtete Bewegungen, Aufrichtversuche
Atmung	keine	bis zu 3 Atembewegungen	mehr als 3 Atembewegungen
Vokalisation	keine	unbewusste Laute	bewusste Lautäußerung
Auge	geöffnet, starr, zentrierte Pupille	z.B. Nystagmus, zugekniffene/verdrehte Augen	gerichtete Augenbewegungen, spontaner Lidschluss
Cornealreflex	nicht auslösbar	1x auslösbar oder unklar	mehrfach auslösbar
Pupillenlichtreflex	nicht auslösbar	1x auslösbar oder unklar	mehrfach auslösbar
Lidreflex	nicht auslösbar	1x auslösbar oder unklar	mehrfach auslösbar
Pupillenweite	Pupille weitet sich	Pupillenweite bleibt unverändert	Pupille verengt sich

Schmerzreiz an der Nase	keine Reaktion	einmalige Reaktion oder unklar	mehrfache Reaktionen
Schmerzreiz im Zwischenklauenbereich	keine Reaktion	einmalige Reaktion oder unklar	mehrfache Reaktionen
Erhöhter Kiefertonus	nicht vorhanden	unklar	dauerhaft vorhanden

Anhand der folgenden Parameter wurde zeitgleich und/oder im Anschluss an die Bewertung der Betäubungseffektivität der mögliche Todeseintritt festgestellt:

- Zeitintervall vom Schuss bis zum Sistieren der Herztätigkeit (erhoben per Stethoskop und EKG)
- Zeitintervall vom Schuss bis zur finalen Pupillendilatation
- Zeitintervall vom Schuss bis zur letzten Bewegung.

### 3.3.3.2 Durchführung der Überprüfung der Betäubungseffektivität sowie des Todeseintritts

Ab 45 Sekunden nach dem Schuss begann die Überprüfung der Betäubungseffektivität sowie des Todeseintritts, nachdem die klonischen Krämpfe zumeist soweit abgeklungen waren, dass dies gefahrlos möglich war. Alle 15 Sekunden bis zum Abschluss von vier Minuten nach dem Schuss wurden die in Tabelle 4 (auf S. 29/30) genannten Parameter überprüft (siehe Abb. 13 bis 16 auf S. 30 und 31).



**Abb. 13:** Überprüfung der Augenreflexe nach dem Schuss



**Abb. 14:** Überprüfung des Kiefertonus nach dem Schuss



**Abb. 15:** Zufügung eines Schmerzreizes am Nasenseptum nach dem Schuss



**Abb. 16:** Zufügung eines Schmerzreizes im Zwischenklauenbereich nach dem Schuss

Ab vier Minuten nach dem Schuss wurde die Pupillenweite nur noch alle dreißig Sekunden bestimmt und gleichzeitig der Herzschlag per Stethoskop (Littmann® Master Classic, 3M Deutschland GmbH, Neuss) auskultiert sowie per EKG (Pulsovet 3000DS, Pulsonic®, Schlieren/Zürich, Schweiz) gemessen. Dazu wurden die Elektroden in rechter Seitenlage an der Haut an beiden Ellenbogen sowie am oberen (linken) Knie befestigt. Die Untersuchungszeit endete, wenn per EKG keine Herzaktivität mehr feststellbar war. Die maximale Untersuchungszeit betrug zehn Minuten. Nach dem Ablauf von zehn Minuten wurde das EKG gestoppt und eine eventuell noch vorhandene Herzstromkurve wurde anhand der visuell erhobenen Parameter „Herzfrequenz“ sowie „Ähnlichkeit mit einer physiologischen Herzstromkurve“ beschrieben. Tiere, die mehr als zehn Minuten nach dem Schuss noch ungerichtete Bewegungen zeigten oder bei denen zu diesem Zeitpunkt noch ein Herzschlag auskultierbar war, wurden per Gehirn-/Rückenmarkzerstörer getötet.

### **3.3.3.3 Bewertung der Betäubung und Tötung**

Die Betäubung wurde als „Nicht OK“ bewertet, wenn einer der geprüften Parameter zur Betäubungseffektivität (siehe Tab. 4 auf S. 29/30) bis auf den Schmerzreiz an der Nase, den Schmerzreiz im Zwischenklauenbereich und den Kieffertonus als „positiv“ bewertet wurde. Die ausgenommenen Parameter führten nur zusammen mit einem anderen als „positiv“ bewerteten Parameter zu einer Gesamtbewertung der Betäubung als „Nicht OK“. Wenn die Betäubung als „Nicht OK“ bewertet wurde, musste ein Nachschuss erfolgen.

Die Betäubung wurde als „Fraglich“ bewertet, wenn es zu einer untypischen oder fehlenden Verkrampfung kam, bis zu drei Atembewegungen festgestellt wurden oder es zu einer der in Tab. 4 beschriebenen fraglichen Reaktionen am Auge kam. War die Gesamtbewertung der

Betäubungseffektivität „Fraglich“, konnte ein Sicherheitsschuss durchgeführt oder das Tier weiter beobachtet werden.

Wenn die per Stethoskop erhobene Herztätigkeit oder die Bewegungen nicht bis spätestens zehn Minuten nach dem Schuss sistierten, wurde der Todeseintritt mit Hilfe eines Gehirn-/Rückenmarkzerstörer (konischer, elastischer Stab aus Hartplastik, Durchmesser ca. 0,5 cm, Länge ca. 30 cm) sichergestellt.

Nach der Tötung wurde das Loch im Schädel zur Bestimmung der Ansatzposition gefilmt. Tiere, bei denen nach Ablauf der Beobachtungszeit noch Ausschläge im EKG erkennbar waren oder bei denen ein Gehirn-/Rückenmarkzerstörer zur Sicherstellung des Todeseintritts angewendet werden musste, wurden zur weiteren Beobachtung in Sichtweite abgelegt und frühestens nach der Tötung des nächsten Ferkels (d.h. nach frühestens ca. fünf Minuten) nach erneuter Überprüfung und Todesfeststellung entsorgt.

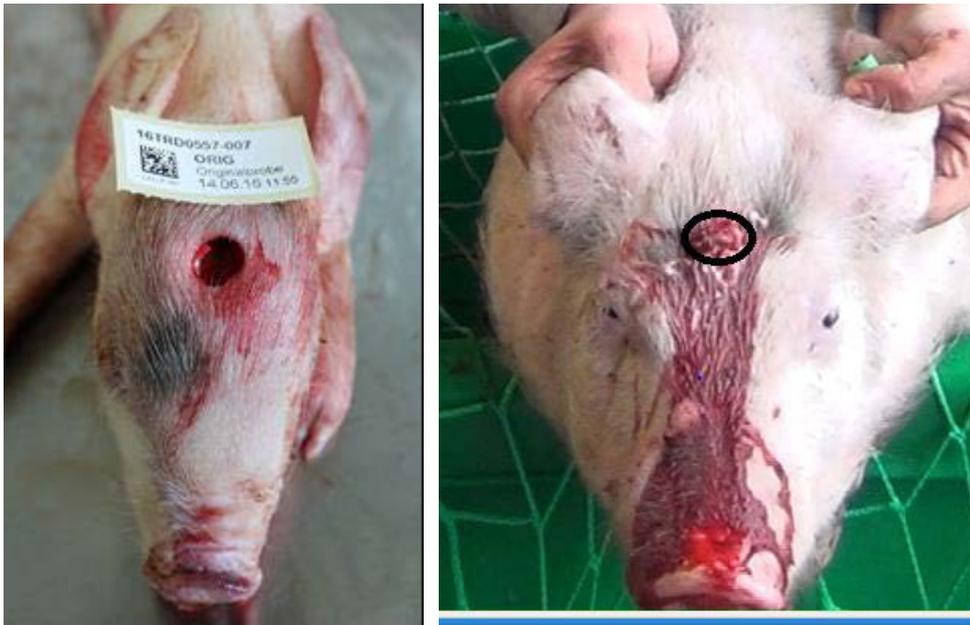
### **3.3.4 Videoauswertung**

Bei der anschließenden Auswertung der Videos (Programm „VLC Media Player“, Version 2.2.0 Weatherwax, VideoLAN, Paris, Frankreich) wurden folgende Daten erhoben:

- Genauigkeit des Ansatzes des Bolzenschussgerätes (Schussrichtung und -position)
- Dauer der tonischen Krampfphase in Sekunden
- Dauer der klonischen Krampfphase in Sekunden
- Dauer der gesamten Krampfphase in Sekunden
- Zeitintervall vom Schuss bis zur letzten Bewegung  
Als „letzte Bewegung“ ist die letzte auf der Videoaufzeichnung erkennbare Bewegung des Tierkörpers definiert.
- Zeitintervall vom Schuss bis zur finalen Pupillendilatation
- Zeitintervall vom Schuss bis zum Sistieren der Herztätigkeit (erhoben per Stethoskop und per EKG)

#### **3.3.4.1 Genauigkeit des Ansatzes des Bolzenschussgerätes**

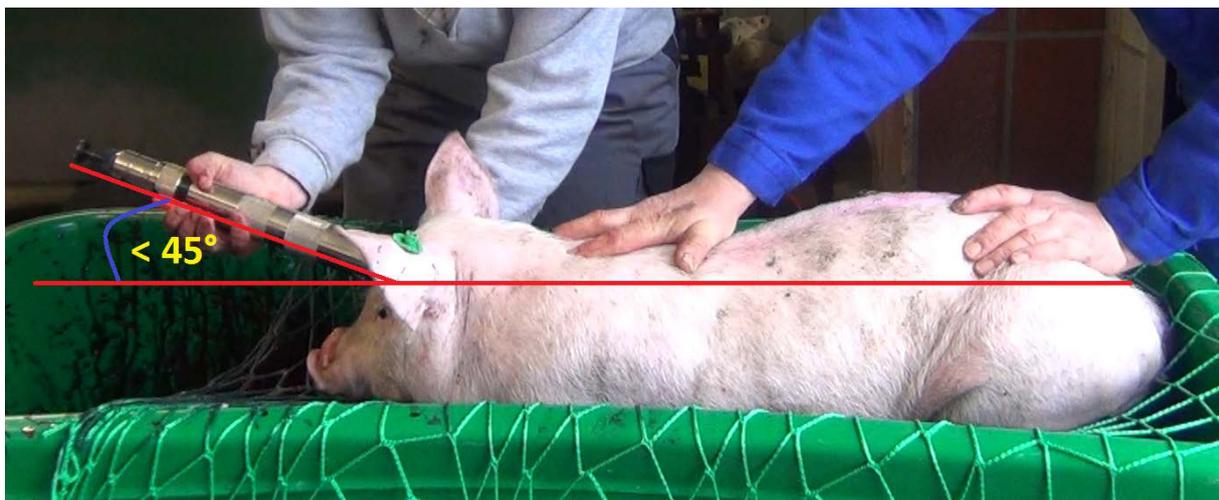
Der angestrebte Ansatz des Schussgerätes lag bei Saugferkeln ca. 1 - 2 cm über der Augenhöhe in der Medianen (das heißt ca. auf halber Strecke zwischen Augen und Ohrenansatz; siehe Abb. 17 auf S. 33). Bei größeren Ferkeln erfolgte der Ansatz ca. 3 - 3,5 cm über der Augenhöhe in der Medianen (siehe Abb. 18 auf S. 33). Die Schussrichtung sollte dabei immer möglichst parallel zur Körperlängsachse in Richtung Schwanz verlaufen (siehe Abb. 19 auf S. 33).



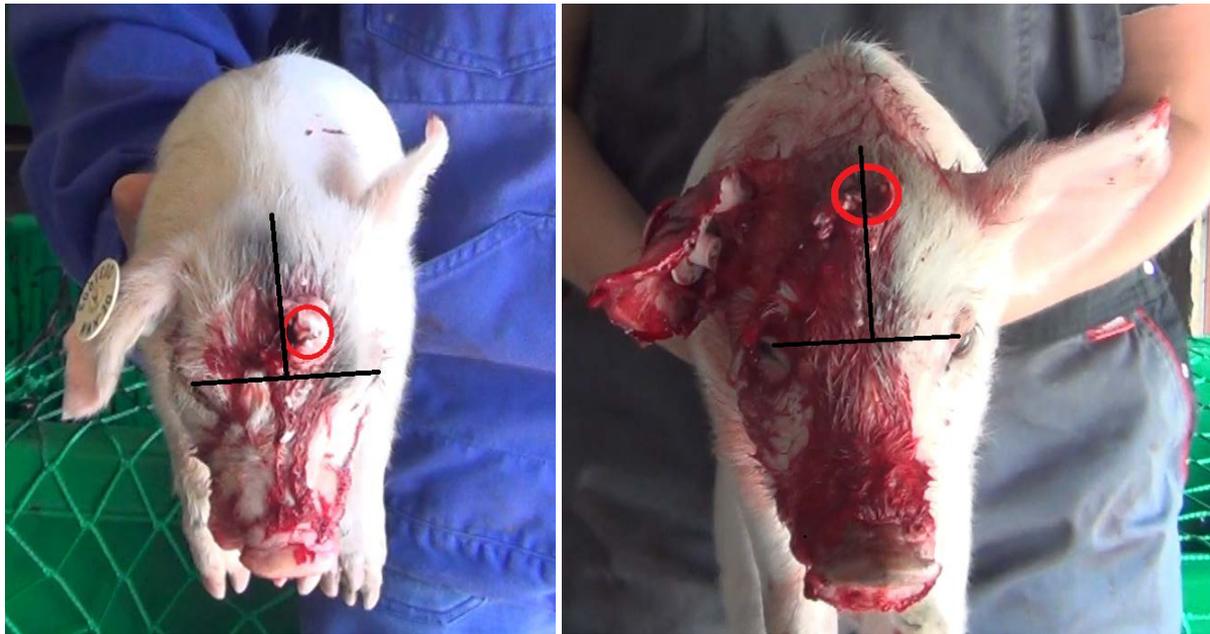
**Abb. 17 und 18:** Angestrebte Ansatzposition des Schussapparates für Saugferkel (links) und größere Ferkel (rechts)

Die Bewertung der Genauigkeit des Ansatzes erfolgte in zwei Kategorien:

- „Ansatz gut“: Der Ansatz wurde als „gut“ bewertet, wenn der Ansatz des Schussgerätes in der Medianen und auf der vorgegebenen Höhe erfolgte. Zudem durfte der Schusswinkel zwischen einer gedachten Horizontalen durch die Körperlängsachse auf Höhe des Stammhirns und dem Schussgerät zwischen  $0^\circ$  und maximal ca.  $45^\circ$  betragen (Bewertung visuell).
- „Ansatz mit Abweichung“: Der Ansatz wurde als „mit Abweichung“ bewertet, wenn er neben der Medianen oder nicht auf der korrekten Höhe erfolgte oder wenn der Winkel zwischen Körperlängsachse und Schussgerät  $45^\circ$  oder mehr betrug („zu steiler Schusswinkel“).



**Abb. 19:** Korrekter Ansatzwinkel des Bolzenschussgerätes bei einem Läuferferkel (Bewertung: „gut“)



**Abb. 20 und 21:** Linkes Bild: Ansatz des Bolzenschussgerätes (Schussloch rot umrandet) erfolgte neben der Medianen (Bewertung: „mit Abweichung“);  
Rechtes Bild: Ansatz des Bolzenschussgerätes (Schussloch rot umrandet) erfolgte zu hoch (Bewertung: „mit Abweichung“)

### **3.3.5 Pathologische Untersuchungen**

Es fanden sowohl während der Voruntersuchungen im Anschluss an die Probeschüsse auf tote Ferkel als auch stichprobenartig während der Hauptuntersuchung pathologisch-anatomische Untersuchungen im Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern in Rostock statt. Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden 20 Ferkel pathologisch-anatomisch untersucht sowie im Rahmen der Hauptuntersuchung nochmals 16 Tiere. Dazu wurde zunächst die Position des Einschusslochs bestimmt. Dann wurden die Ferkelschädel mit Hilfe einer oszillierenden Säge (HEBU medical HB 8894, Tuttlingen) eröffnet. Dazu wurde einige Zentimeter hinter den äußeren Augenwinkeln ein Schnitt quer zur Längsachse gesetzt sowie zwei weitere, die das *Foramen occipitale* mit den seitlichen Enden des ersten Schnittes verbanden. Anschließend konnte ein trapezförmiges Stück der Kalotte abgenommen sowie das Gehirn entnommen und begutachtet werden. Im Rahmen der Voruntersuchungen wurde lediglich erhoben, ob das Stammhirn durch den Schussbolzen makroskopisch sichtbar beschädigt worden war. Eine Beschädigung wurde festgestellt, wenn eine makroskopisch erkennbare Zusammenhangstrennung des Gewebes vorlag. Die Hirnregionen Mittelhirn (*Mesencephalon*), Brücke (*Pons*) und verlängertes Mark (*Medulla oblongata*) wurden hierbei als Stammhirn definiert.

Bei den im Rahmen der Hauptuntersuchung in der Pathologie untersuchten Ferkeln wurde zudem dokumentiert, welche anderen Hirnregionen ebenfalls eine Beschädigung aufwiesen. Es wurden neben dem Stammhirn die Hirnregionen Großhirn (*Cerebrum*) und Kleinhirn (*Cerebellum*) untersucht. Die Gehirne der 16 während der Hauptuntersuchung getöteten Ferkel wurden in Formalin fixiert, so dass anschließend Gehirnlängsschnitte angefertigt werden konnten, wodurch sich der Verlauf des Schusskanals nachvollziehen ließ. Zusätzlich wurden periostale, subkutane sowie leptomeningeale Blutungen sowie ihre Lokalisationen dokumentiert.

### **3.3.6 Statistische Analysen**

Für die Datendokumentation und die graphische Darstellung der deskriptiven Ergebnisse wurde die Software Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, Vereinigte Staaten von Amerika) verwendet. Zur statistischen Auswertung kam die Software XLSTAT (Addinsoft, Paris, Frankreich) zum Einsatz. Grafiken wurden im Statistikprogramm XLSTAT oder in Excel erstellt.

Die Datensätze für folgende Parameter wurden mit Hilfe von Histogrammen auf Normalverteilung geprüft: Lebendgewicht, Gesamtkrampfdauer, Zeitintervall bis zur letzten Bewegung, Zeitintervall bis zur finalen Pupillendilatation sowie Zeitintervall bis zum Sistieren der Herztätigkeit (erhoben per Stethoskop und per EKG).

Da in keinem Fall eine Normalverteilung vorlag, wurden nichtparametrische Tests bevorzugt und der Median zur Beschreibung des Mittelwertes angegeben. Die in Klammern hinter dem Median angegebene Tierzahl entspricht der Anzahl auswertbarer Daten, da aus technischen Gründen nicht immer alle Daten in die Berechnung einfließen konnten. Als Streuungsmaß diente hierbei der Interquartilsabstand (IQR), errechnet aus der Differenz des ersten und dritten Quartils.

Zur graphischen Darstellung der Daten wurden mittels der Software XLSTAT Box-Whisker-Plots erstellt. Die horizontale Linie innerhalb der Box zeigt den Median bzw. das zweite Quartil. Die horizontalen Begrenzungslinien der Box zeigen das 25%-Perzentil sowie das 75%-Perzentil und werden entsprechend als erstes bzw. drittes Quartil bezeichnet. Innerhalb dieses Bereichs, des Interquartilabstands, liegen die mittleren 50 % der Daten. Die Whisker sind entsprechend der gängigen Praxis auf den 1,5-fachen Interquartilsabstand begrenzt. Dieser entspricht in etwa der doppelten Standardabweichung, so dass bei annähernd normalverteilten Daten (in diesem Fall teilt der Median die Box in zwei gleich große Hälften) ca. 95 % der Datenpunkte zwischen den beiden Whiskerenden liegen. Einzelwerte, die außerhalb der so berechneten Whisker lagen, wurden durch Punkte und Sternchen markiert; die jeweiligen Minimal- und Maximalwerte wurden durch Rauten gekennzeichnet.

Um zu ermitteln, welche der untersuchten Variablen einen Einfluss auf die Gesamtkrampfdauer, das Zeitintervall bis zur letzten Bewegung sowie das Zeitintervall bis zur finalen Pupillendilatation hatten, wurde jeweils eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) durchgeführt.

Der Kruskal-Wallis-Test wurde verwendet, um die Abhängigkeit der Variablen Gesamtkrampfdauer, Zeitintervall bis zur letzten Bewegung sowie Zeitintervall bis zur finalen Pupillendilatation von den Versuchsgruppen zu überprüfen

Bei allen Analysen wurde das Signifikanzniveau auf 5 % festgelegt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Voruntersuchungen

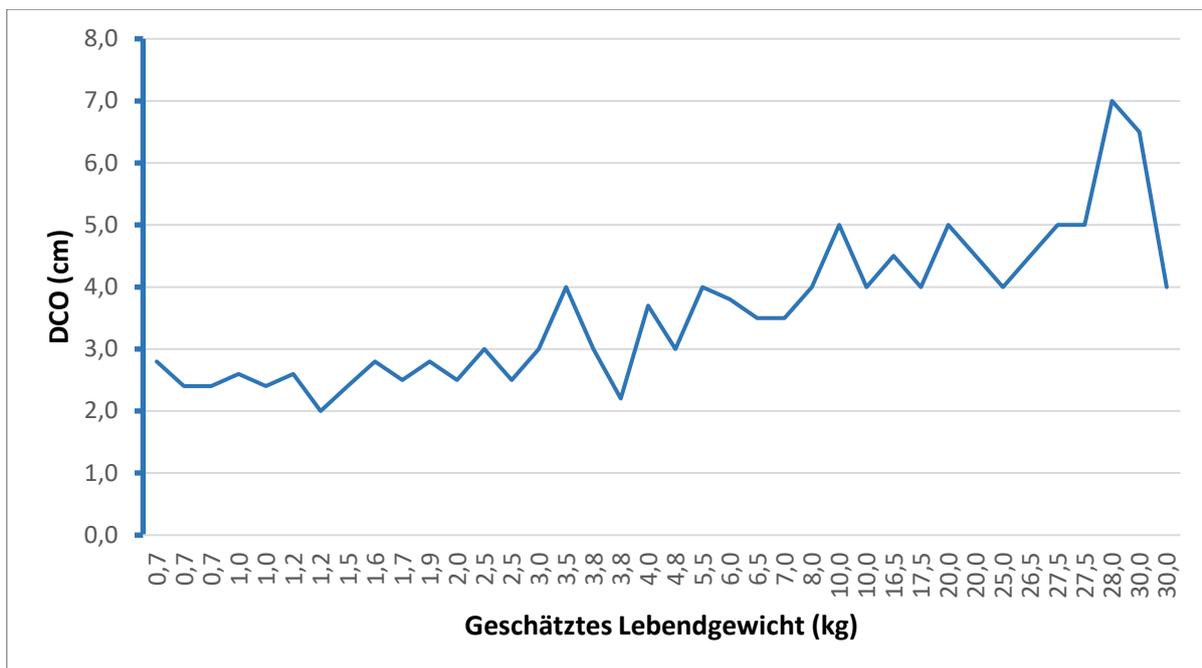
Bei den Voruntersuchungen ging es zum einen um die Gewinnung von Daten für die Modifikation der Bolzenschussgeräte und die Entwicklung der Fixierungsmöglichkeiten. Zum anderen sollten durch pathologische Untersuchungen abgesicherte Probeschüsse durchgeführt werden, um die optimale Ansatzstelle für den Schussapparat ermitteln sowie die Gewichtsbereiche für die Anwendung eingrenzen zu können.

#### 4.1.1 Vermessen von Ferkeln

Um die optimale Bolzenlänge für die einstufige Betäubung und Tötung von Ferkeln bestimmen zu können, mussten Daten zur Kopfgröße in verschiedenen Gewichtsbereichen erhoben werden. Für die Entwicklung der Fixierung musste zudem ein Überblick über die Körperlängen der betreffenden Tiere gewonnen werden.

##### 4.1.1.1 Vermessung des Kopfes

Beim Vermessen der Köpfe von insgesamt 38 Ferkeln mit einem geschätzten Tiergewicht von ca. 0,7 bis 30,0 Kilogramm wurde die Distanz zwischen dem caudalen Augenwinkel und dem Ohrgrund erhoben (DCO, siehe Abb. 23 auf S. 37, schwarze Linie). Die Ergebnisse der Vermessung der Köpfe sind in Abbildung 22 dargestellt.



**Abb. 22:** Distanz zwischen caudalem Augenwinkel und Ohrgrund (DCO) der vermessenen Ferkel nach Lebendgewicht (n = 38)

Aus diesem Maß wurde die erforderliche Austrittslänge des Bolzens abgeleitet. Dabei sollte das neu zu entwickelnde Schussgerät für Ferkel bis zu einem Lebendgewicht von ca. fünf Kilogramm zum Einsatz kommen, da für diese Tiere die bis dato im Handel erhältlichen Geräte aufgrund des zu weit austretenden Schussbolzens ungeeignet waren.

Zum Zeitpunkt des Vermessens der Ferkel wurde im Hinblick auf die optimale Durchführbarkeit der Tötung sowohl ein Ansatz des Schussapparates auf Augenhöhe (siehe Abb. 23, violette Linie) als auch in der Mitte der Stirn (siehe Abb. 23, rote Linie) für möglich gehalten. Um bis zum Stammhirn vorzudringen, müsste die Austrittslänge bei einem Ansatz auf Augenhöhe rechnerisch etwa doppelt so lang sein wie die DCO. Bei einem Ansatz mittig auf der Stirn entspräche das Verhältnis zwischen der DCO und der Austrittslänge etwa 1 zu 1,7.

Die Ergebnisse der Vermessung zeigen, dass die DCO bei den Ferkeln bis zu einem Lebendgewicht von ca. fünf Kilogramm zwischen 2 und maximal 4 cm beträgt. Unter Annahme des Ansatzes auf Augenhöhe müsste die Austrittslänge des Schussbolzens also zwischen 4 und 8 cm betragen; bei einem Ansatz in der Mitte der Stirn ergäbe sich eine Austrittslänge zwischen 3,4 und 6,8 cm. Auf der Basis der erhobenen Daten und bei einer Austrittslänge von 8,3 cm des Serienmodells „Blitz Kerner“, welches für die größeren Ferkel zum Einsatz kommen sollte, erschien eine deutlich kürzere Austrittslänge von 5 cm für das neu zu entwickelnde Gerät optimal. Bei dieser Länge sollte der Bolzen in der Lage sein, bei den kleineren Ferkeln das Stammhirn mechanisch zu verletzen, ohne aus dem Schädel auszutreten und den Anwender zu gefährden.



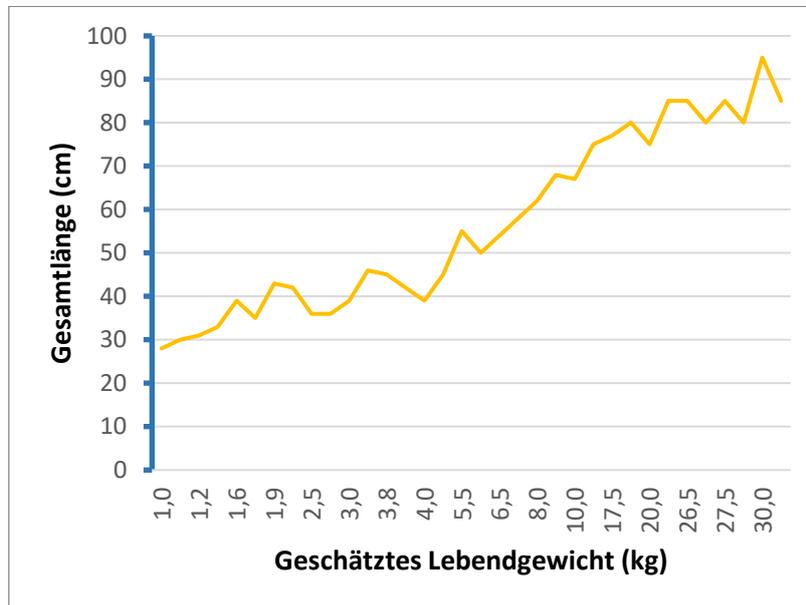
**Abb. 23:** Vermessung der Distanz zwischen caudalem Augenwinkel und Ohrgrund (DCO; schwarze Linie) sowie mögliche Schussdistanzen bei Ansatz auf Augenhöhe (violette Linie) oder in der Mitte der Stirn (rote Linie)

Anhand der festgestellten Proportionen der Schädel wurde ein Bolzenschussgerät mit einer Bolzenaustrittslänge von 5 cm von der Firma turbocut Jopp GmbH (Bad Neustadt an der Saale) speziell für das Projekt angefertigt.

#### 4.1.1.2 Vermessung des Körpers

Beim Vermessen der Körper von insgesamt 34 Ferkeln mit einem geschätzten Gewicht von ca. 1 bis 30 Kilogramm wurde die Scheitel-Steiß-Länge erhoben.

Die ermittelten Werte sind in Abbildung 24 dargestellt.



**Abb. 24:** Vermessung der Scheitel-Steiß-Länge der Ferkel (n = 34)

Die Ferkel waren bei einem geschätzten Lebendgewicht von 1 bis 30 Kilogramm zwischen 28 und 95 cm lang. Entsprechend wurde die Länge der Fixierungseinrichtung bemessen; für die größeren Ferkel musste sie mindestens 100 cm lang sein.

#### 4.1.2 Probeschüsse auf tote Ferkel

Im Mai 2016 wurden die Schussgeräte durch Schüsse auf zwölf tote Ferkel mit einem Gewicht zwischen 0,55 kg und 27,00 Kilogramm erprobt. Der angestrebte Ansatz des Bolzenschussgerätes lag bei zehn der zwölf Tiere (Tier Nr. 1 bis 10) in der Medianen auf Augenhöhe bis maximal 0,5 cm über Augenhöhe. Bei zwei der zwölf Ferkel (Nr. 11 und 12) wurde der Ansatz des Gerätes in der Mitte der Stirn (d.h. Mitte zwischen Auge und Ohr) erprobt. Es gab zwei Abweichungen vom geplanten Ansatz (Tier Nr. 1 und 2), da das Gerät beim Schuss leicht verrutschte, so dass tatsächlich leicht links der Medianen angesetzt wurde. Für die Probeschüsse wurden als Gewichtsgrenzen zur Anwendung der einzelnen Schussapparate für die Ferkel folgende Gewichte festgelegt:

- mehr als 20 Kilogramm: Gerät „Blitz-Kerner“
- 5 bis 20 Kilogramm: Gerät „Drei Puffer“
- weniger als 5 Kilogramm: Gerät „Kurze Ausführung“.

Die Ergebnisse der ersten Serie von Probeschüssen sind in Tabelle 5 (auf S. 39) zusammengefasst.

**Tab. 5:** Auswertung der Probeschüsse auf tote Ferkel (1. Serie, Mai 2016)

Tier Nr.	Gewicht (kg)	Zielansatz	Erfolgter Ansatz	Schussgerät	Stammhirn beschädigt?	Vermuteter Fehler*		
						Ansatz	Austrittslänge	Schusswinkel
1	27,00	Augenhöhe bis 0,5 cm darüber	links der Medianen	BK <sup>1</sup>	Nein	abweichend	keine Aussage möglich	zu steil
2	15,80	Augenhöhe bis 0,5 cm darüber	links der Medianen	DP <sup>2</sup>	Ja, geringgradig	abweichend	evtl. zu kurz	geringgradig zu steil
3	8,80	Augenhöhe bis 0,5 cm darüber	Augenhöhe	DP <sup>2</sup>	Nein	korrekt	keine Aussage möglich	zu steil
4	6,40	Augenhöhe bis 0,5 cm darüber	Augenhöhe	DP <sup>2</sup>	Ja	korrekt	ausreichend	korrekt
5	4,00	Augenhöhe bis 0,5 cm darüber	0,5 cm über Augenhöhe	DP <sup>2</sup>	Nein	korrekt	keine Aussage möglich	zu steil
6	4,70	Augenhöhe bis 0,5 cm darüber	0,5 cm über Augenhöhe	KA <sup>3</sup>	Nein	korrekt	keine Aussage möglich	zu steil
7	1,50	Augenhöhe bis 0,5 cm darüber	Augenhöhe	KA <sup>3</sup>	Nein	korrekt	keine Aussage möglich	zu steil
8	1,30	Augenhöhe bis 0,5 cm darüber	0,5 cm über Augenhöhe	KA <sup>3</sup>	Nein	korrekt	keine Aussage möglich	zu steil
9	0,70	Augenhöhe bis 0,5 cm darüber	Augenhöhe	KA <sup>3</sup>	Nein	korrekt	keine Aussage möglich	zu steil
10	0,55	Augenhöhe bis 0,5 cm darüber	0,5 cm über Augenhöhe	KA <sup>3</sup>	Ja	korrekt	keine Aussage möglich	geringgradig zu steil
11	0,65	Mitte Stirn	Mitte Stirn	KA <sup>3</sup>	Ja	korrekt	ausreichend	korrekt
12	1,70	Mitte Stirn	Mitte Stirn	KA <sup>3</sup>	Nein	korrekt	keine Aussage möglich	zu steil

\* ermittelt anhand der Videos und der Untersuchungsbefunde aus der Pathologie

<sup>1</sup> Blitz-Kerner; <sup>2</sup> Drei Puffer; <sup>3</sup> Kurze Ausführung

Bei Tier Nr. 5 wurde versehentlich statt des Schussapparates „Kurze Ausführung“ der Apparat „Drei Puffer“ verwendet, obwohl das Ferkel unter 5 Kilogramm wog.

Obwohl der geplante Ansatz in zehn von zwölf Fällen getroffen wurde, kam es nur in drei Fällen zu den gewünschten Gewebeerstörungen im Stammhirn. Anhand der bei den Probeschüssen angefertigten Videos sowie der Untersuchungsbefunde aus der Pathologie wurde in den meisten Fällen ein zu steiler

Schusswinkel als Ursache für die ausbleibende Schädigung des Stammhirnes vermutet, so dass der Schusskanal zu wenig in Richtung der Körperlängsachse verlief. Bei allen Tieren, bei denen der Schusswinkel als „zu steil“ bewertet wurde (siehe auch Abb. 19 auf S. 33), war die knöcherne Schädelbasis cranial des Stammhirnes perforiert. Aus diesem Grund war hier auch keine Aussage zur Länge des Schussbolzens möglich, da im Rahmen der pathologischen Untersuchungen nicht erhoben werden konnte, wie weit der Schussbolzen die knöchernen Strukturen durchschlagen hatte. Bei Tier Nr. 2 war die knöcherne Schädelbasis auf Höhe des cranialen Stammhirnes perforiert. Es ließ sich nicht eindeutig sagen, ob die nur geringgradige Beschädigung des Stammhirnes durch einen leicht zu steilen Schusswinkel oder durch einen eventuell zu kurzen Bolzen hervorgerufen worden war. Auch bei Tier Nr. 10 war die knöcherne Schädelbasis linksseitig auf Höhe des rostralen Stammhirnes perforiert. Da bei dem geringen Tiergewicht von 0,55 kg davon auszugehen ist, dass die Austrittslänge des Schussbolzens ausreichend war, liegt der vermutete Fehler hier in dem leicht zu steilen Schusswinkel.

Anhand dieser Ergebnisse wurde der Schluss gezogen, dass der Schusswinkel so gewählt werden muss, dass der Schusskanal möglichst parallel zur Körperlängsachse in Richtung Schwanz verläuft („flacherer Schusswinkel“). Dies würde dann dazu führen, dass nicht mehr die knöcherne Schädelbasis rostral des Stammhirnes perforiert wird, sondern dass der Schussbolzen das Stammhirn selbst erreicht. Nur bei nach unten abgewinkeltem Kopf (zwischen Stirn und Nacken des Ferkels entsteht ein rechter Winkel) ist es möglich, den Schussapparat plan auf die Stirn aufzusetzen und gleichzeitig parallel zur Körperlängsachse zu schießen. In diesem Fall muss aber deutlich über Augenhöhe geschossen werden, damit das Stammhirn in der Schussrichtung liegt. Die angestrebte Schussposition wurde entsprechend korrigiert.

Bei den Probeschüssen erwies sich das Gerät „Drei Puffer“ gegenüber dem Gerät „Kurze Ausführung“ als im Vorteil. Bei gleicher Bolzenaustrittslänge ließ sich das Gerät „Drei Puffer“ leichter bedienen und benötigte im Gegensatz zum Gerät „Kurze Ausführung“ keine speziellen Ladungen. Das Gerät „Kurze Ausführung“ wurde daher aus der weiteren Untersuchung ausgeschlossen.

Aufgrund des nicht zufriedenstellenden Ergebnisses der ersten Serie wurden im Juni 2016 erneut Probeschüsse auf diesmal acht tote Ferkel mit einem Gewicht zwischen 0,95 und 18,50 Kilogramm durchgeführt. Es wurden nur noch die Schussgeräte „Drei Puffer“ und „Blitz-Kerner“ verwendet. Zuvor waren die Schussapparate mit Zielvorrichtungen ausgestattet worden, die eine bessere Nachvollziehbarkeit des Schusswinkels bei der späteren Videoanalyse sicherstellen sollten. Für die Probeschüsse wurden als Gewichtsgrenzen für die einzelnen Schussapparate folgende Gewichte festgelegt:

- mehr als 5 Kilogramm: Gerät „Blitz Kerner“
- weniger als 5 Kilogramm: Gerät „Drei Puffer“

Der angestrebte Ansatz der Schussgeräte lag bei allen Ferkeln in der Medianen deutlich über Augenhöhe (zwischen 1 cm und 2,5 cm darüber). Es gab zwei Abweichungen vom geplanten Ansatz: Bei Tier Nr. 4 wurde das Gerät auf Augenhöhe, also etwas zu tief angesetzt, und bei Tier Nr. 7 verrutschte das Gerät leicht, so dass der tatsächliche Ansatz 2 cm über Augenhöhe und ca. 1 cm rechts der Medianen erfolgte.

Die Ergebnisse der Probeschüsse sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

**Tab. 6:** Auswertung der Probeschüsse auf tote Ferkel (2. Serie, Juni 2016)

Tier Nr.	Gewicht (kg)	Zielansatz	Erfolgtter Ansatz	Schussgerät	Stammhirn beschädigt?	Vermuteter Fehler*		
						Ansatz	Austrittslänge	Schusswinkel
1	0,95	1 cm über Augenhöhe	1 cm über Augenhöhe	DP <sup>2</sup>	Ja, geringgradig	korrekt	keine Aussage möglich	geringgradig zu steil
2	1,20	2 cm über Augenhöhe	2 cm über Augenhöhe	DP <sup>2</sup>	Ja	korrekt	ausreichend	korrekt
3	3,50	2 cm über Augenhöhe	2 cm über Augenhöhe	DP <sup>2</sup>	Ja	korrekt	ausreichend	korrekt
4	5,10	1,5 cm über Augenhöhe	Augenhöhe	BK <sup>1</sup>	Nein	abweichend	keine Aussage möglich	zu flach
5	5,45	1,5 cm über Augenhöhe	1,5 cm über Augenhöhe	BK <sup>1</sup>	Ja	korrekt	ausreichend	korrekt
6	5,60	2,5 cm über Augenhöhe	2,5 cm über Augenhöhe	BK <sup>1</sup>	Ja	korrekt	ausreichend	korrekt
7	7,50	2 cm über Augenhöhe	rechts der Medianen	BK <sup>1</sup>	Ja	abweichend	ausreichend	korrekt
8	18,50	1,5 cm über Augenhöhe	1,5 cm über Augenhöhe	BK <sup>1</sup>	Ja	korrekt	ausreichend	korrekt

\* ermittelt anhand der Videos und der Untersuchungsbefunde aus der Pathologie

<sup>1</sup> Blitz-Kerner; <sup>2</sup> Drei Puffer

Das Stammhirn war bei sieben der acht Ferkel beschädigt, und zwar bei allen, bei denen der Ansatz des Schussgerätes über Augenhöhe erfolgt war. Auch bei Tier Nr. 7 kam es trotz eines abweichenden Ansatzes zu einer Beschädigung des Stammhirnes. Lediglich bei den Tieren Nr. 1 und 4 war nur eine geringgradige bzw. keine Beschädigung des Stammhirnes feststellbar. Bei Tier Nr. 1 kam es allein zu einer geringgradigen Beschädigung von cranialen Stammhirnanteilen; der Grund hierfür lag vermutlich in einem leicht zu steilen Schusswinkel. Bei Tier Nr. 4 endete der Schusskanal deutlich rostral des Stammhirnes und führte zudem zu einer Fraktur der Schädelbasis. Grund hierfür war vermutlich der zu tiefe Ansatz auf Augenhöhe.

Anhand der Ergebnisse wurden folgende Erkenntnisse zum optimalen Ansatz gewonnen:

Die gewählte Gewichtsgrenze von fünf Kilogramm für die Verwendung des Gerätes „Drei Puffer“ bzw. des Serienmodells „Blitz-Kerner“ scheint sinnvoll. Der Ansatz des Schussgerätes muss dabei deutlich über Augenhöhe erfolgen. Der Kopf des Ferkels sollte beim Ansatz des Schussgerätes so abgewinkelt werden, dass zwischen Stirn und Nacken nach Möglichkeit ein rechter Winkel entsteht. Dabei sollte die Schussrichtung möglichst parallel zur Körperlängsachse in Richtung Schwanz verlaufen (siehe Abb. 27 auf S. 44).

### **4.1.3 Erprobung der Fixierungsmöglichkeiten**

Bei der Erprobung der beiden Systeme zur Fixierung an lebenden Ferkeln wurden Tiere bis zu einem Gewicht von ca. 2,5 Kilogramm mit der Kopfstütze fixiert. Ferkel mit einem höheren Gewicht wurden in dem Netz fixiert. Im Anschluss wurden die Tiere wieder in ihre Buchten zurückgesetzt.

Zur Fixierung mithilfe der Kopfstütze musste das Ferkel auf Höhe der Hinterhand oder unter dem Bauch gehalten werden (siehe Abb. 26 auf S. 43). Dies war - abhängig von der Handgröße und Kraft des Anwenders sowie der Vitalität des Ferkels - nur bis zu einem bestimmten Tiergewicht möglich (im Falle der Untersucherin bis ca. 2,5 Kilogramm). Als zusätzlicher Aspekt war aus der Literatur bekannt, dass Ferkel unmittelbar nach dem Schuss starke klonische Krämpfe zeigen können. Je nach Ferkelgewicht könnte das bei dieser Form der Fixierung zu Verletzungen des Anwenders führen.

Bei der Fixierung im Netz mussten die Ferkel zunächst hineingehoben werden. Anschließend wurden ihre Beine durch die Maschen des Netzes geschoben, so dass die Ferkel ohne Bodenkontakt frei hingen. Das Hineinheben bedeutete vor allem bei schweren Tieren einen großen Kraftaufwand und konnte zudem bei agilen Tieren für Tier und Anwender riskant sein. Das Netz musste ausreichend gespannt sein, damit die Ferkel nicht zu tief einsanken. Größere Ferkel konnten bei zu tief durchhängendem Netz mit den Füßen den Boden berühren und daraufhin vermehrt Abwehrbewegungen zeigen. Zudem mussten die Beine frei hängen, um spontane Bewegungen (beispielsweise ein Herausspringen aus dem Netz) zu verhindern. Im Netz musste der Kopf so positioniert werden können, dass der Bolzenschussapparat ohne Probleme angesetzt werden konnte. Dazu musste der Kopf des Ferkels entweder über den vorderen Rand des Netzes heruntergedrückt werden oder er ließ sich im Netz korrekt abwinkeln.

Bei der Erprobung wurde festgestellt, dass sich die Ferkel grundsätzlich mit beiden Systemen von einer Person gut fixieren lassen, so dass ein sicherer Ansatz des Schussgerätes ohne unnötige Aufregung für die Ferkel möglich ist. Für die kurze Zeitspanne, die nötig ist, um das Schussgerät anzusetzen und auszulösen, verhielten sich die Ferkel in der Regel ruhig. In den Fällen, in denen Aufregung entstand und das Ferkel begann, sich zu bewegen, wurde kurz abgewartet, bis das Tier sich wieder beruhigt hatte. Anschließend wäre ein Schuss problemlos möglich gewesen. Kein Ferkel bewegte sich über einen längeren Zeitraum oder so stark, dass die Fixierung vorzeitig abgebrochen werden musste.



**Abb. 25:** Mangelhafte Fixierung eines Ferkels mit Hilfe des Netzes bei der Erprobung (Netz hängt relativ stark durch, so dass das Ferkel fast den Boden berührt; korrekte Kopfpositionierung nicht möglich)



**Abb. 26:** Fixierung eines Ferkels mittels Kopfstütze bei der Erprobung



**Abb. 27:** Korrekte Fixierung eines Ferkels mit Hilfe des Netzes im Rahmen der Hauptuntersuchung (Netz angemessen gespannt, korrekte Kopfpositionierung möglich)

## 4.2 Hauptuntersuchung

Im Rahmen der Hauptuntersuchung wurden auf dem schweinehaltenden Betrieb in Mecklenburg-Vorpommern an 14 Untersuchungstagen insgesamt 198 Ferkel getötet. Neben einer Allgemeinuntersuchung vor der Tötung wurde direkt nach dem Schuss die Betäubungseffektivität erhoben sowie die Zeit bis zum Todeseintritt anhand mehrerer Kriterien bestimmt. Bei der Darstellung der Ergebnisse kann die Anzahl auswertbarer Daten für einzelne Untersuchungsparameter niedriger sein als 198, da aus technischen Gründen nicht immer alle Parameter für jedes Tier erhoben werden konnten.

Im Anschluss an die Untersuchung konnte ein praxistauglicher Leitfaden für die Durchführung der Nottötung von Ferkeln bis 30 Kilogramm Lebendgewicht am landwirtschaftlichen Betrieb per Bolzenschuss als Ein-Schritt-Methode erstellt werden (siehe Anhang).

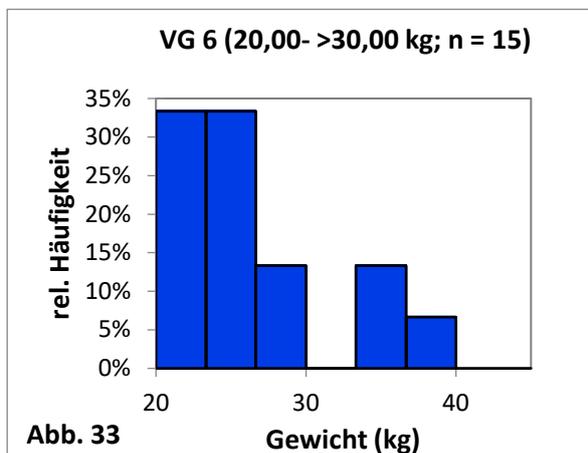
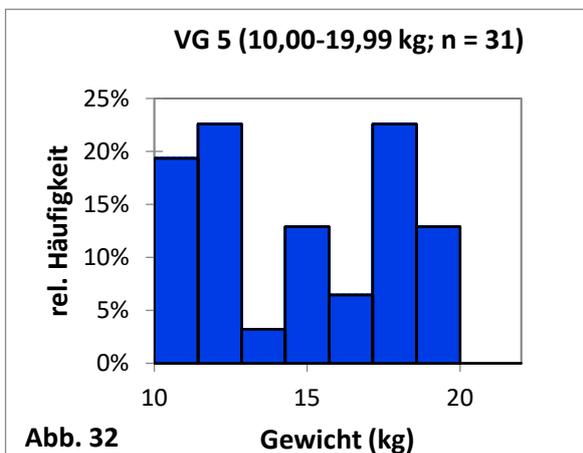
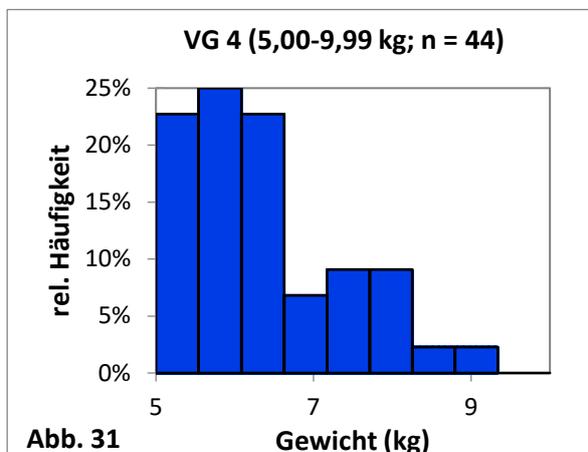
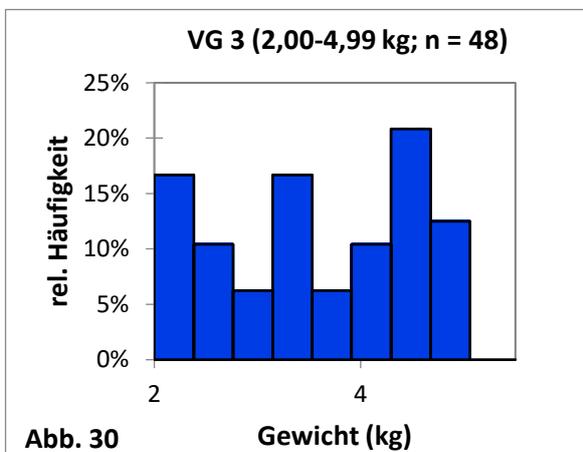
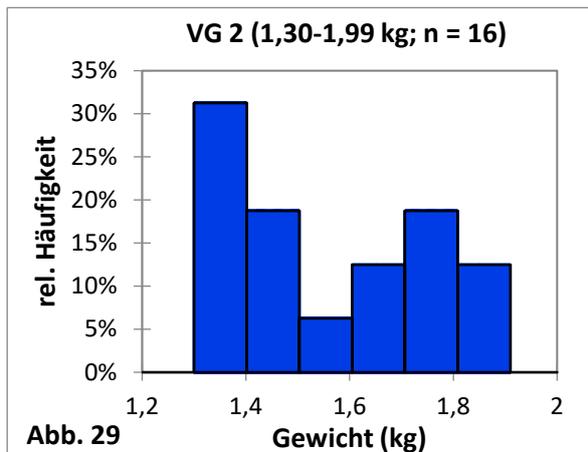
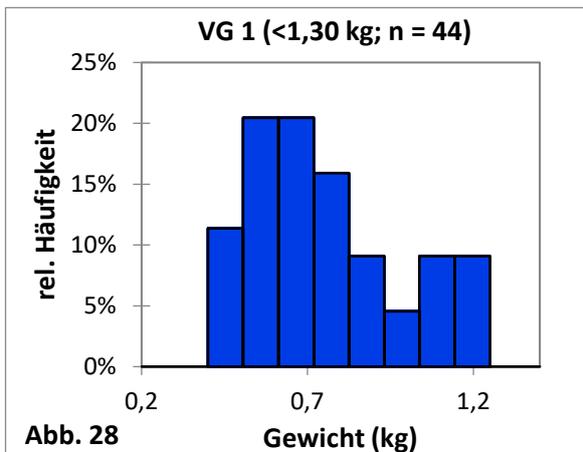
### 4.2.1 Lebendgewichte der Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen

Die Ferkel wurden anhand ihres Lebendgewichtes in eine von sechs Versuchsgruppen eingeteilt (siehe Kapitel 3.1.3). Tabelle 7 gibt einen Überblick über die tatsächlichen Lebendgewichte der Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen.

**Tab. 7:** Anzahl und Lebendgewicht der 198 getöteten Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen (VG)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	VG 6
<b>Gewichtsklasse (kg)</b>	<1,30	1,30 - 1,99	2,00 - 4,99	5,00 - 9,99	10,00 - 19,99	20,00 - >30,00
<b>n</b>	44	16	48	44	31	15
<b>Median (kg)</b>	0,70	1,50	3,57	6,15	15,22	25,70
<b>Mittlerer 50%-Bereich (kg)</b>	0,57 - 0,89	1,38 - 1,76	2,71 - 4,38	5,62 - 7,04	11,99 - 17,85	22,91 - 27,22
<b>Min - Max (kg)</b>	0,48 - 1,24	1,32 - 1,90	2,06 - 4,96	5,02 - 9,24	10,00 - 19,90	20,28 - 39,00

In den Abbildungen 28 bis 33 sind die Verteilungen der Lebendgewichte der Ferkel in den verschiedenen Versuchsgruppen dargestellt.



**Abb. 28 bis 33:** Verteilung der Lebendgewichte der Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen (VG)

Die Gewichte in den einzelnen Versuchsgruppen unterlagen in keinem Fall einer Normalverteilung.

#### 4.2.2 Indikationen zur Nottötung

In Tabelle 8 (auf S. 46) sind die infolge der Allgemeinuntersuchung nachvollzogenen Indikationen für die Nottötung zusammengefasst; diese werden in Abbildung 36 (auf S. 47) nach Versuchsgruppen aufgeschlüsselt. Dabei wurde für jedes Ferkel nur die Hauptindikation berücksichtigt, denn viele Ferkel wiesen mehrere Auffälligkeiten auf, die aber zum Teil aus der Hauptindikation resultierten

(beispielsweise Bissverletzungen als Folge eines gestörten Bewegungsapparates oder Kümern nach einer Infektionskrankheit).

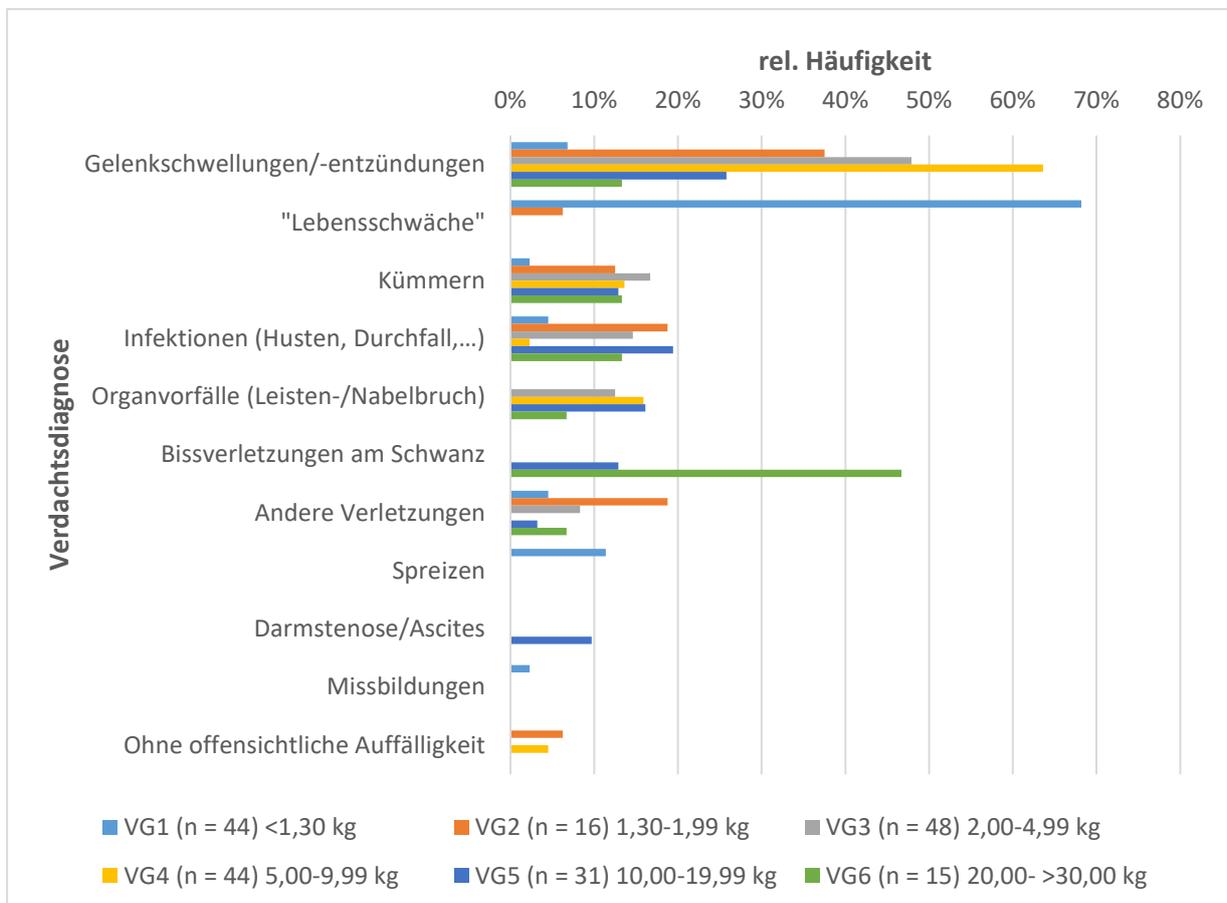
**Tab. 8:** Übersicht über die Indikationen zur Nottötung (n = 198)

<b>Verdachtsdiagnose</b>	<b>Anzahl Tiere (%)</b>
Gelenkschwellungen/-entzündungen	70 (35,4 %)
Hochgradig eingeschränkte Vitalität bei neugeborenen Ferkeln (moribunde Tiere; „Lebensschwäche“)	31 (15,7 %)
Kümmern	23 (11,6 %)
Infektionen (Husten, Durchfall,...)	21 (10,6 %)
Organvorfälle (Leisten-/Nabelbruch)	19 (9,6 %)
Bissverletzungen am Schwanz	11 (5,6 %)
Andere Verletzungen	11 (5,6 %)
Spreizen	5 (2,5 %)
Darmstenose/Ascites	3 (1,5 %)
Missbildungen	1 (0,5 %)
Ohne offensichtliche Auffälligkeit	3 (1,5 %)

Gelenkschwellungen und -entzündungen waren der häufigste Grund für Nottötungen (35,4 % der Ferkel; n = 70). Häufig wurde auch „Kümmern“ festgestellt (11,6 %), ohne dass dafür eine eindeutige Ursache ausgemacht werden konnte. Bei den Tieren mit aufgetriebenem Bauch (1,5 %) war ebenfalls die Ursache im Rahmen der Allgemeinuntersuchung nicht eindeutig nachvollziehbar. Es kann sich hierbei eventuell um ascitische Veränderungen oder um Darmstenosen, beispielsweise aufgrund einer Rektumstriktur, gehandelt haben (siehe Abb. 34 auf S. 47). Ein neugeborenes Ferkel mit einer offenen Bauchdecke (0,5 %) wurde als „Missbildung“ klassifiziert (siehe Abb. 35 auf S. 47). Bei drei Ferkeln (1,5 %) konnte die von den Betriebsmitarbeitern ggf. in Zusammenarbeit mit der bestandsbetreuenden Tierärztin gestellte Indikation zur Nottötung im Rahmen der Allgemeinuntersuchung mit den zur Verfügung stehenden diagnostischen Mitteln nicht ohne weiteres nachvollzogen werden, weil keine Informationen zu Krankheitsgeschichte und Vorbehandlung der Tiere vorlagen. In diesen Fällen wurde sich auf die korrekte Entscheidung der oben genannten verlassen.



**Abb. 34 und 35:** Beispiele für notgetötete Ferkel: Ferkel mit Verdacht auf Darmstenose/Ascites (links) und Saugferkel mit „Missbildung“ (rechts)



**Abb. 36:** Indikationen zur Nottötung nach Versuchsgruppe (VG)

Abhängig von der betrachteten Versuchsgruppe sind die relativen Häufigkeiten der Verdachtsdiagnosen unterschiedlich verteilt (siehe Abb. 36). Während Tiere der Versuchsgruppe 1 am häufigsten (68,2 %) aufgrund einer „Lebensschwäche bzw. -unfähigkeit“ getötet werden mussten, war die häufigste Verdachtsdiagnose bei den Tieren der Versuchsgruppen 2, 3, 4 und 5 „Gelenkschwellungen bzw. -entzündungen“. Die relative Häufigkeit hierfür betrug in den genannten Versuchsgruppen jeweils 37,5 %, 47,9 %, 63,6 % und 25,8 %. In Versuchsgruppe 6 schließlich war die häufigste Verdachtsdiagnose „Bissverletzungen am Schwanz“ mit nachfolgenden aufsteigenden Infektionen (46,7 %). Die Verdachtsdiagnose „Darmstenose/Ascites“ kam ausschließlich in

Versuchsgruppe 5 vor (9,7 %), die Verdachtsdiagnosen „Missbildungen“ (2,3 %) und „Spreizen“ (11,4 %) nur in Versuchsgruppe 1.

#### 4.2.2.1 Bewertung des Allgemeinbefindens

Die untersuchten Ferkel wurden aufgrund ihres Allgemeinbefindens in zwei Gruppen eingeteilt. Insgesamt konnte für 146 Tiere (73,7 %) eine maximal mäßige Beeinträchtigung festgestellt werden. 52 Ferkel (26,3 %) wiesen ein stark beeinträchtigtes Allgemeinbefinden auf.

Tabelle 9 gibt eine Übersicht über die Bewertung des Allgemeinbefindens der Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen.

**Tab. 9:** Bewertung des Allgemeinbefindens der Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen (VG 1: <1,30 kg; VG 2: 1,30-1,99 kg; VG 3: 2,00-4,99 kg; VG 4: 5,00-9,99 kg; VG 5: 10,00-19,99 kg; VG 6: 20,00- >30,00 kg; n = 198)

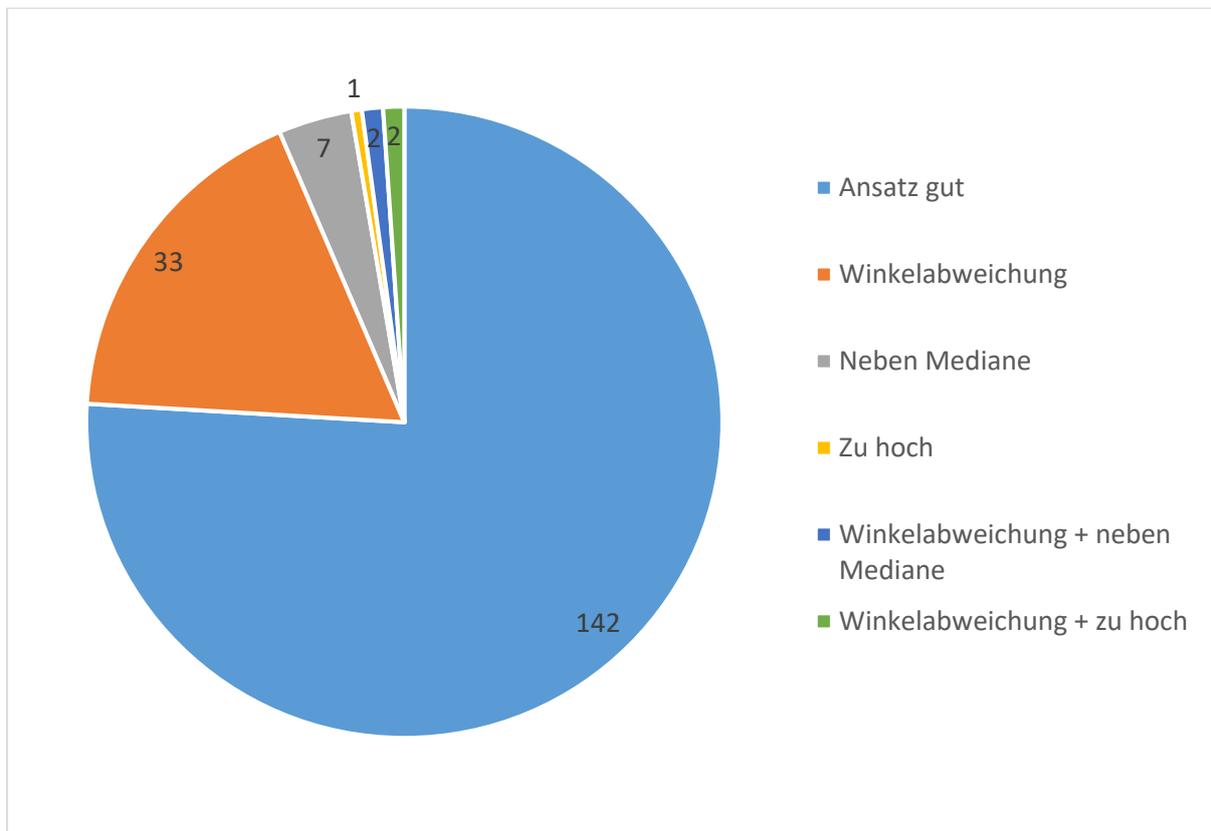
Versuchsgruppe (VG)	n	Allgemeinbefinden mäßig beeinträchtigt	Allgemeinbefinden stark beeinträchtigt
VG 1	44	16 (36,4 %)	28 (63,6 %)
VG 2	16	11 (68,7 %)	5 (31,3 %)
VG 3	48	41 (85,4 %)	7 (14,6 %)
VG 4	44	43 (97,7 %)	1 (2,3 %)
VG 5	31	24 (77,4 %)	7 (22,6 %)
VG 6	15	11 (73,3 %)	4 (26,7 %)

Der Anteil an Ferkeln mit mäßig beeinträchtigtem Allgemeinbefinden überwog in allen Versuchsgruppen bis auf Gruppe 1. Hier zeigten fast zwei Drittel der Tiere ein stark beeinträchtigtes Allgemeinbefinden. In Versuchsgruppe 4 wies hingegen nur ein einziges Ferkel eine starke Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens auf.

#### 4.2.3 Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates

Die Genauigkeit des Ansatzes des Bolzenschussapparates konnte für 187 der 198 untersuchten Ferkel ausgewertet werden. 76 % der Ansätze wurden als gut bewertet (n = 142). Für die übrigen 24 % der Ferkel (n = 45) wurde erhoben, welche Abweichung vorlag. Es handelte sich in 73 % der Fälle (n = 33) um „Winkelabweichungen“, das heißt der Winkel zwischen einer gedachten Horizontalen durch die Körperlängsachse auf Höhe des Stammhirns und dem Schussgerät betrug 45° oder mehr. Bei 16 % der Ferkel mit abweichender Schussposition (n = 7) erfolgte der Schuss neben der Medianen und bei 2 % (n = 1) erfolgte er zu hoch. Bei 4 % der Ferkel (n = 2) kam es sowohl zu einer „Winkelabweichung“ als auch zu einem Schuss neben der Medianen bzw. in der falschen Höhe.

Die genannten Ergebnisse sind in Abbildung 37 (auf S. 49) zusammengefasst.



**Abb. 37:** Übersicht über die Genauigkeit der Ansätze des Bolzenschussapparates (n = 187)

#### 4.2.3.1 Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates in den einzelnen Versuchsgruppen

Der Anteil der als „gut“ bewerteten Ansätze überwog in allen Versuchsgruppen bis auf Gruppe 2 mit 71,4 % bis 82,8 % deutlich. In Versuchsgruppe 2 wurden fast ebenso viele gute wie abweichende Ansätze festgestellt (53,3 % gegenüber 46,7 %).

Tabelle 10 gibt eine Übersicht über die Genauigkeit der Ansätze des Bolzenschussapparates in den einzelnen Versuchsgruppen.

**Tab. 10:** Bewertung der Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates in den einzelnen Versuchsgruppen (VG 1: <1,30 kg; VG 2: 1,30-1,99 kg; VG 3: 2,00-4,99 kg; VG 4: 5,00-9,99 kg; VG 5: 10,00-19,99 kg; VG 6: 20,00- >30,00 kg; n = 187)

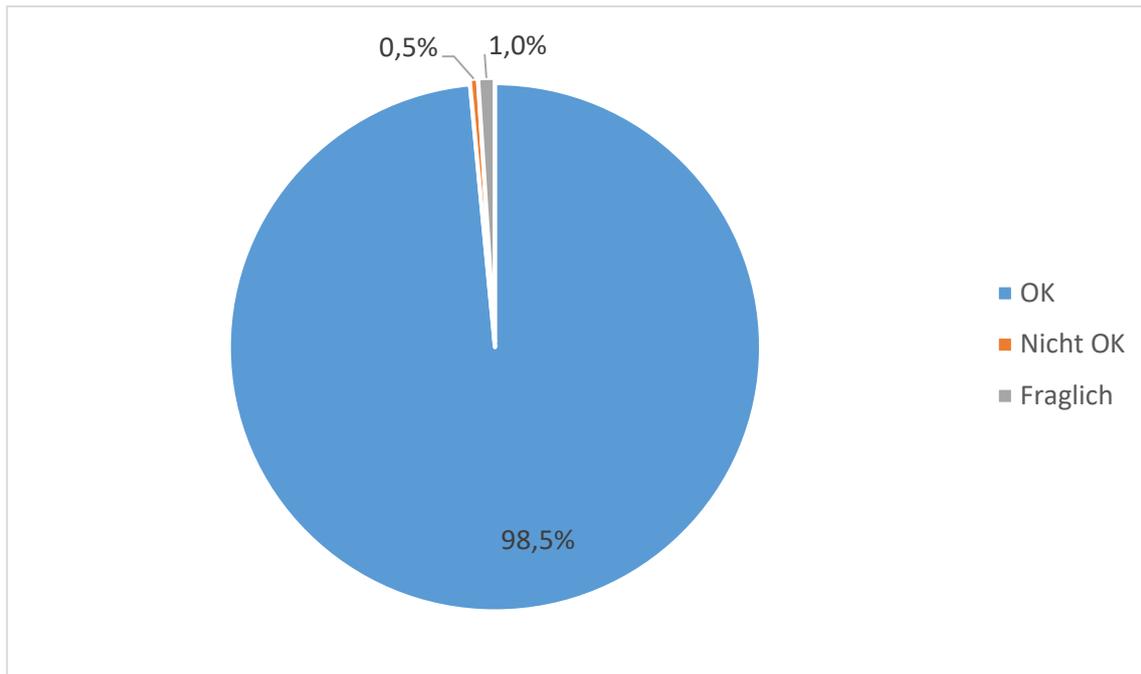
Versuchsgruppe (VG)	n	Ansatz gut	Ansatz mit Abweichung
VG 1	38	30 (78,9 %)	8 (21,1 %)
VG 2	15	8 (53,3 %)	7 (46,7 %)
VG 3	48	37 (77,1 %)	11 (22,9 %)
VG 4	43	33 (76,7 %)	10 (23,3 %)
VG 5	29	24 (82,8 %)	5 (17,2 %)
VG 6	14	10 (71,4 %)	4 (28,6 %)

#### 4.2.4 Betäubungseffektivität

Bei der Darstellung der Ergebnisse wurde zwischen Parametern zur Bewertung der Betäubungseffektivität sowie solchen zur Bewertung der Effektivität der Tötung unterschieden. Diese Unterteilung ist rein akademischer Natur; Parameter, die hier allein zur Beurteilung der

Betäubungseffektivität genutzt wurden, können in praxi auch einen möglichen Todeseintritt anzeigen und umgekehrt. Die Bewertung der Betäubungseffektivität insgesamt als „OK“, „Fraglich“ und „Nicht OK“ erfolgte auf Grundlage der Überprüfung von Reaktionen des Bewegungsapparates, Atmung, Vokalisation, Reaktionen und Reflexen am Auge, Reaktionen auf einen Schmerzreiz an der Nase sowie im Zwischenklauenbereich und Kiefertonus. Für jeden Parameter wurde beurteilt, ob es eine positive, unklare oder negative Reaktion des Tieres gab (siehe auch Kapitel 3.3.3.1, Tab. 4 auf S. 29/30).

Bei 195 der 198 durchgeführten Tötungen (98,5 %) wurde die Betäubungseffektivität als „OK“ bewertet. In einem Fall (0,5 %) war sie „Nicht OK“ und bei zwei Tötungen (1,0 %) wurde sie als „Fraglich“ bewertet (Abb. 38).



**Abb. 38:** Übersicht über die Effektivität der Betäubungen (n = 198)

Insgesamt wurde bei 1 % (n = 2) der getöteten Ferkel ein Nachschuss durchgeführt. Ein Ferkel aus Versuchsgruppe 2 wurde nachgeschossen, weil es mehr als drei Atembewegungen (Maulöffnen) zeigte. Die Betäubungseffektivität wurde in diesem Fall als „Nicht OK“ beurteilt. Ein zweites Ferkel aus Versuchsgruppe 4 wurde nachgeschossen, weil bei der Überprüfung der Betäubungseffektivität regelmäßige Bewegungen des Bauches festgestellt werden konnten, die zunächst für Atembewegungen gehalten wurden. Die Befunde änderten sich jedoch infolge des Nachschusses nicht (kein Zusammenzucken, keine Veränderungen an den Augen, beispielsweise Dilatation der Pupille) und in der späteren Videoanalyse wurden die Bauchbewegungen als Teil der Krampfbewegungen identifiziert. Dass es sich nicht um Atembewegungen handelte, war auch daran erkennbar, dass sich die Bauchbewegungen nach dem Nachschuss fortsetzten. Die Betäubungseffektivität wurde bei diesem Tier als „Fraglich“ beurteilt. Bei einem Ferkel aus Versuchsgruppe 6, welches zwei positive Reaktionen auf Schmerzreize zeigte (jeweils einmalig an der Nase und im Zwischenklauenbereich), wurde die Betäubungseffektivität ebenfalls als „Fraglich“ beurteilt. Auf einen Sicherheitsschuss wurde in diesem Fall verzichtet; das Tier wurde weiter beobachtet und zeigte im Folgenden auch keine weiteren Anzeichen einer fraglichen oder ungenügenden Betäubungswirkung.

Die Ergebnisse der Überprüfung der klinischen Einzelbefunde in den einzelnen Versuchsgruppen gibt Tabelle 11 wider. Es ist zu beachten, dass bei einzelnen Ferkeln für mehrere Parameter unklare oder positive Befunde erhoben werden konnten.

**Tab. 11:** Ferkel mit positiven, unklaren und negativen Befunden bei der Überprüfung der Betäubungswirkung (n = 198) (Mehrfachbefunde möglich)

	Befund			
	Parameter	negativ	unklar	positiv
<b>VG 1 (n = 44)</b> <b>&lt;1,30 kg</b>	Bewegungsapparat	44 (100,00 %)	0	0
	Atmung	43 (97,72 %)	1 (2,27 %)	0
	Vokalisation	44 (100,00 %)	0	0
	Auge	44 (100,00 %)	0	0
	Nase	44 (100,00 %)	0	0
	Klaue	43 (97,72 %)	0	1 (2,27 %)
	Kiefer	44 (100,00 %)	0	0
<b>VG 2 (n = 16)</b> <b>1,30-1,99 kg</b>	Bewegungsapparat	16 (100,00 %)	0	0
	Atmung	15 (93,75 %)	0	1 (6,25 %) <sup>1</sup>
	Vokalisation	16 (100,00 %)	0	0
	Auge	16 (100,00 %)	0	0
	Nase	16 (100,00 %)	0	0
	Klaue	14 (87,50 %)	1 (6,25 %)	1 (6,25 %)
	Kiefer	16 (100,00 %)	0	0
<b>VG 3 (n = 48)</b> <b>2,00-4,99 kg</b>	Bewegungsapparat	48 (100,00 %)	0	0
	Atmung	48 (100,00 %)	0	0
	Vokalisation	29 (60,42 %)	19 (39,58 %)	0
	Auge	46 (95,83 %)	2 (4,17 %)	0
	Nase	48 (100,00 %)	0	0
	Klaue	43 (89,58 %)	4 (8,33 %)	1 (2,08 %)
	Kiefer	46 (95,83 %)	1 (2,08 %)	1 (2,08 %)
<b>VG 4 (n = 44)</b> <b>5,00-9,99 kg</b>	Bewegungsapparat	44 (100,00 %)	0	0
	Atmung	43 (97,72 %)	1 (2,27 %) <sup>1</sup>	0

	Vokalisation	26 (59,09 %)	18 (40,91 %)	0
	Auge	44 (100,00 %)	0	0
	Nase	44 (100,00 %)	0	0
	Klaue	39 (88,64 %)	3 (6,82 %)	2 (4,55 %)
	Kiefer	42 (95,45 %)	2 (4,55 %)	0
<b>VG 5 (n = 31)</b>	Bewegungsapparat	31 (100,00 %)	0	0
<b>10,00-19,99 kg</b>	Atmung	31 (100,00 %)	0	0
	Vokalisation	29 (93,55 %)	2 (6,45 %)	0
	Auge	31 (100,00 %)	0	0
	Nase	31 (100,00 %)	0	0
	Klaue	24 (77,42 %)	6 (19,35 %)	1 (3,23 %)
	Kiefer	29 (93,55 %)	1 (3,23 %)	1 (3,23 %)
<b>VG 6 (n = 15)</b>	Bewegungsapparat	15 (100,00 %)	0	0
<b>20,00- &gt;30,00 kg</b>	Atmung	15 (100,00 %)	0	0
	Vokalisation	15 (100,00 %)	0	0
	Auge	15 (100,00 %)	0	0
	Nase	14 (93,33 %)	1 (6,67 %)	0
	Klaue	11 (73,33 %)	3 (20,00 %)	1 (6,67 %)
	Kiefer	14 (93,33 %)	0	1 (6,67 %)

<sup>1</sup> (grau hinterlegt): Nachschuss

Bei der Erhebung der klinischen Einzelbefunde im Rahmen der Überprüfung der Betäubungswirkung ließen sich am häufigsten negative Reaktionen feststellen. Zudem gab es insgesamt mehr unklare als positive Reaktionen.

Positive Reaktionen wurden, abgesehen von dem fehlerhaft geschossenen Tier mit regelmäßiger Atmung, nur beim Schmerzreiz im Zwischenklauenbereich und beim Kiefertonus festgestellt. Bei 3,5 % der Ferkel (n = 7) ließ sich mehrfach eine Reaktion auf den Schmerzreiz auslösen und bei 1,5 % der Tiere (n = 3) war der Kiefertonus länger anhaltend erhöht.

Der Anteil an unklaren Reaktionen bei der Überprüfung der Einzelbefunde betrug insgesamt 32,8 % (n = 65). Dabei war der Anteil in der Versuchsgruppe 1 mit 2,3 % (n = 1) am geringsten und in den Versuchsgruppen 3 und 4 mit 54,2 % (n = 26) bzw. 54,5 % (n = 24) am höchsten.

Es ließen sich Unterschiede zwischen den untersuchten Merkmalen feststellen. Während es bei der Überprüfung des Bewegungsapparates keine unklaren Ergebnisse gab, wurden die Befunde zur Vokalisation am häufigsten als unklar beurteilt (19,7 % der Ferkel; n = 39). Es konnte festgestellt

werden, dass diese offenbar infolge heftiger Bewegungen entstandenen unbewussten Laute nur bei Tieren der Versuchsgruppen 3, 4 und 5 auftraten, und zwar zum Großteil (94,9 %) in den Versuchsgruppen 3 und 4.

Bei einem Ferkel aus Versuchsgruppe 1 wurde der Parameter „Atmung“ als unklar bewertet, da nicht eindeutig erkennbar war, ob das Tier einmaliges Maulöffnen als Teil einer Atembewegung zeigte oder ob es sich um ein passives Maulöffnen im Zuge der Krampfbewegungen handelte. Diese nicht klar zuzuordnende Bewegung führte daher auch nicht dazu, dass die Betäubungseffektivität insgesamt als „Fraglich“ beurteilt wurde.

Bei zwei Ferkeln aus Versuchsgruppe 3 wurden folgende Reaktionen am Auge als unklar bewertet: Eines zeigte kurzzeitig ein zuckendes Auge und bei dem anderen Ferkel schloss sich die Lidspalte einmalig ein wenig. Diese kurzzeitigen Reaktionen führten jedoch nicht zu einer Bewertung der Betäubungseffektivität dieser Tiere als „Fraglich“, wie es bei einer länger andauernden Reaktion der Fall gewesen wäre (beispielsweise wenn das Auge zusammengepresst bliebe).

Um die statistische Auswertung zu erleichtern und da eine fragliche Betäubungswirkung in praxi ebenfalls nicht erwünscht ist, wurden die Ferkel, bei denen die Betäubungseffektivität als „Fraglich“ oder als „Nicht OK“ bewertet worden war, im Folgenden zusammen betrachtet.

#### **4.2.4.1 Betäubungseffektivität in Abhängigkeit von der Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates**

Bei allen Ferkeln, bei denen die Betäubungseffektivität mit „Nicht OK“ oder „Fraglich“ bewertet wurde, war der Ansatz des Bolzenschussgerätes von der angestrebten Schussposition und/oder -richtung abgewichen (100 %; n = 3). Demgegenüber wurde bei 22,8 % der Ferkel (n = 42), bei denen die Betäubungseffektivität „OK“ war, ein abweichender Ansatz des Schussapparates festgestellt. Aufgrund der geringen Anzahl von „Nicht OK“ oder „Fraglich“ betäubten Tieren lässt sich dieser Unterschied statistisch nicht absichern.

#### **4.2.4.2 Betäubungseffektivität in Abhängigkeit vom Lebendgewicht der Ferkel**

Die Ferkel, bei denen die Betäubungseffektivität als „OK“ bewertet wurde, wogen im Median 4,60 Kilogramm (25%-Wert: 1,44 kg; 75%-Wert: 8,10 kg; Minimum: 0,48 kg; Maximum: 39,00 kg; n = 195). Damit wichen die Lagemaße nicht deutlich von denen der Ferkel ab, bei denen die Betäubungseffektivität als „Fraglich“ oder „Nicht OK“ beurteilt wurde (Median: 5,62 kg; 25%-Wert: 3,50 kg; 75%-Wert: 14,94 kg; Minimum: 1,38 kg; Maximum: 24,26 kg; n = 3). Ein statistischer Vergleich der beiden Gruppen ist aufgrund der geringen Anzahl von „Nicht OK“ oder „Fraglich“ betäubten Tieren nicht sinnvoll. Die Tatsache, dass das eindeutig fehlbetäubte Tier lediglich 1,38 kg wog, legt jedoch den Schluss nahe, dass ein höheres Tiergewicht die Betäubungseffektivität nicht negativ beeinflusste.

#### **4.2.5 Dauer der Krämpfe**

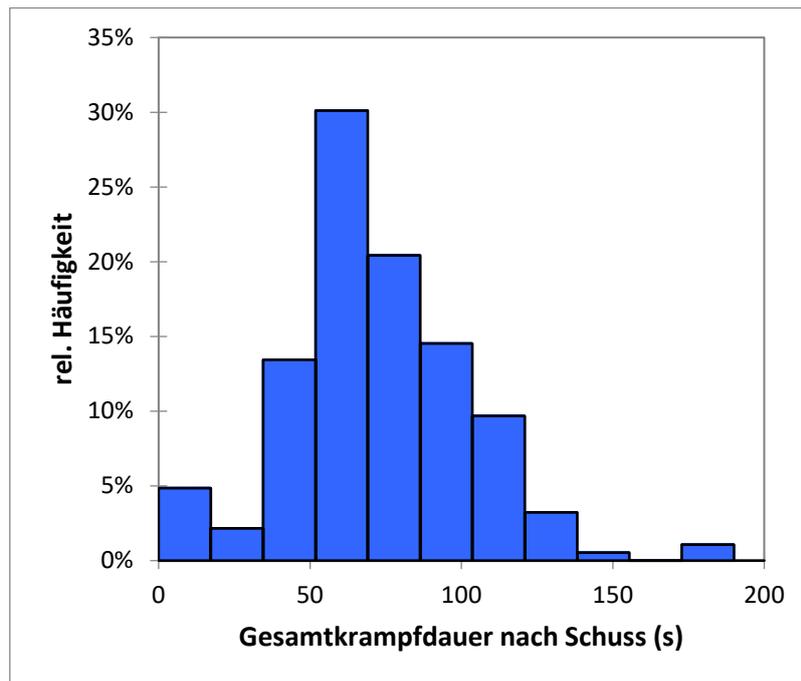
Als Krämpfe wurden tonische (starre) und klonische (zuckende) Bewegungen unmittelbar nach dem Schuss erfasst. Die Gesamtkrampfdauer setzte sich aus der tonischen Krampfphase direkt nach dem Schuss und der nachfolgenden klonischen Krampfphase zusammen.

#### 4.2.5.1 Tonische Krämpfe

Die Auswertung war für 197 der 198 getöteten Ferkel möglich. Lediglich 34,5 % der Ferkel ( $n = 68$ ) zeigten nach dem Schuss eine tonische Krampfphase. Diese hielt im Median 2 Sekunden lang an (25%-Wert: 1 s; 75%-Wert: 3 s; Minimum: 1 s; Maximum: 20 s;  $n = 68$ ). Die übrigen Ferkel (65,5 %;  $n = 129$ ) begannen direkt nach dem Schuss mit klonischen Krampfbewegungen.

#### 4.2.5.2 Gesamtkrampfdauer

Die Auswertung der Gesamtkrampfdauer (tonische und klonische Krämpfe) war für 187 der 198 getöteten Ferkel möglich. In Abbildung 39 ist die Verteilung der Zeitintervalle zwischen Schuss und Ende der Krämpfe dieser Ferkel dargestellt.



**Abb. 39:** Verteilung der Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zum Ende der (tonischen und) klonischen Krämpfe ( $n = 187$ )

Die Gesamtkrampfdauer betrug im Median 69 Sekunden (25%-Wert: 56,5 s; 75%-Wert: 89,5 s; Minimum: 0 s; Maximum: 189 s;  $n = 187$ ).

Bei fast allen Ferkeln (94,1 %) endeten die Krämpfe innerhalb von 2 Minuten nach dem Schuss.

#### 4.2.5.3 Kovarianzanalyse für die Gesamtkrampfdauer

Um zu überprüfen, ob das Gewicht und das Allgemeinbefinden der Ferkel sowie die Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates einen Einfluss auf die Gesamtkrampfdauer hatten, wurde eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) durchgeführt.

Hierbei zeigte sich, dass die drei untersuchten Variablen lediglich 13 % der Variabilität der Gesamtkrampfdauer erklären. Dabei war die Gesamtkrampfdauer bei Ferkeln mit stark beeinträchtigtem Allgemeinbefinden signifikant kürzer als bei den Tieren mit nur mäßig beeinträchtigtem Allgemeinbefinden ( $p < 0,0001$ ). Für die Variable „Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates“ konnte gezeigt werden, dass die Krämpfe bei einem Ansatz mit Abweichung tendenziell länger anhielten als bei einem korrekten Ansatz des Schussapparates. Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant ( $p = 0,142$ ). Das Gewicht der Tiere hatte ebenfalls keinen

signifikanten Einfluss auf die Gesamtkrampfdauer ( $p = 0,618$ ). Weitere Faktoren, die offenbar 87 % der Variabilität der Gesamtkrampfdauer ausmachen, konnten im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht identifiziert werden.

#### 4.2.5.4 Gesamtkrampfdauer nach Versuchsgruppe

Tabelle 12 fasst die Zeitintervalle bis zum Ende der Krämpfe nach dem Schuss für die einzelnen Versuchsgruppen zusammen.

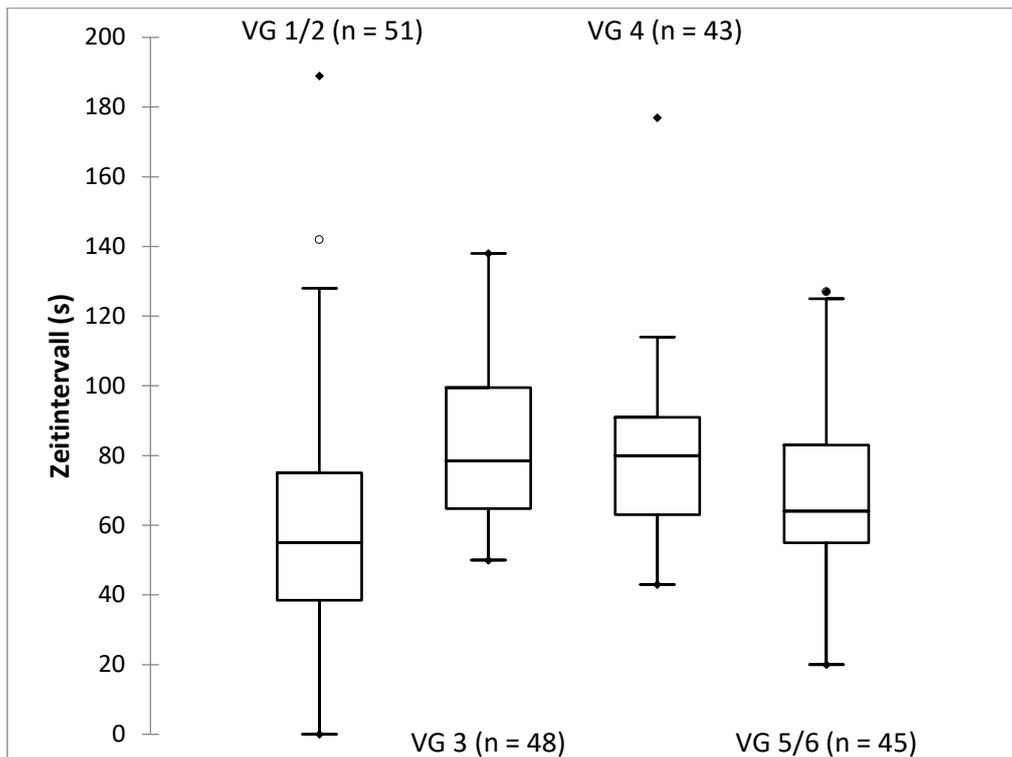
**Tab. 12:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zum Ende der Gesamtkrampfdauer in den einzelnen Versuchsgruppen (VG) in Sekunden ( $n = 187$ )

	<b>VG 1</b>	<b>VG 2</b>	<b>VG 3</b>	<b>VG 4</b>	<b>VG 5</b>	<b>VG 6</b>
<b>Gewichts- klasse (kg)</b>	<1,30	1,30 - 1,99	2,00 - 4,99	5,00 - 9,99	10,00 - 19,99	20,00 - >30,00
<b>n</b>	39	12	48	43	30	15
<b>Median (s)</b>	44,00	90,50	78,50	80,00	64,50	61,00
<b>Mittlerer 50%- Bereich (s)</b>	25,50 - 64,50	64,50 - 112,25	64,75 - 99,50	63,00 - 91,00	58,00 - 75,00	52,50 - 83,50
<b>Min - Max (s)</b>	0 - 142	47 - 189	50 - 138	43 - 177	20 - 127	42 - 125

Mit einem Median von 90,5 Sekunden sowie einem Maximalwert von 189 Sekunden war das Zeitintervall bis zum Ende der Krämpfe bei den Ferkeln der Versuchsgruppe 2 am längsten. In dieser Gruppe trat auch die größte Streuung der gemessenen Werte auf. Die kleinste Streuung wurde bei den Tieren der Versuchsgruppe 5 mit einem Interquartilsabstand von 17 Sekunden beobachtet.

Da in der Versuchsgruppe 2 lediglich für zwölf Tiere die Gesamtkrampfdauer ermittelt werden konnte, wurde diese für die statistische Auswertung mit der Versuchsgruppe 1 zusammengelegt. Aus dem gleichen Grund wurden auch die Versuchsgruppen 5 und 6 zu einer Gruppe zusammengefasst. Mit Hilfe des Kruskal-Wallis-Tests wurde ein statistisch hochsignifikanter Unterschied zwischen den Versuchsgruppen ermittelt ( $p < 0,0001$ ).

Abbildung 40 (auf S. 56) stellt die Ergebnisse für die Zeitintervalle bis zum Ende der Gesamtkrampfphase nach Versuchsgruppe dar.



**Abb. 40:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zum Ende der Gesamtkrampfdauer in den einzelnen Versuchsgruppen in Sekunden (VG 1/2: 0,48-1,99 kg; VG 3: 2,00-4,99 kg; VG 4: 5,00-9,99 kg; VG 5/6: 10,00-39,00 kg; n = 187)

Es zeigte sich, dass es zwischen den einzelnen Versuchsgruppen statistisch signifikante Unterschiede in der Länge der Gesamtkampfphase gab. So waren die Krämpfe bei den Tieren der Versuchsgruppe 1/2 deutlich kürzer als in den Versuchsgruppen 3 und 4 ( $p$  jeweils  $< 0,0001^4$ ). In Versuchsgruppe 5/6 hielten sie ebenfalls sichtbar kürzer an als in Versuchsgruppe 3 ( $p = 0,007^4$ ). Es ließ sich allerdings kein Trend in eine bestimmte Richtung erkennen; das heißt, dass die gemessenen Werte mit ansteigender Versuchsgruppe weder kontinuierlich kleiner noch größer wurden.

#### 4.2.6 Effektivität der Tötung

Die Effektivität der Tötung wurde anhand der Parameter „Dauer der Bewegungen“, „Zeit bis zur finalen Pupillendilatation“ und „Herzschlagdauer“ überprüft.

##### 4.2.6.1 Dauer der Bewegungen

Die Zeitintervalle bis zur letzten Bewegung der Ferkel gemessen ab dem Schuss konnten für 194 der 198 getöteten Ferkel ausgewertet werden.

Die maximale Untersuchungszeit nach dem Schuss betrug zehn Minuten. Bei allen Ferkeln, die nach Ablauf dieser Zeit noch Bewegungen zeigten oder bei denen noch ein Herzschlag auskultierbar war, sollte laut Untersuchungsprotokoll ein Gehirn-/Rückenmarkzerstörer angewendet und das Tier im Anschluss weiter beobachtet werden (vergleiche Kap. 3.3.3.3). Bei fünf Ferkeln (2,6 %) traten auch mehr als zehn Minuten nach dem Schuss noch Bewegungen auf. Davon wurde abweichend von der ursprünglichen Planung nur bei drei Ferkeln ein Gehirn-/Rückenmarkzerstörer eingesetzt, da die anderen beiden Tiere im Anschluss an die Tötung pathologisch untersucht werden sollten (siehe Kap.

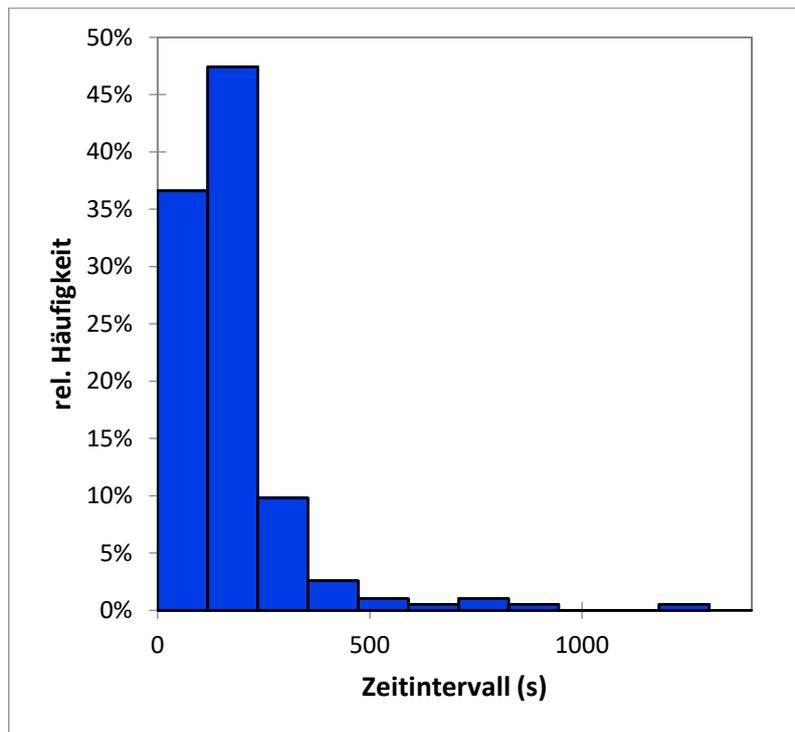
<sup>4</sup> bei einem Bonferroni-korrigierten Signifikanzniveau von 0,0083

4.2.7.6). Die beiden Ferkel, bei denen kein Gehirn-/Rückenmarkzerstörer eingesetzt wurde, hatten ein Lebendgewicht von 0,76 und 0,88 Kilogramm. Sie zeigten beide schwächer werdende Bewegungen der Beine und des Rumpfes ohne weitere Symptome, die ca. 12,5 Minuten bzw. 11,5 Minuten nach dem Schuss endeten. Die drei Ferkel, bei denen ein Gehirn-/Rückenmarkzerstörer eingesetzt wurde, hatten ein Lebendgewicht von 25,70 Kilogramm, 4,74 Kilogramm und 1,38 Kilogramm. Das schwerste Ferkel zeigte zehn Minuten nach dem Schuss noch vereinzelt ungerichtete Bewegungen der Beine. Auch nach Einsatz des Gehirn-/Rückenmarkzerstörers dauerten die immer schwächer werdenden vereinzelt Beinbewegungen bis über zwanzig Minuten nach dem Schuss an, ohne dass weitere Symptome auftraten. Das 4,74 Kilogramm schwere Ferkel zeigte ebenfalls noch vereinzelt ungerichtete Bewegungen der Beine, die aber deutlich schwächer ausgeprägt waren als bei dem schwereren Ferkel. Bei dem leichtesten Ferkel handelte es sich um das Tier, welches zunächst nicht korrekt geschossen und aufgrund von Atembewegungen nachbetäubt worden war (siehe Kap. 4.2.4). Dieses Tier zeigte zunächst noch zweimaliges Maulöffnen (ca. acht und neun Minuten nach dem Nachschuss), unmittelbar vor Einsatz des Gehirn-/Rückenmarkzerstörers waren jedoch nur noch leichte Bewegungen der Hintergliedmaßen sichtbar. Direkt nach der Gehirn-/Rückenmarkszerstörung zeigte es erneut dreimaliges Maulöffnen im Abstand von ca. 30 Sekunden, weswegen die Gehirn-/Rückenmarkszerstörung wiederholt wurde. Anschließend waren nur noch leichte Bewegungen des Tierkörpers ohne weitere Symptome zu erkennen, welche ca. 15,5 Minuten nach dem ersten Schuss endeten.

Bei der statistischen Betrachtung der Zeitintervalle bis zur letzten Bewegung wurden die Ferkel, bei denen ein Gehirn-/Rückenmarkzerstörer eingesetzt wurde, mit betrachtet.

Das Zeitintervall bis zum Ende jeglicher Bewegungen der Ferkel gemessen ab dem Schuss betrug im Median 143,5 Sekunden (25%-Wert: 101 s; 75%-Wert: 194 s; Minimum: 43 s; Maximum: 1230 s). Vier Ferkel (2,1 %) bewegten sich länger als zehn Minuten und ein Ferkel (0,5 %) bewegte sich länger als zwanzig Minuten.

In Abbildung 41 (auf S. 58) ist die Verteilung der Zeitintervalle zwischen Schuss und letzter Bewegung aller untersuchten Ferkel dargestellt.



**Abb. 41:** Verteilung der Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zur letzten Bewegung der Ferkel (n = 194)

Bei den meisten Ferkeln (84,5 %) endeten die Bewegungen bis zur vierten Minute nach dem Schuss.

#### 4.2.6.1.1 Kovarianzanalyse für die Bewegungsdauer

Um zu analysieren, ob das Gewicht und das Allgemeinbefinden der Ferkel sowie die Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates die Bewegungsdauer nach dem Schuss beeinflusst haben, wurde eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) durchgeführt.

Es zeigte sich, dass lediglich 2 % der Variabilität der Bewegungsdauer durch die drei untersuchten Variablen erklärt werden konnten. Die für 98 % der Variabilität verantwortlichen Faktoren konnten im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht bestimmt werden. Für die Variable „Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates“ wurde festgestellt, dass die Bewegungsdauer der Tiere nach einem guten Ansatz des Schussapparates signifikant kürzer war als nach einem Ansatz mit Abweichung ( $p = 0,041$ ). Für die anderen beiden Variablen „Gewicht“ und „Allgemeinbefinden“ konnte kein statistisch signifikanter Einfluss auf die Bewegungsdauer nach dem Schuss nachgewiesen werden ( $p = 0,915$  bzw.  $p = 0,855$ ).

#### 4.2.6.1.2 Bewegungsdauer nach Versuchsgruppe

In Tabelle 13 (auf S. 59) sind die Zeitintervalle bis zur letzten Bewegung der Ferkel gemessen ab dem Moment des Schusses in den einzelnen Versuchsgruppen zusammengefasst.

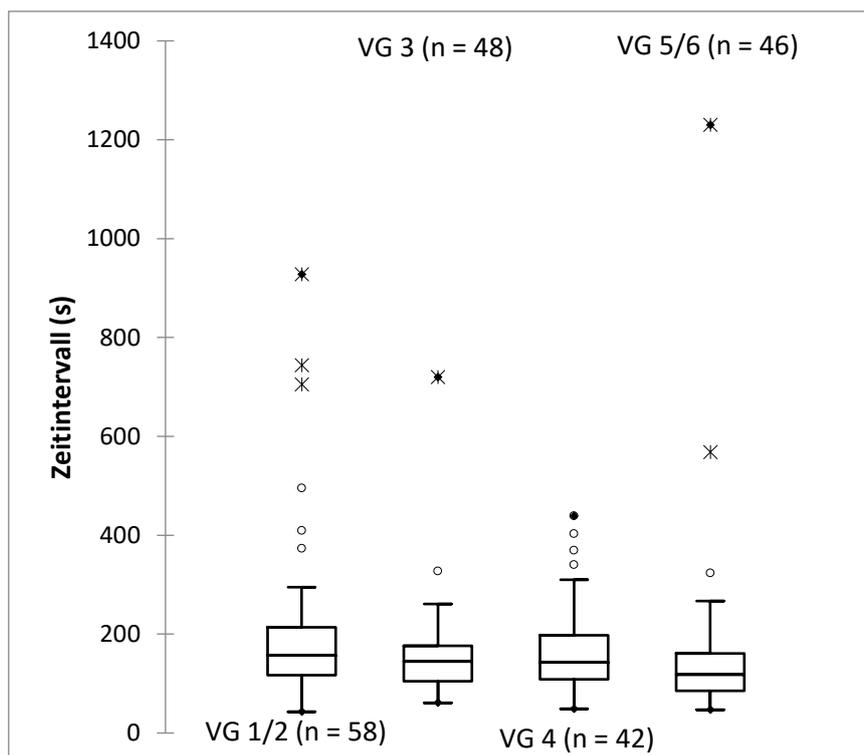
**Tab. 13:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zur letzten Bewegung der Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen (VG) in Sekunden (n = 194)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	VG 6
<b>Gewichtsklasse (kg)</b>	<1,30	1,30 - 1,99	2,00 - 4,99	5,00 - 9,99	10,00 - 19,99	20,00 - >30,00
<b>n</b>	42	16	48	42	31	15
<b>Median (s)</b>	157,00	154,50	144,50	143,00	114,00	143,00
<b>Mittlerer 50%-Bereich (s)</b>	112,50 - 214,00	135,50 - 189,50	104,75 - 176,50	108,50 - 198,00	87,00 - 155,00	83,00 - 247,00
<b>Min - Max (s)</b>	43 - 744	88 - 928	61 - 720	49 - 439	47 - 568	56 - 1230

Die Zeit bis zur letzten Bewegung war bei den Ferkeln der Versuchsgruppe 1 mit einem Median von 157 Sekunden am längsten. Die größte Streuung trat bei den Tieren der Versuchsgruppe 6 auf, allerdings konnten in dieser Gruppe auch nur 15 Tiere untersucht werden.

Für den Kruskal-Wallis-Test wurden erneut die Versuchsgruppen 1 und 2 bzw. 5 und 6 aufgrund der geringen Tierzahlen in den Gruppen 2 und 6 zusammengelegt.

Abbildung 42 gibt eine Übersicht über die Zeitintervalle bis zur letzten Bewegung in den einzelnen Versuchsgruppen.



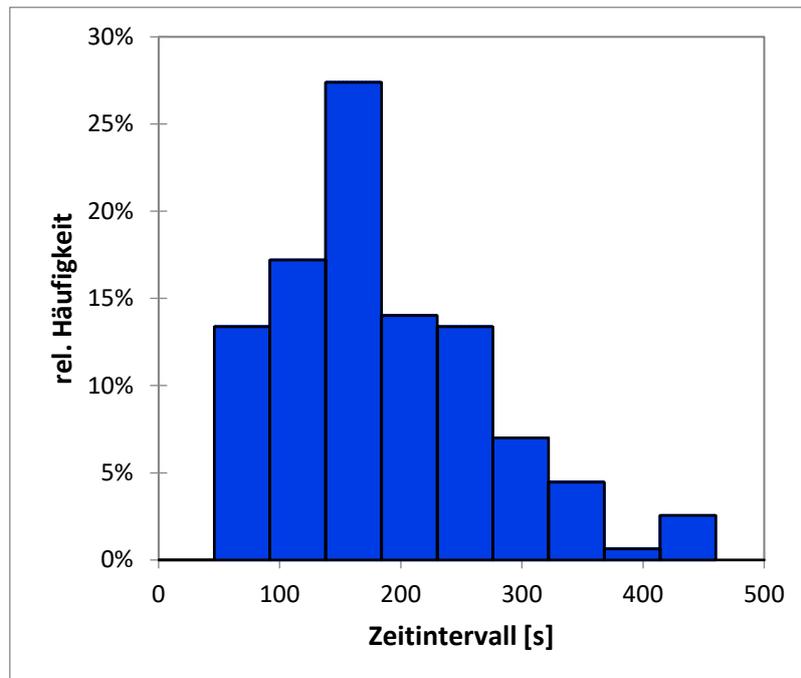
**Abb. 42:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zur letzten Bewegung der Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen (VG) in Sekunden (VG 1/2: 0,48-1,99 kg; VG 3: 2,00-4,99 kg; VG 4: 5,00-9,99 kg; VG 5/6: 10,00-39,00 kg; n = 194)

Der Test ergab, dass die Bewegungsdauer nach dem Schuss in den einzelnen Versuchsgruppen ähnlich lang war ( $p = 0,065$ ).

#### 4.2.6.2 Zeit bis zur finalen Pupillendilatation

Das Zeitintervall bis zur finalen Dilatation der Pupille konnte lediglich für 157 der 198 getöteten Ferkel erhoben werden, da dieser Untersuchungsparameter erst ab dem dritten Untersuchungstermin regulär bestimmt wurde. Er betrug im Median über alle Versuchsgruppen 175 Sekunden (25%-Wert: 133,5 s; 75%-Wert: 236 s; Minimum: 57 s; Maximum: 459 s).

In Abbildung 43 ist die Verteilung der Zeitintervalle zwischen dem Schuss und der finalen Dilatation der Pupille aller Ferkel dargestellt.



**Abb. 43:** Verteilung der Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zur finalen Pupillendilatation der Ferkel (n = 157)

Bei den meisten Ferkeln (77,7 %) war die Pupille bis zur vierten Minute nach dem Schuss final dilatiert.

##### 4.2.6.2.1 Kovarianzanalyse für die Zeit bis zur finalen Pupillendilatation

Mit Hilfe einer Kovarianzanalyse (ANCOVA) wurde der Einfluss der Variablen „Gewicht“, „Allgemeinbefinden der Ferkel“ sowie „Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates“ auf die Zeit bis zur finalen Pupillendilatation nach dem Schuss untersucht.

Die ANCOVA ergab, dass lediglich 6 % der Variabilität der Zeit bis zur finalen Pupillendilatation durch die drei untersuchten Parameter erklärt werden konnten. Es ergab sich ein vergleichbares Bild wie bei der Kovarianzanalyse für die Bewegungsdauer nach dem Schuss: Ein Ansatz des Schussapparates ohne Abweichung führte zu einem statistisch signifikant kürzeren Zeitintervall bis zur finalen Pupillendilatation als ein abweichender Ansatz ( $p = 0,016$ ). Die anderen beiden Variablen „Gewicht“ und „Allgemeinbefinden“ hatten keinen statistisch signifikanten Einfluss ( $p = 0,424$  bzw.  $p = 0,274$ ). Die vorliegende Untersuchung ließ keinen Rückschluss auf die Faktoren zu, die offenbar 94 % der Variabilität der Zeit bis zur finalen Pupillendilatation ausmachten.

#### 4.2.6.2.2 Zeit bis zur finalen Pupillendilatation nach Versuchsgruppe

In Tabelle 14 sind die Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zur finalen Pupillendilatation in den einzelnen Versuchsgruppen zusammengefasst.

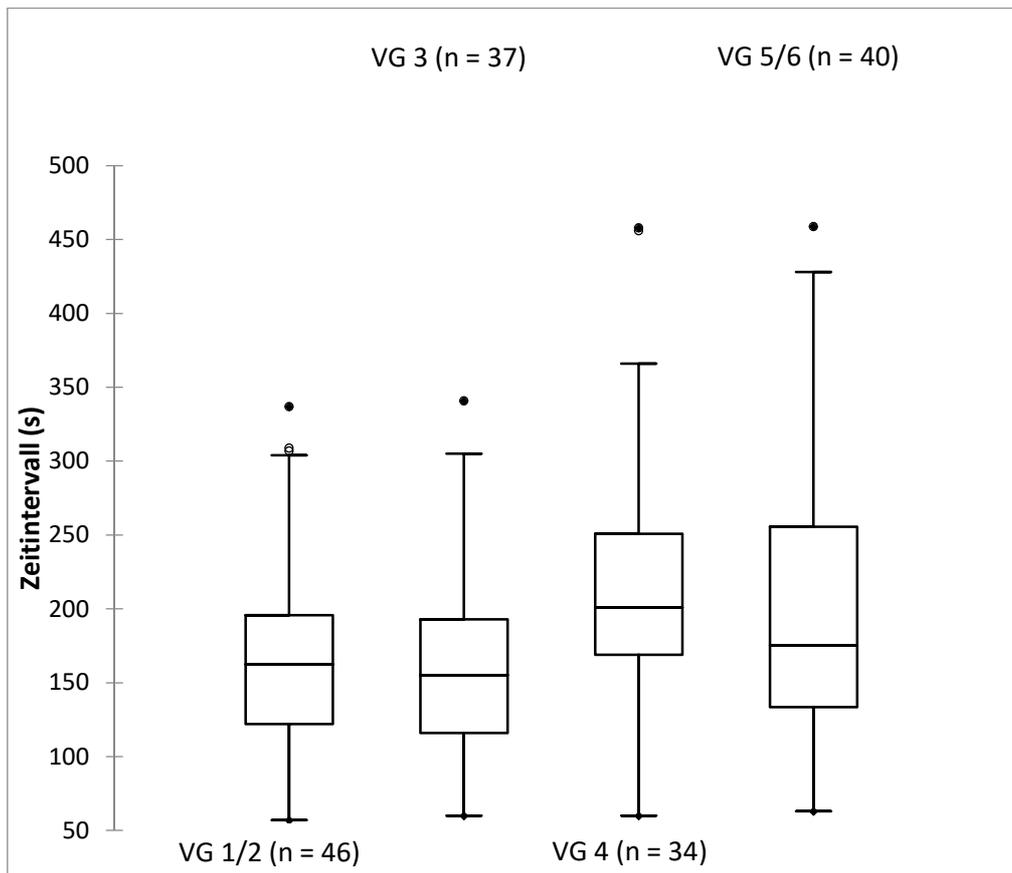
**Tab. 14:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zur finalen Pupillendilatation der Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen in Sekunden (VG) (n = 157)

	<b>VG 1</b>	<b>VG 2</b>	<b>VG 3</b>	<b>VG 4</b>	<b>VG 5</b>	<b>VG 6</b>
<b>Gewichts- klasse (kg)</b>	<1,30	1,30 - 1,99	2,00 - 4,99	5,00 - 9,99	10,00 - 19,99	20,00 - >30,00
<b>n</b>	32	14	37	34	28	12
<b>Median (s)</b>	162,50	166,00	155,00	201,00	190,00	148,50
<b>Mittlerer 50%- Bereich (s)</b>	128,00 - 185,50	121,25 - 204,00	116,00 - 193,00	169,00 - 250,75	144,00 - 298,75	107,50 - 188,00
<b>Min - Max (s)</b>	57 - 309	89 - 337	60 - 341	60 - 458	63 - 459	64 - 263

Das Zeitintervall bis zur finalen Pupillendilatation war bei den Ferkeln der Versuchsgruppen 4 und 5 mit einem Median von 201 bzw. 190 Sekunden und einem Maximalwert von 458 bzw. 459 Sekunden am längsten. Die größte Streuung trat bei den Tieren der Versuchsgruppe 5 auf.

Wegen der geringen Tierzahlen in den Versuchsgruppen 2 und 6 wurden für den Kruskal-Wallis-Test wiederum die kombinierten Versuchsgruppen 1/2 und 5/6 gebildet. Der Test ergab einen statistisch signifikanten Unterschied der Zeitintervalle bis zur finalen Pupillendilatation zwischen den Versuchsgruppen ( $p = 0,013$ ).

Abbildung 44 (auf S. 62) stellt die Zeitintervalle bis zur finalen Pupillendilatation in den einzelnen Versuchsgruppen als Boxplots dar.



**Abb. 44:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zur finalen Pupillendilatation der Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen (VG) in Sekunden (VG 1/2: 0,48-1,99 kg; VG 3: 2,00-4,99 kg; VG 4: 5,00-9,99 kg; VG 5/6: 10,00-39,00 kg)

Der Kruskal-Wallis-Test ergab, dass es bei den Tieren der Versuchsgruppe 4 statistisch signifikant länger bis zur finalen Pupillendilatation dauerte als bei den Tieren der Versuchsgruppe 1/2 ( $p = 0,006^5$ ). Ein vergleichbarer Unterschied ergab sich zwischen Versuchsgruppe 3 und 4 ( $p = 0,004^3$ ). Insgesamt ließ sich aber weder ein Trend hin zu einer Verlängerung der Zeitintervalle mit steigender Versuchsgruppe feststellen noch das Gegenteil.

#### 4.2.6.3 Herzschlagdauer

Das Zeitintervall bis zum Sistieren des Herzschlages wurde sowohl per Stethoskop als auch per EKG ermittelt.

Beim ersten Untersuchungstermin wurde das Sistieren des Herzschlages zunächst nur per Stethoskop festgestellt. Beim zweiten, dritten und vierten Untersuchungstermin wurde es ausschließlich per EKG diagnostiziert. Erst ab dem fünften Untersuchungstermin wurden beide Methoden parallel eingesetzt. Das Zeitintervall bis zum Sistieren des Herzschlages gemessen ab dem Moment des Schusses konnte somit für 139 Ferkel per Stethoskop und für 168 Ferkel per EKG ermittelt werden. Bei 112 Tieren konnten Daten sowohl per Stethoskop als auch per EKG erhoben werden.

Die maximale Untersuchungszeit nach dem Schuss betrug zehn Minuten. Bei allen Ferkeln, die nach Ablauf dieser Zeit noch Bewegungen zeigten oder bei denen noch ein Herzschlag auskultierbar war, sollte ein Gehirn-/Rückenmarkzerstörer angewendet und das Tier im Anschluss weiter beobachtet

<sup>5</sup> bei einem Bonferroni-korrigierten Signifikanzniveau von 0,0083

werden. Bei drei der 139 Ferkel (2,2 %) war der Herzschlag auch mehr als zehn Minuten nach dem Schuss noch auskultierbar. Davon wurde nur bei einem Ferkel der Gehirn-/Rückenmarkzerstörer angewendet. Das zweite Ferkel sollte im Anschluss an die Tötung pathologisch untersucht werden, so dass auf die Anwendung verzichtet wurde (siehe Kap. 4.2.7.6). Bei dem dritten Ferkel waren nur noch vereinzelte, schwache Herzschläge per Stethoskop detektierbar und es wurde unmittelbar nach Ablauf der zehnminütigen Untersuchungszeit kurzzeitig eine isoelektrische Linie im EKG festgestellt, die sich dann zu völlig unkoordinierten Ausschlägen wechselnder Frequenz entwickelte. Aus diesem Grund wurde auch hier auf die Anwendung des Gehirn-/Rückenmarkzerstörers verzichtet und das Tier lediglich weiter beobachtet.

Bei der statistischen Betrachtung der Zeitintervalle bis zum Sistieren des Herzschlages wurde das Ferkel, bei dem ein Gehirn-/Rückenmarkzerstörer eingesetzt wurde, mit betrachtet.

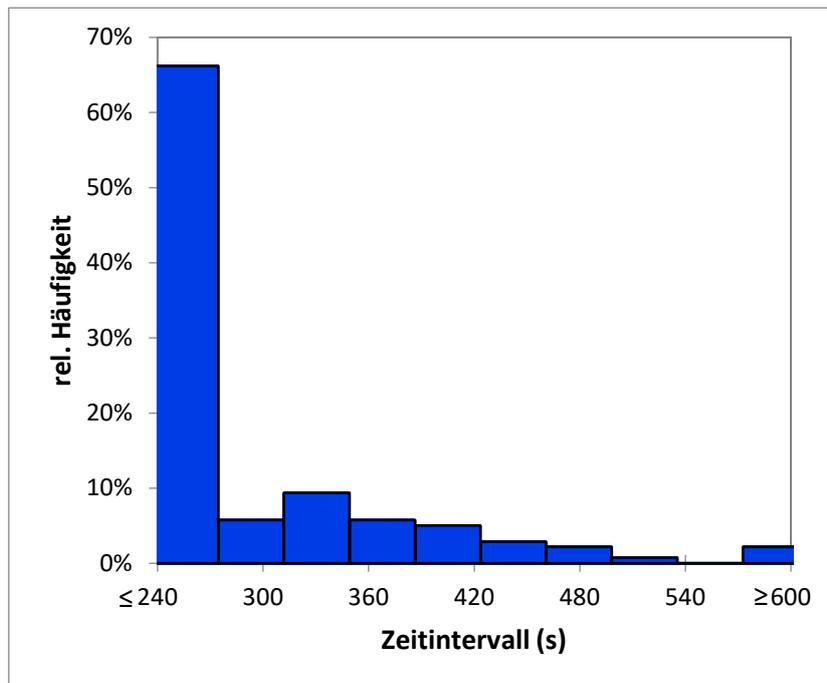
Aufgrund des Versuchsaufbaus fand die erste Auskultation der Ferkel erst 240 Sekunden nach dem Schuss statt. Bei vielen Ferkeln war dann bereits kein Herzschlag mehr detektierbar. Der Zeitpunkt des Sistierens konnte daher per Stethoskop nur genau ermittelt werden, wenn er später als 240 Sekunden nach dem Schuss stattfand.

Das EKG wurde so schnell wie möglich nach dem Schuss angeschlossen. Wenn dennoch aus technischen Gründen keine Daten übermittelt wurden, wurde das betreffende Ferkel aus der statistischen Analyse zum Herzschlag ausgeschlossen. Nach Ablauf der Untersuchungszeit wurde die EKG-Aufzeichnung gestoppt und eine eventuell noch vorhandene Herzstromkurve anhand der Parameter „Herzfrequenz“ sowie „Ähnlichkeit mit physiologischer Herzstromkurve“ beschrieben.

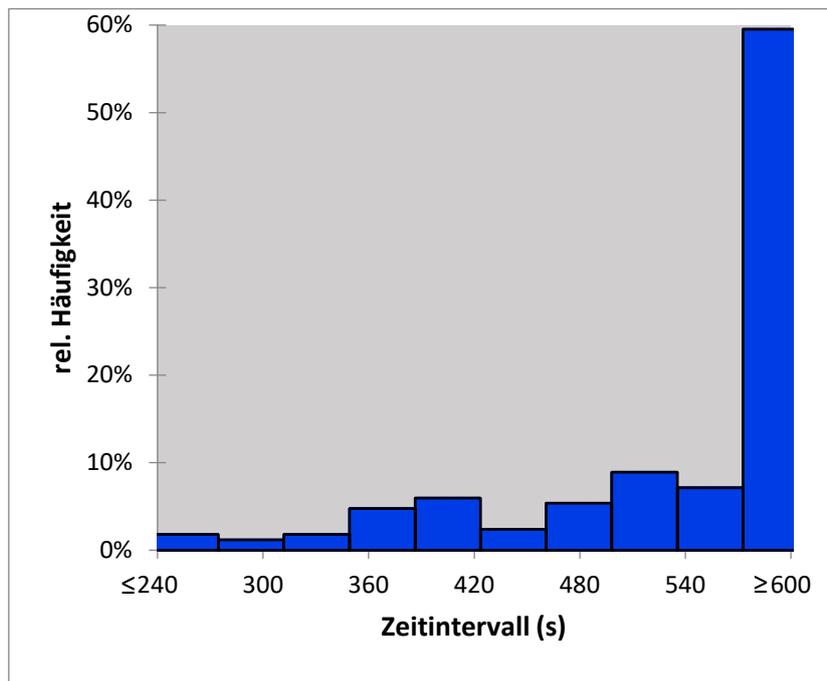
Das Zeitintervall bis zum Sistieren des Herzschlages erhoben per Stethoskop betrug in 88 Fällen (63,3 %) weniger als 240 Sekunden. In drei Fällen (2,2 %) war es länger als 600 Sekunden.

Bei der Erhebung des Herzschlages per EKG wurde das Sistieren in vier Fällen (2,4 %) vor der vierten Minute nach dem Schuss sowie in 94 Fällen (56,0 %) nach der zehnten Minute festgestellt.

In Abbildung 45 und 46 (auf S. 64) sind die Verteilungen der Zeitintervalle zwischen Schuss und Sistieren des Herzschlages diagnostiziert per Stethoskop und per EKG dargestellt.



**Abb. 45:** Zeitintervall bis zum Sistieren des Herzschlages (diagnostiziert per Stethoskop) gemessen ab dem Moment des Schusses (n = 139) (Hinweis: Die erste Säule umfasst auch alle Werte unter 240 Sekunden, die nicht genauer ermittelt werden konnten; Gleiches gilt für die letzte Säule und alle Werte über 600 Sekunden.)



**Abb. 46:** Zeitintervall bis zum Sistieren des Herzschlages (diagnostiziert per EKG) gemessen ab dem Moment des Schusses (n = 168) (Hinweis: Die erste Säule umfasst auch alle Werte unter 240 Sekunden, die nicht genauer ermittelt werden konnten; Gleiches gilt für die letzte Säule und alle Werte über 600 Sekunden.)

Während mit dem Stethoskop bei den meisten Ferkeln (63,3 %) schon vier Minuten nach dem Schuss kein Herzschlag mehr feststellbar war (Abb. 45), ließ sich eine elektrische Aktivität am Herzen bei über der Hälfte der untersuchten Ferkel (56,5 %) per EKG länger als zehn Minuten nachweisen (Abb. 46).

#### 4.2.6.3.1 Herzschlagdauer erhoben per Stethoskop nach Versuchsgruppe

Im Folgenden wurde untersucht, wie sich die per Stethoskop erhobene Herzschlagdauer der Ferkel in den einzelnen Versuchsgruppen darstellte.

In Tabelle 15 sind die Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zum Sistieren des Herzschlages erhoben per Stethoskop für die einzelnen Versuchsgruppen zusammengefasst.

**Tab. 15:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zum Sistieren des Herzschlages der Ferkel erhoben per Stethoskop in den einzelnen Versuchsgruppen (VG) (n = 139)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	VG 6
<b>Gewichtsklassen (kg)</b>	<1,30	1,30 - 1,99	2,00 - 4,99	5,00 - 9,99	10,00 - 19,99	20,00 - >30,00
<b>n</b>	22	5	40	29	29	14
<b>n &lt;240 s</b>	21 (95,5%)	3 (60,0%)	17 (42,5%)	11 (37,9%)	24 (82,8%)	12 (85,7%)
<b>n &gt;600 s</b>	1 (4,5%)	0	1 (2,5%)	0	0	1 (7,1%)
<b>Median (s)</b>	<240	<240	274	298	<240	<240
<b>Mittlerer 50%-Bereich (s)</b>	<240,0 - <240,0	<240,0 - 314,0	<240,0 - 364,5	<240,0 - 342,0	<240,0 - <240,0	<240,0 - <240,0
<b>Min - Max (s)</b>	<240 - >600	<240 - 392	<240 - >600	<240 - 474	<240 - 495	<240 - >600

Es zeigte sich, dass der Anteil an Ferkeln, bei denen bereits innerhalb der ersten vier Minuten nach dem Schuss kein Herzschlag mehr auskultierbar war, in den einzelnen Versuchsgruppen sehr uneinheitlich war. Während in den Versuchsgruppen 1, 5 und 6 jeweils über 80 % der Tiere betroffen waren, machten diese Tiere in den Gruppen 3 und 4 deutlich weniger als die Hälfte aus. Es gab somit offenbar keine steigende oder fallende Tendenz für die Herzschlagdauer mit steigendem Gewicht.

Ein mehr als zehn Minuten nach dem Schuss noch auskultierbarer Herzschlag kam bei jeweils einem Ferkel in Versuchsgruppe 1, 3 und 6 vor und ließ somit ebenfalls keine gewichtsabhängige Tendenz erkennen.

#### 4.2.6.3.2 Herzschlagdauer erhoben per EKG nach Versuchsgruppe

Tabelle 16 (auf S. 66) gibt eine Übersicht darüber, bis zu welchem Zeitpunkt nach dem Schuss sich der Herzschlag per EKG in den einzelnen Versuchsgruppen feststellen ließ.

**Tab. 16:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zum Sistieren des Herzschlages der Ferkel ermittelt per EKG in den einzelnen Versuchsgruppen (VG) (n = 168)

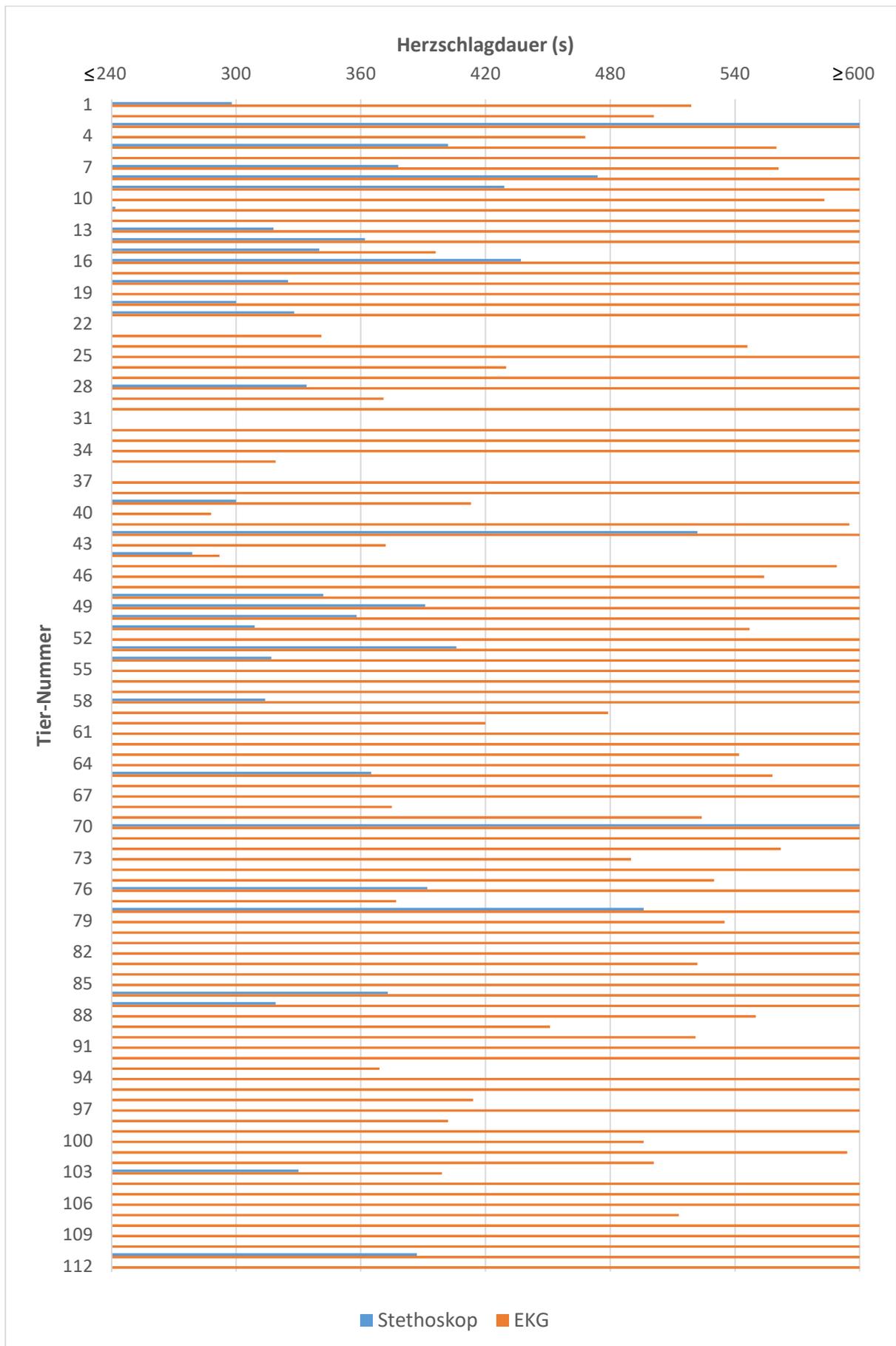
	<b>VG 1</b>	<b>VG 2</b>	<b>VG 3</b>	<b>VG 4</b>	<b>VG 5</b>	<b>VG 6</b>
<b>Gewichtsklassen (kg)</b>	<1,30	1,30 - 1,99	2,00 - 4,99	5,00 - 9,99	10,00 - 19,99	20,00 - >30,00
<b>n</b>	37	16	40	36	28	11
<b>n &lt;240 s</b>	3 (8,1%)	0	1 (2,5%)	0	0	0
<b>n &gt;600 s</b>	18 (48,6%)	11 (68,8%)	18 (45,0%)	25 (69,4%)	18 (64,3%)	4 (36,4%)
<b>Median (s)</b>	565	>600	557	>600	>600	550
<b>Mittlerer 50%-Bereich (s)</b>	462,00 - >600,00	577,25 - >600,00	408,75 - >600,00	577,50 - >600,00	548,75 - >600,00	476,00 - >600,00
<b>Min - Max (s)</b>	<240 - >600	438 - >600	<240 - >600	288 - >600	369 - >600	402 - >600

In allen Versuchsgruppen gab es Ferkel, bei denen der Herzschlag per EKG mehr als zehn Minuten nach dem Schuss noch nachgewiesen werden konnte. Der Anteil lag zwischen ca. einem Drittel der Tiere in Versuchsgruppe 6 bis hin zu teilweise mehr als zwei Dritteln in den Versuchsgruppen 2, 4 und 5. Ferkel, bei denen sich vier Minuten nach dem Schuss bereits kein Herzschlag per EKG mehr ermitteln ließ, gab es nur in Versuchsgruppe 1 und 3. Auch für die Erhebung per EKG gab es für die Herzschlagdauer keine steigende oder fallende Tendenz mit steigendem Tiergewicht.

#### 4.2.6.3.3 Einzeltiervergleich für die Herzschlagdauer erhoben per Stethoskop und per EKG

Für 112 Ferkel konnte sowohl die Herzschlagdauer per Stethoskop als auch per EKG ermittelt werden. Abbildung 47 (auf S. 67) gibt eine Übersicht über diese Zeitintervalle im Vergleich.

Per EKG ließ sich der Herzschlag immer mindestens genauso lange nachweisen wie mit dem Stethoskop. In über einem Drittel der Fälle (n = 41) ließ sich beim selben Tier 240 Sekunden nach dem Schuss kein Herzschlag mehr per Stethoskop feststellen, das EKG zeigte jedoch auch mehr als 600 Sekunden nach dem Schuss noch eine Herzaktivität an. Für die übrigen 71 Ferkel ließ sich der Herzschlag per EKG im Median 300 Sekunden länger nachweisen als mit dem Stethoskop (25%-Wert: 208,5 s; 75%-Wert: 493,0 s; Minimum: 0,0 s; Maximum: 595,0 s). Für drei Ferkel (Nummer 22, 31 und 36 in Abb. 47) war der Herzschlag spätestens 240 Sekunden nach dem Schuss sowohl per Stethoskop als auch per EKG nicht mehr feststellbar.



**Abb. 47:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zum Sistieren des Herzschlages der Ferkel diagnostiziert per Stethoskop und per EKG im Vergleich (n = 112)

#### 4.2.6.3.4 Herzschlagdauer ermittelt per Stethoskop in Abhängigkeit von der Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates

Es fällt auf, dass bei den Ferkeln, bei denen die Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates mit „gut“ bewertet wurde, der Anteil an Tieren mit einem Sistieren des Herzschlages bis zur vierten Minute nach dem Schuss mit fast 70 % deutlich höher ist als bei den anderen mit etwas über 40 % (siehe Tab. 17). Zudem ist der Median der Zeitintervalle bis zum Sistieren des Herzschlages in dieser Gruppe mit weniger als 240 Sekunden geringer und auch der mittlere 50%-Bereich liegt tiefer als in der Vergleichsgruppe.

**Tab. 17:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zum Sistieren des Herzschlages der Ferkel ermittelt per Stethoskop und in Abhängigkeit von der Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates (n = 135)

	<b>Ansatz „gut“</b>	<b>Ansatz „mit Abweichung“</b>
<b>n</b>	106	29
<b>n &lt;240 s</b>	74 (69,8%)	12 (41,4%)
<b>n &gt;600 s</b>	2 (1,9%)	1 (3,4%)
<b>Median (s)</b>	<240	314
<b>Mittlerer 50%-Bereich (s)</b>	<240 - 282	<240 - 362
<b>Min - Max (s)</b>	<240 - >600	<240 - >600

#### 4.2.6.3.5 Herzschlagdauer ermittelt per EKG in Abhängigkeit von der Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates

Bei der Ermittlung der Herzschlagdauer per EKG wird kein großer Unterschied zwischen einem guten Ansatz des Bolzenschussgerätes und einem Ansatz mit Abweichung deutlich (siehe Tab. 18). In beiden Fällen beträgt der Anteil an Ferkeln, bei denen sich mehr als zehn Minuten nach dem Schuss noch ein Herzschlag diagnostizieren ließ, über 50 %. Auch die beiden Medianwerte und die Lage der mittleren 50%-Bereiche unterscheiden sich nicht bzw. kaum voneinander.

**Tabelle 18:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zum Sistieren des Herzschlages der Ferkel ermittelt per EKG und in Abhängigkeit von der Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates (n = 158)

	<b>Ansatz „gut“</b>	<b>Ansatz „mit Abweichung“</b>
<b>n</b>	124	34
<b>n &lt;240 s</b>	3 (2,4%)	1 (2,9%)
<b>n &gt;600 s</b>	67 (54,0%)	22 (64,7%)
<b>Median (s)</b>	>600	>600
<b>Mittlerer 50%-Bereich (s)</b>	500,75 - >600,00	531,75 - >600
<b>Min - Max (s)</b>	<240 - >600	<240 - >600

#### 4.2.6.3.6 Herzschlagdauer ermittelt per Stethoskop in Abhängigkeit vom Allgemeinbefinden der Ferkel

Bei den Ferkeln mit einem stark beeinträchtigten Allgemeinbefinden war der Herzschlag im Allgemeinen kürzer auskultierbar als bei den Ferkeln mit einer nur mäßigen Beeinträchtigung des

Allgemeinbefindens (siehe Tab. 19). So betrug der Anteil an Ferkeln, deren Herzschlag sich vier Minuten nach Schuss nicht mehr nachweisen ließ, in dieser Gruppe fast 80 % gegenüber fast 60 % in der Vergleichsgruppe.

**Tab. 19:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zum Sistieren des Herzschlages der Ferkel ermittelt per Stethoskop und in Abhängigkeit vom Allgemeinbefinden der Ferkel (n = 139)

	<b>Allgemeinbefinden mäßig beeinträchtigt</b>	<b>Allgemeinbefinden stark beeinträchtigt</b>
<b>n</b>	103	36
<b>n &lt;240 s</b>	60 (58,3%)	28 (77,8%)
<b>n &gt;600 s</b>	2 (1,9%)	1 (2,8%)
<b>Median (s)</b>	<240	<240
<b>Mittlerer 50%-Bereich (s)</b>	<240 - 329	<240 - <240
<b>Min - Max (s)</b>	<240 - >600	<240 - >600

#### 4.2.6.3.7 Herzschlagdauer ermittelt per EKG in Abhängigkeit vom Allgemeinbefinden der Ferkel

Bei der Ermittlung der Herzschlagdauer per EKG unter Berücksichtigung des Allgemeinbefindens der Ferkel ist das Bild nicht so deutlich wie bei den mit dem Stethoskop erhobenen Werten (siehe Tab. 20). In der Gruppe der stark beeinträchtigten Ferkel war zwar bei fast 10 % der Tiere vier Minuten nach dem Schuss kein Herzschlag mehr feststellbar (gegenüber keinem Tier in der Vergleichsgruppe). Der Anteil an Tieren, bei denen der Herzschlag erst mehr als zehn Minuten nach dem Schuss sistierte, ist jedoch in beiden Gruppen vergleichbar.

**Tab. 20:** Zeitintervalle gemessen ab dem Moment des Schusses bis zum Sistieren des Herzschlages der Ferkel ermittelt per EKG und in Abhängigkeit vom Allgemeinbefinden der Ferkel (n = 168)

	<b>Allgemeinbefinden mäßig beeinträchtigt</b>	<b>Allgemeinbefinden stark beeinträchtigt</b>
<b>n</b>	125	43
<b>n &lt;240 s</b>	0	4 (9,3%)
<b>n &gt;600 s</b>	69 (55,2%)	25 (58,1%)
<b>Median (s)</b>	>600	>600
<b>Mittlerer 50%-Bereich (s)</b>	501,0 - >600,0	484,5 - >600
<b>Min - Max (s)</b>	288 - >600	<240 - >600

#### 4.2.6.3.8 Herzfrequenz am Ende der EKG-Aufzeichnung

Im Verlauf der zehnminütigen Untersuchungszeit waren die folgenden zwei Muster bei der Entwicklung der EKG-Werte zu beobachten: Entweder nahm die Herzfrequenz im Verlauf der Untersuchungszeit stufenweise und stetig ab und verharrte dabei immer eine gewisse Zeit bei einem fixen Wert, bevor sie sich weiter verringerte. Oder es waren schnelle Wechsel der Herzfrequenz zwischen unterschiedlichen Werten feststellbar, so dass sich kein fixer Wert für die Frequenz festlegen ließ.

Bei 66,7 % der Ferkel (n = 54) ließ sich jeweils ein einzelner Wert für die Herzfrequenz am Ende der Untersuchungszeit bestimmen. Für diese Ferkel lag der Median der Herzfrequenz bei 40 Schlägen pro Minute (25%-Wert: 28 bpm; 75%-Wert: 53 bpm; Minimum: 20 bpm; Maximum: 119 bpm).

Für 33,3 % der Ferkel ( $n = 27$ ) konnte nur ein Bereich, innerhalb dessen die Werte für die Herzfrequenz schwankten, bestimmt werden. Hier schwankten die Werte für die Herzfrequenz in 25,9 % der Fälle ( $n = 7$ ) zwischen 200 und 300 Schlägen pro Minute. In 33,3 % der Fälle ( $n = 9$ ) konnten sogar Werte über 300 Schläge pro Minute verzeichnet werden.

#### 4.2.6.3.9 Herzstromkurve am Ende der EKG-Aufzeichnung

Bei der grobvisuellen Bewertung der Herzstromkurve am Ende der zehnminütigen Untersuchungszeit wurde geprüft, ob die auf dem EKG angezeigte Kurve noch Ähnlichkeit mit einer physiologischen Herzstromkurve hatte.

In 53,1 % der Fälle ( $n = 34$ ) konnte noch eine Ähnlichkeit mit der physiologischen Herzstromkurve beim Ferkel festgestellt werden (siehe Abb. 48). Bei den übrigen 46,9 % ( $n = 30$ ) war diese Ähnlichkeit nicht mehr feststellbar (siehe Abb. 49 auf S. 71). Dies zeigte sich zumeist als isoelektrische Linie, die die Position wechselte, oder als völlig unkoordinierte Ausschläge im EKG.



**Abb. 48:** Beispiel für eine Herzstromkurve bewertet mit „Ähnlichkeit mit physiologischer Herzstromkurve“ bei einer angezeigten Herzfrequenz von 90 Schlägen pro Minute (Ableitengeschwindigkeit 50 mm/s)



**Abb. 49:** Beispiel für eine Herzstromkurve bewertet mit „Keine Ähnlichkeit mit physiologischer Herzstromkurve“ bei einer angezeigten Herzfrequenz von 53 Schlägen pro Minute (Ableitengeschwindigkeit 50 mm/s)

#### 4.2.7 Pathologische Untersuchung

Im Rahmen der Hauptuntersuchung wurden 16 Ferkel in der Pathologie des LALLF M-V im Hinblick darauf pathologisch untersucht, ob das Stammhirn durch den Schussbolzen zerstört oder beschädigt worden war. Die Aufteilung der untersuchten Tiere auf die Versuchsgruppen zeigt Tabelle 21.

**Tab. 21:** Anzahl der im Rahmen der Hauptuntersuchung pathologisch untersuchten Ferkel nach Versuchsgruppe (VG)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	VG 6	Gesamt
<b>Gewichtsklasse (kg)</b>	<1,30 kg	1,30-1,99 kg	2,00-4,99 kg	5,00-9,99 kg	10,00-19,99 kg	20,00->30,00 kg	
<b>Anzahl patholog. untersucht</b>	5	2	3	1	3	2	<b>16</b>

##### 4.2.7.1 Schussposition

Die Position des Schussloches befand sich bei allen untersuchten Ferkeln mindestens 1 cm und maximal 3,5 cm oberhalb der Augen. Je größer das Gewicht der Tiere war, desto weiter oberhalb der Augenhöhe lag die Schussposition. So wurden Ferkel der VG 1 ca. 1 cm oberhalb der Augen geschossen, während der Ansatz des Schussapparates bei den Ferkeln der VG 6 ca. 3 bis 3,5 cm oberhalb der Augen erfolgte. Dies entsprach der angestrebten Schussposition. Bei allen Ferkeln bis auf eines wurde die Schussposition in der Medianen lokalisiert. Bei einem Ferkel aus der VG 5 befand sich die Schussposition etwas rechts der Medianen. Dies hatte jedoch keinen Einfluss auf das Ausmaß der Beschädigung des Stammhirns (siehe Kap. 4.2.7.4).

#### 4.2.7.2 Verlauf des Schusskanals

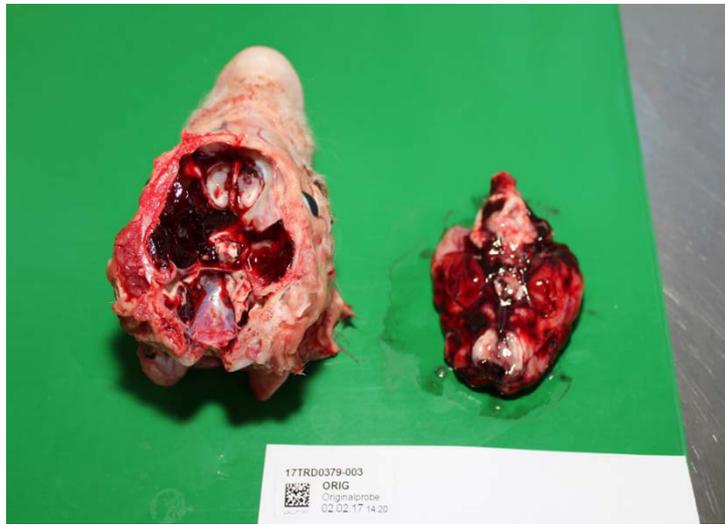
Der Schusskanal begann bei allen untersuchten Tieren auf Höhe des Großhirns, und zwar bei elf Tieren am caudalen Ende der rostralen Hälfte und bei den übrigen fünf Tieren am caudalen Ende des rostralen Drittels des Großhirns. Hier konnten keine Unterschiede im Verlauf zwischen den Versuchsgruppen festgestellt werden. Bei 15 der 16 untersuchten Ferkel verlief der Schusskanal zwischen beiden Großhirnhemisphären in kaudoventraler Richtung. Bei dem Ferkel aus der VG 5 mit der nach rechts von der Medianen abweichenden Schussposition verlief der Schusskanal in der rechten Großhirnhemisphäre in kaudoventraler Richtung. Die Schädelbasis war bei 13 der 16 Ferkel durch den Schussbolzen perforiert worden. Die drei Ferkel, bei denen die Schädelbasis intakt blieb, wogen zwischen 1,65 und 3,25 Kilogramm.



**Abb. 50:** Gehirnlängsschnitt eines 750 g schweren Ferkels nach Formalinfixierung; der Schusskanal verläuft zwischen den beiden Großhirnhemisphären beginnend etwa am Ende der kranialen Hälfte des Großhirnes in kaudoventraler Richtung und führt zur Schädigung des kranialen Stammhirns

#### 4.2.7.3 Blutungen

Bei allen Ferkeln konnten mäßig bis stark ausgeprägte periostale Blutungen an den Rändern des Schussloches festgestellt werden. Bei acht Ferkeln der VG 2 bis 4 zeigten sich hier zudem umfangreiche Unterhautblutungen. Alle Ferkel wiesen hochgradig ausgeprägte leptomeningeale Blutungen mit zum Teil unterschiedlicher Lokalisation auf: Bei den fünf Ferkeln der VG 1 waren die Blutungen sowohl ventral als auch dorsal vorhanden, allerdings ventral mit deutlich stärkerer Ausprägung. Bei den Ferkeln der VG 5 und 6 befanden sich die Blutungen vor allem am Übergang vom Großhirn zum Kleinhirn.



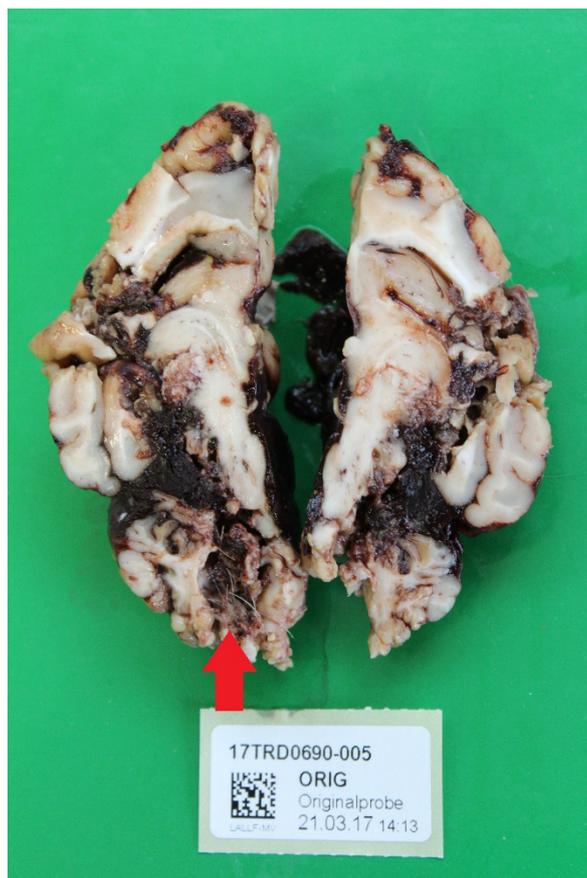
**Abb. 51:** Schädel und Gehirn eines 3,25 kg schweren Ferkels mit hochgradig ausgeprägten leptomeningealen Blutungen

#### 4.2.7.4 Beschädigung des Stammhirns

Bei allen 16 untersuchten Ferkeln war das Stammhirn in unterschiedlichem Umfang beschädigt. Bei den Tieren der VG 1, 2 und 3 waren kraniale Teile des Stammhirns geschädigt. Bei dem Ferkel aus VG 4 wurde die Zerstörung von großen Teilen des Stammhirns festgestellt. Die Schädigung wurde bei den Tieren aus VG 5 und 6 etwa auf Höhe der Brücke lokalisiert. Bei 13 der 16 untersuchten Ferkel fanden sich zudem im Bereich des Stammhirns Haare und teilweise Knochenfragmente. Tabelle 22 stellt die Lokalisation und die Art der Gewebe, welche im Bereich des Stammhirns bei den Ferkeln gefunden wurden, dar.

**Tab. 22:** Übersicht über die Lokalisation und die Art der Gewebe, welche im Bereich des Stammhirns gefunden wurden

Ferkel Nr. (VG)	Lokalisation	Gewebeart
1 (1)	ventrales Stammhirn	Haare
2 (1)	ventrales Stammhirn	Haare
3 (2)	Bereich Brücke	Haut mit Haaren, Knochensplitter
4 (3)	Bereich Brücke	Haut mit Haaren, Knochensplitter
5 (3)	Bereich Brücke	Haut mit Haaren, Knochensplitter
6 (2)	Bereich Brücke	Haut mit Haaren, Knochensplitter
7 (3)	Bereich Brücke	Haut mit Haaren, Knochensplitter
8 (5)	Bereich Brücke	Haare
9 (5)	Bereich Brücke	Haare
10 (5)	Bereich Brücke	Haare
11 (6)	Bereich Brücke	Haare
12 (6)	Bereich Brücke	Haare
13 (4)	Bereich Stammhirn	Haare, Knochensplitter



**Abb. 52:** Gehirnlängsschnitt eines 39 kg schweren Ferkels nach Formalinfixierung; der Schusskanal verläuft zwischen rechter und linker Großhirnhemisphäre in der Großhirnmitte in kaudoventraler Richtung und durchdringt das Stammhirn ca. auf Höhe der Brücke, hier finden sich Haare am Ende des Schusskanals (markiert mit rotem Pfeil)

#### **4.2.7.5 Weitere Befunde**

Ein Austritt von Gehirnmasse und/oder Blut aus dem Schussloch konnte bei 15 Ferkeln beobachtet werden. Bei allen zehn Ferkeln der VG 1 bis 3 waren die Schädeluturen gerissen und bei allen fünf Ferkeln der VG 2 und 3 kam es zu hochgradigen Parenchymverletzungen im Großhirn.

#### **4.2.7.6 Befunde zu den Ferkeln mit langer Bewegungsdauer/langem Herzschlag**

Im Zuge der Hauptuntersuchung wurden bei einzelnen Ferkeln auch mehr als zehn Minuten nach dem Schuss noch Bewegungen festgestellt und/oder es war am Ende der Untersuchungszeit noch ein Herzschlag auskultierbar. Bei diesen Tieren wurde daraufhin ein Gehirn-/Rückenmarkzerstörer zur Absicherung der Tötung angewendet. Bei zwei Ferkeln mit einem Gewicht von 0,76 und 0,88 Kilogramm wurde auf die Anwendung verzichtet, da diese im Anschluss an die Tötung pathologisch untersucht wurden. Allerdings konnten bei der pathologischen Untersuchung dieser Tiere keine Abweichungen festgestellt werden, die die lange Bewegungsdauer bzw. den lange detektierbaren Herzschlag erklärt hätten.

## 5 Diskussion

Ziel des Projektes war sowohl die Untersuchung der Wirksamkeit eines modifizierten penetrierenden Bolzenschusses als einstufiges Betäubungs- und Tötungsverfahren zur Nottötung von Ferkeln auf dem landwirtschaftlichen Betrieb als auch die Entwicklung einer geeigneten Fixierung. Dazu wurden 198 Ferkel unter Verwendung von zwei unterschiedlichen Schussapparaten in zwei selbst entwickelten Fixierungseinrichtungen getötet und der Todeseintritt anhand verschiedener Parameter überprüft.

Nach derzeitiger Rechtslage kommen für die Nottötung von Ferkeln in Deutschland lediglich zweistufige Verfahren zur Anwendung. Laut Literatur ist die einstufige Betäubung und Tötung von Schweinen mittels Bolzenschuss möglich, allerdings wurden für Saugferkel bisher in der Regel nicht-penetrierende Geräte verwendet (WOODS 2012, CASEY-TROTT 2012, WIDOWSKI 2008, GRIST *et al.* 2017, 2018a, 2018b). Da der penetrierende Bolzenschuss im Gegensatz zum nicht-penetrierenden Bolzenschuss in Deutschland bereits für Schweine zur Betäubung zugelassen ist, sollte in diesem Projekt ermittelt werden, ob sich das Verfahren auch zur kombinierten, das heißt einstufigen Betäubung und Tötung eignet.

Die tödliche Wirkung des penetrierenden Bolzenschusses in der vorliegenden Untersuchung sollte durch eine Wirkung analog der eines Gehirn-/Rückenmarkzerstörers verursacht werden. Dieser führt durch die mechanische Zerstörung von Gehirn, Stammhirn und Teilen des Rückenmarks nach der Betäubung dazu, dass ein Wiedererwachen des Tieres verhindert wird und der Tod sicher eintritt. Hierzu wurden Ansatzstelle und Austrittslänge des Schussbolzens so gewählt, dass das Stammhirn erreicht wird, der Bolzen aber nicht aus dem Schädel austritt.

Nach der europäischen Verordnung Nr. 1099/2009 (ANON. 2009) sind für den penetrierenden Bolzenschuss unter anderem die Ansatzstelle, die Schlagrichtung sowie die für die jeweilige Tierart geeignete Austrittslänge des Schussbolzens sogenannte Schlüsselparameter. Da zu diesen Parametern für Saugferkel bisher noch keine wissenschaftlichen Erkenntnisse vorlagen, wurden die modifizierten Schussgeräte zunächst an toten Ferkeln erprobt. Mit Hilfe einer anschließenden pathologischen Untersuchung konnten Erkenntnisse zur korrekten Anwendung dieses Verfahrens gewonnen werden, die dann im Rahmen der Hauptuntersuchung an einer größeren Anzahl von Tieren verifiziert wurden. In allen Fällen konnten die Ferkel mit der untersuchten Methode erfolgreich getötet werden. Dabei bestand eine große Herausforderung darin, den Zeitpunkt des Todeseintritts der Tiere zweifelsfrei festzustellen.

### 5.1 Erzielte Betäubungseffektivität und Parameter zur Bewertung der Betäubungseffektivität

Insgesamt wurde im Rahmen der Untersuchung ein sehr guter Betäubungserfolg erzielt. Nur zwei von 198 Ferkeln mussten nachgeschossen werden, wobei bei einem Ferkel die Betäubungseffektivität als „Nicht OK“ und bei dem anderen als „Fraglich“ beurteilt wurde. GRANDIN (2012) geht bei ihren Kontrollen im Rahmen der Schlachtung von Rindern von einer Erfolgsquote von 95 % der Tiere aus, die mit einem Einzelschuss bewusstlos gemacht werden müssen. VON HOLLEBEN und VON WENZLAWOWICZ (2017) legen für die manuelle Betäubung von Rindern oder Schweinen fest, dass der Anteil an Tieren

mit unzureichender Betäubungswirkung (ohne als „fraglich“ bewertete Tiere) in der Zeit von der Betäubung bis zum Stich unter 2 % liegen soll. Mit einer Fehlbetäubungsquote von 0,5 % ebenfalls ohne fragliche Tiere konnten diese Werte in der vorliegenden Untersuchung deutlich übertroffen werden. Sie sind mit den von WOODS (2012) und GRIST *et al.* (2017, 2018b) erreichten Werten vergleichbar, die die Tötung von (Saug-)Ferkeln mit nicht-penetrierenden Bolzenschussapparaten untersucht haben.

Die Betäubungseffektivität wurde anhand mehrerer Parameter überprüft, die jeweils mit „unklar“, „positiv“ oder „negativ“ beurteilt wurden. Es ließen sich insgesamt mehr unklare als positive Reaktionen feststellen, zudem gab es Unterschiede im Hinblick auf das untersuchte Merkmal. So war die Beurteilung der Reaktion auf einen Schmerzreiz an der Klaue in 8,6 % der Fälle nicht eindeutig möglich. Die Schwierigkeiten hierbei lagen zum einen darin begründet, dass sich ein Teil der Ferkel bei Beginn der Überprüfung der Betäubungseffektivität noch in der nach Bolzenschuss typischen klonischen Krampfphase befand. Dies hatte zur Folge, dass Bewegungen als Folge des Schmerzreizes an der Klaue klinisch nicht eindeutig von vom Reiz unabhängigen Krampfbewegungen unterschieden werden konnten. Zum anderen wurden Reaktionen auf den Schmerzreiz als „unklar“ bewertet, wenn es bereits bei einer höchstwahrscheinlich schmerzlosen Berührung des Zwischenklauenbereichs zu einer Reaktion des betroffenen Ferkels kam.

Auch die Feststellung eines erhöhten Kiefertonus war nicht immer sicher möglich (2,0 % als „unklar“ beurteilt). „Unklare“ Befunde kamen ausschließlich bei Ferkeln vor, die im Netz fixiert worden waren. Wenn das Ferkel mit dem Maul oder Unterkiefer z.B. während der Krampfbewegungen durch eine Masche des Netzes gelangt war, konnte die Ursache für die Erhöhung des Kiefertonus auch im mechanischen Widerstand des Netzes liegen.

Der einzige der untersuchten Parameter, bei dem es in keinem Fall zu einem „unklaren“ oder gar „positiven“ Befund kam, war der Bewegungsapparat. Das bedeutet, dass keines der Ferkel für den sofortigen Eintritt der Betäubungswirkung untypische Bewegungen wie beispielsweise ein Anheben des Kopfes oder Aufrichtversuche zeigte. Auch für die Parameter „Reaktionen am Auge“, „Schmerzreiz an der Nase“ und „Atmung“ konnten nur sehr vereinzelt unklare bzw. für die Atmung auch einmalig ein positiver Befund festgestellt werden.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Betäubungseffektivität in der vorliegenden Untersuchung mit 98,5 % als „OK“ bewerteten Betäubungen sehr gut war. Zudem zeigte sich, dass der Parameter „Atmung“ neben „Bewegungsapparat“, „Reaktionen am Auge“ und „Schmerzreiz an der Nase“ am besten dafür geeignet war, eine Fehlbetäubung zu erkennen. Im Gegensatz dazu hatten die Parameter „Schmerzreiz an der Klaue“ und „Kiefertonus“ nur eine geringe Aussagekraft hinsichtlich der Beurteilung der Betäubungseffektivität.

### **5.1.1 Bedeutung von Lautäußerungen**

Die im Rahmen der Hauptuntersuchung relativ häufig (19,7 % der Ferkel) beobachteten unbewussten Laute beschrieb auch bereits WOODS (2012). Sie verwendete viele unterschiedliche Bezeichnungen für diese Laute („audible noises“, „audible sounds“, „grunting sounds“, „vocal sounds“, „snoring sounds“, „involuntary vocalization“ oder lediglich „sounds“). Es wird vermutet, dass sie infolge der erschütternden Wirkung des Bolzens oder durch die heftigen klonischen Krämpfe entstehen, welche

zum Ausströmen von Luft aus den Lungen führt. Sie sind daher von bewussten Lautäußerungen zu unterscheiden, die ein Anzeichen für eine Empfindungs- und Wahrnehmungsfähigkeit des Ferkels sind (GRANDIN 2013). Auch TERLOUW *et al.* (2016b) beschreiben reflexartige gutturale Laute, die nicht mit bewusster Lautäußerung verwechselt werden dürfen. Da von den Ferkeln, die im Versuch Lautäußerungen zeigten, keines ein weiteres Anzeichen für eine Fehlbetäubung aufwies, ist davon auszugehen, dass es sich hierbei um unbewusste Äußerungen korrekt betäubter Tiere handelte. Der Anteil an Tieren mit Lautäußerungen entspricht in etwa dem bei WOODS` Untersuchungen (2012); hier zeigten 14,4 % der Tiere Lautäußerungen (n = 30).

Im Laufe der Hauptuntersuchung wurde zudem festgestellt, dass unbewusste Laute nur bei Tieren der Versuchsgruppen 3, 4 und 5 auftraten, und zwar zum Großteil (94,9 %) in den Versuchsgruppen 3 und 4. Sie betrafen ausschließlich Ferkel, die im Netz fixiert wurden und zwischen 2,44 und 10,46 Kilogramm schwer waren. Dies widerspricht der Beobachtung von WOODS (2012), welche diese Laute erst bei Ferkeln mit einem Gewicht über 15 Kilogramm feststellen konnte, die mit einem penetrierenden Bolzenschussgerät geschossen worden waren. Ein Grund für diese Diskrepanz konnte im Rahmen der eigenen Untersuchungen nicht ermittelt werden.

## **5.2 Klinisches Bild nach dem Schuss: Krämpfe**

Bei einer korrekt verlaufenden Betäubung und Tötung per Bolzenschuss kommt es zunächst zu einer tonischen Verkrampfung (HSA 2019c, BSI 2013). Tonische Krämpfe sind starre Krämpfe, die direkt nach dem Schuss auftreten können. Sie gehen dann in klonische, das heißt zuckende Krämpfe über. Das Fehlen einer tonischen Phase wird in der Regel als Zeichen für eine Fehlbetäubung gewertet. Dies ist allerdings auch nach den Erfahrungen der eigenen Untersuchung bei der Betäubung und Tötung von Schweinen per Bolzenschuss nicht unbedingt der Fall. Es kommt hier häufig vor, dass es nach dem Schuss keine tonische Krampfphase gibt und direkt die klonischen Krämpfe beginnen, ohne dass es sich um eine Fehlbetäubung handelt. Es wird vermutet, dass durch die Auswirkungen der Betäubung die Kommunikation von sogenannten V2a-Neuronen im Hirnstamm gestört wird, so dass diese die lokomotorischen Netzwerke im Rückenmark nicht mehr hemmen können und es zu den starken Beinbewegungen nach dem Schuss kommt (MARTIN *et al.* 2018). Nach Abschluss der Krampfphase zeigen die Ferkel immer weniger Bewegungen, bis nur noch vereinzelt ein Zucken zu erkennen ist und sich das Tier irgendwann gar nicht mehr bewegt.

In der vorliegenden Untersuchung endeten die Krämpfe bei fast allen Ferkeln (94,1 %) bis zur zweiten Minute nach dem Schuss. Die Arbeit von WOODS (2012) lässt sich hier nicht optimal mit der vorliegenden vergleichen, da statt der Dauer der Krämpfe die Anzahl an Tritten der Hinterbeine erhoben wurde. Allerdings kann man davon ausgehen, dass eine hohe Anzahl an Tritten sehr wahrscheinlich auch mit einer längeren Krampfphase assoziiert ist. WOODS ermittelte für Tiere der Gewichtsklassen von 2 bis 40 Kilogramm Medianwerte von 94,5 bis 143,0 Tritte der Hinterbeine. Sie konnte dabei zeigen, dass die Anzahl an Tritten in ihrer leichtesten Versuchsgruppe am höchsten war (Median von 143 Tritten bei Tieren von 2 bis 3 Kilogramm) und dann kontinuierlich mit steigendem Gewicht der Tiere abnahm (Median von 94,5 Tritten bei Tieren von 30 bis 40 Kilogramm). Dieser Trend wurde jedoch statistisch nicht abgesichert.

In den Arbeiten von GRIST *et al.* (2017, 2018a und 2018b) wurde die Intensität der Krämpfe nach einem nicht-penetrierenden Bolzenschuss subjektiv mithilfe eines Punktesystems von null bis drei Punkte bewertet. Die Dauer der Krämpfe wurde in allen drei Studien nicht separat, sondern zusammen mit allen anderen Bewegungen nach dem Schuss ausgewertet<sup>6</sup>. Für die Tötung von anästhesierten Ferkeln mit einem Gewicht bis 10,9 Kilogramm wurde ermittelt, dass die leichtesten geschossenen Ferkel sich am stärksten bewegten und die Bewegungsintensität mit steigendem Tiergewicht abnahm (GRIST *et al.* 2017). In einer weiteren Arbeit mit 202 neugeborenen Ferkeln mit einem durchschnittlichen Gewicht von 1,22 Kilogramm legte die statistische Analyse nahe, dass eine Erhöhung des Tiergewichtes auch zu einer stärkeren Krampfintensität führt (GRIST *et al.* 2018a). In der Folgestudie zu der Arbeit von 2017 töteten GRIST *et al.* (2018a) 207 neugeborene Ferkel mit einem durchschnittlichen Gewicht von 1,86 Kilogramm mit dem gleichen Gerät und ohne vorhergehende Anästhesie. Hier zeigte sich das gleiche Bild wie bei der anderen Arbeit mit neugeborenen Ferkeln (2018a), nämlich eine stärkere Krampfintensität bei den schweren Ferkeln.

Von den Untersuchungen von GRIST *et al.* lässt sich nur die aus dem Jahr 2017 mit der vorliegenden vergleichen, da in den anderen beiden nur vergleichsweise leichte Tiere zur Tötung gelangten. In der vorliegenden Untersuchung ließ sich kein Trend in eine bestimmte Richtung erkennen; hier dauerten sowohl die Krämpfe in den zusammgelegten Versuchsgruppen 1 und 2 als auch in 5 und 6 statistisch signifikant kürzer als in Versuchsgruppe 3. Es kann vermutet werden, dass die Krampfphase bei den Ferkeln der Versuchsgruppe 1/2 deutlich kürzer ausfiel als bei den übrigen, weil diese Gruppen mit 63,6 % bzw. 31,3 % deutlich mehr Ferkel mit stark gestörtem Allgemeinbefinden umfassten als die anderen. Die Kovarianzanalyse zur Krampfdauer belegt dabei einen statistisch signifikanten Einfluss des Allgemeinbefindens auf die Dauer der Krämpfe, was sich biologisch damit erklären ließe, dass sehr geschwächte Tiere nur noch über geringe Energiereserven verfügen, die keine länger anhaltenden Krämpfe mehr ermöglichen.

Der zunächst offensichtliche Widerspruch in den Ergebnissen zur Krampfdauer zwischen der Arbeit von WOODS (2012) und der vorliegenden relativiert sich bei näherer Betrachtung: Er beruht neben den Unterschieden bei der Datenerfassung auch auf der Tatsache, dass die leichtesten Gewichtsklassen in den beiden Untersuchungen nicht optimal vergleichbar sind. Während viele Ferkel in Versuchsgruppe 1 der vorliegenden Untersuchung weniger als 1 Kilogramm wogen (Median von 0,7 Kilogramm), umfasste WOODS' leichteste Tiergruppe erst Ferkel ab 2 Kilogramm. Diese Tiere finden sich in unserer Studie in Versuchsgruppe 3. Die eigenen Ergebnisse belegen ebenfalls, dass die Krampfdauer bei den Ferkeln der Versuchsgruppe 3 statistisch signifikant länger war als bei den schwereren Tieren der Versuchsgruppe 5/6 und bestätigen damit indirekt den von WOODS' beschriebenen Trend, dass die Anzahl an Tritten der Hinterbeine mit steigendem Tiergewicht abnimmt.

Der von ILGERT (1985) dargelegte Zusammenhang zwischen einer Abweichung von der empfohlenen Schussposition und/oder -richtung und einer Erhöhung der Krampfintensität konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht sicher bestätigt werden. Zwar zeigte sich eine Tendenz zu einer Verlängerung der Krampfdauer bei abweichendem Ansatz, allerdings war diese nicht statistisch signifikant ( $p = 0,142$ ).

---

<sup>6</sup> Aus diesem Grund erfolgt eine genauere Betrachtung dieser Ergebnisse im Kapitel 5.4.1.

### **5.3 Praktikabilität der Methode**

Ob der modifizierte Bolzenschuss als einstufiges Betäubungs- und Tötungsverfahren praktikabel durchgeführt werden kann, hängt nach der vorliegenden Untersuchung davon ab, ob die Ferkel schonend fixiert werden können und ob der Schussapparat genau angesetzt werden kann.

#### **5.3.1 Bewertung der Fixierungsmöglichkeiten**

Um einen zielsicheren Ansatz des Bolzenschussgerätes zu ermöglichen, mussten praktikable Fixierungsmöglichkeiten für Tiere mit einem Lebendgewicht von weniger als einem Kilogramm bis hin zu mehr als 30 Kilogramm zur Verfügung stehen.

Die Fixierung der kleinen Ferkel mit Hilfe einer Kopfstütze war von der Firma Animal Welfare Service GmbH (Welver) für die Betäubung von Ferkeln per Kopfschlag entwickelt worden. Sie erwies sich auch für die vorliegende Untersuchung als geeignet. Sie ermöglichte, dass die Kopfbewegung der Ferkel ausreichend eingeschränkt wurde, während die Hand des Anwenders nur die Hinterbeine und den Rumpf der Tiere umfassen musste. So war außerdem das Risiko für den Anwender, sich bei einem Fehlschuss selbst zu verletzen, minimiert. Zudem hätte die dicke Gummibeschichtung der Kopfstütze den Schussbolzen abgebremst, wenn er wieder aus dem Tierkörper ausgetreten wäre, was jedoch bei keiner Tötung der Fall war. Mit einer derartigen Fixierung konnten nur kleine und leichte Ferkel (im Falle der Untersucherin bis zu einem Gewicht von ca. 2,5 Kilogramm) ruhiggestellt werden. Waren die Ferkel zu schwer oder zu agil, war es nicht mehr möglich, sie lediglich mit einer Hand so zu halten, dass der Kopf sicher auf der Kopfstütze auflag, so dass die Fixierung im Netz gewählt wurde. Insbesondere die Ferkel der Versuchsgruppe 2 mit einem Gewicht zwischen 1,3 und 2,0 Kilogramm waren schwieriger mit der Kopfstütze zu fixieren, da sie häufig stärkere Abwehrbewegungen zeigten als die kleineren Ferkel der Versuchsgruppe 1. Dies wirkte sich auch auf die Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates aus (siehe Kapitel 5.3.3). Da in den meisten Fällen unmittelbar nach dem Schuss zum Teil starke klonische Krampfbewegungen auftraten, musste besonders darauf geachtet werden, das Ferkel sofort auf den Untersuchungstisch zu legen und dort so festzuhalten, dass von den zuckenden Beinen keine Verletzungsgefahr für den Anwender ausging. Nachteilig war, dass für die Handhabung des Schussgerätes bei Fixierung des Ferkels auf der Kopfstütze nur noch eine Hand frei blieb, so dass man das Gerät bereits vorher beidhändig spannen musste und das gespannte Gerät kurzzeitig sicher ablegen musste. Hierbei musste darauf geachtet werden, dass kein Schuss ausgelöst wird. Dies war bei sorgfältigem Vorgehen in der vorliegenden Untersuchung aber immer möglich.

Die Fixierung der größeren Ferkel in einer Art „Hängematte“ oder „Netz“ war bereits in anderen Studien erfolgreich erprobt worden (CASEY-TROTT 2012, GRIST *et al.* 2018a). Die Ferkel verhielten sich hierin ruhig und weitgehend bewegungslos. Dies konnte auch in der vorliegenden Untersuchung beobachtet werden. Vereinzelt kam es zu Abwehrbewegungen während der Platzierung der Ferkel im Netz, da die Beine dabei einzeln durch die Maschen geschoben werden mussten. Lagen die Ferkel jedoch erst einmal im Netz, verhielten sie sich in aller Regel ruhig. Wenn einzelne Tiere durch die Manipulation beim Ansatz des Schussapparates wieder nervös wurden und sich verstärkt bewegten, musste kurz abgewartet werden, bis die Tiere sich beruhigten und ein sicherer Ansatz wieder möglich war. Bei der Tötung war es sehr wichtig, die Ferkel nach dem Schuss mit beiden Händen im Netz festzuhalten, um ein Herunterstürzen durch die klonischen Krämpfe zu vermeiden. Als Nachteil kann

angeführt werden, dass das Hineinheben der Ferkel in die Fixierungseinrichtung insbesondere bei schwereren Tieren, einer größeren Tierzahl oder noch recht agilen Ferkeln eine erhebliche körperliche Belastung darstellen kann. Zudem war die Reinigung des Rollwagens und des Netzes nach der Tötung durch den teilweise hohen Blutverlust durch das Schussloch recht aufwändig. Als Vorteil war die Mobilität der Einrichtung anzusehen, da sie durch die Rollen zu Tieren hingebacht werden könnte, die aus Tierschutzgründen nicht mehr als nötig bewegt werden dürfen.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass sich beide beschriebenen Methoden gut für die Fixierung der jeweiligen Gewichtsklassen der Ferkel eignen. Sowohl die Kopfstütze als auch das Netz ermöglichen eine Ruhigstellung, die wie von der Tierschutz-Schlachtverordnung gefordert keine unvermeidbare Aufregung oder Schäden für die Tiere verursacht (ANON. 2012).

### **5.3.2 Voruntersuchungen: Bewertung der Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates im Rahmen der Probeschüsse**

Bei den Probeschüssen auf tote Ferkel zeigte sich, dass der korrekte Ansatz des Bolzenschussgerätes relativ hohe Anforderungen an die Kompetenz des Anwenders stellte und es leicht dazu kommen konnte, dass der geplante Ansatz nicht getroffen wurde. So erfolgten beim ersten Durchgang 16,7 % der Schüsse abweichend vom geplanten Ansatz und bei der zweiten Serie 25,0 %. Dass die Effektivität der Bolzenschussbetäubung stark von den Fähigkeiten des Anwenders abhängt, wurde auch bereits von der EFSA (2013) beschrieben. Es zeigte sich jedoch ebenfalls bereits bei den Probeschüssen, dass ein leicht abweichender Ansatz nicht unbedingt mit negativen Auswirkungen auf die Schädigung des Stammhirns verbunden sein musste. So kam es in einem Fall (Tier Nr. 10 bei der ersten Probeschuss-Serie) trotz eines geringgradig zu steilen Schusswinkels zu der gewünschten Zerstörung des Stammhirns; in einem anderen Fall (Tier Nr. 7 bei der zweiten Probeschuss-Serie) wurde das Stammhirn zerstört, obwohl der Schussapparat neben der Medianen angesetzt worden war.

### **5.3.3 Hauptuntersuchung: Auswirkung der Genauigkeit des Ansatzes des Bolzenschussapparates auf die Betäubungseffektivität und das klinische Bild nach dem Schuss**

Bei der Auswertung der Genauigkeit der Ansätze des Schussgerätes wurde festgestellt, dass fast ein Viertel (24 %) der Ansätze als „mit Abweichung“ beurteilt wurden. Dabei waren fast drei Viertel (73 %) der beobachteten Abweichungen sogenannte „Winkelabweichungen“, das bedeutet der Winkel zwischen einer gedachten Horizontalen durch die Körperlängsachse auf Höhe des Stammhirns und dem Schussgerät betrug gleich oder mehr als 45 Grad. Der Anteil an abweichenden Ansätzen betrug in den Versuchsgruppen 1, 3, 4, 5 und 6 zwischen 17,2 % und 28,6 %. Lediglich in Versuchsgruppe 2 war der Anteil mit 46,7 % deutlich höher, allerdings umfasste diese Gruppe auch nur 15 Tiere, für die die Genauigkeit des Ansatzes ausgewertet werden konnte. Die Abweichungen beim Ansatz des Schussgerätes in Versuchsgruppe 2 waren in vier Fällen in starken Abwehrbewegungen der Ferkel vor dem Schuss begründet. In zwei Fällen erfolgte der Ansatz ohne erkennbare Ursache zu steil und bei einem Ferkel lag eine pathologische Kopfschiefhaltung vor, die dazu führte, dass der Schussapparat neben der Medianen angesetzt wurde.

Um den optimalen Schusswinkel zu erreichen, sollte der Kopf des Ferkels so abgewinkelt werden, dass zwischen Stirn und Nacken möglichst ein rechter Winkel entsteht. Dies war je nach Allgemeinbefinden und Aufregung der Ferkel nicht in allen Fällen problemlos möglich. Agilere Ferkel widersetzten sich

teilweise dem Herunterdrücken ihrer Nase zum Erreichen des optimalen Schusswinkels, so dass in solchen Fällen ein „steilerer“ Winkel akzeptiert wurde, um die Tiere nicht unnötig stark aufzuregen.

Bei der statistischen Auswertung zeigte sich, dass ein abweichender Ansatz nur teilweise einen Einfluss auf die Betäubungseffektivität und das klinische Bild nach dem Schuss hatte. Zwar lag bei allen drei Ferkeln, bei denen die Betäubungseffektivität als „Nicht OK“ oder „Fraglich“ beurteilt worden war, ein abweichender Ansatz des Schussapparates vor, allerdings hatte dies wegen der geringen Stichprobengröße keine statistisch abgesicherte Aussagekraft. Im Gegensatz dazu wies zudem mehr als ein Fünftel (22,8 %) der Ferkel trotz guter Betäubungseffektivität ebenfalls einen abweichenden Ansatz auf. Dies legt den Schluss nahe, dass ein leicht von der angestrebten Schussposition und/oder -richtung abweichender Ansatz des Schussapparates nicht unbedingt zu einer mangelhaften Betäubungseffektivität führt.

Für die übrigen untersuchten Parameter ergab sich ein recht einheitliches Bild: Sowohl die Bewegungsdauer nach dem Schuss als auch das Zeitintervall bis zur finalen Pupillendilatation waren bei einem korrekten Ansatz des Schussapparates signifikant kürzer als bei einem Ansatz mit Abweichung ( $p = 0,041$  bzw.  $p = 0,016$ ). Auch die Krampfdauer nach dem Schuss war bei einem korrekten Ansatz tendenziell etwas kürzer als bei einem abweichenden Ansatz, wobei hier jedoch keine statistische Signifikanz bestand ( $p = 0,142$ ). Bei der Betrachtung der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich durch die untersuchten Variablen „Gewicht“, „Allgemeinbefinden der Ferkel“ sowie „Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates“ jeweils nur zwischen 2 % und 13 % der Variabilität der Zeitintervalle bis zum Ende der Bewegungen, bis zur finalen Pupillendilatation bzw. bis zum Ende der Krämpfe erklären ließen.

Bei der Betrachtung der Zeitintervalle bis zum Sistieren des Herzschlages gab es ein weniger eindeutiges Bild: Von den Ferkeln, bei denen der Ansatz des Bolzenschussgerätes korrekt erfolgte, war bei fast 70 % bis zur vierten Minute nach dem Schuss kein Herzschlag mehr per Stethoskop auskultierbar. Im Gegensatz dazu war dies bei den mit Abweichung geschossenen Tieren nur bei etwas mehr als 40 % der Fall. Diese Diskrepanz zeigte sich bei der Ermittlung der Herzschlagdauer per EKG nicht mehr so deutlich. Der Anteil an Tieren, die bereits vier Minuten nach dem Schuss keinen Herzschlag mehr hatten, war unabhängig vom Ansatz des Schussapparates mit 2,4 % bei korrektem bzw. 2,9 % bei abweichendem Ansatz etwa gleich hoch. Nur bei den Tieren, die auch mehr als zehn Minuten nach dem Schuss noch eine elektrische Herzaktivität aufwiesen, war der Anteil mit 54 % zu etwa 65 % bei einem korrekten Ansatz des Schussapparates etwas geringer.

In anderen Studien zum Thema wurde die verwendete Ansatzposition für das Schussgerät häufig nicht genau oder gar nicht beschrieben. So gibt WOODS (2012) lediglich an, dass das penetrierende Gerät 1 cm über der Augenlinie angesetzt wurde, ohne den Schusswinkel zu beschreiben. Bei den Arbeiten von WIDOWSKI (2008) und CASEY-TROTT (2012) wurden die verwendeten Geräte zwei- bzw. dreimal angesetzt, und zwar zum Teil an der gleichen Stelle (z.B. zweimal auf der Stirn) oder auch an unterschiedlichen Stellen (z.B. ein Schuss auf die Stirn und einer hinter das Ohr). FINNIE (2003) wählte in seiner Studie einen temporalen Ansatz, ohne diesen genauer zu beschreiben. In den Untersuchungen von GRIST *et al.* (2018a, 2018b) wurde das Schussgerät auf der Mittellinie des Os

*frontale* bzw. *Os parietale* angesetzt; es handelte sich allerdings in beiden Fällen um ein nicht-penetrierendes Gerät.

Allen genannten Studien ist gemein, dass Abweichungen vom vorgegebenen Ansatz des Schussgerätes nicht erhoben wurden. Aus diesem Grund lassen sich die in den eigenen Untersuchungen gewonnen Erkenntnisse zur Genauigkeit des Ansatzes des Bolzenschussgerätes auch nicht mit diesen vergleichen.

Im Hinblick auf die Bewertung der Methode zeigen die Ergebnisse, dass bei der Durchführung viel Wert auf einen optimalen Ansatz gelegt werden sollte. Der Anwender hat jedoch einen gewissen Spielraum, da leichte Abweichungen von der optimalen Schussposition und -richtung die Zuverlässigkeit der Methode nicht wesentlich beeinträchtigen. Insgesamt kann die Methode somit als praktikabel bezeichnet werden.

## **5.4 Feststellung des Todeseintritts**

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Todeseintritt der Ferkel nach dem Schuss anhand der Kriterien „Letzte Bewegung“, „Finale Pupillendilatation“ sowie „Sistieren des Herzschlages erhoben per Stethoskop/ EKG“ bestimmt. Dabei zeigte sich, dass die geprüften Kriterien, wie zu erwarten war, nicht zeitgleich eintraten, sondern es je nach untersuchtem Parameter zum Teil große Unterschiede gab.

### **5.4.1 Parameter „Letzte Bewegung“**

Das Merkmal „Letzte Bewegung“ ist in der nationalen Tierschutz-Schlachtverordnung als Bedingung für weitere Schlachtarbeiten am toten Tier formuliert (ANON. 2012). Diese Bedingung ist in der vorliegenden Untersuchung bei fast 85 % der Tiere spätestens vier Minuten nach dem Schuss erfüllt. Die in Woods` (2012) Feldstudie ermittelten Medianwerte für das Zeitintervall bis zur letzten Bewegung liegen zwischen 95,5 und 166,5 Sekunden für Tiere der Gewichtsklassen von 2 bis 40 Kilogramm. Damit sind sie mit denen in der vorliegenden Untersuchung vergleichbar, wo ein Median über alle Gewichtsklassen von 143,5 Sekunden berechnet wurde.

In einer der Untersuchungen von GRIST *et al.* (2018a) waren bei Ferkeln mit einem höheren Blutverlust (durch Nasenbluten oder Hautlazerationen) die Bewegungen nach dem Schuss statistisch signifikant kürzer. In der zweiten Studie konnten genannte Autoren (2018b) zeigen, dass die Bewegungen nach dem Schuss bei schwereren Ferkeln kürzer anhielten als bei leichteren. Dieser Zusammenhang konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden. Allerdings haben GRIST *et al.* auch lediglich neugeborene Saugferkel untersucht und diese mit einem nicht-penetrierenden Gerät geschossen, so dass die Ergebnisse nicht vollständig vergleichbar sind.

In der Arbeit von BALZER (2017) wurden unter drei Tage alte Saugferkel untersucht, die mittels eines mit Stickstoff angereicherten Schaums betäubt und getötet wurden. Hier konnte gezeigt werden, dass die Ferkel im Mittel nach 296,80 ( $\pm 155,33$  SD) Sekunden den Zustand der Bewegungslosigkeit erreichten. Bei HUSHEER (2017) wurde das Merkmal „Erschlaffung der Muskulatur“ bei der Elektrotötung von Saugferkeln mit einem Gewicht von 1 bis 2 Kilogramm erhoben. Dies war bei allen untersuchten Tieren (n = 25) bereits innerhalb der ersten Minute nach der Durchströmung erfüllt.

#### **5.4.2 Parameter „Finale Pupillendilatation“**

Eine finale Dilatation der Pupille wird von der EFSA (2004) als ein klinisches Zeichen für den Todeseintritt gewertet. Dies konnte in der vorliegenden Studie bei mehr als drei Vierteln aller Ferkel bis zur vierten Minute nach dem Schuss festgestellt werden (Median über alle Gewichtsklassen: 175 Sekunden). Während dieses Merkmal bei WOODS (2012) sowie GRIST *et al.* (2017, 2018a, 2018b) nicht erhoben wurde, wurde es in der Arbeit von CASEY-TROTT (2012) lediglich als Hilfsparameter zusammen mit dem Ende der Krampfbewegungen und einer längeren Abwesenheit von Atmung für die Feststellung des Hirntodes verwendet. Der so definierte Hirntod von 3 bis 9 Kilogramm schweren anästhesierten Ferkeln, die mit einem nicht-penetrierenden Schussapparat geschossen worden waren, trat hier im Durchschnitt nach 148,9 ( $\pm 12,7$  SE) Sekunden ein. BALZER (2017) testete den Pupillarreflex erst nach einer zehn- bzw. zwölfminütigen Expositionszeit in Stickstoff-Schaum und stellte bei allen Ferkeln eine vollständige Areflexie fest. HUSHEER (2017) beschrieb eine „geweitete Pupille“ und ein „offenes gebrochenes Auge“ bei allen getöteten Tieren bereits innerhalb der ersten Minute nach der Durchströmung.

#### **5.4.3 Parameter „Herzschlagdauer“**

Bei der Ermittlung der Herzschlagdauer kamen in der vorliegenden Untersuchung zwei verschiedene Methoden zur Anwendung (Auskultation und Erhebung per EKG), die ganz unterschiedliche Ergebnisse lieferten. Während bei ca. 63 % der Ferkel der Herzschlag vier Minuten nach dem Schuss bereits nicht mehr auskultierbar war, konnte bei mehr als der Hälfte der untersuchten Ferkel noch länger als zehn Minuten nach dem Schuss eine elektrische Aktivität am Herzen per EKG nachgewiesen werden.

WOODS (2012) bestimmte sowohl in ihrer Studie mit anästhesierten Schweinen als auch in ihrer Feldstudie das Sistieren des Herzschlages per Palpation mit anschließender Auskultation. In der erstgenannten Arbeit stellte sie Medianwerte für das Zeitintervall bis zum Sistieren des Herzschlages für die Gewichtsklassen von 2 bis 40 Kilogramm von 293 bis 367 Sekunden fest. GOMEZ DE SEGURA *et al.* (1997) weisen jedoch darauf hin, dass Xylazin bei Schweinen die Herzfrequenz verlangsamt sowie nach einer initialen Hypertension zu einer Hypotension führt, was die palpatorische und auskultatorische Feststellung der Herzschlagdauer möglicherweise erschwert. Bei der Feldstudie wurden kürzere Zeitintervalle ermittelt (Median zwischen 175,5 und 227,0 Sekunden), die mit den in der vorliegenden Studie gewonnenen Daten vergleichbar sind. Bei anderen Studien zu der Thematik konnten zum Teil ähnliche, teilweise aber auch deutlich längere Zeitintervalle bis zum Sistieren des Herzschlages festgestellt werden (siehe Tab. 23 auf S. 84). All diesen Studien ist gemein, dass der Herzschlag wie bei WOODS (2012) zunächst per Palpation und anschließend per Auskultation ermittelt wurde.

**Tab. 23:** Übersicht über die Dauer der Herztätigkeit nach kombinierter Betäubung und Tötung per Bolzenschuss (penetrierend und nicht-penetrierend)

Autor (Jahr) und Name der Studie	Tiere	Schussgerät/ Kopfschlag	Dauer Herzschlag
WIDOWSKI (2008): Effectiveness of a nonpenetrating captive bolt for on-farm euthanasia of low viability piglets	Insgesamt 175 Ferkel jünger als 24 h	nicht-penetrierendes Gerät "Zephyr" und Kopfschlag	Nach „Zephyr“: Mittelwert 408,3 (± 50,3 SEM) s Nach Kopfschlag: Mittelwert 170,9 (± 18,4 SEM) s
CASEY-TROTT (2012): Effectiveness of Non-Penetrating Captive Bolt for Euthanasia of Piglets < 3 Days of Age	100 Ferkel jünger als 3 Tage	nicht-penetrierendes Gerät "Zephyr-E"	durchschnittlich 420 (± 13,57 SE) s
Effectiveness of a Nonpenetrating Captive Bolt for Inducing Cardiac Arrest in Anesthetized Piglets Ranging from 3 to 9 kg	20 Ferkel von 2,5 bis 10,2 kg	nicht-penetrierendes Gerät "Zephyr-E"	durchschnittlich 386,6 (± 23,2 SE) s
Effectiveness of a Non-Penetrating Captive Bolt for Euthanasia of Piglets Ranging from 3 to 9 kg	150 Ferkel von 2,5 bis 9,9 kg	nicht-penetrierendes Gerät "Zephyr-E"	durchschnittlich 226,5 (± 8,7 SE) s
GIBSON <i>et al.</i> (2012): Preliminary evaluation of the effectiveness of captive-bolt guns as a killing method without exsanguination for horned and unhorned sheep	489 Schafe	penetrierendes Gerät von Accles & Shelvoke	Mittelwerte: 85 – 108 s

Auch nach Exposition in Stickstoff-Schaum fand BALZER (2017) heraus, dass bei allen Ferkeln bis auf eines nach zehn Minuten noch ein Herzschlag per EKG feststellbar war. Bei einem weiteren Ferkel (2 %) konnte sie zudem nach der Expositionszeit noch einen regelmäßigen Herzschlag auskultieren. In der vorliegenden Studie konnte ebenfalls bei drei Ferkeln (2,2 %) mehr als 10 Minuten nach dem Schuss noch der Herzschlag per Auskultation festgestellt werden. HUSHEER (2017) stellte bei allen Ferkeln nach Elektrotötung ab Untersuchungsminute drei eine bleibende Asystolie im EKG fest.

#### 5.4.4 Kriterien für den Eintritt des Todes

Die Kriterien, die die Bundesärztekammer (BÄK 2015) neben dem Vorliegen einer schweren Hirnschädigung als Voraussetzung für die Feststellung des Hirntodes fordert, nämlich Bewusstlosigkeit (Koma), Hirnstamm-Areflexie und Apnoe, sind in dem vorgestellten Projekt bereits unmittelbar nach dem Schuss erfüllt. Sie lassen sich zudem nicht ohne weiteres von den Kriterien einer effektiven Betäubung abgrenzen.

Das Kriterium „Sistieren sämtlicher Bewegungen“ ist in der nationalen Tierschutz-Schlachtverordnung (ANON. 2012) als Bedingung für weitere Schlachtarbeiten am toten Tier formuliert. Es ist jedoch für die Feststellung des Todeseintritts nur bedingt geeignet, da es sich zwar (insbesondere im Rahmen der Schlachtung) leicht überprüfen lässt, allerdings kein Anzeichen für den Hirntod darstellt, welcher die Voraussetzung für den Verlust von Wahrnehmungs- und Empfindungsvermögen ist (EFSA 2004). Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Ferkel, die in der vorliegenden Untersuchung auch mehr

als zehn Minuten nach dem Schuss noch lediglich vereinzelt zuckende Bewegungen zeigten, wie von GRANDIN (2010) definiert bereits „technisch tot“ waren.

Die Herzaktivität wurde in den eigenen Untersuchungen sowohl per Stethoskop als auch per EKG erhoben. Bei der Auskultation werden die Herztöne wahrgenommen, die durch die mechanische Pumpaktivität des Herzens entstehen. Im EKG kann die elektrische Aktivität der Herzmuskelzellen aufgezeichnet werden; es sagt jedoch nichts darüber aus, ob das Herz noch zu einer Pumpleistung fähig ist. Beispielsweise ist es von Wiederbelebungsmaßnahmen nach einem Herzstillstand bekannt, dass eine per EKG nachweisbare elektrische Aktivität am Herzen vorhanden ist, es aber nicht mehr zu einer Kontraktion der Herzmuskelzellen und somit zu einer Pumpaktivität kommt (sogenannte „pulslose elektrische Aktivität“). Diese pulslose elektrische Aktivität kann der Grund für Ausschläge im EKG sein, obwohl keine Herztöne mehr auskultiert oder kein peripherer Pulsschlag mehr wahrgenommen werden kann. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die Erhebung von Pulsschlag und Herztönen unter Feldbedingungen schwierig sein und zu falsch negativen Ergebnissen führen kann (MEYER 2015).

Auch FLETCHER *et al.* (2012) raten in der Notfallmedizin bei wahrnehmungsunfähigen Hunden und Katzen, die zudem eine Apnoe zeigen, von der Verwendung eines EKGs als einzigem Parameter zur Feststellung eines Herz-Kreislaufstillstandes ab. Es kann dazu führen, dass die grundlegenden Lebensrettungsmaßnahmen verspätet beginnen, wenn die Ausschläge im EKG fälschlicherweise den Anschein erwecken, dass noch eine Pumpfunktion des Herzens vorhanden ist, obwohl es bereits zum Kreislaufstillstand gekommen ist.

In den eigenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass der Hirntod - wie in Kapitel 2.10 von verschiedenen Autoren definiert - bei korrekter Anwendung des Verfahrens sicher eintritt.

Eine alleinige Todesfeststellung aufgrund des Kriteriums „Sistieren des Herzschlages erhoben per Stethoskop“ kann nur sehr eingeschränkt empfohlen werden, da es in Einzelfällen (1,5 % der Tiere) auch mehr als 10 Minuten nach dem Schuss noch einen auskultierbaren Herzschlag gab. Das Kriterium „Sistieren des Herzschlages erhoben per EKG“ ist hingegen kein brauchbares für die Feststellung des Todeseintritts.

## **5.5 Pathologische Untersuchungen**

Die Hauptfragestellung im Rahmen der pathologischen Untersuchungen war, in welchem Umfang das Stammhirn der Ferkel durch den Schussbolzen beschädigt worden war. Dafür wurde eine Beschädigung des Stammhirns als makroskopisch erkennbare Zusammenhangstrennung des Gewebes der Hirnregionen Mittelhirn (*Mesencephalon*), Brücke (*Pons*) und verlängertes Mark (*Medulla oblongata*) definiert. Während GREGORY (2004) davon ausgeht, dass Kopfverletzungen wahrscheinlich sofort tödlich sind, wenn Blutungen im Hirnstamm auftreten, reichten in der vorliegenden Untersuchung alleinige Blutungen in diesem Bereich *per definitionem* zur Feststellung der Beschädigung des Stammhirns nicht aus. Andere Studien zu dem Thema „Tötung per penetrierendem Bolzenschuss“ hatten belegt, dass es sich trotz dieser Blutungen um Fehlschüsse handeln kann. So stellte WOODS (2012) in ihrer Studie anhand des klinischen Bildes nach dem Schuss vier Fehlschüsse bei

Schweinen mit einem Gewicht von über 200 Kilogramm fest. Die Tiere zeigten dabei unter anderem einen positiven Cornealreflex oder Lautäußerungen. Bei der anschließenden pathologischen Untersuchung wiesen zwei der Schweine Blutungen in *Pons* und *Medulla* auf, diese Hirnregionen waren jedoch bei allen vier Tieren makroskopisch unbeschädigt. Auch GIBSON *et al.* (2012) konnten zeigen, dass es bei 32 % der in ihrer Studie fehlbetäubten Schafe dennoch Blutungen auf der ventralen Oberfläche des Stammhirnes gab. Offenbar sind also allein Blutungen im Bereich des Stammhirns nicht ausreichend, um eine sichere Tötung zu gewährleisten, sondern es muss zu einer umfangreicheren Beschädigung kommen. Dies gelang in der vorliegenden Untersuchung bei allen diesbezüglich untersuchten Ferkeln.

Neben den makroskopisch sichtbaren Schäden spielen laut WOODS (2012) auch die mikroskopischen für die Effektivität von mechanischen Tötungsmethoden eine Rolle. Solche Schäden konnten in der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht mit erhoben werden.

Durch die pathologische Untersuchung im Rahmen der Hauptuntersuchung konnte gezeigt werden, dass bei den meisten der untersuchten Ferkel (81,25 %; n = 13) die Schädelbasis durch den Schussbolzen perforiert worden war. Das Gewicht der Ferkel, die nicht betroffen waren, lag zwischen 1,65 kg und 3,25 kg. Dies lässt vermuten, dass allein die Schussrichtung und nicht die Länge des Schussbolzens in Relation zur Größe des Ferkels für die Perforation verantwortlich war. Ansonsten wäre zu erwarten gewesen, dass die Perforation nur bei kleinen Ferkeln vorkommt und bei den großen Tieren keine Rolle mehr spielt. Es kam jedoch auch beim größten untersuchten Ferkel (Lebendgewicht: 39 Kilogramm) zu einer Zerstörung der Schädelbasis. Aus Sicht der Arbeitssicherheit stellt dies aber kein Problem dar, da der Schussbolzen trotzdem in keinem Fall den Tierkörper verlassen hat.

Bei ebenfalls 81,25 % der untersuchten Tiere (n = 13) konnten Haare und zum Teil auch Knochenfragmente im Bereich des Stammhirnes gefunden werden. Diese sogenannten „Sekundärgeschosse“ verstärken die durch den Schussbolzen verursachte Schädigung von Gehirngewebe noch zusätzlich (FINNIE 1993).

Als weiterer Befund konnte im Rahmen der pathologischen Untersuchungen festgestellt werden, dass bei allen zehn Ferkeln der Versuchsgruppen 1 bis 3, also mit einem Gewicht unter fünf Kilogramm, die Schädelsturen gerissen waren. Dies ist sicherlich ein Zeichen für die große Wucht, mit der der Schussbolzen auf den Schädel aufgeschlagen und in das Gehirn eingedrungen ist. Bei den größeren Ferkeln spielte dieser Aspekt aufgrund der fortgeschrittenen Verknöcherung des Schädels keine Rolle mehr.

Die pathologische Untersuchung von zwei Ferkeln, die nach Ablauf der zehnminütigen Untersuchungszeit noch Bewegungen zeigten bzw. bei denen noch ein Herzschlag auskultierbar war, ergab keine Auffälligkeit. Daher ist davon auszugehen, dass der klinischen Untersuchung der Tiere nach dem Schuss im Hinblick auf die Feststellung des Todeseintritts deutlich mehr Bedeutung beigemessen werden muss als einer späteren pathologischen Untersuchung.

## **5.6 Gewichte der untersuchten Tiere**

Ursprünglich war angestrebt worden, in jeder der sechs Versuchsgruppen gleich viele Tiere zu töten. Dieses Ziel konnte im Rahmen des Projektes nicht realisiert werden. In den Versuchsgruppen 1, 3 und 4 standen ausreichend viele Tiere zur Verfügung, während in den Gruppen 2, 5 und 6 nur relativ wenige Tiere anfielen. Die geringen Tierzahlen in der Versuchsgruppe 2 (1,30 - 1,99 Kilogramm Lebendgewicht) lassen sich damit erklären, dass Ferkel mit diesem Geburtsgewicht zunächst gute Voraussetzungen für den Start ins Leben haben. Bis sie dann eventuell doch notgetötet werden müssen (beispielsweise aufgrund von Infektionskrankheiten), haben sie bereits höhere Gewichte erreicht und fallen dann meist in die Versuchsgruppe 3 oder 4. SCHRÖDER (2001) gibt an, dass der Zeitraum von der Geburt bis drei Tage danach für die Saugferkel mit einem besonders hohen Risiko behaftet ist. Neben hohen Verlustraten bei Saugferkeln von über 15 % (LKSH 2018) ist vor allem der Bereich der Ferkelaufzucht kurz nach dem Absetzen für die Ferkel riskant, was sich auch in den vergleichsweise höheren Zahlen zu tödender Tiere in den entsprechenden Versuchsgruppen 3 und 4 widerspiegelt. So nennen MEYER und MÜLLER (2013) als Gründe für die erhöhten Ferkelverluste nach dem Absetzen die Trennung von Sau und Wurfgeschwistern, die Vergesellschaftung mit fremden Ferkeln, die Futterumstellung sowie die nachlassende maternale Immunabwehr in Zusammenhang mit einer noch nicht voll entwickelten ferkeleigenen. Haben die Ferkel die Umstellung von der Abferkelung auf die Aufzucht gut überstanden, nehmen die Verlustraten wieder ab. Dies wird in der vorliegenden Untersuchung auch darin deutlich, dass in den Versuchsgruppen 5 und 6 die Indikation zur Nottötung seitens des Betriebes im Untersuchungszeitraum für weniger Tiere gestellt wurde. Ein weiterer möglicher Grund für die geringeren Ferkelzahlen in den Gruppen mit höherem Lebendgewicht ist, dass die Mitarbeiter diese relativ schweren Tiere eventuell selbst vor Ort notgetötet haben, um sie nicht zum Untersuchungsort transportieren zu müssen.

Vor Untersuchungsbeginn war ein maximales Tiergewicht von 30 Kilogramm für die zu tödenden Ferkel festgelegt worden. Da die großen Ferkel der Versuchsgruppe 6 nicht vor der Tötung gewogen werden konnten, wurden auch drei schwerere Tiere getötet (maximales Gewicht: 39 Kilogramm). Sie wurden dennoch bei der Auswertung der Ergebnisse mitberücksichtigt.

## **5.7 Indikationen zur Nottötung**

Die Nottötung von Tieren ist eine in der kommerziellen Schweinehaltung regelmäßig anfallende Aufgabe, die von den Mitarbeitern ein hohes Maß an Kenntnissen und Fähigkeiten verlangt (UNTERWEGER *et al.* 2015, MEIER und VON WENZLAWOWICZ 2017). Die Entscheidung zur Nottötung muss sorgfältig und rechtzeitig getroffen werden, damit den Tieren keine länger anhaltenden oder sich wiederholenden erheblichen Schmerzen oder Leiden entstehen (ANON. 1972). Gleichzeitig darf der vergleichsweise geringe Einzelwert der Ferkel bei der Entscheidung für eine Nottötung keine Rolle spielen. Die Tatsache, dass zweistellige Verlustraten bei den Saugferkeln als „normal“ oder systemimmanent angesehen werden, darf zudem nicht darüber hinwegtäuschen, dass die im Tierschutzgesetz verankerte Pflegeverpflichtung des Tierhalters gegenüber jedem Einzeltier gilt (LEBMAN und PETERMANN 2016, GROÙE BEILAGE 2017, ANON. 1972).

Die zu tötenden Ferkel wurden im Vorfeld der Untersuchungen jeweils von den zuständigen Betriebsmitarbeitern ausgewählt. In einigen Fällen erfolgte die Entscheidung zur Nottötung in Absprache mit dem Betriebsleiter und/oder der bestandsbetreuenden Tierärztin. Es stellte sich im vorliegenden Projekt als recht schwierig heraus, die Indikationen zur Nottötung in allen Fällen nachzuvollziehen. Zum einen fehlten Informationen zur Vorgeschichte der Ferkel wie beispielsweise zum Krankheitsverlauf oder zu Vorbehandlungen. Zum anderen wiesen viele Ferkel mehrere Auffälligkeiten auf, wobei nicht immer klar wurde, welche Symptome primär vorgelegen hatten.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde für einige Ferkel hinterfragt, ob sie aufgrund ihres Zustandes unbedingt direkt hätten getötet werden müssen. Ihre weitere Aufzucht lohnte sich aber wegen einer negativen Prognose wirtschaftlich für den Betrieb nicht. Beispielhaft dafür seien Ferkel mit Eingeweidebrüchen genannt, die ein gutes Allgemeinbefinden aufwiesen, jedoch im Laufe der Mast voraussichtlich Entzündungen der Bruchsäcke erlitten hätten. Hier wäre eine Vermarktung als Spanferkel wünschenswert gewesen, es stand aber nicht immer ein entsprechender Abnehmer zur Verfügung. Daher stellt sich die Frage, ob für diese Tiere ein „vernünftiger Grund“ zur Tötung nach § 17 Tierschutzgesetz gegeben war (ANON. 1972). Die europäische Verordnung Nr. 1099/2009 definiert eine „Nottötung“ als „die Tötung von [...] Tieren mit einer Krankheit, die große Schmerzen oder Leiden verursacht [...]“ (ANON. 2009), was in den beschriebenen Fällen nicht unbedingt der Fall war. Der „Erlass zum Umgang mit Saugferkeln“ aus Mecklenburg-Vorpommern (ANON. 2014c) hingegen erläutert, dass Tiere getötet werden müssen, wenn sie „nur unter Schmerzen, nicht zu heilenden Leiden oder Schäden leben könnten“. Der verwendete Konjunktiv macht deutlich, dass die Schmerzen und Leiden, anders als in der europäischen Verordnung Nr. 1099/2009 gefordert, noch nicht akut vorliegen müssen, sondern auch erst in der Zukunft auftreten können.

Auf der anderen Seite gelangten auch einige Tiere zur Tötung, bei denen der Eindruck entstand, dass diese schon deutlich früher hätten getötet werden müssen. Hier sind als Beispiel Ferkel mit vollständig abgefressenen Schwänzen zu nennen, die nicht mehr in der Lage waren, sich zu erheben. In diesen Fällen war von einer Querschnittslähmung durch Abszesse im Wirbelkanal, entstanden durch die aufgestiegene Schwanzinfektion, auszugehen, die nicht heilbar war und damit eine unmittelbare Tötung erforderte (DLG 2018). Mögliche Gründe für eine verspätete Tötung solcher Tiere können zum einen in der mangelhaften Sachkunde der für die Tierbetreuung zuständigen Personen liegen. Diese bezieht sich sowohl auf die korrekte Einschätzung des Zustandes eines Tieres als auch auf die korrekte Durchführung einer Nottötung. Zum anderen können auch nicht ausreichende Betreuungskapazitäten zu einer verspäteten Tötung führen, weil zu tötende Tiere nicht rechtzeitig erkannt werden. Diese Problematik wurde auch bereits im Jahr 2015 vom Wissenschaftlichen Beirat für Agrarpolitik des BMEL beschrieben (BMEL 2015). So wird ausgeführt, dass die Betriebe sowohl im Hinblick auf erhöhte Managementanforderungen als auch auf ausreichende Betreuungskapazitäten „zunehmend an Systemgrenzen stoßen, weil [...] qualifizierte Arbeitskräfte nur bedingt auf dem Arbeitsmarkt verfügbar sind“. Infolgedessen werden auch negative Auswirkungen auf die Tierbetreuung und das Tierwohl befürchtet. Gerade im Bereich der Ferkelproduktion ist schon lange bekannt, dass eine sorgfältige Geburtenüberwachung und intensive Neugeborenenversorgung essenzielle Bestandteile einer qualifizierten Tierbetreuung darstellen. Dennoch erfolgen diese in größeren Betrieben oftmals nicht (PRANGE 2004).

Als weitere mögliche Gründe für verspätete Tötungen sind die damit verbundenen physischen und psychischen Belastungen für die Mitarbeiter vorstellbar. Die Tötung insbesondere von größeren Tieren kann beispielsweise bei der Fixierung zur Betäubung oder beim Abtransport des Tierkörpers körperlich anstrengend sein, was für die Mitarbeiter möglicherweise eine Hemmschwelle für die Durchführung darstellt. Die psychische Belastung einer Nottötung für den Durchführenden wurde bereits in verschiedenen Studien untersucht. So konnten REEVE *et al.* (2005) zeigen, dass die Euthanasie von Tieren einen negativen Einfluss auf das Wohlbefinden der beteiligten Mitarbeiter in Tierheimen hatte. Allerdings wurden hier auch gesunde, „überzählige“ Tiere getötet, die in den Tierheimen nicht mehr untergebracht werden konnten. Die Dissertation von MATTHIS (2004) beschäftigt sich mit dem Einfluss der Nottötung von Schweinen auf die beteiligten Mitarbeiter. Er kommt zu dem Schluss, dass die Durchführung der Nottötung die Mitarbeiter nicht besonders belastet, wenn es sich dabei um kranke Tiere handelte, denen man Leiden ersparen wollte, und geeignete Methoden zur Verfügung standen.

In der vorliegenden Untersuchung gelangten auch Schweine beispielweise aufgrund von Erkrankungen zur Nottötung, die bei rechtzeitiger und sachkundiger Betreuung hätten geheilt werden können. Ob die Tötung solcher Tiere bei den Mitarbeitern zu einer psychischen Belastung führt, kann nur gemutmaßt werden.

## **5.8 Abschließende Bewertung der Methode**

Die Entscheidung für die Tötung eines Tieres darf als *ultima ratio* erst dann getroffen werden, wenn keine sinnvolle Alternative mehr zur Verfügung steht und ein vernünftiger Grund vorliegt (ANON. 1972). Wenn sie einmal getroffen ist, ist es jedoch von besonderer Bedeutung, die Tötung tierschutzgerecht durchzuführen. Laut GRIST *et al.* (2018a) muss ein tierschutzgerechtes Nottötungsverfahren unter anderem folgende Kriterien erfüllen:

- 1.) Es muss schnell und ohne Schmerzen oder Leiden zur Wahrnehmungslosigkeit und zum Todeseintritt führen.
- 2.) Es muss für die Tierart und den gewünschten Zweck geeignet sein.
- 3.) Es muss sicher für den Anwender sein.
- 4.) Es muss zuverlässig funktionieren.
- 5.) Es muss kostengünstig sein.
- 6.) Es muss praktikabel sein.
- 7.) Es muss ästhetisch und emotional akzeptabel sein.
- 8.) Es muss die rechtlichen Forderungen einhalten.

Viele dieser Kriterien sind in Deutschland und der Europäischen Union durch das Tierschutzgesetz, die Tierschutz-Schlachtverordnung und die Verordnung Nr. 1099/2009 ohnehin rechtlich vorgeschrieben (ANON. 1972, 2009, 2012).

Nach BINDER (2015) ist für die Nottötung von Schweinen aller Alters- und Gewichtsklassen die Euthanasie durch einen Tierarzt die Methode der Wahl. Da dies in der kommerziellen Schweinehaltung beispielsweise aufgrund von Zeitdruck oder wegen der als unverhältnismäßig angesehenen Kosten

jedoch häufig nicht möglich ist, müssen den Landwirten Alternativen zur Verfügung stehen (UNTERWEGER *et al.* 2015).

In der vorliegenden Untersuchung konnte anhand von 198 Tötungen gezeigt werden, dass der penetrierende Bolzenschuss eine praktikable einstufige Tötungsmethode für Ferkel bis 30 Kilogramm Lebendgewicht am landwirtschaftlichen Betrieb ist. Die Methode weist jedoch sowohl Vor- als auch Nachteile auf, die sich im Rahmen der Untersuchung zeigten und die es vor dem Einsatz abzuwägen gilt. Diese Vor- und Nachteile lassen sich gut anhand der von GRIST *et al.* (2018a) formulierten Kriterien nachvollziehen:

Der erste Punkt, die schnelle und schonende Betäubung und Tötung, ist bei dem untersuchten Verfahren erfüllt. Es ist vor der Applikation des Schusses eine Form der Fixierung (Kopfstütze oder Netz) erforderlich. Dies kann für das Tier mit Stress verbunden sein, allerdings entspricht dieser Stress in seinem Umfang dem, was ein Tier auch im Rahmen einer Nottötung mit den bisher zugelassenen Verfahren erfahren würde.

Der zweite Punkt, die Geeignetheit für die Tierart Schwein und den Zweck der Nottötung, ist ohne Einschränkung erfüllt.

Die Anwendersicherheit ist unter der Voraussetzung gegeben, dass das Schussgerät mit der erforderlichen Sorgfalt gehandhabt wird. Insbesondere bei der Tötung von Saugferkeln mit einer Fixierung mittels Kopfstütze muss der Anwender sehr bedacht vorgehen, da das Gerät schussbereit abgelegt und wieder aufgenommen werden muss. Die Befürchtung, dass der Schussbolzen aus dem Ferkelschädel austreten könnte, erwies sich hingegen als unbegründet.

Die Zuverlässigkeit der Methode ist ebenfalls gegeben, wenn das Schussgerät vorschriftsgemäß betrieben und gewartet wird. Insbesondere ist die auf das Tier übertragene kinetische Energie, anders als beim manuell ausgeführten Kopfschlag, gleichbleibend hoch, so dass eine mögliche Fehlbetäubung aufgrund von Ermüdung der ausführenden Person bei der Tötung einer großen Anzahl von Ferkeln (AVMA 2013) keine Rolle spielt.

Die Tötung per penetrierendem Bolzenschuss ist eine vergleichsweise kostengünstige Methode. Das Gerät, welches in der vorliegenden Untersuchung für die Ferkel über fünf Kilogramm Lebendgewicht zum Einsatz kam, ist das Serienmodell der turbocut Jopp GmbH (Bad Neustadt an der Saale), welches häufig zur Betäubung von Schweinen auf dem landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzt wird. Aus diesem Grunde dürfte es bereits bei vielen Landwirten vorhanden sein und müsste nicht extra angeschafft werden. Das Gerät für die leichteren Ferkel ist bis auf den anders ausgeführten Elastomer gleich aufgebaut. Somit könnte man das Serienmodell leicht unter Austausch dieses kostengünstigen Bauteils in das Gerät für Ferkel unter fünf Kilogramm Lebendgewicht umwandeln. Zudem werden beide Geräte mit den gleichen Ladungen betrieben, die oft ebenfalls schon bei den Landwirten verfügbar sind. Aufgrund der geringen Kosten könnte in größeren Schweinehaltungsbetrieben beispielsweise in jedem Stall ein Gerät vorgehalten werden, welches dann im Bedarfsfall schnell verfügbar ist.

Der sechste Punkt, die Praktikabilität des Verfahrens, ist nach den eigenen Erfahrungen gegeben. Die Fixierung vor allem im Netz verursacht einen gewissen Aufwand, der aber dadurch kompensiert wird, dass auf das Entbluten verzichtet werden kann.

Problematisch kann die ästhetische und emotionale Akzeptanz des untersuchten Verfahrens sein. Durch die starken Krämpfe nach dem Schuss sowie den zum Teil deutlichen Blutverlust aus dem Schussloch weist die kombinierte Betäubung und Tötung mittels penetrierendem Bolzenschuss hygienische Nachteile gegenüber gänzlich unblutigen Verfahren auf. Zudem können die Krampfbewegungen von Anwendern und Zuschauern als unschön empfunden werden.

Der letzte Punkt, die Einhaltung der rechtlichen Forderungen für die Einführung der hier untersuchten Methode in den Praxisbetrieb, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht erfüllt, da die gewählte Vorgehensweise einer kombinierten Betäubung per penetrierendem Bolzenschuss und gleichzeitige Tötung per Gehirn-/Rückenmarkszerstörung noch nicht zugelassen ist. Eine entsprechende Änderung der Tierschutz-Schlachtverordnung wird empfohlen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es sich bei der untersuchten Methode um ein sehr sicheres Verfahren zur Nottötung von Ferkeln bis 30 Kilogramm Lebendgewicht handelt. Prinzipiell ist zu beachten, dass die erprobte Methode wie auch jedes andere Verfahren zur Nottötung vom Anwender die notwendige Sachkunde verlangt. Zur korrekten Anwendung wurde ein Leitfaden erstellt (siehe Anhang).

## 6 Zusammenfassung

Claudia Meier

### **Untersuchung der Wirksamkeit des penetrierenden Bolzenschusses als kombinierte Betäubungs- und Tötungsmethode bei Saugferkeln und Ferkeln bis 30 kg Körpergewicht und Entwicklung einer geeigneten Fixierung**

Institut für Lebensmittelhygiene, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig

Eingereicht im Monat September 2019

95 Seiten, 52 Abbildungen, 23 Tabellen, 131 Literaturangaben, 1 Anhang

Tierschutz – Nottötung – Ferkel – Bolzenschussbetäubung – Gehirn-/Rückenmarkszerstörung – Todeseintritt – Fixierung

**Einleitung:** Für die Nottötung von Ferkeln am landwirtschaftlichen Betrieb steht bisher kein praktikables und kostengünstiges einstufiges Verfahren zur Verfügung. Derzeit wird am häufigsten der stumpfe Schlag auf den Kopf für nicht lebensfähige Ferkel bis fünf Kilogramm Körpergewicht zur Betäubung angewendet. Anschließend müssen die Tiere entblutet werden, um den Todeseintritt sicherzustellen. Während die Effektivität des Kopfschlages stark von den Fähigkeiten der ausführenden Person abhängt und schlecht standardisierbar ist, wird das Entbluten häufig vom Personal aus hygienischen sowie emotionalen Gründen abgelehnt.

**Ziele der Untersuchung:** In der vorliegenden Arbeit sollte die Wirksamkeit des modifizierten penetrierenden Bolzenschusses zur kombinierten Betäubung und Tötung von Saugferkeln und Ferkeln bis 30 Kilogramm Körpergewicht untersucht werden. Zudem sollte eine geeignete Fixierung entwickelt werden und die Gründe für eine Nottötung sollten weitestmöglich erhoben werden.

**Tiere, Material und Methoden:** Vor- und Hauptuntersuchung fanden zwischen Februar 2016 und Mai 2017 an zwei landwirtschaftlichen Betrieben statt. Im Rahmen der Voruntersuchung wurden die Modifikationen an den verwendeten Schussapparaten festgelegt sowie die Apparate an 20 toten Ferkeln mit einem Gewicht von 0,55 bis 27,00 Kilogramm erprobt. Dabei wurde der optimale Ansatz des Schussapparates durch eine anschließende pathologische Untersuchung aller geschossenen Tiere bestimmt. Es wurden außerdem zwei unterschiedliche Fixierungseinrichtungen (Kopfstütze und Netz) zur sicheren Durchführung der Betäubung und Tötung per penetrierendem Bolzenschuss entwickelt. Im Rahmen der Hauptuntersuchung wurden 198 Ferkel in sechs Versuchsgruppen (VG) mit einem Gewicht von 0,48 bis 39,00 Kilogramm getötet (VG 1: <1,30 kg; VG 2: 1,30-1,99 kg; VG 3: 2,00-4,99 kg; VG 4: 5,00-9,99 kg; VG 5: 10,00-19,99 kg; VG 6: 20,00->30,00 kg). Dafür wurden zwei penetrierende Bolzenschussapparate (turbocut Jopp GmbH, Bad Neustadt a. d. Saale) verwendet, wobei ein Apparat für Ferkel mit einem Gewicht bis fünf Kilogramm zum Einsatz kam (Gerät „Drei Puffer“, Bolzenaustrittslänge: 5,3 cm) und der andere für die schwereren Tiere (Gerät „Blitz Kerner“, Bolzenaustrittslänge: 8,3 cm). Neben einer Allgemeinuntersuchung vor der Tötung wurde direkt nach dem Schuss das klinische Bild erhoben sowie anhand von Reflexprüfungen, Zeit bis zur letzten Bewegung, bis zur finalen Pupillendilatation bzw. bis zum Sistieren des Herzschlages die Effektivität der Betäubung und der anschließende lückenlose Übergang in den Tod bestimmt. Der Tötungsvorgang wurde dazu jeweils per Videokamera (Digitale HD-Videokamera, Sony® HDR-PJ 260 VE, Tokio, Japan)

dokumentiert. 16 der während der Hauptuntersuchung getöteten Ferkel mit einem Gewicht von 0,66 bis 39,00 Kilogramm wurden außerdem pathologisch untersucht. Um den Einfluss der untersuchten Variablen Gewicht, Allgemeinbefinden und Genauigkeit des Ansatzes des Schussapparates auf die Gesamtkrampfdauer sowie auf die Zeitintervalle bis zur letzten Bewegung und bis zur finalen Pupillendilatation zu bestimmen, wurde jeweils eine Kovarianzanalyse durchgeführt. Der Kruskal-Wallis-Test wurde verwendet, um die Abhängigkeit der Variablen Gesamtkrampfdauer und Zeitintervall bis zur letzten Bewegung sowie bis zur finalen Pupillendilatation von den Versuchsgruppen zu überprüfen.

**Ergebnisse:** Die häufigsten Gründe für eine Nottötung waren Gelenkschwellungen und –entzündungen (35,4 % der Tiere). Die angestrebte Schussposition (bei Saugferkeln ca. 1-2 cm und bei größeren Ferkeln ca. 3-3,5 cm über der Augenhöhe in der Medianen; Schussrichtung dabei möglichst parallel zur Körperlängsachse in Richtung Schwanz) wurde bei knapp einem Viertel (24 %) der geschossenen Tiere nicht ganz genau erreicht, sondern es ergaben sich leichte Abweichungen. Dennoch war die erzielte Effektivität der Betäubung und Tötung mit 98,5 % sehr gut und wurde nur bei einem Tier aufgrund von Atembewegungen als nicht ausreichend bewertet. Dieses und eines der beiden Tiere mit fraglicher Betäubungseffektivität wurden nachgeschossen. Die nur bei wenigen Ferkeln zunächst tonischen und ansonsten überwiegend klonischen Krämpfe endeten bei fast allen Ferkeln (94 %) innerhalb von zwei Minuten nach dem Schuss. Sie waren bei Tieren mit stark beeinträchtigtem Allgemeinbefinden signifikant kürzer als bei solchen mit einer nur mäßigen Beeinträchtigung ( $p < 0,0001$ ). Die untersuchten Einflussfaktoren erklärten jedoch nur 13 % der Variabilität der Krampfdauer. Bei den meisten Ferkeln endeten die Bewegungen und trat die finale Pupillendilatation innerhalb von vier Minuten nach dem Schuss ein. Fünf Ferkel bewegten sich länger als zehn Minuten. Bei Ansatz des Schussapparates mit Abweichungen endeten die Bewegungen später ( $p = 0,041$ ) und auch die finale Pupillendilatation trat später ein ( $p = 0,016$ ). Die untersuchten Einflussfaktoren erklärten jedoch nur 2 % der Variabilität der Bewegungsdauer bzw. 6 % der Variabilität der Dauer bis zur finalen Pupillendilatation. Der Herzschlag war in 63 % der Fälle bereits vier Minuten nach dem Schuss nicht mehr auskultierbar, in 2,2 % der Fälle jedoch noch länger als zehn Minuten. Das Elektrokardiogramm zeigte noch länger eine Herzaktivität an. Diese hielt bei 56 % der Ferkel mehr als zehn Minuten nach dem Schuss an. Die pathologischen Untersuchungen belegten, dass bei allen untersuchten Tieren das Stammhirn in unterschiedlichem Umfang zerstört worden war.

**Schlussfolgerungen:** Die Untersuchung hat gezeigt, dass der modifizierte penetrierende Bolzenschuss ein praktikables und gut standardisierbares einstufiges Betäubungs- und Tötungsverfahren und damit ein sicheres Verfahren zur Nottötung von Ferkeln bis 30 Kilogramm Körpergewicht ist. Eine entsprechende Änderung der Tierschutz-Schlachtverordnung wird empfohlen. Der Schussbolzen verursacht zum einen eine Betäubung und wirkt des Weiteren tödlich durch eine Zerstörung des Stammhirns entsprechend der Wirkungsweise eines Gehirn-/Rückenmarkzerstörers. Nachteilig auf die Durchführbarkeit der Methode könnte sich die starke Krampfaktivität nach dem Schuss auswirken. Auch aufgrund des Blutverlustes aus dem Schussloch kann sie von Anwendern und Zuschauern aus ästhetischen Gründen abgelehnt werden. Im Anschluss an die Untersuchung konnte ein praxistauglicher Leitfaden für die Durchführung der Nottötung von Ferkeln bis 30 Kilogramm Lebendgewicht am landwirtschaftlichen Betrieb per Bolzenschuss als Ein-Schritt-Methode erstellt werden.

## 7 Summary

Claudia Meier

### **Investigation of the effectiveness of the penetrating captive bolt as a combined stunning and killing method for suckling piglets and piglets up to 30 kg of body weight and development of a suitable fixation**

Institute of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, University of Leipzig

Submitted in Month September 2019

95 pages, 52 figures, 23 tables, 131 references, 1 appendix

animal welfare – emergency killing – piglet – captive bolt stunning – pithing – death – fixation

**Introduction:** There is currently no practical and cost-effective one-stage procedure available for the emergency killing of piglets on farm. At the moment, the percussive blow to the head is most commonly used for non-viable piglets up to five kilograms for stunning. The stunning must be followed by the bleeding of the animals to ensure their death. The effectiveness of the percussive blow to the head is heavily depending on the skills of the operator and difficult to standardize. Bleeding is often rejected by the staff for hygienic and emotional reasons.

**Objective:** The aim of this work was to investigate the effectiveness of the modified penetrating captive bolt as a procedure for the combined stunning and killing of suckling piglets and piglets up to 30 kilograms of body weight. In addition, an appropriate fixation device should have been developed and the reasons for an emergency killing should have been investigated as far as possible.

**Animals, material and methods:** The preliminary as well as the main investigation took place between February 2016 and May 2017 on two farms. In the course of the preliminary investigation, the modifications to the captive bolt devices were determined and the devices were tested on 20 dead piglets weighing between 0.55 and 27.00 kilograms. The optimal position for the application of the captive bolt device was determined by a subsequent pathological examination of all the animals shot. Additionally, two different fixation devices (headrest and net) were developed for the safe execution of the stunning and killing by penetrating captive bolt. As part of the main investigation, a total of 198 piglets in six groups (VG) weighing between 0.48 and 39.00 kilograms were killed (VG 1: <1.30 kg; VG 2: 1.30-1.99 kg; VG 3: 2.00-4.99 kg; VG 4: 5.00-9.99 kg; VG 5: 10.00-19.99 kg; VG 6: 20.00->30.00 kg). For this purpose, two penetrating captive bolt devices (turbocut Jopp GmbH, Bad Neustadt a. d. Saale, Germany) were used, one for piglets weighing up to five kilograms (device "Drei Puffer", bolt exit length: 5.3 cm) and the other one for the heavier animals (device "Blitz Kerner", bolt exit length: 8.3 cm). In addition to a general examination before killing, the clinical presentation was recorded immediately after the shot and the effectiveness of the stunning and the subsequent complete transition to death were determined on the basis of reflex tests, time until the last movement, until the final dilatation of the pupil and until the cessation of cardiac activity. The killing process was documented by a video camera (digital HD-video camera, Sony® HDR-PJ 260 VE, Tokyo, Japan). 16 of the piglets killed during the main investigation, weighing from 0.66 to 39.00 kilograms, were also examined pathologically. In order to determine the influence of the variables weight, general condition

and accuracy of the shooting position on the total convulsion duration as well as on the time intervals to the last movement and up to the final pupil dilation, analysis of covariance was performed. The Kruskal-Wallis-test was used to check the dependence of the variables total convulsion duration and time interval to the last movement as well as to the final pupil dilation on the experimental groups.

**Results:** The swelling and the inflammation of the joints were the most frequent causes for an emergency killing (34.5% of the animals). The desired position for the application of the captive bolt gun (approx. 1-2 cm above eye level in the median for suckling piglets and approx. 3-3.5 cm above eye level in the median for larger piglets; the direction of the shot should be parallel to the body's longitudinal axis in the direction of the tail) was not exactly achieved in almost a quarter of the animals shot (24%), but slight deviations occurred. Nevertheless, the effectiveness of the stunning and killing was very good with 98.5% and only one animal was evaluated as insufficient due to breathing movements. This and one of the two animals with questionable stunning effectiveness were reshot. The initially tonic cramps in only a few piglets and otherwise predominantly clonic cramps ended in almost all piglets (94%) within two minutes after the shot. They were significantly shorter in animals with severely impaired general condition than in those with only moderate impairment ( $p < 0.0001$ ). However, the factors investigated explained only 13% of the variability of the total convulsion duration. For most piglets, the movements ended and the final dilatation of the pupil occurred within four minutes after the shot. Five piglets moved for more than ten minutes. When the captive bolt device was attached with deviations, the movements ended later ( $p = 0.041$ ) and the final dilatation of the pupil also occurred later ( $p = 0.016$ ). However, the factors investigated explained only 2% of the variability of the movement duration and 6 % of the variability of the duration until the final dilatation of the pupil. In 63% of the cases, the heartbeat could no longer be detected by stethoscope four minutes after the shot, but in 2.2% of the cases it was still longer than ten minutes. The electrocardiogram showed even longer heart activity. In 56% of the piglets this activity lasted more than ten minutes after the shot. The pathological examinations showed that the brain stem had been destroyed to varying degrees in all the animals examined.

**Conclusions:** The investigation has shown that the modified penetrating captive bolt is a practicable and well standardizable single-stage stunning and killing procedure and thus a safe method for the emergency killing of piglets up to 30 kilograms of body weight. A corresponding amendment to the national Animal Welfare Slaughter Ordinance is recommended. The bolt leads to stunning and it also acts fatally by destroying the brainstem according to the mode of action of pithing. The strong convulsive activity after the shot could have a negative effect on the feasibility of the method. It can also be rejected by users and spectators for aesthetic reasons due to the loss of blood from the shot hole. Following the study, a practical guide for carrying out the emergency killing of piglets up to 30 kg of live weight on farm by captive bolt as a one-step method could be drawn up.

## 8 Literaturverzeichnis

Adams DB, Sheridan AD. Specifying the risks to animal welfare associated with livestock slaughter without induced insensibility [Internet]. Animal Welfare Branch, Product Integrity Animal and Plant Health Division, Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry; 2008 [zitiert vom 10.07.2019].

<[https://www.researchgate.net/publication/238762225\\_Specifying\\_the\\_Risks\\_to\\_Animal\\_Welfare\\_Associated\\_with\\_Livestock\\_Slaughter\\_without\\_Induced\\_Insensibility](https://www.researchgate.net/publication/238762225_Specifying_the_Risks_to_Animal_Welfare_Associated_with_Livestock_Slaughter_without_Induced_Insensibility)>.

Andersen IL, Naevdal E, Boe KE. Maternal investment, sibling competition, and offspring survival with increasing litter size and parity in pigs (*Sus scrofa*). *Behav Ecol Sociobiol.* 2011;65:1159-1167.

<<https://doi.org/10.1007/s00265-010-1128-4>>.

Anil MH. Studies on the return of physical reflexes in pigs following electrical stunning. *Meat Sci.* 1991;30(1):13-21. <[https://doi.org/10.1016/0309-1740\(91\)90030-T](https://doi.org/10.1016/0309-1740(91)90030-T)>.

Anon. (1972). Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 141 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626) geändert worden ist. <<https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/index.html>>.

Anon. (2000). Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung des Tierschutzgesetzes vom 9. Februar 2000.

<[http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund\\_09022000\\_32135220006.htm](http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_09022000_32135220006.htm)>.

Anon. (2001). Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 2 des Gesetzes vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2147) geändert worden ist. <<http://www.gesetze-im-internet.de/tierschnutztv/>>.

Anon. (2002). Waffengesetz vom 11. Oktober 2002 (BGBl. I S. 3970, 4592; 2003 I S. 1957), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2133) geändert worden ist.

<[https://www.gesetze-im-internet.de/waffg\\_2002/WaffG.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/waffg_2002/WaffG.pdf)>.

Anon. (2009). Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 des Rates vom 24. September 2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung. *ABl. L 303* vom 18.11.2009, S. 1–30. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:02009R1099-20180518>>.

Anon. (2012). Tierschutz-Schlachtverordnung vom 20. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2982).

<[http://www.gesetze-im-internet.de/tierschl\\_2013/](http://www.gesetze-im-internet.de/tierschl_2013/)>.

Anon. (2014a). Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt zur tierschutzgerechten Tötung von Ferkeln vom 31.07.2014. Az.:65-42606/1.2 E2

Anon. (2014b). Erlass des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz zur Betäubung und Tötung von nicht überlebendfähigen Ferkeln mit einem Lebendgewicht von bis zu 5 kg durch Tierhalterinnen und Tierhalter vom 03.07.2014.

Anon. (2014c). Erlass und Leitlinie des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern zum tierschutzgerechten Umgang mit Saugferkeln vom 19.08.2014.

Appelt M, Sperry J. Stunning and killing cattle humanely and reliably in emergency situations - A comparison between a stunning-only and a stunning and pithing protocol. *Can Vet J.* 2007;48(5):529-534. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1852607/>>.

Aramideh M, Ongerboer De Visser BW. Brainstem reflexes: Electrodiagnostic techniques, physiology, normative data, and clinical applications. *Muscle Nerve*. 2002;26(1):14-30.  
<<https://doi.org/10.1002/mus.10120>>.

Arnold S. Untersuchungen zur Todeskontrolle von Schlachtschweinen nach Elektrobetäubung - Einsatz eines automatisierten Heißwasser-Reiz-Verfahrens und Bewertung von Spontanbewegungen auf der Narentblutestrecke [Dissertation med. vet]. Leipzig: Univ. Leipzig; 2015.  
<<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:15-qucosa-188953>>.

American Veterinary Medical Association (AVMA). AVMA guidelines for the euthanasia of animals: 2013 edition [Internet]. Schaumburg, Illinois: AVMA; 2013 [zitiert vom 05.07.2019].  
<<https://www.avma.org/KB/Policies/Documents/euthanasia.pdf>>.

Balzer K. Tierschutzgerechte Betäubung und Tötung von nicht-überlebensfähigen Ferkeln mit einem Stickstoff-angereicherten Schaum im Erzeugerbetrieb [Dissertation med. vet]. Hannover: Tierärztl. Hochsch. Hannover; 2017.

Bertels A. Der Hirntod des Menschen – medizinische und ethische Aspekte [Dissertation med.]. Düsseldorf: Heinrich-Heine-Universität; 2002. <<https://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-2402/402.pdf>>.

Binder R. Die Nottötung als Instrument des Tierschutzes: Tierschutzrechtliche Aspekte der Nottötung von landwirtschaftlichen Nutztieren. *Wien Tierärztl Monatsschr*. 2015;102:200-206

Blackman NL, Cheetham K, Blackmore DK. Differences in blood supply to the cerebral cortex between sheep and calves during slaughter. *Res Vet Sci*. 1986;40(2):252-254.  
<[https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)30522-8](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)30522-8)>.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik 2015. Gutachten - Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. [zitiert vom 15.07.2019].  
<[http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf?__blob=publicationFile)>.

Böhme, G. Nervensystem. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, In: Nickel, Schummer, Seiferle. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. 4. Auflage. Stuttgart: Parey; 2004. p. 62-64.

Boschert K, Flecknell P, Fosse R, Framstad T, Ganter M, Sjöstrand U, Stevens J, Thurmon J. Ketamine and its use in the pig: Recommendations of the Consensus Meeting on Ketamine Anaesthesia in Pigs, Bergen 1994. *Lab Anim*. 1996;30(3):209-219. <<https://doi.org/10.1258/002367796780684863>>.

Beratungs- und Schulungsinstitut für Tierschutz bei Transport und Schlachtung (bsi). Gute fachliche Praxis der tierschutzgerechten Schlachtung von Rind und Schwein [Internet]. Schwarzenbek: bsi; 2013 [zitiert vom 13.07.2019].  
<[http://www.bsi-schwarzenbek.de/Dokumente/bsi\\_gute\\_Praxis\\_4\\_13.pdf](http://www.bsi-schwarzenbek.de/Dokumente/bsi_gute_Praxis_4_13.pdf)>.

Bundesärztekammer (BÄK) 2015. Richtlinie gemäß § 16 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 TPG für die Regeln zur Feststellung des Todes nach § 3 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 TPG und die Verfahrensregeln zur Feststellung des endgültigen, nicht behebbaren Ausfalls der Gesamtfunktion des Großhirns, des Kleinhirns und des Hirnstamms nach § 3 Abs. 2 Nr. 2 TPG, Vierte Fortschreibung. [zitiert vom 08.07.2019]:1-31.  
<[https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/irrev.Hirnfunktionsausfall.pdf](https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/irrev.Hirnfunktionsausfall.pdf)>.

Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (bvgv) 2001. Tierschutzgerechte Bolzenschussbetäubung. [zitiert vom 05.07.2019]. <[http://www.bfr.bund.de/cm/343/tierschutzgerechte\\_bolzenschussbetaeubung.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/tierschutzgerechte_bolzenschussbetaeubung.pdf)>.

Canario L, Roy N, Gruand J, Bidanel JP. Genetic variation of farrowing kinetics traits and their relationships with litter size and perinatal mortality in French Large White sows. *J Anim Sci*. 2006;84(5): 1053-1058. <<https://doi.org/10.2527/2006.8451053x>>.

Casey-Trott T. Effectiveness of a Non-penetrating Captive Bolt for Euthanasia of Suckling and Weaned Piglets [MSc thesis]. Guelph, Ontario, Canada: University of Guelph; 2012. <[https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/3932/T\\_Casey\\_Thesis\\_Complete\\_Final\\_Edits.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/3932/T_Casey_Thesis_Complete_Final_Edits.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>.

Cruccu G, Deuschl G. The clinical use of brainstem reflexes and hand-muscle reflexes. *Clin Neurophysiol*. 2000;111(3):371-387. <[https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(99\)00291-6](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(99)00291-6)>.

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) 2018. DLG-Merkblatt 430: Umgang mit kranken und verletzten Schweinen. [zitiert vom 11.07.2019] <[https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt\\_430.pdf](https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_430.pdf)>.

Dörfler K. Bewertung verschiedener Bolzenschussbetäubungsapparate beim Rind hinsichtlich ihrer Effektivität und ihres Einflusses auf den Ausblutungsgrad [Dissertation med. vet]. Leipzig: Univ. Leipzig; 2015.

European Food Safety Authority (EFSA). Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) on a request from the Commission related to welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals *EFSA Journal*. 2004;2(7/45):1-270. <<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.45>>.

European Food Safety Authority (EFSA). Scientific opinion on monitoring procedures at slaughterhouses for pigs. *EFSA Journal*. 2013;11(12):3523. <<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3523>>.

Eger E, Johnson B, Weiskopf R, Holmes M, Yasuda N, Targ A, Rampil I. Minimum alveolar concentration of I-653 and isoflurane in pigs: definition of a supramaximal stimulus. *Anesth Analg*. 1988;67(12):1174-1176.

Erasmus M, Turner P, Widowski T. Measures of insensibility used to determine effective stunning and killing of poultry. *J Appl Poult Res*. 2010;19(3):288-298. <<https://doi.org/10.3382/japr.2009-00103>>.

Finnie JW. Brain-damage caused by a captive bolt pistol. *J Comp Pathol*. 1993;109(3):253-258. <[https://doi.org/10.1016/S0021-9975\(08\)80250-2](https://doi.org/10.1016/S0021-9975(08)80250-2)>.

Finnie JW, Manavis J, Summersides GE, Blumbergs PC. Brain damage in pigs produced by impact with a non-penetrating captive bolt pistol. *Aust Vet J*. 2003;81:153-155. <<https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2003.tb11078.x>>.

Fletcher D, Boller M, Brainard B, Haskins S, Hopper K, McMichael M, Rozanski E, Rush J, Smarick S. RECOVER evidence and knowledge gap analysis on veterinary CPR. Part 7: Clinical guidelines. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2012;22(s1):102-131. <<https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2012.00757.x>>.

Fricker C, Riek W. Die Betäubung von Rindern vor dem Schlachten mit Hilfe des Bolzenschuß-Apparates. *Fleischwirtschaft*. 1981;61(1):124-127.

- Gibson TJ, Ridler AL, Lamb CR, Williams A, Giles S, Gregory NG. Preliminary evaluation of the effectiveness of captive-bolt guns as a killing method without exsanguination for horned and unhorned sheep. *Anim Welf.* 2012;21 Suppl 2:35-42.  
<<https://doi.org/10.7120/096272812X13353700593446>>.
- Gomez de Segura IA, Tendillo FJ, Mascias A, Santos M, Castillo-Olivares JL, Steffey EP. Actions of xylazine in young swine. *Am J Vet Res.* 1997;58(1): 99-102.
- Gouveia KG, Ferreira PG, da Costa JCR, Vaz-Pires P, da Costa PM. Assessment of the efficiency of captive-bolt stunning in cattle and feasibility of associated behavioural signs. *Anim Welf.* 2009;18(2):171-175.
- Gracey JF. Thornton`s Meat Hygiene. 7. Auflage. London: Bailliere Tindall; 1982. p. 107.
- Grandin T. Mechanical, electrical and anesthetic stunning methods for livestock. *Int J Study Anim Probl.* 1980;1(4):242-263. <[https://animalstudiesrepository.org/acwp\\_faafp/18/](https://animalstudiesrepository.org/acwp_faafp/18/)>.
- Grandin T. Public veterinary medicine: Food safety and handling - Objective scoring of animal handling and stunning practices at slaughter plants. *J Am Vet Med Assoc.* 1998;212(1):36-39.
- Grandin T. Recommended Animal Handling Guidelines and Audit Guide for Cattle, Pigs, and Sheep (2005 Edition, with 2007 and 2010 Updates). American Meat Institute Foundation. 2010. [zitiert vom 11.07.2019]. <<https://grandin.com/RecAnimalHandlingGuidelines.html>>.
- Grandin T. Improving Animal Welfare: A Practical Approach. Wallingford, UK: CABI; 2010. S. 206-208; 193.
- Grandin T. Recommended Captive Bolt Stunning Techniques for Cattle. 2012. [zitiert vom 06.07.2019]. <<http://www.grandin.com/humane/cap.bolt.tips.html>>.
- Grandin T. Recommended Animal Handling Guidelines and Audit Guide: A Systemic Approach to Animal Welfare. American Meat Institute Foundation. 2013. [zitiert vom 11.07.2019]. <[http://certifiedhumane.org/wp-content/uploads/2014/04/2013.AMI\\_Guidelines.pdf](http://certifiedhumane.org/wp-content/uploads/2014/04/2013.AMI_Guidelines.pdf)>.
- Gregory NG. Stunning and slaughter. In: Gregory NG, Grandin T, Hrsg. Animal welfare and meat science. Wallingford, Oxon, UK: CABI Pub.; 1998. p. 225-226
- Gregory N, Shaw F. Penetrating captive bolt stunning and exsanguination of cattle in abattoirs. *J Appl Anim Welf Sci.* 2000;3(3):215-230.  
<[http://dx.doi.org/10.1207/S15327604JAWS0303\\_3](http://dx.doi.org/10.1207/S15327604JAWS0303_3)>.
- Gregory NG. Physiology and Behaviour of Animal Suffering. Oxford, UK:Blackwheel Publishing; 2004. p.229.
- Gregory NG, Lee CJ, Widdicombe JP. Depth of concussion in cattle shot by penetrating captive bolt. *Meat Sci.* 2007;77(4):499-503. <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.04.026>>.
- Gregory NG. Stunning and Slaughter. In: Gregory NG, Grandin T, Hrsg. Animal Welfare and Meat Production. Wallingford, Oxon, UK: CAB Int.; 2007. p. 193-196.
- Grist A, Murrell J, McKinsty J, Knowles T, Wotton S. Humane euthanasia of neonates I: validation of the effectiveness of the Zephyr EXL non-penetrating captive bolt euthanasia system on neonate piglets up to 10.9 kg live-weight. *Anim Welf.* 2017;26(1):111-120.  
<<https://doi.org/10.7120/09627286.26.1.111>>.

Grist A, Lines JA, Knowles TG, Mason CW, Wotton SB. The Use of a Non-Penetrating Captive Bolt for the Euthanasia of Neonate Piglets. *Animals*. 2018a;8(4):48. <<https://doi.org/10.3390/ani8040048>>.

Grist A, Knowles TG, Wotton SB. Humane euthanasia of neonates II: field study of the effectiveness of the Zephyr EXL non-penetrating captive-bolt system for euthanasia of newborn piglets. *Anim Welf*. 2018b;27(4):319-326. <<https://doi.org/10.7120/09627286.27.4.319>>.

Große Beilage E. Untersuchungen an verendeten/getöteten Schweinen in Verarbeitungsbetrieben für tierische Nebenprodukte. 1. Auflage Gießen: DVG Service GmbH; 2017.

Herpin P, Le Dividich J, Hulin C, Fillaut M, De Marco F, Bertin R. Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *J Anim Sci*. 1996;74:2067-2075. <<https://doi.org/10.2527/1996.7492067x>>.

Hirt A, Maisack C, Moritz J. *Tierschutzgesetz - Kommentar zu § 1 (Rdnr. 50)*. München: Vahlen Verlag; 2003.

Hirt A, Maisack C, Moritz J. *Tierschutzgesetz – Kommentar zu § 4 (Rdnr. 13)*. München: Vahlen Verlag; 2016.

Holl JW, Johnson RK. Incidence of splayleg pigs in Nebraska litter size selection lines. *J Anim Sci*. 2005;83(1):34-40. <<http://dx.doi.org/10.2527/2005.83134x>>.

Hoy S. Zucht auf höhere Ferkelzahlen aus Sicht des Tierschutzes. *Proceedings of the Nutztierschutztagung*; 2016 May 19; Raumberg-Gumpenstein. <<https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewdownload/3147-nutztierschutztagung-2016/29007-zucht-auf-hoehere-ferkelzahlen-aus-sicht-des-tierschutzes-vortrag.html>>.

Humane Slaughter Association (HSA) 2019a. Online Guide. Captive bolt stunning of livestock. Pithing. [zitiert vom 05.07.2019]: <<https://www.hsa.org.uk/bleeding-and-pithing/pithing>>.

Humane Slaughter Association (HSA) 2019b. Online Guide. Captive bolt stunning of livestock. Pigs. [zitiert vom 07.07.2019]: <<https://www.hsa.org.uk/positioning/pigs>>.

Humane Slaughter Association (HSA) 2019c. Online Guide. Captive bolt stunning of livestock. Physiological Effects of Percussive Stunning. [zitiert vom 11.07.2019]: <<https://www.hsa.org.uk/percussive-stunning/physiology>>.

Husheer J. Untersuchung der elektrischen Hirn-Herz-Durchströmung als tierschutzgerechtes Verfahren zur Euthanasie von nicht überlebensfähigen Saugferkeln [Dissertation med. vet]. Hannover: Tierärztl. Hochsch. Hannover; 2017

Ilgert H. Effizienz der Bolzenschussbetäubung beim Rind mit Berücksichtigung der Einschussstelle und der Eindringrichtung des Bolzens unter Praxisbedingungen [Dissertation med. vet]. Berlin: Freie Universität Berlin; 1985.

Kaiser G, Heuer M, Frühauf N, Kühne C, Broelsch C. General handling and anesthesia for experimental surgery in pigs. *J Surg Res*. 2006;130:73-79. <<https://doi.org/10.1016/j.jss.2005.07.012>>.

Kecman J, Wähner M. Management großer Würfe in der Ferkelerzeugung. *Tierärztl Prax Ausg G*. 2016;44(05):318-325. <<https://doi.org/10.15653/TPG-160625>>.

König HE, Liebich H-G. *Anatomie der Haussäugetiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis*. 5. Aufl. Stuttgart: Schattauer; 2011. p. 490-491.

Laureys S. Death, unconsciousness and the brain. *Nat Rev Neurosci.* 2005;6:899-909.  
<<https://doi.org/10.1038/nrn1789>>.

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LKSH) 2018. Schweinereport 2018 – Ergebnisse der Betriebszweige Ferkelerzeugung und Schweinemast in Schleswig-Holstein. [zitiert vom 15.07.2019]  
<[https://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport\\_2018\\_LK.pdf](https://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport_2018_LK.pdf)>.

Leßmann HW, Petermann S. Tierschutzgerechter Umgang mit kranken und verletzten Schweinen. *Prakt Tierarzt.* 2016;97:628-632.

Lorz A, Metzger E. Teil III. Kommentar zum Tierschutzgesetz und Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung des Tierschutzgesetzes. In: Lorz A, Metzger E, Hrsg. *Tierschutzgesetz Kommentar.* 6. Aufl., München: C.H. Beck, 2008

Luy J. Ethische Aspekte der Tiertötung als *ultima ratio* veterinärmedizinischen Handelns. Kommentar zu einem oft verschwiegenen Aspekt tierärztlicher Berufstätigkeit. *J Verbrauch Lebensm.* 2008;3(2):123-126. <<http://dx.doi.org/10.1007/s00003-008-0327-7>>.

Machtolf M, Moje M, Troeger K, Bülte M. Die Betäubung von Schlachtschweinen mit Helium. *Mitteilungsblatt Fleischforschung Kulmbach.* 2013;52(202):203-214.  
<[https://www.openagrar.de/receive/openagrar\\_mods\\_00001326](https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00001326)>.

Männl M. Betäubung und Entblutung von Schwein und Rind. In: Institut für Technologie der Bundesanstalt für Fleischforschung, Hrsg. *Schlachten von Schwein und Rind.* Kulmbacher Reihe Band 13. Kulmbach; 1994. p. 62-83.

Marahrens M. Anforderungen an eine tierschutzgerechte Tötung von Saugferkeln im Bestand. *Proceedings of the 27. IGN-Tagung; 2014 November; Celle.*

Martin MS, Kline HC, Wagner DR, Alexander LR, Edwards-Callaway LN, Grandin T. Evaluation of different captive bolt lengths and breed influence upon post-stun hind limb and forelimb activity in fed cattle at a commercial slaughter facility. *Meat Sci.* 2018;143:159-164.  
<<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.003>>.

Marzin V, Collobert JF, Jaunet S, Marrec L. Measure of efficiency and quality of stunning by penetrating captive bolt in beef cattle. *Rev Med Vet (Toulouse).* 2008;159(8-9):423-430.

Matthis S. Selected Employee Attributes And Perceptions Regarding Methods And Animal Welfare Concerns Associated With Swine Euthanasia. [DEd thesis]. Raleigh: North Carolina State University; 2004. <<https://repository.lib.ncsu.edu/handle/1840.16/4993>>.

Meier C, van der Aa-Kuppler A. So leidende Tiere erlösen. *DLZ Primus Schwein.* 2017;9:26-29.  
<<https://www.agrarheute.com/media/2017-11/nottotung.pdf>>.

Meier C, Von Wenzlawowicz M. Nottötung von Schweinen. *Prakt Tierarzt.* 2017;98:474-479.  
<<https://doi.org/10.2376/0032-681X-17-23>>.

Mette A. Untersuchungen zur Isofluran-Narkose beim Schwein. [Dissertation med. vet]. München: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2008.  
<[https://edoc.ub.uni-muenchen.de/8324/1/Mette\\_Astrid.pdf](https://edoc.ub.uni-muenchen.de/8324/1/Mette_Astrid.pdf)>.

Meyer R. Physiologic Measures of Animal Stress during Transitional States of Consciousness. *Animals.* 2015;5(3):702-716.

Meyer H, Kröger H, Sagel B. Untersuchungen über die Variationsursachen des Körpergewichtes bei Ferkeln sowie die Körper- und Blutzusammensetzung untergewichtiger Ferkel. Dtsch Tierarztl Wochenschr. 1976;83:438-448

Meyer C, Müller K. Schweine aktuell: Ferkelverluste vermeiden. Bauernblatt. 2013;7. Dezember:48-49.

Michiels C. Physiological and Pathological Responses to Hypoxia. Am J Pathol. 2004;164(6):1875-1882. <[https://doi.org/10.1016/S0002-9440\(10\)63747-9](https://doi.org/10.1016/S0002-9440(10)63747-9)>.

Milligan BN, Fraser D, Kramer DL. Birth weight variation in the domestic pig: Effects on offspring survival, weight gain and suckling behaviour. Appl Anim Behav Sci. 2001;73(3):179-191. <[http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591\(01\)00136-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00136-8)>.

Mota-Rojas D, Martinez-Burnes J, Alonso-Spilsbury ML, Lopez A, Ramirez-Necoechea, Trujillo-Ortega ME, Medina-Hernandez FJ, De la Cruz NI, Albores-Torres V, Loredó-Osti J. Meconium staining of the skin and meconium aspiration in porcine intrapartum stillbirths. Livest Sci. 2006;102(1-2):155-162. <<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.01.002>>.

National Pork Board (NPB) 2016. On-Farm Euthanasia of Swine – Recommendations for the Producer. [zitiert vom 07.07.2019]:1-20. <<http://www.porkcdn.com/sites/porkorg/library/2016/11/2016-On-Farm-Euthanasia-of-Swine.pdf>>.

Pallis C. ABC of Brain Stem Death - Diagnosis of brain stem death I. Br Med J (Clin Res Ed). 1982a;285:1558-1560. <<https://doi.org/10.1136/bmj.285.6354.1558>>.

Pallis C. ABC of Brain Stem Death - Diagnosis of brain stem death II. Br Med J (Clin Res Ed). 1982b;285:1641-1644. <<https://doi.org/10.1136/bmj.285.6355.1641>>.

Pallis C. ABC of brain stem death: from brain death to brain stem death. Br Med J (Clin Res Ed). 1982c;285(6353):1487-1490. <<https://doi.org/10.1136/bmj.285.6353.1487>>.

Pallis C. ABC of brain stem death. Reappraising death. Br Med J (Clin Res Ed). 1982d;285:1409-1412. <<https://doi.org/10.1136/bmj.285.6352.1409>>.

Prange H. Gesundheit und Leistungen in den Altersgruppen. In: Prange H. Gesundheitsmanagement Schweinehaltung. 4. Auflage Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.; 2004. p. 330-372.

Reeve CL, Rogelberg SG, Spitzmüller C, Digiacomio N. The Caring-Killing Paradox: Euthanasia-Related Strain Among Animal-Shelter Workers. J Appl Soc Psychol. 2005;35(1):119-143. <<https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2005.tb02096.x>>.

Riek W. Die Betäubung von Rindern vor dem Schlachten mit Hilfe des Bolzenschuss- Apparates. [Dissertation med. vet]. Zürich: Universität Zürich; 1980.

Rosen S. Physiological insights into Shechita. Veterinary record. 2004;154(24):759-765. <<https://doi.org/10.1136/vr.154.24.759>>.

Rutherford K, Baxter E, D'Eath R, Turner S, Arnott G, Roehe R, et al. The welfare implications of large litter size in the domestic pig I: biological factors. Anim Welf. 2013;22(2):199-218. <<https://doi.org/10.7120/09627286.22.2.199>>.

Sadler LJ, Hagen CD, Wang C, Widowski TM, Johnson AK, Millman ST. Effects of flow rate and gas mixture on the welfare of weaned and neonate pigs during gas euthanasia. J Anim Sci. 2014a;92(2):793-805. <<https://doi.org/10.2527/jas.2013-6598>>.

- Sadler LJ, Karriker LA, Schwartz KJ, Johnson AK, Widowski TM, Wang C, Sutherland MA, Millman ST. Are severely depressed suckling pigs resistant to gas euthanasia? *Anim Welf.* 2014b;23(2):145-155. <<https://doi.org/10.7120/09627286.23.2.145>>.
- Salomon F-V, Geyer H, Gille U. *Anatomie der Tiermedizin.* Stuttgart: Enke; 2005. p. 487-504.
- Satas S, Haaland K, Thoresen M, Steen P. MAC for halothane and isoflurane during normothermia and hypothermia in the newborn piglet. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1996;40(4):452-456. <<https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.1996.tb04468.x>>.
- Schröder C. Untersuchungen zur Immunglobulinversorgung und Entwicklung neugeborener Ferkel unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Geburtsparameter. [Dissertation med. vet]. Hannover: Tierärztl. Hochsch. Hannover; 2001. <<https://d-nb.info/964444186/34>>.
- Schütt-Abraham I, Knauer-Kraetzel B, Wormuth HJ. Beobachtungen bei der Bolzenschussbetäubung von Kaninchen. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 1992;105:10-15.
- Schütt-Abraham I. Tierschutzgerechte Betäubung von Schlachttieren 2002 (zitiert vom 13.07.2019):1-12, <<http://www.heyntes.de/isa/schlachtung/schlachten.htm>>.
- Shaw NA. The neurophysiology of concussion. *Prog Neurobiol.* 2002;67(4):281-344.
- Silbernagl S, Despopoulos A. *Taschenatlas Physiologie.* Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1983. p.178
- Sporn D. Nicht lebensfähige Ferkel erlösen? *Schweinezucht und Schweinemast.* 2015;2:3.
- Stoffel MH. *Funktionelle Neuroanatomie für die Tiermedizin.* Georg Thieme Verlag; 2010. p. 52-64, p. 72-76, p. 158.
- Sturges BK. *Neuro-ophthalmology: The visible nervous system.* Proceedings of the 2nd Annual Veterinary Neurology Symposium; 2005; University of California, Davis, USA.
- Terlouw C, Bourguet C, Deiss V. Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part I. Neurobiological mechanisms underlying stunning and killing. *Meat Sci.* 2016a;118:133-146. <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.011>>.
- Terlouw C, Bourguet C, Deiss V. Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part II. Evaluation methods. *Meat Sci.* 2016b;118:147-156. <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.010>>.
- Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V. (TVT). Stellungnahme zur Nottötung von Saugferkeln (bis 5kg KGW) durch den Tierhalter. 2014.
- Troeger K. Fleischgewinnung und -behandlung. In: Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken G, Troeger K (Hrsg.). *Qualität von Fleisch und Fleischwaren.* Band 1. 2. Aufl. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag; 2007. p. 442-446.
- Unterweger C, Wieland M, Baumgartner J. Hinweise zu Zeitpunkt und Durchführung der tierschutzkonformen Nottötung beim Schwein. *Wien Tierarztl Monatsschr.* 2015;102:231-242. <[https://www.wtm.at/explorer/WTM/Archiv/2015/2015\\_WTM\\_910/Themenheft/WTM\\_9102015\\_Themenheft.5\\_Artikel\\_6\\_Art.1519.pdf](https://www.wtm.at/explorer/WTM/Archiv/2015/2015_WTM_910/Themenheft/WTM_9102015_Themenheft.5_Artikel_6_Art.1519.pdf)>.
- Verhoeven MTW, Gerritzen MA, Kluivers-Poodt M, Hellebrekers LJ, Kemp B. Validation of behavioural indicators used to assess unconsciousness in sheep. *Res Vet Sci.* 2015;101:144-153. <<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.06.007>>.

Verhoeven MTW, Gerritzen MA, Hellebrekers LJ, Kemp B. Validation of indicators used to assess unconsciousness in veal calves at slaughter. *Animal*. 2016;10(9):1457-1465.  
<<https://doi.org/10.1017/S1751731116000422>>.

Von Holleben K. Handling and restraining issues for the most important species. EU-Commission DG Sanco: Training workshop on animal welfare concerning the stunning and killing of animals at slaughterhouses and in disease control situation; 2007 Oct 15-19; Zagreb, Croatia.

Von Holleben K, Von Wenzlawowicz M, Gregory N, Anil H, Velarde A, Rodriguez P, Cenci Goga B, Catanese B, Lambooj B. Bericht über gute und nachteilige Praktiken bei der religiösen Schlachtung – Tierschutzbedenken aus tiermedizinischer Sicht im Bezug auf Schlachtverfahren. dialrel-Projekt. 2010. [zitiert vom 07.07.2019]:1-93.  
<<http://www.dialrel.eu/images/recommandations-de.pdf>>.

Von Holleben K, Von Wenzlawowicz M. Wie schnell darf man schlachten? - Hinweise zur Bestimmung der Grenzen. In: Tagungsband – 22. Internationale Fachtagung zum Thema Tierschutz; 2017 Mrz 30 - April 1; München. Gießen: DVG; 2017.p.37-48.

Von Loeper. Tierschutzgesetz - Kommentar zu § 1 (Rdnr. 52). Stuttgart: Kohlhammer Verlag; 2002.

Von Wenzlawowicz M, Von Holleben K, Eser E. Identifying reasons for stun failures in slaughterhouses for cattle and pigs: a field study. *Anim Welf*. 2012;21:51-60.  
<<https://doi.org/10.7120/096272812X13353700593527>>.

Von Wenzlawowicz M. Nottöten von Ferkeln: Indikationen und Methoden. Proceedings der 34. Fortbildungsveranstaltung der ATF-Fachgruppe Tierschutz, des Institutes für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover und der DVG-Fachgruppe Umwelt- und Tierhygiene; 2014 Okt 9-10; Hannover, Deutschland. 2014.

Welp S. Untersuchungen zur Reduzierung der Ferkelverluste und zur Verbesserung der täglichen Zunahmen der Ferkel bei hochfruchtbaren Sauen [Dissertation agr.]. Gießen: Justus-Liebig-Universität; 2014.

Widowski T. Effectiveness of a non-penetrating captive bolt for on-farm euthanasia of low viability piglets. University of Guelph. 2008. [zitiert vom 05.07.2019]. <<https://www.pork.org/wp-content/uploads/2009/07/06-165-WIDOWSKI-UofGuelph.pdf>>.

Wiedemann R. Vitale Ferkel von gesunden Sauen - Prinzipien für den optimalen Wurfausgleich - Artikelserie „Vitale Ferkel von gesunden Sauen“ (Teil 1). 2012. [zitiert vom 12.07.2019]:1-4.  
<[https://www.susonline.de/dl/2/4/4/8/2/5/9/LSZ\\_vitale-Ferkel-von-gesunden-Sauen-Teil-1\\_1\\_.pdf](https://www.susonline.de/dl/2/4/4/8/2/5/9/LSZ_vitale-Ferkel-von-gesunden-Sauen-Teil-1_1_.pdf)>.

Wijdicks EF. The diagnosis of brain death. *N Engl J Med*. 2001;344(16):1215-1221.  
<<https://doi.org/10.1056/NEJM200104193441606>>.

Woods JA. Analysis of the use of the "CASH" Dispatch Kit captive bolt gun as a single stage euthanasia process for pigs [MSc thesis]. Ames, Iowa, USA: Iowa State Univ.; 2012.  
<<https://lib.dr.iastate.edu/etd/12706>>.



**Leitfaden zur Tötung von Ferkeln bis 30 kg per Bolzenschuss und Gehirn-/ Rückenmarkszerstörer<sup>1</sup>**



Dieser Leitfaden ist Teil eines Forschungsprojektes zur Entwicklung einer praktikablen kombinierten Betäubungs- und Tötungsmethode von Ferkeln am landwirtschaftlichen Betrieb.

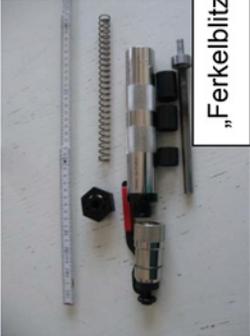
Das Projekt wurde gefördert von den Landwirtschaftsministerien der Länder Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein.

Arbeitsschritt	Saugferkel	Ältere Ferkel
<b>1. Entscheidung</b>	Die Entscheidung für eine Nottötung darf nur für jedes Tier im Einzelfall und von dafür sachkundigen Personen getroffen werden. Sie sollte von allen verantwortlichen Personen (dem für den Stall zuständigen Mitarbeiter sowie ggf. dem Vorgesetzten und der Person, die die Tötung vornimmt) einheitlich und gemeinsam getroffen werden. Nur bei einer infausten Prognose (z.B. Missbildungen) oder nachdem Behandlungs-/Managementmaßnahmen nicht zum Erfolg geführt haben, darf eine Nottötung erfolgen (vergleiche für Saugferkel Ferkelerlass M-V <sup>2</sup> und Stellungnahme der TVT <sup>3</sup> ).	
<b>2. Vorbereitung</b>	Die zu tötenden Tiere werden schnellstmöglich von einer dafür sachkundigen Person getötet. Sie werden bis zur Tötung unter geeigneten Bedingungen gehalten. Saugferkel verbleiben dazu im Ferkelneist (ggf. in einer Isolierbucht), ältere Tiere werden tierschutzgerecht (siehe 4. <i>Ruhigstellung</i> ) in den Tötungsbereich verbracht. Ein für die jeweiligen Ferkel geeigneter Temperaturbereich (ggf. Wärmelampe erforderlich), ausreichend Platz sowie bei älteren Ferkeln die Versorgung mit Wasser müssen bis zur Tötung gewährleistet sein.	

<sup>1</sup> Ein Tötungsverfahren muss im Anschluss an den Schuss angewendet werden (vorbehaltlich rechtliche Änderung TierSchV).

<sup>2</sup> [www.regierung-mv.de/serviceassistent/download?id=128526](http://www.regierung-mv.de/serviceassistent/download?id=128526)

<sup>3</sup> <http://www.tierschutz-tvt.de/index.php?id=50>

<p style="text-align: center;"><b>3. Geräte und Einrichtungen</b></p>	<p>Es werden folgende Geräte und Einrichtungen benötigt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.) Fixierungsmöglichkeit</li> <li>2.) Schussgerät („Blitz-Kerner“ / „Ferkelblitz“) plus gleichartiges Ersatzgerät</li> <li>3.) ausreichend grüne Ladungen<sup>1</sup></li> <li>4.) Gehirn-/ Rückenmarkszerstörer (oder Entblutemesser)</li> <li>5.) ggf. Waage</li> </ol>	 <p style="text-align: center;">Gehirn-/Rückenmarkszerstörer<sup>ii</sup></p>		
	<p><b>Ferkel bis ca. 2,5 kg</b></p> <p>Ferkel können bis zu einem Gewicht von ca. 2,5 kg mit der Kopfstütze<sup>iii</sup> ruhiggestellt werden (abhängig von der Handgröße und Kraft des Anwenders auch größere möglich). Die Kopfstütze ist mobil und kann mithilfe von Schraubzwingen beliebig an Buchtenwänden befestigt werden.</p>		<p><b>Ferkel ab ca. 2,5 kg</b></p> <p>Ferkel ab einem Gewicht von ca. 2,5 kg werden in einem Netz<sup>iv</sup> fixiert, das z. B. über einen Rollwagen<sup>v</sup> gespannt wird. Der Rollwagen mit Netz zur Fixierung von älteren Ferkeln ist nur bedingt mobil und sollte auch aus Hygienegründen an einem festen Ort verbleiben.</p>	
	<p><b>Ferkel bis 5 kg</b></p> <p>Für Ferkel bis zu einem Gewicht von 5 kg wird das Schussgerät „Ferkelblitz“<sup>vi</sup> mit der grünen Ladung<sup>1</sup> verwendet.</p>	 <p style="text-align: center;">„Ferkelblitz“<sup>vi</sup></p>	<p><b>Ferkel ab 5 kg</b></p> <p>Für Ferkel ab einem Gewicht von 5 kg wird das Schussgerät „Blitz-Kerner“<sup>vi</sup> mit der grünen Ladung<sup>1</sup> verwendet.</p>	 <p style="text-align: center;">„Blitz Kerner“<sup>vi</sup></p>

<p><b>4. Ruhigstellung / Fixierung</b></p>	<p>Der Schussapparat wird gespannt und anschließend so gehalten, dass der Abzugshebel mit einem oder mehreren darunter geschobenen Fingern gegen ein versehentliches Auslösen gesichert ist. Dann wird das Saugferkel mit der freien Hand unter dem Bauch gefasst (bei agilen Ferkeln Vorderbeine in der Hand mitfixieren) und mit dem Kopf auf die Kopfstütze gelegt.</p> <p><u>Tragen / Halten</u>  <u>Schussgerät sichern</u> </p> <p><u>Fixierung</u> </p>	<p>Das Ferkel wird ordnungsgemäß angehoben (den ganzen Körper umfassen, nicht an einzelnen Körperteilen (Beine, Ohren, Schwanz) heben / tragen!) und mittig auf das Netz gesetzt. Dann werden die Beine einzeln durch die Maschen des Netzes geschoben. Je ruhiger man dabei vorgeht, desto ruhiger bleibt auch das Ferkel. Wenn das Tier aufgeregt reagiert, sollte man kurz abwarten (aufpassen, dass das Ferkel dabei nicht herunterfällt); meist beruhigt es sich nach kurzer Zeit wieder. Die Position auf dem Netz muss es ermöglichen, dass der Kopf des Ferkels so angewinkelt werden kann, dass zwischen Stirn und Nacken möglichst ein rechter Winkel entsteht. Dafür muss sich der Kopf ggf. über dem vorderen Rand des Netzes befinden (je nach Spannungsgrad des Netzes).</p> <p><u>Tragen</u>  <u>Fixierung</u> </p>
--	--	---

<p><b>5. Schussposition</b></p>		<p>Der Ansatz des Schussgerätes erfolgt bei Saugferkeln ca. 1,5 - 2 cm über Augenhöhe in der Medianen (= ca. auf halber Strecke zwischen Augen und Ohrenansatz). Bei größeren Ferkeln erfolgt der Ansatz ca. 3 - 3,5 cm über Augenhöhe in der Medianen.</p> <p>Die Schussrichtung soll dabei immer möglichst parallel zur Körperlängsachse in Richtung Schwanz verlaufen (siehe Fotos bei „Ruhigstellung“).</p>	
	Saugferkel 1,2 kg Lebendgewicht		Saugferkel 5 kg Lebendgewicht
	Größeres Ferkel 13 kg Lebendgewicht		Größeres Ferkel 26 kg Lebendgewicht

<p><b>6. Wirkung</b></p>	<p><b>Achtung:</b> Sobald der Schuss ausgelöst wurde, muss man innerhalb kürzester Zeit (oft &lt; 1s) mit klonischen Krampfbewegungen v.a. der Beine der Ferkel rechnen! Saugferkel legt man nach dem Schuss auf den Boden (sonst Absturzgefahr) und überprüft die Betäubungswirkung.</p>	<p><b>Achtung:</b> Sobald der Schuss ausgelöst wurde, muss man innerhalb kürzester Zeit (oft &lt; 1s) mit heftigen klonischen Krampfbewegungen v.a. der Beine der Ferkel rechnen! Nach dem Schuss wird das Schussgerät sofort zur Seite gelegt und das Ferkel mit beiden Händen im Netz festgehalten. Dazu sollte man mit einer Hand die Schultern und mit der anderen die Hinterbeine herunterdrücken. Bei großen Ferkeln (ab ca. 15-20 kg) ist dafür eventuell eine Hilfsperson nötig. Nach Abklingen der heftigsten Krampfbewegungen überprüft man die Betäubungswirkung.</p> 
--------------------------	---	---

Die **korrekte Betäubungswirkung durch den Bolzenschuss** lässt sich anhand mehrerer Kriterien überprüfen.

Sofort nach dem Schuss kommt es zu den typischen Krämpfen (siehe „Wirkung“). In dieser Phase zeigt das Ferkel nur ungerichtete (unkontrollierte) Bewegungen; es versucht nicht, aufzustehen oder den Kopf anzuheben. Zudem dürfen bewusste Lautäußerungen (z.B. quieken, schreien) und / oder Atembewegungen nicht vorkommen.

Nach Abklingen der heftigsten Krämpfe können folgende Reaktionen überprüft werden:

- Das Ferkel atmet nicht mehr.
- Die Augen sind geöffnet, starr und die Pupille wird immer weiter.
- Bei Berührung der Augenlider und der Hornhaut bleibt das Auge offen und starr.
- Das Ferkel reagiert nicht auf Schmerzreize an der Nase oder im Zwischenklauenbereich (z.B. durch Kneifen mit den Fingern).
- Das Maul lässt sich ohne Widerstand öffnen (fehlende Kieferspannung).

### 7. Überprüfung der Betäubungswirkung



**Im Falle eines Fehlschusses muss das Ferkel sofort nachgeschossen werden!**

Es handelt sich um einen Fehlschuss, wenn eines der folgenden Anzeichen auftritt:

- >1x Augenreflexe (Lid-, Corneal- oder Pupillenlichtreflex) positiv
- >1x spontaner Lidschluss
- gerichtete Augenbewegungen
- Lautäußerungen
- >3 Atembewegungen (sichtbar am Maul und / oder Bauch)
- gerichtete Bewegungen (z.B. Aufrichten, Kopfanheben)
- >1x Schmerzreiz positiv

Ein **Tötungsverfahren** ist nach aktueller Rechtslage immer anzuschließen (\*). Das Tötungsverfahren darf erst angewendet werden, nachdem überprüft wurde, dass das Tier betäubt ist. Bei Zweifeln an der Betäubungswirkung muss zunächst nachgeschossen werden (siehe 7. *Überprüfung der Betäubungswirkung*).

Der **Gehirn-/Rückenmarkserstörer** wird nach dem Schuss durch das Schussloch in Richtung auf den Schwanz des Tieres eingeführt und so weit wie möglich vorgeschoben. Danach wird er einige Male in verschiedene Richtungen vor- und zurückbewegt, wodurch das Gehirn und eventuell Teile des Rückenmarks zerstört werden, so dass das Tier getötet wird.

Als Alternative zum Gehirn-/Rückenmarkserstörer kann auch eine **Entblutung** durchgeführt werden. Dabei müssen die großen Gefäße in Herznähe oder am Hals durchtrennt werden, durch die das Gehirn mit Sauerstoff versorgt wird.

\*Ein Tötungsverfahren wäre auch bei einer möglichen Anwendung als einstufiges Verfahren immer anzuwenden, wenn der Tod nach dem Bolzenschuss nicht eintritt.



**8. Tötungsverfahren**

Nach der Tötung muss das Ferkel so lange beobachtet werden, bis keine Bewegungen mehr erkennbar sind. Anschließend sollte das Tier für mindestens 10 Minuten einer Kontrolle zugänglich bleiben. Bevor die getöteten Ferkel in den Konfiskat-Bereich verbracht werden, muss jedes einzelne Tier nochmals sorgfältig auf jedwede Bewegungen bzw. die sicheren Anzeichen des Todes geprüft werden.

**Anzeichen des Todes** sind:

- keinerlei Bewegungen (auch keine ungerichteten, z.B. Zuckungen der Beine)
- schlaffe Muskulatur
- Pulslosigkeit / kein Herzschlag fühl- und hörbar
- Blässe, evtl. Totenflecken (rotviolette bis blaugraue Verfärbung der Haut)
- „struppiges Aussehen“ (weil die Körperhaare sich aufstellen)
- Abkühlung des Körpers
- weite, starre Pupillen



**9. Überprüfung der Tötung**

Copyright © 2018 bsi Schwarzenbek  
Beratungs- und Schulungsinstitut für Tierschutz bei Transport und Schlachtung  
Postfach 1469, 21487 Schwarzenbek  
cm@bsi-schwarzenbek.de

Alle Rechte vorbehalten. Drucke, fotomechanische Vervielfältigungen, Einspeicherungen und Verarbeitungen, auch auszugsweise, über elektronische Systeme/Datenträger bedürfen der vorherigen, schriftlichen Zustimmung der Copyrightinhaber.

<sup>i</sup> Hersteller: turbocut Jopp GmbH, Bad Neustadt a. d. Saale

<sup>ii</sup> Hersteller: KARL SCHERMER GmbH & Co. KG, Ettlingen

<sup>iii</sup> Hersteller: Animal Welfare Service GmbH, Weiler

<sup>iv</sup> handelsübliches Ladungssicherungsnetz für PKW-Anhänger, Maschenweite ca. 55 mm

<sup>v</sup> Hersteller: GFS Top-Animal-Service GmbH, Ascheberg (Außenmaße L x B x H: 131 cm x 70 cm x 74 cm)