

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Angefertigt unter der Leitung von
Univ.-Prof. Dr. Dr. M. H. Erhard

**Untersuchungen zum korrekten Treffpunkt für den
Bolzenschuss bei der Betäubung von Rindern
bei der Schlachtung**

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

von
Simone Kohlen
aus
Mönchengladbach

München 2011

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

Dekan:	Univ.-Prof. Dr. Braun
Berichterstatter:	Univ.-Prof. Dr. Dr. Erhard
Korreferent/en:	Priv.-Doz. Dr. Maierl

Tag der Promotion: 30. Juli 2011

Meiner Familie

Teile dieser Dissertation wurden im Rahmen der

16. Internationalen Fachtagung zum Thema Tierschutz der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft, Fachgruppe „Tierschutz“, vom 23. bis 25. Februar 2011 in Nürtingen

unter dem Titel:

„Betäubung von Schlachtrindern mit dem Bolzenschussapparat – Untersuchungen zum korrekten Treffpunkt unter Berücksichtigung von Rasse, Geschlecht und Gewicht“

veröffentlicht.

ISBN 978-3-86345-012-0

Abkürzungsverzeichnis

AA	Arbeitsanweisung	m	Meter
Art	Artikel	min	Minute
Bek	Bekanntmachung	ml	Milliliter
BgVV	Bundesinstitut für ge- sundheitlichen Verbrau- cherschutz und Veteri- närmedizin	mm	Millimeter
BSE	Bovine Spongiforme Enzephalitis	MW	Mittelwert
bzw.	beziehungsweise	N.	Nervus
°C	Grad Celsius	ng	Nanogramm
ca.	zirka	RGBl.	Reichsgesetzblatt
cm	Zentimeter	s	Sekunde
EEG	Elektroenzephalogramm	S.	Seite
EFSA	European Food Safety Authority	SEM	Standardfehler
EG	Europäische Gemein- schaft	TierSchG	Tierschutzgesetz
et al.	et alii	TierSchlV	Tierschutzschlacht- verordnung
etc.	et cetera	TSch	Tierschutz
EU	Europäische Union	TVT	Tierärztliche Vereini- gung für Tierschutz
FB	Formblatt	u. a.	unter anderem
fis-vl	Fachinformationssystem Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit	v	von/vom
G	Gesetz	VO	Verordnung
GVE	Großvieheinheit	Vol.	Volume
GVBl.	Gesetzverkündungsblatt	z. B.	zum Beispiel
i. d. R.	in der Regel	ZNS	Zentrales Nervensys- tem

Abkürzungsverzeichnis Rinderrassen

BA	Blonde d'Aquitaine	LIM	Limousin
BV	Braunvieh	PIN	Pinzgauer
CHA	Charolais	RBT	Rotbunte
DA	Deutsch Angus	RHV	Rotvieh-Zuchtrind
DSB	Deutsches Schwarzbun- tes Niederungs- rind	RVA	Angler
FL	Fleckvieh	SAL	Salers
GAL	Galloway	SBT	Schwarzbunte
GV	Gelbvieh	UCK	Uckermärker
HE	Hereford	WBB	Weißblaue.Belgier
HIN	Hinterwälder	XFF	Kreuzung Fleischrind x Fleischrind
HLD	Schottisches Hochland- rind	XFM	Kreuzung Fleischrind x Milchrind
HWF	Hinterwälder Fleisch- nutzung	XMM	Kreuzung Milchrind x Milchrind
JER	Jersey	ZZEB	Zwergzebu

Inhaltsverzeichnis

I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	3
2.1.	Rechtliche Grundlagen zur Schlachtung von Tieren	3
2.1.1.	Tierschutzgesetz	3
2.1.2.	Tierschutz-Schlachtverordnung	4
2.1.3.	Vorgaben der Fleischerei-Berufsgenossenschaft	5
2.2.	Anatomische Grundlagen des Rinderschädels	6
2.3.	Geschichte der Schlachttierbetäubung	9
2.4.	Der Bolzenschussapparat und seine Betäubungswirkung	11
2.5.	Die korrekte Treffpunktlage durch den Bolzenschussapparat	14
2.6.	Einflussfaktoren bei einer mechanischen Betäubung	16
2.6.1.	Hautdicke und Haare bei Rindern	16
2.6.2.	Stressfaktoren vor der Betäubung	17
2.6.3.	Fehlermöglichkeiten und Probleme bei der Betäubung mit Bolzenschuss	18
2.6.4.	Betäubungspersonal	19
2.7.	Anforderungen an eine wirksame mechanische Betäubung	20
2.7.1.	Merkmale zur visuellen Überprüfung einer effektiven Betäubung	20
2.8.	Pathologische Veränderungen am Gehirn nach Trauma	24
2.8.1.	Formen der Gehirnschädigung	24
2.8.2.	Blutungen als pathologisch-anatomische Folge einer Gehirnschädigung	25
2.9.	Narkosestadien	26
III.	TIERE, MATERIAL UND METHODEN	28
3.1.	Zeitplan des Versuchs	28
3.2.	Beschreibung des Schlachtbetriebes	28
3.3.	Bolzenschussapparate	29
3.4.	Geräte zur Vermessung der Schädelgrößen	30

3.5.	Auswahl der Messparameter	32
3.6.	Tiere	33
3.6.1.	Tierauswahl	34
3.7.	Erfassung des Lebendgewichtes	36
3.8.	Datenerhebung an der Schädeloberfläche	36
3.9.	Spaltung der Schädel und Datenerhebung	38
3.10.	Datenerhebung nach der Schädelspaltung	40
3.11.	Statistische Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	41
IV.	ERGEBNISSE	43
4.1.	Deskriptive Statistik erhobener Parameter	44
4.1.1.	Lebendgewicht	44
4.1.2.	Kopflänge	49
4.1.3.	Abstand Augenaußenwinkel	51
4.1.4.	Bezug zwischen Kopfform und Abstand vom vorgegebenen zum anatomisch günstigeren Schusspunkt	53
4.1.5.	Abstand vom vorgegebenen zum anatomisch günstigeren Schusspunkt	53
4.1.6.	Hautdicke	55
4.1.7.	Bezug zwischen Hautdicke und Abstand vom vorgegebenen zum anatomisch günstigeren Schusspunkt	57
4.1.8.	Bolzenlänge	57
4.2.	Statistische Auswertung	60
4.2.1.	Beziehungen zwischen der Schusspunktdifferenz und den verschiedenen Einflussgrößen	68
4.2.1.1.	Einfluss der vorhandenen Größen auf eine positive Abweichung des Schusspunktes	68
4.2.1.2.	Tiere mit positiver Schusspunktdifferenz	71
4.3.	Resümee der Ergebnisse	75
4.3.1.	Für alle Tiere	75
4.3.2.	Bildung von Gruppen	77

V.	DISKUSSION	79
5.1.	Lebendgewicht	79
5.2.	Hautdicke	79
5.3.	Rasse	80
5.4.	Kategorie	81
5.5.	Bolzenlänge	81
5.6.	Verbesserung des Schusspunktes	82
5.7.	Schlussfolgerungen	83
VI.	ZUSAMMENFASSUNG	85
VII.	SUMMARY	88
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS	91
IX.	ANHANG	103
	DANKSAGUNG	115

I. EINLEITUNG

Die Betäubung vor der Tötung durch Blutentzug ist aus tierschutzrechtlicher Sicht einer der wichtigsten Aspekte bei der Schlachtung von Tieren, da durch korrekte Durchführung unnötige Schmerzen und Leiden vermieden werden sollen (TierSchG, 2006), indem das Tier während der Schlachtung auf behutsame Weise in eine andauernde Verfassung der Empfindungs- und Wahrnehmungslosigkeit versetzt wird. Dazu ist es notwendig, vor allem diejenigen Hirnbereiche, die für Motorik, Bewusstsein und Schmerzempfinden zuständig sind, zu „schädigen“. In der Tierschutz-Schlachtverordnung (TierSchlV, 2006) wird für die Betäubung von Tieren mit dem Bolzenschuss gefordert, „dass das Gerät so aufgesetzt wird, dass der Bolzen mit Sicherheit in das Gehirn eindringt“. In Untersuchungen von Fricker und Riek (1981) wird die Eindringtiefe des Bolzens mit 7 cm bis 11,5 cm angegeben. Ausschließlich die frontale Schussposition ist für die Bolzenschussbetäubung bei Rindern aller Altersklassen in Deutschland zugelassen (TierSchlV, 2006). Dies ändert sich auch in der die Tierschutz-Schlachtverordnung am 01. Januar 2013 ablösenden Verordnung 1099/2009 des Europäischen Rates nicht.

Weder das Tierschutzgesetz (2006) noch ein anderes Gesetz enthält genauere Aussagen zur Ansatzstelle des Bolzenschussapparates. In der Fachliteratur gibt es verschiedene Vorgaben zum korrekten Ansatzpunkt bei der Bolzenschussbetäubung. Hauptsächlich wird der von der Tierärztlichen Vereinigung für Tierschutz (TVT, 2007) vorgegebene Kreuzungspunkt zweier gedachter Diagonalen zwischen der Augenmitte und der Mitte des gegenüberliegenden Randes des Hornansatzes als Ansatzstelle verwendet. Allerdings hat sich in der praktischen Anwendung gezeigt, dass einige Tiere trotz optimalem Ansatz des Bolzenschussapparates nicht oder nicht ausreichend betäubt werden. Im Jahr 2009 wurden in Deutschland insgesamt 3,7 Millionen Rinder geschlachtet (Statistisches Bundesamt, 2011)

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zur Sicherstellung des Tierschutzes bei der Betäubung und der anschließenden Schlachtung von Rindern zu untersuchen, ob der vorgegebene Ansatzpunkt bei der Betäubung von Rindern auch bei seltenen Rinderrassen und den unterschiedlichen Gewichtsklassen so gewählt ist, dass der Bolzen mit Sicherheit in Richtung auf das Stammhirn eindringt. Es galt zudem der Fragestellung nachzugehen, bei welchen metrischen Einflussgrößen es zu einer Abweichung der korrekten Treffpunktlage kommen kann und ob für die Zukunft eine andere Schussposition für Rinder gewählt werden sollte. Eine Überprüfung hinsichtlich der fachgerechten Betäubung der Rinder im Sinne einer Kontrolle

fand nicht statt, da in dieser Studie nur die anatomischen Gegebenheiten untersucht werden sollten.

Das Forschungsprojekt wurde gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (STMUG) über das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL).

II. LITERATURÜBERSICHT

2.1. Rechtliche Grundlagen zur Schlachtung von Tieren

Die Fleischgewinnung unterliegt rechtlichen Regelungen aus unterschiedlichen Fachbereichen. Im Vordergrund stehen hier die Gesetze und Verordnungen der Fleischhygiene und des Tierschutzes. Das Tierschutzrecht verpflichtet den Menschen, im Umgang mit dem Tier die geltenden Vorschriften einzuhalten. Dies erfolgt im Interesse des Wohlbefindens der Tiere und bewahrt diese vor unnötigen Schmerzen und Leiden.

Das EU-Hygienerecht gibt Hygienestandards vor und regelt in der Verordnung (EG) Nr. 854/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 (VO 854/2004) die praktische Fleischuntersuchung. Der amtliche Tierarzt ist laut dieser Verordnung neben den klassischen Aufgaben wie der Schlachtier- und Fleischuntersuchung und der Hygieneüberwachung auch für die arbeitstägliche Überwachung des Tierschutzes bzw. das Wohlbefinden der zur Schlachtung angelieferten Tiere zuständig. Weiterhin trägt dieses Recht zum Schutz der Verbraucher und des Schlachtpersonals vor Infektionen und Zoonosen bei.

2.1.1. Tierschutzgesetz

In der deutschen Gesetzgebung gilt das Tier als Mitgeschöpf. Der Schutz der Tiere hat die höchste Bedeutung innerhalb des Tierschutzgesetzes in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S.1206, 1313), das zuletzt durch das Gesetz vom 15. Juli 2009 (BGBl. I S. 1950) geändert worden ist. Dem Tier dürfen weder unnötige Leiden noch Schmerzen zugefügt werden. Dieser Schutz wird im dritten Abschnitt des Tierschutzgesetzes durch die Vorgabe der Vermeidung unnötiger Leiden und Schmerzen bei der Tötung von Tieren besonders deutlich.

Der §4a des Tierschutzgesetzes gilt speziell für das Schlachten von Wirbeltieren. Dieser Paragraph legt fest, dass ein Wirbeltier nur unter Betäubung entblutet werden darf. Die Tötung darf zudem nur von Personen mit den dafür notwendigen Fähigkeiten und Kenntnissen ausgeführt werden. Für das berufs- oder gewerbsmäßige Töten von Tieren ist eine Ausbildung in Form eines Sachkundenachweises notwendig. Grundsätzlich müssen in Deutschland warmblütige Tiere, bevor diese durch Blutentzug getötet werden, mithilfe eines zulässigen Betäubungsverfahrens betäubt werden. Das Bundesministerium wird in §4b Nr. 1b ermächtigt, be-

stimmte Tötungsverfahren näher zu regeln. Dies geschieht über die Tierschutz-Schlachtverordnung (2006).

2.1.2. Tierschutz-Schlachtverordnung

Der Schutz der Tiere zum Zeitpunkt der Schlachtung ist nicht nur im Tierschutzgesetz, sondern weitaus detaillierter in der Tierschutz-Schlachtverordnung (TierSchlV, 2006) gesetzlich verankert. In dieser Verordnung wird auf das Ruhigstellen, Betreuen und Betäuben von Tieren von der Anlieferung am Schlachthof bis zur Tötung durch Blutentzug, spezielle Aufmerksamkeit gelegt. Schlachthöfe stellen laut Definition kommerziell arbeitende Betriebe dar, welche warmblütige Tiere schlachten. Die bereits im Tierschutzgesetz beschriebenen Grundvoraussetzungen für das Töten von Wirbeltieren werden in der Tierschutz-Schlachtverordnung wiederholt. Notwendige Kenntnisse und Fähigkeiten für das Betreuen, Ruhigstellen, Betäuben, Schlachten und Töten der Tiere werden auch in dieser Verordnung von dem Ausführenden als gegeben angenommen. Den Tieren dürfen beim Umgang keine unnötigen Aufregungen, Schmerzen, Leiden oder Schäden zugefügt werden. Die Konstruktion der Betäubungsfalle muss ermöglichen, dass die Tiere ruhig stehen und die Betäubung oder Tötung unverzüglich geschehen kann. Die Tiere sollen schnell und unter Vermeidung von Schmerzen in einen bis zum Tod anhaltenden Zustand der Empfindungs- und Wahrnehmungslosigkeit versetzt werden. Zur Ruhigstellung des Tieres in der Betäubungsfalle gehört laut §12 (1)1 TierSchlV (2006) auch die Einschränkung der Kopfbewegung. Dies soll Abwehrbewegungen verhindern und somit zu einem besseren Ansetzen des gewarteten und regelmäßig geprüften Bolzenschussgerätes führen. Eine Folge ist auch eine Verkürzung der Zeitspanne zwischen Eintrieb des Tieres und Auslösen des Schusses, was eine geringere Beunruhigung des Schlachttieres bedingt. In Anlage 3 der Tierschutz-Schlachtverordnung sind die erlaubten Betäubungsverfahren für die einzelnen Tierarten aufgeführt. Die penetrierende Bolzenschussbetäubung ist gegenwärtig die am häufigsten praktizierte Betäubungsmethode für Rinder in der EU. In Großbritannien und Frankreich wird zudem das nach derzeitiger Rechtslage in Deutschland nicht zugelassene Verfahren der Betäubung durch nicht penetrierenden Bolzenschuss bzw. Schlag vereinzelt eingesetzt. Dieses Verfahren darf beim Rind allerdings nur mit mechanisch arbeitenden Apparaturen durchgeführt werden, die dem Stirnbein einen Schlag beibringen, ohne eine Fraktur zu verursachen. Dazu müssen die Ladungsstärke der Kartusche und der Ansatzpunkt des Gerätes den Vorgaben des Herstellers entsprechen. In Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Fehlbetäubungsrate und die Rate der Verletzungen der Gehirnhüllen noch deutlich zu hoch liegen (Hoffmann, 2003; Endres, 2005). Innerhalb der EU ist die Ver-

wendung von Bolzenschussapparaten, bei denen Druckluft in das Gehirn bzw. den cranialen Teil des Wirbelkanals gepresst wird (Druckluft injizierende Bolzenschussapparate), verboten. Für Nottötungen oder ganzjährig im Freien gehaltene Rinder besteht die Möglichkeit des Kugelschusses. Dabei muss beachtet werden, dass das Projektil ein passendes Kaliber und eine ausreichende Auftreffenergie besitzt, um das Tier sofort zu betäuben und zu töten. Das Tier muss in Kopf oder Hals getroffen werden. Die Elektrobetäubung stellt eine Alternative zu den mechanischen Betäubungsverfahren dar, wie in verschiedenen Untersuchungen festgestellt wurde (Aichinger, 2003; Bucher und Forster, 2003). Bei dieser Art der Betäubung ist ein guter Stromfluss entscheidend. Das Gehirn muss zuerst, oder zumindest zeitgleich mit dem Körper durchströmt werden. Zur Erkennung des bei der Bolzenschussbetäubung abweichenden Verhaltens ist es notwendig das zuständige Personal in diesem Bereich fortzubilden (Maurer und Forster, 2007).

Die Tierschutzschlachtverordnung wird durch die Verordnung 1099/2009 des Europäischen Rates vom 24. September 2009, die am 01. Januar 2013 in Kraft tritt, abgelöst. Diese soll zur europaweiten Vereinheitlichung der Betäubungsvorgaben und insbesondere des Tierschutzes bei der Schlachtung dienen. In dieser Verordnung wird der nicht penetrierende Bolzenschuss bzw. Schlag als Betäubung für Wiederkäuer mit einem Lebendgewicht von weniger als 10 kg, d. h. für kleine Wiederkäuer, wie Schaf oder Ziege, erlaubt. Eine Stirnbeinfraktur muss dabei aber auf jeden Fall vermieden werden. Grundsätzlich gibt es keine wesentlichen Unterschiede zwischen diesen beiden Verordnungen.

2.1.3. Vorgaben der Fleischerei-Berufsgenossenschaft

In den Vorgaben der Fleischerei-Berufsgenossenschaft (FBG, 1997) sind wichtige Punkte zur Arbeitssicherheit, die bei der Benutzung von Schussapparaten zu beachten sind, aufgenommen. Die Kennzeichnung der Schussapparate mit Zulassungszeichen, Name oder eingetragenen Warenzeichen, Typenbezeichnung, der vorgeschriebenen Munition und der Fabrikationsnummer wird in der Unfallverhütungsvorschrift 45, „Arbeiten mit Schussapparaten“ (1997), der Fleischerei-Berufsgenossenschaft gefordert. Nach der Dritten Verordnung zum Waffengesetz vom 2. September 1991 müssen Schussapparate, die ebenfalls dem Waffenrecht unterliegen, mindestens alle zwei Jahre einer Funktionsprüfung unterzogen werden. Bei gravierenden Mängeln muss dies auf dem schnellsten Weg geschehen. Am Schussapparat direkt müssen Wiederholungsprüfungen durch ein Prüfzeichen markiert werden. Handelt es sich bei diesem Prüfzeichen um eine Plakette, muss diese schwarze Schrift auf silbernen Untergrund zeigen. Zudem müssen Schussapparate eine Bauzulassung durch die Physikalisch-Technische

Bundesanstalt (PTB) besitzen. Es darf nur die auf dem Gerät und in der Bedienungsanleitung angegebene Munition, die ein Herstellerzeichen trägt, mit dem Stärkegrad der Ladung gekennzeichnet ist und deren Verpackung einen Hinweis auf die zugelassene Geräteart und den Grad der Ladungsstärke enthält, angewendet werden. Bevor mit der Betäubung begonnen wird, müssen die Schussapparate auf ihren unbeschädigten Zustand überprüft werden. Der Lauf des Schussapparates muss so gehalten werden, dass er beim Laden und Spannen des Zündbolzens nicht auf Personen zielt. Der Zündbolzen darf erst direkt vor dem Zünden gespannt werden. Außerdem darf das Gerät nicht an der Mündung gehalten werden. Normalerweise muss ein Betäuber mit dem Schussapparat und dessen Handhabung vertraut und mindestens 18 Jahre alt sein.

Informationen zur Verhütung von Unfällen in Betrieben der Fleischwirtschaft enthält die Broschüre „Arbeiten in der Fleischwirtschaft“ (2004), die die Fleischerei Berufsgenossenschaft in Zusammenarbeit mit dem Fachausschuss Fleischwirtschaft herausgegeben hat. Im Kapitel Rinderbetäubung wird auf Gefahren und deren Vermeidung in diesem Bereich hingewiesen. Die Betäubung muss in einer die Kopfbewegung ausreichend einschränkenden Falle erfolgen. Durch Schutzmaßnahmen wie einen Niederhalter über dem Rost, sollen Gefährdungen durch unzureichend betäubte Tiere verhindert werden.

Bisher sind die Rechtsgrundlagen für die Betäubung, bzw. Tötung von Tieren, deren Einhaltung Pflicht ist, besprochen worden. Die Einhaltung dieser Pflicht ist allerdings nur mit genauen Kenntnissen der anatomischen Gegebenheiten für eine ausreichende Betäubung durch korrekten Schussansatz möglich.

2.2. Anatomische Grundlagen des Rinderschädels

Bei der äußeren Beobachtung des Rinderkopfes treten geschlechtsspezifische Abweichungen auf. Bullen besitzen im Vergleich zu Kühen einen kürzeren und breiteren Schädel. Zudem gibt es auch Anhaltspunkte für rassespezifische Unterschiede.

Das Kopfskelett wird in Hirnschädel (*Cranium*) und Gesichtsschädel (*Facies*) unterteilt. Für die Bolzenschussbetäubung ist nur der Hirnschädel von Bedeutung, da dieser das Gehirn und Teile der höheren Sinnesorgane beherbergt. Das Kopfskelett wird in zwei große Höhlen, die Schädelhöhle (*Cavum cranii*) und die Nasenhöhle (*Cavum nasi*) unterteilt (Nickel et al.,

2004). Die Schädelhöhle ist der Sitz eines Teils des Nervensystems, des Gehirns. Im Gegensatz zum Menschen, bei dem der Hirnschädel deutlich größer als der Gesichtschädel ist, stellen sich die anatomischen Verhältnisse bei den pflanzenfressenden Haussäugetieren genau umgekehrt dar. Die Schädelform weist allerdings artspezifische Unterschiede auf. Das Gehirn ist durch sein System aus liquorgefüllten Hohlräumen und Hirnhäuten, den Meningen, gegen leichte Erschütterungen geschützt (Ganong, 1974). Beim Rind wird der kraniale Teil des Hirnschädels von den Stirnbeinen (*Ossa frontales*) gebildet, die sich während der Entwicklung immer weiter nach kaudal (schwanzwärts) ausdehnen (Nickel et al., 2004). Wichtige Einflüsse für die Entwicklung der definitiven Schädelform sind Veränderungen am Gebiss und die Ausdehnung der Nasennebenhöhlen. Beim Rind sind besonders die Ausbildung der Stirnhöhlen und die Ausformung des Hornfortsatzes für die Entwicklung der Schädelform bedeutend (Rüsse und Sinowatz, 1991).

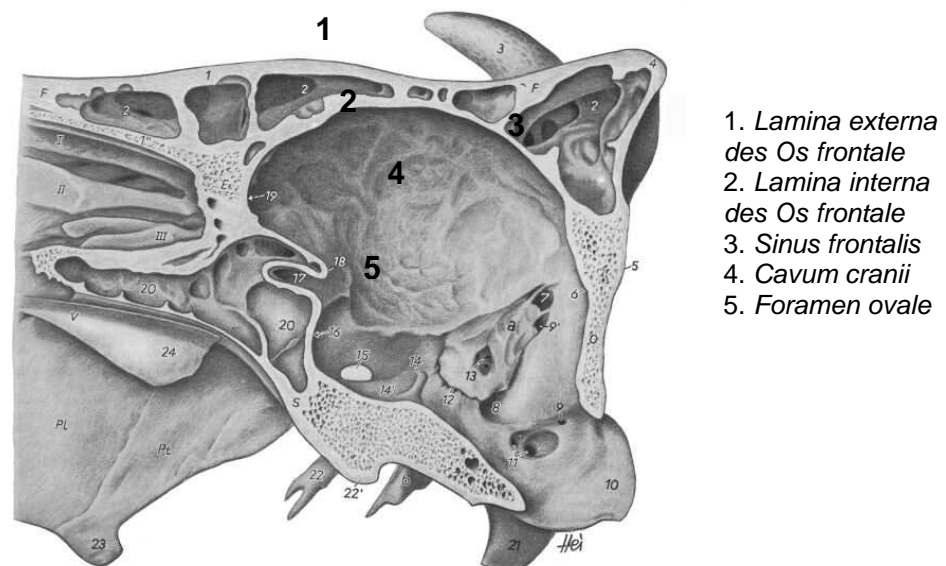


Abb. 1: Schädelhöhle und Stirnhöhlen des Rindes (Paramedianschnitt), Medialansicht der rechten Hälfte modifiziert aus Nickel et al. (2004)

Mehrere Anteile, wie das Großhirn, das Kleinhirn und der Hirnstamm, der in das Rückenmark übergeht, bilden das Gehirn. Da es in zwei Hemisphären unterteilt ist, ist das Großhirn makroskopisch deutlich zu erkennen. Umhüllt ist es von der harten Hirnhaut (*Dura mater*) als äußerste Schicht, gefolgt von der Spinnwebenhaut (*Arachnoidea*) und ganz innen die weiche Hirnhaut (*Pia mater*). Die *Dura mater* folgt den Gehirnstrukturen nur grob und umfasst das Gehirn sack- bzw. schlauchartig. Die *Pia mater* ist mit der gefäßlosen *Arachnoidea* durch

feine Trabekel verbunden, die den Subarachnoidalraum durchziehen, der mit *Liquor* (Gehirn-Rückenmark-Flüssigkeit) gefüllt ist. Die weiche Hirnhaut liegt dem Gehirn direkt auf und enthält zahlreiche Blutgefäße, die den *Liquor cerebrospinalis* sezernieren (Nickel et al., 2004). Das Rückenmark, das im Wirbelkanal liegt und die Nerven, welche von Gehirn und Rückenmark aus in alle Teile des Körpers ziehen, gehören wie das Gehirn zum Nervensystem.

Bei erwachsenen Rindern reicht die Stirnhöhle (Abb. 2) im Allgemeinen von der Medianebene des Kopfes bis zum dorso-lateralen (oberen-äußeren) Rand der Schädelhöhle bzw. des Schädels bzw. bis an die mediale Wand der Orbita und von einer zwischen beiden Augenwinkeln der einen Seite gelegten Querebene bis zur Nackenwand. Zur Nase hin wird die Stirnhöhle von zum Teil kleineren Knochenplättchen und durch das Stirnbein vom Siebbein abgegrenzt (Nickel et al., 2004).

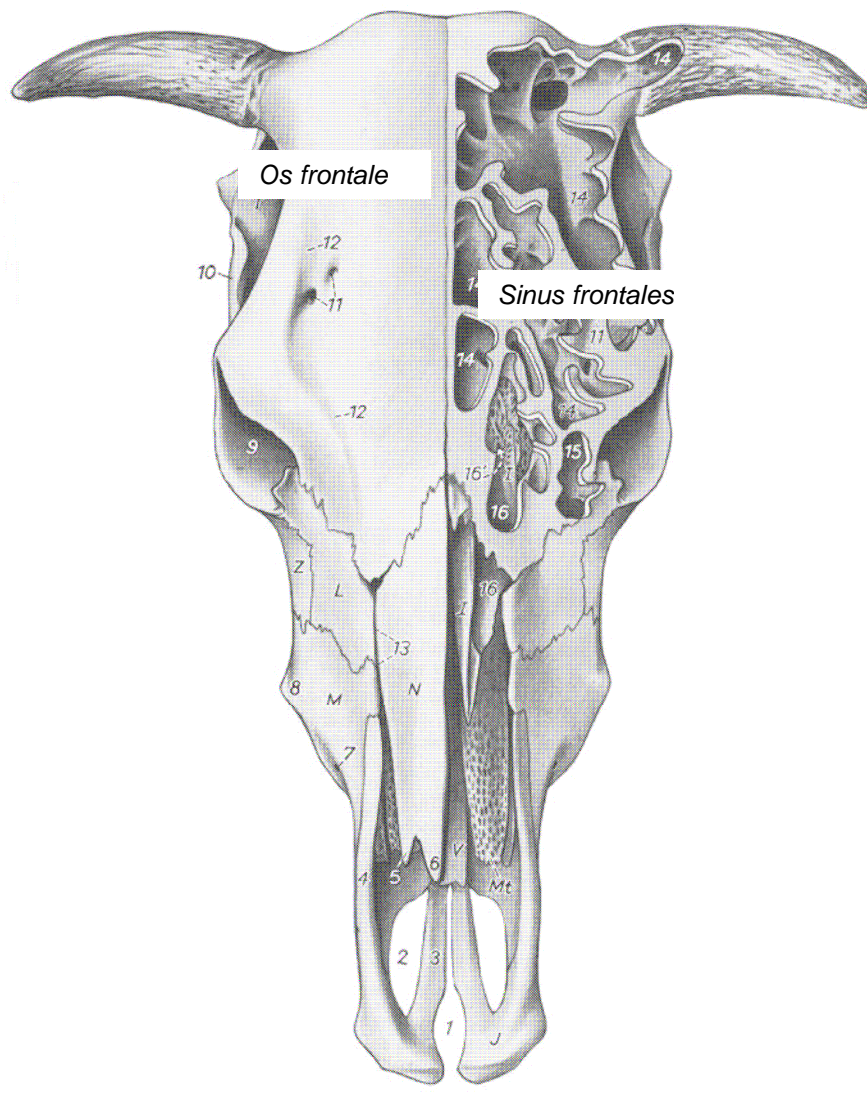


Abb. 2: Schädel eines Rindes mit eröffneter linker Nasen-, Tränenbein-, dorsaler Muschel- und Stirnhöhle aus Nickel et al. (2004)

2.3. Geschichte der Schlachtierbetäubung

Ursprünglich wurde die Betäubung von Schlachtieren aus Arbeitsschutzgründen eingeführt. Das betäubungslose Schlachten vor allem von Großtieren war für alle Beteiligten zu gefährlich. Nach und nach wurden verschiedene Techniken zur Betäubung von Rindern entwickelt (Schwabenbauer, 1989). Heute steht der Tierschutzgedanke bei der Schlachtierbetäubung im Vordergrund.

In Bayern wurde 1930 der allgemeine Betäubungszwang für Schlachttiere eingeführt. Reichsgesetz und -verordnung (1933) über das Schlachten von Tieren folgte im April 1933. Es schreibt die vollständige Betäubung warmblütiger Tiere vor dem Blutentzug zwingend vor.

Seit der 2. Änderung der Verordnung im Jahr 1952 sind nur der Bolzenschussapparat und elektrischer Strom als Betäubungsmethoden zugelassen. Für kleinere Tiere, z. B. Lämmer, ist auch der Kopfschlag zulässig (Schwabebauer, 1989).

Eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den vorgegebenen Betäubungsmethoden fand nicht statt und auch Diskussionen über den Tierschutz in diesem Bereich gab es jahrzehntelang nicht.

Der Tierschutz wurde mit dem Gesetz zur Änderung des Grundgesetzes vom 18. März 1971 aus der Landeszuständigkeit der Gesetzgebungszuständigkeit des Bundes unterstellt. Im Tierschutzgesetz vom 24. Juli 1972 wurde allerdings von der Gelegenheit, Regelungen über das Schlachten zu treffen, kein Gebrauch gemacht. Das Schlachtrecht im Tierschutzgesetz wurde erst mit dem Ersten Gesetz zur Änderung des Tierschutzgesetzes vom 12. August 1986 neu geregelt.

Heute ist die Schlachtierbetäubung im Tierschutzgesetz, in der Tierschutz-Schlachtverordnung und zukünftig auch in der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 der Europäischen Union verankert.

Die Betäubung von Schlachtieren durch einen Bolzenschussapparat hat sich aus der Betäubung durch einen Schlag auf den Kopf mit einem besonderen Werkzeug, wie z. B. einer Holzkeule oder einem Hammer, entwickelt. Verschiedene Gründe sprechen für eine andauernde Weiterentwicklung der Betäubungsapparate. So muss die Wirkungsweise des Apparates so konzipiert sein, dass eine sofortige Bewusstlosigkeit ausgelöst werden kann. Des Weiteren soll das Gerät gefahrlos für das Schlachtpersonal zu bedienen und kostengünstig sein. Auch soll die Handhabung des Bolzenschussapparates leicht sein (Fahrbach, 1948). Je schneller das Tier stirbt, desto besser ist das Fleisch. Dies führt dazu, dass die Fleischqualität durch einen schmerzlosen und stressfreien Tod erhalten bleibt (Burt, 2006).

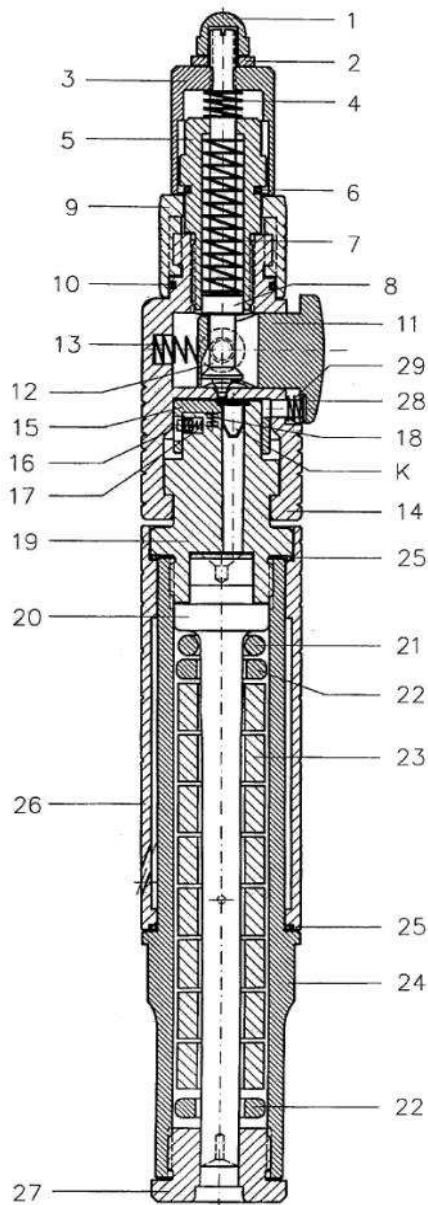
Da die anatomischen Verhältnisse beim Rind komplexer sind als z. B. beim Pferd, ist es nicht verwunderlich, dass die ersten technischen Fortschritte gerade auf dem Gebiet der Rinderbetäubung zu verzeichnen waren. Das Schädeldach des Pferdes ist deutlich dünner als das des Rindes, da es im Gegensatz zu diesem nur im vordersten Abschnitt durch die Stirnhöhle pneumatisiert ist. Beim erwachsenen Rind enthält das Schädeldach in seiner ganzen Ausdehnung die Stirnhöhlen (Nickel et al., 2004). Einer der ersten Schlagbolzenapparate in der Rinderbetäubung war die Schlachtmaske, bestehend aus einem schildförmigen Eisenteil mit einer

Öffnung in der Mitte, zwei seitlichen Lederteilen und drei Riemen zur Befestigung. Die Lederteile dienen der Verdeckung der Augen, während sich die Öffnung auf der Mitte der Schädeldecke befindet. Nach dem Anlegen der Maske wird ein Hohlmeißel in die Öffnung gesetzt und mit einem Hammer durch die Schädeldecke getrieben. Aus dieser Schlachtmaske entwickelten sich nach und nach über die Kugelschussapparate erste einfache Bolzenschussapparate (Fahrbach, 1948).

2.4. Der Bolzenschussapparat und seine Betäubungswirkung

Moderne Geräte werden entweder mit einer Patrone oder mit Druckluft betrieben (MIDAS, 1978). Außerdem wird der Bolzen nach dem Schuss durch ein automatisches Rückholssystem wieder in das Gehäuse zurückgezogen, um ein Verbiegen und ein damit verbundenes Steckenbleiben des Bolzens im Schädel zu verhindern. Die Geräte besitzen zudem einen schnell funktionierenden Bajonettverschluss. Die letzten Entwicklungen gehen dahin, einen längeren Bolzen, v. a. für die Betäubung von Bullen, einzusetzen. Ein Beispiel dafür ist der Bolzenschussapparat Schermer Typ KL.

Der Bolzenschussapparat besteht aus einem, an der Spitze zu einem scharfkantigen Hohlmeißel ausgefrästen Schlagbolzen in einem Führungsrohr, der sich in einem länglichen Metallgehäuse befindet (Normann-Ehrenfels, 2005). Laut Untersuchungen von Prändl et al. (1988) und Lambooy (1981) beträgt die Eindringtiefe des Bolzens 6-8 cm bzw. 6-9 cm. Bei jeder Betäubung wird eine mit einer Treibladung gefüllte Kapsel, die Kartusche, in die Zündkammer gelegt und durch Bedienung des Abzugshebels zur Explosion gebracht. Dabei wird die entstehende Energie direkt auf den Bolzen übertragen. Die Bolzenschussgeschwindigkeit beträgt ca. 55 m/s. Anschließend wird der Bolzen bei den meisten Geräten durch Rückholfedern oder elastische Gummipuffer wieder in das Gerät zurückgezogen. Durch die Auswahl der verwendeten Kartuschenstärke kann außerdem eine Anpassung an die zu betäubende Tierart bzw. an das Tieralter (Rind/Kalb) vorgenommen werden. Im Normalfall wird der Bolzen bei adulten Tieren tief ins Gehirn getrieben und dringt bei korrekter Schussposition und -richtung bis zum Thalamus vor (Anonym, 2002). Da der gesamte Vorgang in weniger als zwei Millisekunden abläuft, ist der korrekt durchgeführte Bolzenschuss aus tierschutzfachlicher Sicht das schnellste und wirkungsvollste Betäubungsverfahren.



- | | |
|-----|----------------------------|
| 1) | Hutmutter |
| 2) | Fächerscheibe |
| 3) | Zündbolzenschutzkappe |
| 4) | Zündbolzenentlastungsfeder |
| 5) | Zündbolzenführung |
| 6) | O-Ring (rot) |
| 7) | Zündbolzenfeder |
| 8) | Zündbolzen |
| 9) | Sicherungsring |
| 10) | O-Ring |
| 11) | Abzugshebel |
| 12) | Führungsschraube |
| 13) | Abzugshebelfeder |
| 14) | Verschlusskopfgehäuse |
| 15) | Kartuschenauswerfer |
| 16) | Auswerferführungsstift |
| 17) | Führungsstiftfeder |
| 18) | Auswerferfeder (2 Stück) |
| 19) | Kartuschenlager |
| 20) | Schussbolzen (Treibkolben) |
| 21) | O-Ring |
| 22) | Gummischeibe (2 Stück) |
| 23) | Dämpfelement (8 Stück) |
| 24) | Führungsrohr |
| 25) | O-Ring (2 Stück) |
| 26) | Schutzmantel |
| 27) | Schussbolzenendführung |
| 28) | Auslösesperrstift |
| 29) | Auslösesperrstiftfeder |

Abb. 3: Darstellung und detaillierte Beschreibung eines Bolzenschussapparates Schermer Typ KS (modifiziert aus Schermer, 2006)

Durch den Bolzenschuss wird ein doppelter Betäubungseffekt ausgelöst. Zuerst kommt es durch das Auftreffen des Bolzens auf dem Schädeldach zu einer Gehirnerschütterung, auf die als zweites sofort ein Bewusstseinsverlust folgt. Bei diesem Betäubungsverfahren wird durch die Beschädigung lebenswichtiger Hirnstammbereiche eine anhaltende und tiefe Betäubung erreicht (Schütt-Abraham, 2002). Dafür verantwortlich sind die Form des Bolzens und seine hohe Geschwindigkeit, bei der der Kortex (Großhirnrinde) und tiefere Anteile des Gehirns gequetscht werden (Lambooy, 1982). Durch die im Gehirn entstandenen Schäden kann die Empfindungs- und Wahrnehmungsfähigkeit erheblich verringert werden. Wenn das Atemzen-

trum dabei zerstört wird, ist es möglich, dass die Bewusstlosigkeit nicht umkehrbar ist (Johannsen, 2002).

Der Bewusstseinsverlust tritt abrupt ein, wie Berichte aus der Humanmedizin über Verletzungen mit Bolzenschussapparaten zeigen. Die Bewusstseinsstörung vertiefte sich in fast allen Fällen schlagartig bis zum Tode. Aus neurologischer Sicht entstanden Areflexie, Störungen des Muskeltonus und Krampfanfälle (Simon, 1989).

Von nach der Bolzenschussbetäubung offensichtlich nicht richtig betäubten Rindern berichten Holleben et al. (2002). Als Ursache hierfür gelten einerseits eine nicht korrekt gewählte Ansatzstelle für das Bolzenschussgerät, andererseits die unzureichende Betäubungswirkung des Bolzenschusses ohne den darauffolgenden Einsatz eines Rückenmarkzerstörers, der seit dem 01. Januar 2001 laut der Entscheidung 2000/418 EG EU-weit verboten ist. Gesetzt den Fall, die Bewusstlosigkeit tritt augenblicklich ein, ist die Bolzenschussbetäubung allerdings ein sicheres Betäubungsverfahren. Nur wenn ein Tier vollständig bewegungsunfähig ist und keine Schmerzreaktionen zeigt, kann davon ausgegangen werden, dass es bewusstlos ist (Mickwitz und Leach, 1977).

Die Bolzenschussbetäubung unter verschiedenen Fixationsbedingungen wurde von Ewbank et al. (1992) untersucht. Reaktionen wurden sowohl bei Tieren, die sich frei in der Betäubungsfalle bewegen konnten, als auch bei solchen, deren Bewegungsfreiheit durch eine Kopffixierung eingeschränkt wurde, gezeigt. Die Tatsache, dass ein Großteil der Rinder den Kopf nicht freiwillig in die Kopffixierung steckte, war ein weiteres Problem. Außerdem ist es möglich, den Kopf eines Tieres während der Betäubung mithilfe eines Halfters zu fixieren, wie von Aanes (1987) beschrieben. Da es sich nicht um eine fest installierte Vorrichtung handelt, ist sie ohne großen Zusatzaufwand flexibel durchzuführen.

Wichtig ist, dass vor dem Bolzenschuss die Möglichkeit besteht, die Kopfbewegung des Tieres einzuschränken (Mickwitz und Leach, 1977; Holleben et al., 2002). Reflektorische Beinbewegungen treten nach einer korrekt ausgeführten Betäubung wesentlich seltener auf, als bei einer fehlerhaften Betäubung (Holleben et al., 2002). Grandin (1998) hat bei einer Untersuchung in den USA gezeigt, dass von elf Rinderschlachtbetrieben nur vier in der Lage waren die Rinder in den vorgegebenen 95-100 % der Fälle mit einem einzigen Bolzenschuss zu betäuben. In zwei Betrieben waren schlechtes ergonomisches Design und Unhandlichkeit des Betäubungsgerätes die Ursachen für die schlechte Betäubung. Eine schlechte Wartung der Geräte war die Ursache in vier Betrieben. Neben den Schwierigkeiten hinsichtlich Wartung

und Pflege der Geräte bestehen auch Gefahren für den Verbraucher in Bezug auf Hygiene und BSE-Problematik (Schütt-Abraham, 2002).

2.5. Die korrekte Treffpunktlage durch den Bolzenschussapparat

Sowohl das Schädelprofil als auch die Pneumatisation der Stirnhöhle ist für die Wahl des Applikationsortes des Betäubungsgerätes von Bedeutung. Aus Tierschutzgründen ist der Ansatz im Genick oder am Hinterkopf bei Rindern verboten. Abweichungen diesbezüglich sind nur bei kleinen Wiederkäuern möglich. Grundlage dieser Ausnahme ist eine sofortige Bewegungsunfähigkeit der Tiere. Trotzdem können sie noch bei vollem Bewusstsein sein. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass die Ansatzstelle letztlich empirisch ermittelt, bzw. in Anlehnung an die Betäubung mittels Keule gewählt wurde. Erst um einiges später wurden Untersuchungen der Ansatzstellen bezüglich der Betäubungswirkung und der Tierschutzaspekte vorgenommen (Paulsen et al., 2001).

Die korrekte Ansatzstelle für den Bolzenschussapparat bei frontaler Schussposition ist „auf der Kreuzung der Verbindungslinien von der Mitte des Hornansatzes zur Mitte des gegenüberliegenden Auges angesetzt“ (Ilgert 1985; Gregory, 1998; Paulsen et al., 2001, Holleben et al., 2002; TVT, 2007). Zulässig ist beim Rind ein Umkreis von fünf Zentimetern um diesen Punkt (Drawer und Grätz, 1987). Teilweise wird empfohlen, die Mündung bei Bullen oder älteren Tieren mit sehr harten Kopfknochen etwa 1 cm neben der Mittellinie des Schädels aufzusetzen (Anonym, 1973; Widderich, 1990), da die Stirnbeine in der Medianen im Bereich des *Septum sinuum frontaliuum* stärker ausgebildet sein können, als in den mehr lateral gelegenen Bereichen. In einer anderen Veröffentlichung wird empfohlen, den Schussapparat knapp über dem Kreuzungspunkt anzusetzen (Bundesamt für Veterinärwesen, 2006). Pfanneberg und Zrenner (1993) sowie Zrenner und Haffner (1999) empfehlen ebenfalls eine mehr nackenwärts befindliche Stelle. Nackenwärts heißt in diesem Fall mehr in dorsale Richtung verschoben. MIDAS (1978) empfiehlt für die Betäubung mit einem Bolzenschussapparat den Ansatz „am Schnittpunkt zweier imaginären Linien vom linken bzw. rechten Hornansatz zum inneren Augenwinkel des rechten bzw. linken Auges“. Die gleiche Empfehlung findet sich bei Prändl et al. (1988) und Troeger (1998). Ein anderer vorgeschlagener Ansatzpunkt ist die Kreuzung der Verbindungslinien zwischen Mitte Hornansatz und gegenüberliegendem lateralen Augenwinkel (Kaegi, 1988; BgVV, 2001c).

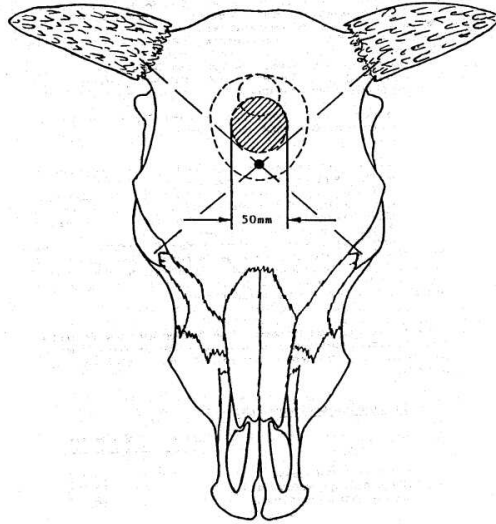


Abb. 4: Die Lage des von Ilgert (1985) ermittelten Grenzbereiches in frontaler Schussposition bei der Bolzenschussbetäubung des Rindes (schraffierter Kreis) zu dem nach MIDAS (1978) empfohlenen Schusspunkt (schwarzer Punkt an der Kreuzung der Diagonalen) nach Ilgert (1985)

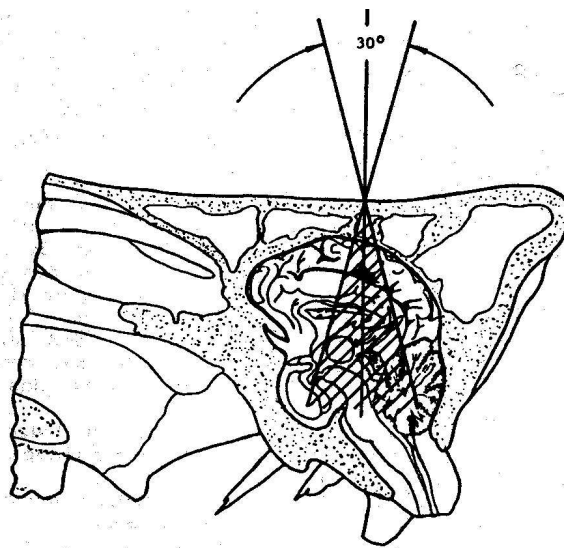


Abb. 5: Empfohlener Grenzbereich der Bolzenschussbetäubung beim Rind nach Ilgert (1985) in Seitenansicht

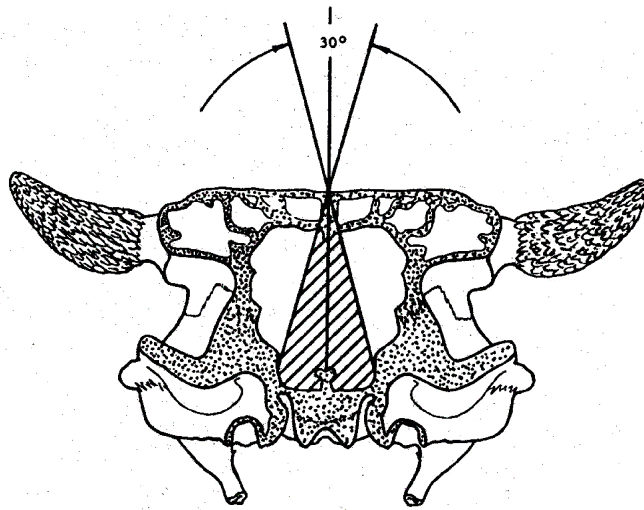


Abb. 6: Empfohlener Grenzbereich der Bolzenschussbetäubung beim Rind nach Ilgert (1985) in Frontalansicht

Für einen genauen Ansatz der mechanischen oder elektrischen Betäubungsgeräte müssen die Tiere so fixiert werden, dass die Betäubungsgeräte problemlos appliziert werden können. Dieses beinhaltet auch eine gute Fixierung des Kopfes (TierSchlV, 2006). Da dies nur kurze Zeit ohne Abwehrreaktionen geduldet wird, sind die Tiere nach dem Ruhigstellen in der Betäubungsfalle unverzüglich zu betäuben (Johannsen, 2002). Laut Ilgert (1985) sollte das Bolzenschussgerät rechtwinklig zum Stirnbein angesetzt werden, da die Krampfintensität ansteigt, je weiter der Schusskanal von der Medianen entfernt ist. Eine erfolgreiche Betäubung ist neben der richtigen Position auch von einer ausreichenden Ladungsstärke abhängig (Troeger, 1990).

Es gibt Untersuchungen über die Ansatzstelle von Kälbern, bei denen die Tiere im Genick und an der Stirn betäubt wurden, wobei die Kälber zwar bewegungslos, aber wie das EEG zeigte, bei vollem Bewusstsein waren (Lambooy und Spaanjar, 1981).

2.6. Einflussfaktoren bei einer mechanischen Betäubung

2.6.1. Hautdicke und Haare bei Rindern

Die Haut hat einen Einfluss auf die Betäubung, da der Anteil der Hautdicke eine wichtige Rolle bezüglich der maximalen Durchdringungskraft des Bolzens spielt. Dies ermittelte Lambooy (1981) bei Bullen. Die stärkste Haut unter den Haussäugetieren hat mit einer Dicke von 3,0-12,0 mm das Rind, wobei Gebirgrassen eine dickere Haut als Niederungsrassen besitzen (Nickel et al., 2005). Laut Bechthold (1956) weisen Kühe eine dünnere und leichtere Haut als Stiere auf. Im Hautschichtenaufbau gibt es keine rassespezifischen Abweichungen. Die Haut

besteht aus drei Schichten, der Oberhaut (*Epidermis*), der Lederhaut (*Corium*) und der Unterhaut (*Subkutis*). Die Lederhaut ist für die Plastizität und die Verformbarkeit der Haut und somit auch für die Dämpfungswirkung verantwortlich. Sie kann in den verschiedenen Körperregionen und Tierarten erhebliche Unterschiede aufweisen (Liebich et al., 2009). In der Lederhaut sind auch die Haare verankert. Die Haarlänge gehört zu den Rasse- und Geschlechtsmerkmalen, da Höhenvieh grundsätzlich über längere Haare als Niederungsrinder verfügt und Kühe im Allgemeinen über längere Haare als Bullen verfügen. Für die Haardicke gilt dies ebenfalls, da bei Schwarzbunten- und Fleckviehkühen die Haare dicker sind als bei Bullen. Das zwischen den Hörnern etwas längere Haar ist häufig gelockt oder buschig vermehrt. Probleme bei der Betäubung, vor allem schwerer Bullen, können trotz korrektem Ansatz und planem Aufsatz hauptsächlich dadurch entstehen, dass der Aufprall des Bolzens durch starke Behaarung gedämpft wird. Aus diesem Grund ist es unmöglich, die nötige Druckerhöhung zum Auslösen einer anhaltenden Gehirnerschütterung zu erreichen. Außerdem verringert sich dadurch die Eindringtiefe des Bolzens in das Gehirn (BgVV, 2001c).

2.6.2. Stressfaktoren vor der Betäubung

Die höchste Priorität vor der Tötung von Schlachttieren muss in der Verringerung von Angst und Stress liegen (Schatzmann, 1997). Nicht nur die objektive Intensität eines Stressors ist für den Grad der Stressbelastung entscheidend, sondern vor allem auch die subjektive Bewertung durch das Individuum (Loeffler, 2002). Die Dauer der Erholungszeit der Tiere während der Wartezeit im Schlachthof wird, ebenso wie die Belastung während des Transports, von den Transportbedingungen, z. B. dem Wetter beeinflusst (Troeger et al., 1998). Zu größerem Stress als der Tötungsvorgang selbst, können bei Rindern ein Zusammenbringen mit unbekanntem Tieren und längere Transportzeiten führen (Schatzmann, 1997). Nach der Ankunft im Schlachthof sollten vor allem Jungbullen möglichst schnell geschlachtet werden, da der Kontakt zu unbekanntem Artgenossen und ein zeitweises Aufstallen in Wartebuchten zu Aufregung und motorischer Aktivität führen (Troeger et al., 1998). Die Ausschüttung von bestimmten Geruchsstoffen sowie ängstliches Verhalten kann auch auf andere Tiere stressinduzierend wirken (Schatzmann, 1997). Die geläufigste Methode Stress im Umgang einzuschätzen ist die Messung von Kortisol. Erregtes Schlachtvieh hat laut Grandin (1994a) üblicherweise höhere Kortisolwerte (24-63 ng/ml) als ruhige Tiere (2-9 ng/ml). Die Erhöhung dieser Werte vor der Schlachtung kann zu verzögerter oder ausbleibender Fleischreifung führen und somit die Fleischqualität negativ beeinflussen.

Aufgeregte Schlachttiere lassen sich auf Grund des Stressfaktors wesentlich schwieriger treiben und lenken. Die Verletzungsgefahr für die Tiere und das Personal steigt dadurch deutlich an (TVT, 2007). Elektrische Treiber dürfen an der Muskulatur der Hintergliedmaßen ausgewachsener Rinder in erträglichen Abständen für längstens zwei Sekunden benutzt werden, sofern sie die Bewegung verwehren (Troeger, 1997). Die Anwendung elektrischer Treibhilfen kann durch die Berücksichtigung verschiedener Gesichtspunkte stark reduziert werden, so dass der Tierschutz besser gewahrt werden kann. In neueren Verordnungen wird der Einsatz elektrischer Treibhilfen noch weiter begrenzt. Sollte ein Einsatz dennoch notwendig sein, darf er nach der Verordnung (EG) 1099/2009 nicht länger als eine Sekunde dauern. Ein Sichtschutz im Treibgang kann zum Beispiel jegliche Ablenkung unterbinden. Zudem kann für angemessene Lichtverhältnisse und ein Absenken des Geräuschpegels gesorgt werden (Grandin, 2003). Die Quote der Tiere, die ohne elektrische Treibhilfe in die Falle laufen, sollte beim Gebrauch einer Kopffixierung bei mindestens 75 % liegen (Grandin, 2009). Wenn all diese Faktoren beachtet werden, führt dies zu einer Verminderung von Stress und verhindert so einen Anstieg der Adrenalinproduktion. Dadurch sind die Tiere in der Falle ruhiger und die Wahrscheinlichkeit einer guten Betäubung steigt.

2.6.3. Fehlermöglichkeiten und Probleme bei der Betäubung mit Bolzenschuss

In den vergangenen Jahren gab es verschiedene Untersuchungen über die Wirksamkeit der Bolzenschussbetäubung. Bei all diesen Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Bolzenschussbetäubung bei sachgemäßer Benutzung und richtiger Ansatzstelle eine wirksame Betäubungsmethode darstellt (Freeseemann, 1975; Gross, 1976; Fricker und Riek, 1981; Lambouy et al., 1983; Männl, 1994). Die Betäubung war erfolgreich, wenn das Tier sofort niederstürzt, keine Aufstehversuche unternimmt, die Augen starr und reflexlos bleiben und die Atmung ausfällt (Fricker und Riek, 1981; BgVV, 2001a; Shimshony und Chaudry, 2005). Es bestehen allerdings vielfältige Fehlermöglichkeiten bei der Benutzung eines Bolzenschussapparates, die zu einem mangelhaften Betäubungserfolg führen können. Dazu gehören u. a. fehlerhafte Ladungsstärken, die Bolzenstärke und eine mangelhafte Pflege der Geräte. So wird zum Beispiel das Zurückziehen des Bolzens in den Lauf durch verschlissene oder beschädigte Teile, wie Gummipuffer oder ausgeleierte Rückstellfedern verhindert. In diesem Fall nimmt das Volumen der Brennkammer zu, wodurch der Bolzen langsamer wird, so dass er abgeschwächt auf den Hirnschädel trifft (Schütt-Abraham, 2002). Bei druckluftbetriebenen Schussapparaten muss auf eine ausreichende Luftzufuhr geachtet werden (Grandin, 1994b).

Aufgrund einer schlechten Instandhaltung der Geräte oder infolge der Benutzung feuchter Patronen, können Fehlbetäubungen aber auch technisch erzeugt werden (Grandin, 2003). Es ist daher nötig, dass nur zugelassene Geräte eingesetzt werden, die regelmäßigen Funktionskontrollen unterzogen werden. Außerdem sind Anwendungskontrollen, die über die Routinekontrolle der laufenden Betäubung hinausgehen, vonnöten (Mickwitz, 1982; Schrohe et al., 2004).

Der Hauptgrund für diesen mangelhaften Erfolg ist allerdings ein falscher Ansatz des Schussgerätes am Schädel der Tiere, der häufig aus fehlerhaft konstruierten Betäubungsfallen, die eine ungünstige Schussposition bedingen, resultiert (Mickwitz, 1982; Schütt-Abraham, 2002). In jüngerer Vergangenheit tauchte vermehrt der Verdacht auf, dass ein Zusammenhang von Betäubungseffizienz und Faktoren wie Alter, Geschlecht und Rasse der Tiere besteht (Wimpole, 2001). Bei entsprechenden Untersuchungen wurden verschiedene Zusammenhänge festgestellt. Dazu gehören u. a. die Tatsachen, dass jüngere Tiere effektiver als ältere betäubt werden, weibliche verlässlicher als männliche und Milchtyp-Rinder verlässlicher als Fleischrassen-Tiere (Gouveia et al., 2009). Diese Hinweise müssen nun in der Praxis umgesetzt und in weiteren Untersuchungen bestätigt werden.

2.6.4. Betäubungspersonal

Beim mit der Betäubung beauftragten Personal kann eine gewisse Gleichgültigkeit entstehen, worauf schon Schatzmann (1997) hinweist. Das Betäubungspersonal muss regelmäßig und fachgerecht geschult werden, da durch gewohnheitsmäßiges Töten von Tieren psychische Störungen beim Menschen auftreten können. Ein guter Betäuber zeichnet sich dadurch aus, dass er auf den Zeitpunkt wartet, an dem ein optimaler Schuss möglich ist (Grandin, 1994b). Erfahrungsgemäß gilt, je ruhiger der Betäuber, desto besser der Schuss. Durch das Verhalten des Betäubers kann Hektik und Stress auf das Schlacht tier übertragen werden und so eine unnötige Unruhe entstehen. Ohne Frage erforderlich im Hinblick auf die richtige Durchführung einer Betäubungsmethode sind personalbezogene Kontrollen (Mickwitz, 1982). Ein Tierschutzbeauftragter, der auf die Einhaltung der Anforderungen des Tierschutzgesetzes oder die aufgrund des Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen achtet, muss nach dem §16 (4a) TierSchG bei Lohnschlachtkolonnen und ab 50 GVE/Woche benannt werden (BgVV, 2001a). Haltung und Körpergewicht des Betäubers können die Intensität des Rückstoßes, der Einfluss auf die Eindringtiefe bei der Bolzenschussbetäubung ausübt, verändern (Lambooy, 1981).

Wenn der Betäuber ermüdet, kann das zu Fehlschüssen führen, daher sollte abwechselnd an verschiedenen Arbeitspositionen gearbeitet werden (Grandin, 2003).

2.7. Anforderungen an eine wirksame mechanische Betäubung

Laut Tierschutz-Schlachtverordnung (2006) sind Tiere so zu betäuben, „dass sie schnell und unter Vermeidung von Schmerzen oder Leiden in einen bis zum Tod anhaltenden Zustand der Empfindungs- und Wahrnehmungslosigkeit versetzt werden“(Abschn. 4 § 13 (1).

2.7.1. Merkmale zur visuellen Überprüfung einer effektiven Betäubung

Die European Food Safety Authority (EFSA, 2004) führt folgende Kriterien beim Eintritt der Betäubung nach Bolzenschuss, die auch in einer Checkliste des Bundesinstitutes für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV, 2001a) aufgeführt sind, als zwingend auf:

- Niederstürzen des Tieres im Schuss
- Tonischer Krampf
- Augen starr
- Ausfall der Atmung
- Ausfall des Cornealreflexes

Im Fachinformationssystem Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (Fis-VI, 2008) gibt es eine Arbeitsanweisung „Tierschutzkontrollen in großen Schlachtbetrieben“ (AA-TSch-K03-12-V05 aus dem Jahre 2010). Darin geht es unter anderem um die Kontrolle der Betäubung, die mithilfe verschiedener Formblätter durchgeführt wird. In diesen Formblättern geht es nicht nur um die personellen und technischen Kontrollen der Betäubung, sondern im Formblatt „Einzeltierprüfung Betäubungseffektivität“ (FB-TSch-K03-21-V01, 2009) auch um die Kontrolle der oben genannten Punkte direkt nach dem Bolzenschuss und 45 Sekunden später. Zu diesen Punkten gehören verschiedene Reflexe, deren Ausbleiben etwas über den Bewusstseinszustand eines Tieres aussagen kann.

Reflexe sind Abläufe, die durch Erregungen, die ohne Einwirkung des Willens von zentripetalen auf zentrifugale Bahnen umgeschaltet werden (Loeffler, 1994). Es ist möglich ein Gesamtbild über den Grad der Funktionsstörungen im Gehirn zu erhalten, aber eine Unterschei-

dung zwischen Bewusstsein und Bewusstlosigkeit ist dadurch nicht direkt erreichbar. Wenn die Reflexe negativ sind, lässt das auf ein geschädigtes Mittelhirn oder einen geschädigten Hirnstamm und damit auf Bewusstlosigkeit schließen.

Kornealreflex

Durch Berührung der Kornea wird der Reiz durch Stimulation der Nozizeptoren im Reflexbogen zum *N. trigeminus* weitergeleitet. Der *N. facialis* bewirkt durch motorische Impulse zu den Lidmuskeln einen Schluss des Augenlides (Nickel et al., 2004). In Bezug auf die Bedeutung des Kornealreflexes als Untersuchungsparameter einer Bewusstlosigkeit gibt es laut einer Veröffentlichung von Shaw (1989) unterschiedliche Ergebnisse und Annahmen. Nach effektivem Einsatz eines penetrierenden Bolzenschusses konnte bei den Versuchen von Shaw (1989) nur bei einem von hundert Tieren nach Berührung der Hornhaut mit einem Wattestäbchen ein Kornealreflex ausgelöst werden. Dieses Ergebnis widerspricht den Untersuchungen von Blackmore und Delany (1988), die nach allen Betäubungsmethoden einen Kornealreflex auch bei ausreichend betäubten Tieren häufig registrierten. Allerdings bedeutet die alleinige Abwesenheit dieses Reflexes nicht zwangsläufig, dass die Betäubung auch tierschutzgerecht ist.

Augenlidreflex

Durch kurze Berührung des Augenlides, der Wimpern oder eines Sinushaars wird der Palpebralreflex ausgelöst (Loeffler, 2002). Ein positiver Reflex kann bei vorhandenem Bewusstsein und bei Bewusstlosigkeit stattfinden, wobei eine andauernde negative Reaktion auf eine starke Hirnschädigung und Bewusstlosigkeit hindeutet (Gregory, 1998).

Bewusstsein und Schmerzwahrnehmung

Die *Formatio reticularis* im Hirnstamm, die sich von der *Medulla oblongata* bis zum *Diencephalon* erstreckt, ist für Aufmerksamkeit und Sinneswahrnehmung zuständig (Nickel et al., 2004). Informationen werden von dort über Zwischenschaltung im Zwischenhirn diffus zur Großhirnrinde projiziert. Nach Tipold (2000) ist das Tier bewusstlos und reagiert nicht einmal mehr auf schmerzhaft stimuli, wenn diese Verbindung z. B. durch schwere Hirnstammläsionen getrennt wird. Verschiedene Punkte beeinflussen die Antwort auf die Stimulierung eines

Schmerzrezeptors, so z. B. Intensität und Dauer des Reizes. Der emotionale Zustand eines Tieres kann diese Sensibilisierung für Schmerzempfindung beeinflussen. Über die Aktivierung von Opioidrezeptoren durch Aufregung eines Tieres vor der Schlachtung, kann die Analgesie gefördert werden. So ist es verwundeten Tieren durch diese stressinduzierte Schmerz-unempfindlichkeit noch möglich sich zu verteidigen (Gregory, 1998).

Da Schmerz nicht nur eine objektives Gefühl ist, sondern auch durch subjektive Erfahrungen geprägt wird, ist es schwierig ihn eindeutig zu erfassen und seine Stärke zu bestimmen (Nickel et al, 2004). Die Beobachtung der Reflexe als Antwort auf einen akuten Schmerzreiz ist eine unkomplizierte Technik das Verhalten bei der Bewertung von Schmerzen zu nutzen. Dabei wird z. B. die Zeit bis zum Zurückziehen oder Bewegen einer Gliedmaße nach mechanischer, elektrischer oder thermischer Reizung gemessen. Schmerz kann allerdings nicht mit Reflexen gleichgesetzt werden. Ein bewusstloses Tier kann auch auf Schmerzreize antworten, wenn es keinen Schmerz mehr empfindet. Die Hirnstrukturen müssen intakt sein, um Schmerz zu empfinden. Schatzmann (1997) folgert daraus, dass Schmerz im derzeitigen Umfeld der Tötung einen geringen Stellenwert hat.

Atmung

Das Vorhandensein regelmäßiger Atmung nach der Betäubung ist ein Anhaltspunkt darauf, dass die *Medulla oblongata* im Gehirn und die Nerven des Rückenmarks, welche die Atembewegung kontrollieren, noch intakt sind (Gregory, 1998). Tritt Atmung auf, muss sofort überprüft werden, ob das betäubte Tier wirklich bewusstlos ist, da sie auf einen funktionierenden Hirnstamm hindeutet. Ist keine Atmung vorhanden, bedeutet das entweder das Hinwegsetzen eines epileptischen Anfallsgeschehens über die Aktivität der *Medulla oblongata* oder einen nicht funktionierenden Hirnstamm. Es kann zu falsch negativen Bewertungen kommen, wenn das Rückenmark durchtrennt oder erschüttert wird (Gregory, 1998). Schnappatmung ist ein Anhaltspunkt für ein korrekt betäubtes Tier, da sie dem Funktionsverlust des Gehirns zugesprochen wird (Grandin, 2003).

Muskelbewegungen

Tonische Muskelverkrampfung geht bei Tieren, die mit Bolzenschuss betäubt wurden, schnell in klonische Krämpfe über, die teilweise intensives und ungehemmtes Ausschlagen nach sich ziehen (Zrenner und Haffner, 1999). Klonische Krämpfe sind, von Ermüdungsbedingten Auszeiten unterbrochene, wiederkehrende Muskelkontraktionen von kurzer Dauer, die auch als Laufbewegungen charakterisiert werden. Nicht enden wollende, gleichbleibende Muskelkontraktionen zeichnen tonische Krämpfe aus (Vandeveldel et al., 2001). Ein Aktivitätsverlust des Großhirns mit anschließend erhöhter medullärer oder spiraler Reflextätigkeit wird als Auslöser der klonischen Krampfanfälle angesehen (Fricker und Riek, 1981; Blackmore, 1984). Ein bedeutendes Merkmal für die Auslösung einer augenblicklichen Unempfindlichkeit ist das Vorhandensein von typischen epileptiformen Anfällen sowohl nach mechanischer als auch nach elektrischer Betäubung.

Augenbewegungen

Die Augen sollten nach einer Bolzenschussbetäubung mit starrem Blick weit geöffnet sein. Eine Empfindungslosigkeit muss beim Auftauchen eines Nystagmus infrage gestellt werden (Grandin, 2003). Nystagmus zeichnet sich durch schnell aufeinanderfolgende, unwillkürliche, rhythmische Augenbewegung mit langsamen Komponenten gegen die geschädigte Seite aus (Wiesner und Ribbeck, 2000). Bei Läsionen am Vestibularapparat ist er meistens horizontal oder rotatorisch und in gleichbleibender Richtung zu beobachten, bei solchen am Hirnstamm kann er vertikal sein oder die Richtung verändern (Vandeveldel et al., 2001).

2.8. Pathologische Veränderungen am Gehirn nach Trauma

Bei mechanische Betäubungsverfahren wirken massive Kräfte auf das Stirnbein und das darunter liegende Gehirn. Der Umfang der daraus entstehenden Schäden und deren Auswirkungen werden nachfolgend näher beschrieben. In der Literatur sind zu diesem Thema ausschließlich Untersuchungen aus der Humanmedizin zu finden. Daher werden die zu Grunde liegenden Abläufe am Beispiel des Menschen erklärt. Die Abläufe sind beim Tier weitestgehend identisch.

Die mechanische Traumatisierung des Hirns stellt eine Möglichkeit dar, die für die Schmerzverarbeitung maßgebenden Strukturen in ihrer Funktion so schwer zu beeinträchtigen oder zerstören, dass eine sichere Schmerzausschaltung gewährleistet ist.

2.8.1. Formen der Gehirnschädigung

In der Humanmedizin wird prinzipiell zwischen primären, als unmittelbare Folge einer Gewalteinwirkung hervorgerufenen und sekundären, mit zeitlicher Verzögerung entstehenden Hirnverletzungen, wie z. B. diapedetische Blutungen oder Hirnödemen unterschieden (Delank und Gehlen, 1999). Bei einem Trauma kann es nicht nur am Ort der Gewalteinwirkung (Coup), sondern auch an der gegenüberliegenden Stelle (Contrecoup) zu Schädigungen kommen. Da das Gehirn nicht gut mit der Schädelkapsel verbunden ist, wirken die Beschleunigungskräfte innerhalb der Schädelhöhle auf die Hirnmasse. Laut Vandeveld et al. (2001) werden dabei funktionelle Störungen ohne morphologisch sichtbare Veränderungen in Form einer *Commotio cerebri* von *Contusio* und *Laceration*, bei denen es zu direkter Zerstörung von Gehirnparenchym kommt, unterschieden.

Als *Commotio cerebri* oder Gehirnerschütterung wird eine leichte, gedeckte Hirnverletzung mit akuter, vorübergehender Funktionsstörung des Gehirns bezeichnet, die durch einen stumpfen Schlag auf den Schädel ausgelöst wird. Dabei tritt obligat eine reversible Bewusstseinsstörung von wenigen Minuten bis zu maximal einer Stunde auf. Typisch dafür sind auftretende Gedächtnislücken um das Unfallereignis und einen kurzen Zeitraum danach. Eine retrograde Amnesie, also ein Gedächtnisverlust für die Zeit vor dem Unfall, ist selten und in der Regel Zeichen einer höhergradigen Hirnschädigung. Neurologische Ausfälle treten nach Abklingen der Bewusstlosigkeit nicht auf. Auch das Fehlen von pathologisch-anatomischen Veränderungen am Gehirn ist ein weiteres Kennzeichen einer *Commotio* (Diener und Putzki, 2008).

Gregory (1998) teilte die Gehirnerschütterung in vier Stufen ein. Das Subjekt ist bei der schwächsten Form leicht desorientiert und das Gedächtnis ist beeinträchtigt. Allerdings sollte eine Schlachttierbetäubung die Stufe vier erreichen. Dabei liegt das Tier ausgestreckt auf dem Boden ohne zu atmen. Als Gradmesser für den Betäubungserfolg ist das Sistieren der Atmung anzusehen.

Eine Contusio cerebri kann in zwei Formen auftreten. Zum einen die offene Form, bei der eine Verbindung des subduralen Raumes mit der Außenwelt besteht. Zum anderen die gedeckte Form, die unter einer intakten Dura mater liegt. Es können Gewebeschäden am Hirn, wie z. B. Blutungen, Prellungen, Quetschungen etc., nachgewiesen werden. Längere Bewusstseinsstörungen (> 30 min) mit verzögerter Rückbildung zeichnen die Contusio cerebri aus (Diener und Putzki, 2008). Die Schwere der Hirnverletzung lässt sich anhand des Zeitraumes der Bewusstlosigkeit abschätzen (Delank und Gehlen, 1999). Neurologische Ausfälle richten sich nach der Herdlokalisierung.

Als Laceratio cerebri wird die offene Hirnverletzung bezeichnet, welche als Folge einer scharfen Gewalteinwirkung auf den Schädel entsteht. Es besteht eine offene Verbindung zwischen Gehirn und Außenwelt, da die harte Hirnhaut eröffnet ist. Hirnblutungen, Prolaps und Ausfluss von Hirngewebe sind die unmittelbaren Folgen der Verletzung. Gewebeschäden des ZNS, die mit grober Zerstörung der Textur einhergehen, führen klinisch oft zu irreversiblen Ausfallserscheinungen (Diener und Putzki, 2008). Massive Zerstörungen sowohl entlang des Schusskanals als auch an der Hirnbasis sind das Ergebnis eines perforierenden Bolzenschusses (Moje et al., 2001).

2.8.2. Blutungen als pathologisch-anatomische Folge einer Gehirnschädigung

Massenblutungen infolge von Gefäßschädigungen sind ein Problem beim Kopftrauma, das durch den daraus resultierenden Bewusstseinsverlust durch Drucksteigerung auch bei der Bolzenschussbetäubung von Bedeutung ist. Der intrakranielle Druck wird durch die Ansammlung von Blut innerhalb des Gehirns oder an dessen Oberfläche erhöht (Vandeveldt et al., 2001). Dadurch kommt es zum Bewusstseinsverlust. Die bei einer Contusio cerebri zu beobachtende Contrecoup-Blutung, die nach Zerreißen intrazerebraler Gefäße, nicht nur am Ort der Gewalteinwirkung, sondern auch auf der Gegenseite entsteht, gilt als eine Sonderform der traumatischen Blutung (Wiesner und Ribbeck, 2000).

Durch intrazerebrale, epidurale oder subdurale Hämatomen wird meist in der ersten Phase nach dem Trauma eine Hirndrucksteigerung verursacht. Die hauptsächliche Lokalisation des traumatischen intrazerebralen Hämatoms ist der Schläfen- oder Stirnbereich (Endres, 2005). Ein sich langsam ausbildendes subdurales Hämatom entsteht meist infolge von Sickerblutungen aus verletzten venösen Gefäßen zwischen harten und weichen Hirnhäuten, wohingegen ein epidurales Hämatom meist durch eine arterielle Blutung nach Gefäßzerreißen auftritt (Delank und Gehlen, 1999). Hierbei handelt es sich um eine Teilwirkung des Bolzenschusses.

2.9. Narkosestadien

Kennzeichnend für die Schlachttierbetäubung ist das Durchlaufen aller Narkosestadien. Das Exzitationsstadium, in dem bei ausgeschaltetem Bewusstsein durch die Enthemmung der niederen motorischen Zentren unkontrollierte Bewegungen, Krämpfe und Hyperaktivität zu beobachten sind, ist von besonderer Bedeutung (Männl, 1994). Sowohl das Temperament eines Tieres, als auch die Geräuschkulisse der Umgebung haben Einfluss auf die Exzitationen. Eine gute Bolzenschussbetäubung zeichnet sich dadurch aus, dass vom Stadium der Analgesie (I) schnellst möglich das Toleranzstadium (III) erreicht wird (Männl, 1994). Das Asphyxiestadium (IV) sollte bei der Narkoseführung in der Humanmedizin unbedingt vermieden werden, da die Gefahr einer zentralen Atem- und Kreislaufähmung besteht (Wiesner und Ribbeck, 2000). Bei der Rinderbetäubung hingegen ist es besser dieses Stadium zu erreichen, als ein schwächeres Stadium, bei dem das Tier eventuell noch bei Bewusstsein ist.

Tab. 1: Narkosestadien nach Güdel (Pschyrembel, 2010) mit dazugehöriger Betäubungswirkung

Narkosestadien		Betäubungswirkung
Analgesie		<ul style="list-style-type: none"> - herabgesetzte bzw. aufgehobene Schmerzempfindlichkeit mit erhaltenem Bewusstsein - retrograde Amnesie - Verlust von Kälte- und Wärmeempfinden - ermöglicht kleinere Eingriffe an der Körperoberfläche - alle Reflexe vorhanden - erhöhte Reflexaktivität und vegetative Unruhe - Pupille eng
Exzitation		<ul style="list-style-type: none"> - Bewusstlosigkeit - unregelmäßige Atmung - Neigung zu Erbrechen - kein tolerieren von Manipulationen - alle Reflexe vorhanden - Zunahme des Muskeltonus - Weitung der Pupille
Toleranz (alle drei Stadien für chirurgische Eingriffe geeignet)	1. Stufe	<ul style="list-style-type: none"> - oberflächliche Narkose mit erhaltener Reflexerregbarkeit - Verengung der Pupille
	2. Stufe	<ul style="list-style-type: none"> - zunehmende Muskeler schlaffung - Verlust der meisten Reflexe - Weitstellung der Pupille
	3. Stufe	<ul style="list-style-type: none"> - tiefe Narkose mit noch ausreichender Atmungstätigkeit - Verlust weiterer Reflexe - Maximale Weitung der Pupille - Bulbus starr
Asphyxie	4. Stufe	<ul style="list-style-type: none"> - Gefahr einer zentralen Atem- und Kreislauf lähmung - Verlust aller Reflexe

III. TIERE, MATERIAL UND METHODEN

3.1. Zeitplan des Versuchs

Der geplante Zeitraum für das Projekt umfasste die Zeit vom 01. April 2009 bis zum 28. Februar 2011. Der praktische Teil dieser Studie wurde an einem EU-zugelassenen Schlachtbetrieb mittlerer Größe in Oberfranken in der Zeit vom 01. Juli 2009 bis zum 30. April 2010 durchgeführt.

3.2. Beschreibung des Schlachtbetriebes

Am ausgewählten Schlachtbetrieb werden 900-1200 Rinder an vier Tagen in der Woche geschlachtet. Die maximale Schlachtleistung beträgt 40 Rinder pro Stunde und der Einzugsbereich entspricht 200-250 km. Außerdem werden Schweine an drei Tagen in der Woche sowie vereinzelt Schafe, Ziegen und Pferde geschlachtet.

Das Schlachtpersonal besteht aus einer eigenständigen Gruppe von Lohnschlächtern, die für die ortsansässigen Großschlächter und Metzger Auftragsschlachtungen durchführen. Das Betäuben der Tiere während der regulären Schlachtung erfolgt durch Mitarbeiter des Schlachthofes, die über eine Sachkundebescheinigung zum Ruhigstellen, Betäuben und Schlachten von Tieren nach § 4 Abs. 4 der Verordnung zum Schutz von Tieren im Zusammenhang mit der Schlachtung oder Tötung (BGBl. I S. 405) verfügen. Die genannte Sachkundebescheinigung besitzen auch die Lohnschlächter, die im Bereich Zutrieb, bzw. Entbluten tätig sind. Die Metzger, die auch im Betäuben sachkundig sind, führen im Bedarfsfall Notschlachtungen, Einzelschlachtungen oder Schlachtungen außerhalb der Regelschlachtzeit durch. Eine Personalschulung der Arbeiter, Metzger, Fachassistenten und amtlichen Tierärzten zum Thema Tierschutz mit Schwerpunkt Abladen, Zutrieb, Ruhigstellen, Betäuben und Entbluten findet im beschriebenen Schlachthof mindestens einmal jährlich und bei Bedarf statt.

3.3. Bolzenschussapparate

Am oben genannten Schlachthof kommen zwei unterschiedliche Bolzenschussgeräte mit folgenden technischen Daten zum Einsatz, die auch Deutschlandweit am häufigsten verwendet werden.

1. EFA Cash Magnum 9000S:

Der Cash Magnum Bolzenschussapparat besitzt eine Eindringtiefe von 70-75 mm und einen Durchmesser von 12 mm. Für die verschiedenen Alters- und Gewichtskategorien werden unterschiedliche, farblich gekennzeichnete Kartuschen verwendet (Tab. 2).



Abb. 7: Bolzenschussapparat EFA Cash Magnum 9000S mit herausgezogenem Schussbolzen

2. Schermer Schussapparat Typ KS

Der Schermer KS mit einer Eindringtiefe von 80 mm besitzt als Besonderheit ein automatisches Schussbolzenrückholsystem. Die Kartuschen zur Unterscheidung der Anwendungsgruppe sind ebenfalls farblich gekennzeichnet (Tab. 2).



Abb. 8: Bolzenschussapparat Schermer Schussapparat Typ KS mit herausgezogenem Schussbolzen

Tab. 2: Kartuschen der beiden Bolzenschussapparate und ihre Nutzung

Modell	Kartusche	geeignet für
EFA Cash Magnum 9000S	Grün	Kälber und Schafe
	Rot	Bullen und Kühe
	Schwarz	schwere Bullen
Schermer Schussapparat Typ KS	Gelb	Schweine, Pferde, Rinder, Sauen und Eber
	Blau	Kühe, Ochsen und Bullen
	Rot	schwere Bullen



Abb. 9: Rind mit frontal aufgesetztem Bolzenschussapparat kurz vor der Betäubung

3.4. Geräte zur Vermessung der Schädelgrößen

Zur Darstellung und Erhebung der Daten bezüglich der Schädelmaße wurden unterschiedliche Geräte verwendet. Der digitale Präzisionsmessschieber IP66 (1000 mm, MMO Börnicke, Deutschland) wurde zum Vermessen des gesamten Kopfes verwendet. Beim Markieren des Schusspunktes kam ein 50 cm langes Messkreuz (Abb. 12), welches dem Untersucher erlaubte, auf der Schädeloberfläche den empfohlenen Kreuzungspunkt der Diagonalen von der Augenmitte zur gegenüberliegenden Hornmitte (TVT, 2007) exakt einzuzeichnen, zum Einsatz. Median gespalten wurden die Köpfe mit einer Knochenbandsäge Modell Selectra 3 der MA-DO Maschinenfabrik Dornhan GmbH, Deutschland (Abb. 10). Es handelte sich dabei um eine

Schiebetischmaschine. Mit dem digitalen Präzisionsmessschieber IP54 (300 mm, MMO Börnicke, Deutschland) wurden die Hautdicke und der Abstand zwischen dem empfohlenen und dem anatomisch günstigeren Schusspunkt vermessen. Der empfohlene Schusspunkt wurde mit einer 8 cm langen, gelben, laminierten Messskala markiert. Mit einer ebenfalls 8 cm langen, laminierten, grünen Messskala wurde der anatomisch günstigere Schusspunkt gekennzeichnet. Die 8 cm entsprechen der Länge des Bolzens unter optimalen Umständen. Der gespaltene Schädel wurde mit einer Digitalkamera des Typs Olympus μ Tough – 8000 fotografiert. Um die Fotoaufnahmen untereinander vergleichbar zu gestalten, wurden identische Rahmenbedingungen wie Foto – Objektabstand und gleicher Aufnahmewinkel (senkrecht von oben) geschaffen. Hierzu wurde die Kamera auf ein Stativ des Typs Manfrotto 055XPROP 178,5 cm mit zwischengeschaltetem Kugelkopf Manfrotto 486RC2 montiert.



Abb. 10: Knochenbandsäge Modell Selectra 3 der MADDO Maschinenfabrik Dornhan GmbH, Deutschland

3.5. Auswahl der Messparameter

Im Rahmen eines Vorversuches mit 50 Tieren sollten die optimale praktische Durchführung und die Messpunkte mit der meisten Aussagekraft ermittelt werden. Es zeigte sich, dass der rostrale Teil des Schädels zuerst abgesägt werden muss, damit beim Längsschnitt das Sägeblatt nicht durch die Schneidezähne unbrauchbar wird. Zudem wurde mit dem Fotoapparat experimentiert, um die optimalen Einstellungen für standardisierte Aufnahmen zu finden. Zur Ermittlung der Messverfahren wurden verschiedene Lagerungsmethoden und Markierungsmittel ausprobiert. Für die Lagerung erwies sich eine Kühlung der Schädel als zweckmäßiger als ein Gefrieren, da sich gefrorene Schädel wesentlich schlechter sägen ließen. Maigrüne Fensterdekor-Farbe der Firma Müller setzte sich aufgrund der deutlichen Erkennbarkeit und guten Konsistenz als Markierungsmittel durch. Die Messpunkte am Gesichtsschädel wurden ausgewählt, um markante Werte des Gesichts festzuhalten und etwas über diese und die Kopfformen der verschiedenen Rassen im Vergleich zum Schusspunkt aussagen zu können. Am gespaltenen Schädel zeigte sich, dass der anatomisch günstigere Schusspunkt sich durch eine dünne Haut und eine dünne Knochenstruktur auszeichnen muss damit der Bolzen während des Eindringens möglichst wenig abgebremst wird. Da bei dünnen Strukturen eine Länge von 8 cm für den Bolzen ausreicht, um den Hirnstamm zu treffen, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Betäubung hier ebenfalls.

Die zu untersuchenden Schlachtrinder wurden auf der Rampe des Schlachtbetriebes ausgewählt, mit einem Viehzeichenstift oder -spray markiert und der Schlachtung zugeführt.

3.6. Tiere

Für die vorliegende Untersuchung wurden Rinder der Kategorien Färsen, Kuh, Jungbullen, Bullen und Ochsen aller verfügbaren Rassen und Gewichtsklassen untersucht. Kälber und Jungrinder wurden für die Untersuchungen dabei nicht mit einbezogen, da sie nicht in der nötigen Anzahl und Rassenvielfalt vorkamen. Die Einteilung der Rinder in die verschiedenen Kategorien und Rassen erfolgte nach der in Tabelle 3 aufgeführten Beschreibung.

Tab. 3: Einteilung der Rinder in Kategorien mit Bezeichnung und Beschreibung

Kategorie	Bezeichnung	Beschreibung
Jungbullen	A	junge, männliche, nicht kastrierte Tiere im Alter von weniger als zwei Jahren
Bullen	B	andere ausgewachsene, männliche, nicht kastrierte Tiere
Ochsen	C	ausgewachsene, männliche, kastrierte Tiere
Kühe	D	ausgewachsene, weibliche Tiere, die bereits gekalbt haben
Färsen	E	andere ausgewachsene, weibliche Tiere

3.6.1. Tierauswahl

Insgesamt wurden 1027 Tiere, hiervon waren 516 Rinder männlich und 511 weiblich, untersucht. Dies entspricht einer annähernd ausgeglichenen Geschlechterverteilung von 50,2 % männlichen zu 49,8 % weiblichen Tieren. Die Geschlechterverteilung innerhalb der Rassen war jedoch nicht gleich verteilt. Es wurden die Tiere ausgewählt, die dem Phänotyp der Rasse entsprachen. Bei den seltener auftretenden Rassen wurde jedes Tier in die Untersuchung einbezogen. Die Angaben zu Rasse, Kategorie und Schlachtgewicht der ausgewählten Tiere wurden vom Schlachtbetrieb zur Verfügung gestellt.

Der Großteil der Tiere gehörte der im süddeutschen Raum weit verbreiteten Rasse Fleckvieh an. Der Anteil männlicher Rinder lag bei 23,1 % und der an Kühen und Färsen bei 27,2 %. Bei den 516 männlichen Tieren war die Rasse Schwarzbunt mit 16,3 % am zweithäufigsten vor Deutsch Angus mit 67 Tieren (13,0 %) vertreten. Dagegen lag der Anteil weiblicher Rinder bei Deutsch Angus mit 19,2 % höher. Es wurden 17,2 % Schwarzbunte Kühe und Färsen untersucht (Tab. 4).

Tab. 4: Geschlechterverteilung bezogen auf die Rasse

Rasse	Männlich		Weiblich		Gesamtzahl	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
BV	11	2,1	11	2,2	22	2,1
CHA	42	8,1	50	9,8	92	9,0
DA	67	13,0	98	19,2	165	16,1
DSB	49	9,5	18	3,5	67	6,5
FL	119	23,1	139	27,2	258	25,1
LIM	25	4,9	22	4,3	47	4,6
RBT	13	2,5	26	5,1	39	3,8
SBT	84	16,3	88	17,2	172	16,8
XFF	49	9,5	11	2,2	60	5,8
XFM	13	2,5	11	2,2	24	2,3
XMM	25	4,9	0	0	25	2,4
Sonstige	19	3,7	37	7,2	56	5,5
Gesamt	516	100	511	100	1027	100

BV	Braunvieh	RBT	Rotbunte
CHA	Charolais	SBT	Schwarzbunte
DA	Deutsch Angus	XFF	Kreuzung Fleischrind x Fleischrind
DSB	Deutsches Schwarzbuntes Niederungs- rind	XFM	Kreuzung Fleischrind x Milchrind
FL	Fleckvieh	XMM	Kreuzung Milchrind x Milchrind
LIM	Limousin		

3.7. Erfassung des Lebendgewichtes

Das Lebendgewicht wurde von 389 Tieren mittels einer Tierwaage erfasst. Dies war auf Grund der räumlichen Anordnung der Waage und des teils aggressiven Verhaltens in Zusammenhang mit starken Abwehrbewegungen der Bullen aber auch der Weidetiere mit großer Gefahr für das durchführende Personal verbunden. So beschränkte man sich bei der Datenerhebung der nachfolgenden Rinder auf Kühe und Färsen, da diese den Kontakt mit dem Menschen mehr gewöhnt sind und der negative Einfluss durch den Stressor Transport deutlich geringer erschien.

Das Lebendgewicht der übrigen untersuchten Tiere wurde mit dem Durchschnittswert des prozentualen Ausschlachtgewichtes der bereits gewogenen Tiere gleicher Rasse und Kategorie anhand folgender Formel rückgerechnet.

$$x = \frac{(nl1+nl2+...+nl36)}{(ns1+ns2+...+ns36)} * nx$$

nl = Lebendgewicht
ns = Schlachtgewicht
nx = Schlachtgewicht des berechneten Tieres
x = gesuchtes Lebendgewicht

Am Beispiel der Jungbullen (A) der Rasse Deutsch Angus bedeutet das: $(nl1+nl2+...+nl36)/(ns1+ns2+...+ns36) * nx = x$. „nl1“ bis „nl36“ stehen für das Lebendgewicht der gewogenen Tiere. „ns1“ bis „ns36“ stehen für das Ausschlachtgewicht der gewogenen Tiere. Bei „nx“ handelt es sich um das Ausschlachtgewicht des Tieres, dessen Lebendgewicht berechnet werden soll und „x“ steht für das gesuchte Lebendgewicht.

3.8. Datenerhebung an der Schädeloberfläche

Die Köpfe wurden inklusive Haut zeitnah nach der Schlachtung mit dem Digitalen Präzisionsmessschieber IP66 (1000 mm, MMO Börnicke, Deutschland) vermessen. Die Messpunkte werden in Tabelle 5 aufgeführt und sind zur Verdeutlichung noch einmal bildlich in Abbildung 11 dargestellt. Anschließend wurden die Köpfe bei unter 7° C gelagert. Dies ist für ein anatomisch klares Schnittbild wichtig. Die Lagerung der schlachtwarmen Köpfe musste so erfolgen, dass sich die sehr weiche Haut im Schnittbereich bei der Lagerung nicht verschob. Da die Haut durch den Kühlvorgang sehr fest wird, ist ein Verbringen der Haut in die anatomisch korrekte Ausgangslage nicht mehr möglich.

Tab. 5: Messpunkte am Gesichtsschädel

Messpunkt	Beschreibung
1	Entfernung Scheitelpunkt Stirnkamm im Lot auf die Verbindungslinie der kaudalen Ränder der Nasenlöcher
2	Entfernung zwischen den Augenaußenwinkeln
3	Entfernung zwischen den Augeninnenwinkeln
4	Entfernung rechter Augeninnenwinkel zum Scheitelpunkt Stirnkamm
5	Entfernung linker Augeninnenwinkel zum Scheitelpunkt Stirnkamm
6	Entfernung rechter Augenaußenwinkel zur Mitte der Verbindungslinie der kaudalen Ränder der Nasenlöcher
7	Entfernung linker Augenaußenwinkel zur Mitte der Verbindungslinie der kaudalen Ränder der Nasenlöcher

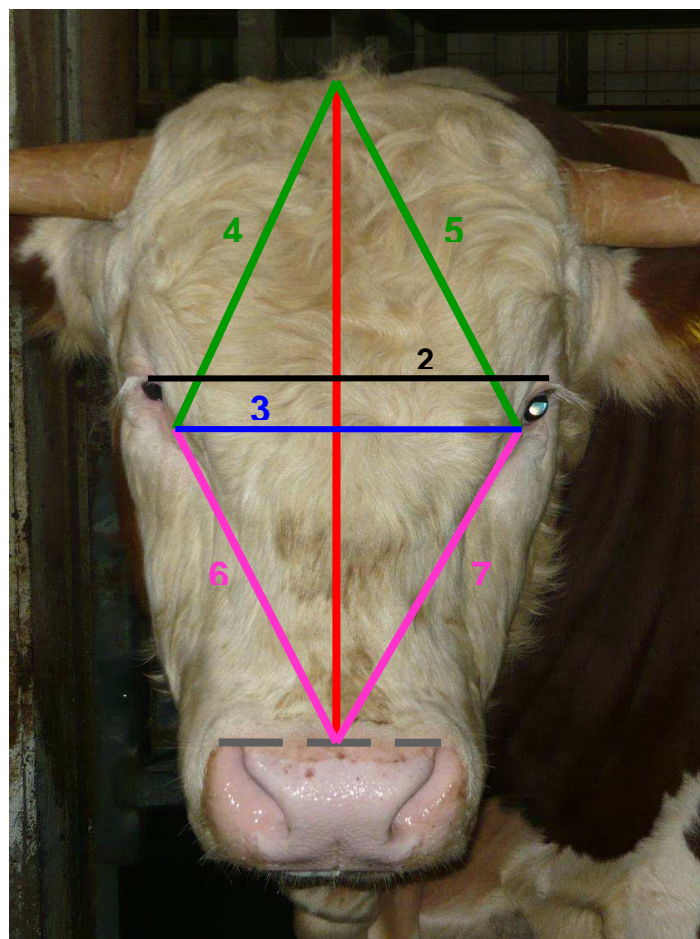


Abb. 11: Definierte Messpunkte an der Oberfläche des Rinderschädels (siehe auch Tabelle 5)

3.9. Spaltung der Schädel und Datenerhebung

Noch vor der Spaltung des Schädels wurde der nach TVT (2007) empfohlene Schusspunkt mithilfe des speziell angefertigten, verschiebbaren Messkreuzes und der Window Colour Farbe von außen markiert (Abb. 12). Herrn Schmidt (Tierphysiologie, LMU) sei für die Anfertigung sehr herzlich gedankt.

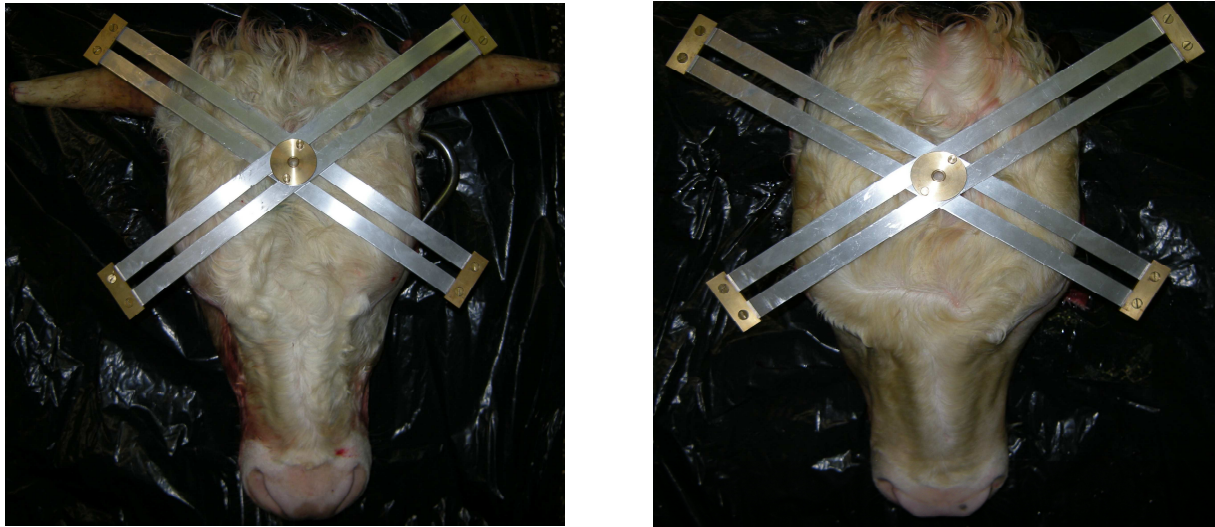


Abb. 12: Vor der Spaltung markierte Rinderschädel. Linkes Bild: Behorntes Rind und rechtes Bild: unbehorntes Rind

Zuerst wurde der Schädel mit der Knochenbandsäge rostral der Augen quer gesägt (Abb. 13 und 14). Dies ist nötig um die Schneidezähne, deren Zahnschmelz zum Schärfeverlust des Sägeblattes führen kann, zu entfernen und gleichzeitig die Größe des Kopfes so zu reduzieren, dass der Längsschnitt mit der Säge durchführbar ist. Der Hirnschädel wurde in der Medianen gespalten.

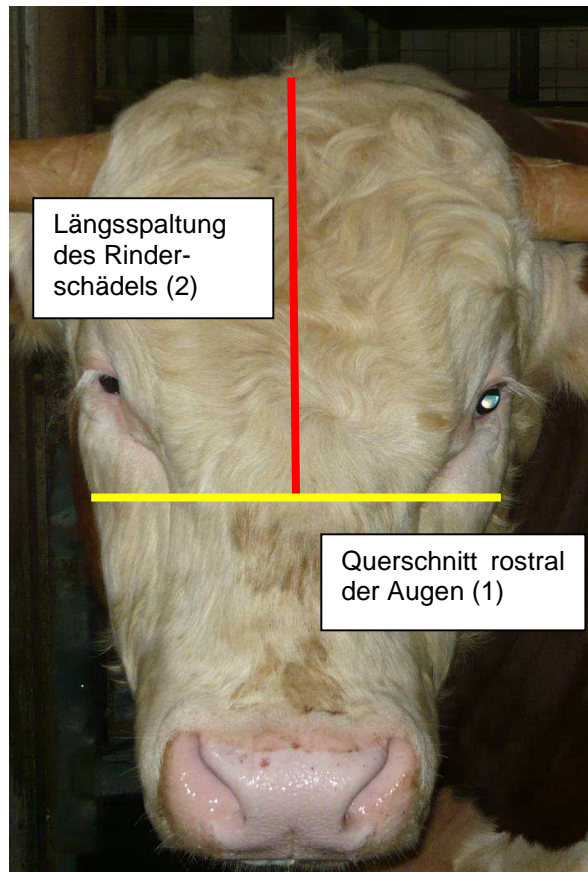


Abb. 13: Darstellung der Sägeschnitte am Rinderschädel



Abb. 14: Unmittelbar gespaltener Schädel

3.10. Datenerhebung nach der Schädelspaltung

Direkt anschließend an die Spaltung eines jeden Schädels wurde die Hautdicke inklusive Unterhaut und Unterhautbindegewebe in Zentimeter mit dem Digitalen Präzisionsmessschieber IP54 (300 mm, MMO Börnicke, Deutschland) bestimmt. Dies geschah am anatomisch günstigeren Schusspunkt. Mit den zwei verschiedenfarbigen, 8 cm langen Messskalen wurde der anatomisch günstigere Schusspunkt (grün), der laut TVT (2007) empfohlene Schusspunkt (gelb) und die mögliche Eindringtiefe (8 cm-Bolzen) markiert (Abb. 15). Die Entfernung vom anatomisch günstigeren zum vorgeschriebenen Schusspunkt wurde ab 0,5 cm gemessen (Tab. 6), um den Durchmesser des Bolzens zu berücksichtigen, und im Anschluss daran jede Schädelhälfte fotografiert (Abb. 15). Zwischen der Schnittfläche des Kopfes und der Kamera bestand ein standardisierter Abstand von 42 cm. Das Foto des gespaltenen Schädels wurde stets mit dem Selbstauslöser ausgeführt. Der Kopf wurde dafür so waagrecht wie möglich gelagert.

Tab. 6: Messpunkte nach der Spaltung des Kopfes

Messpunkt	Beschreibung
8	Entfernung empfohlener Schusspunkt zum anatomisch günstigeren Schusspunkt
9	Hautdicke am anatomisch günstigeren Schusspunkt

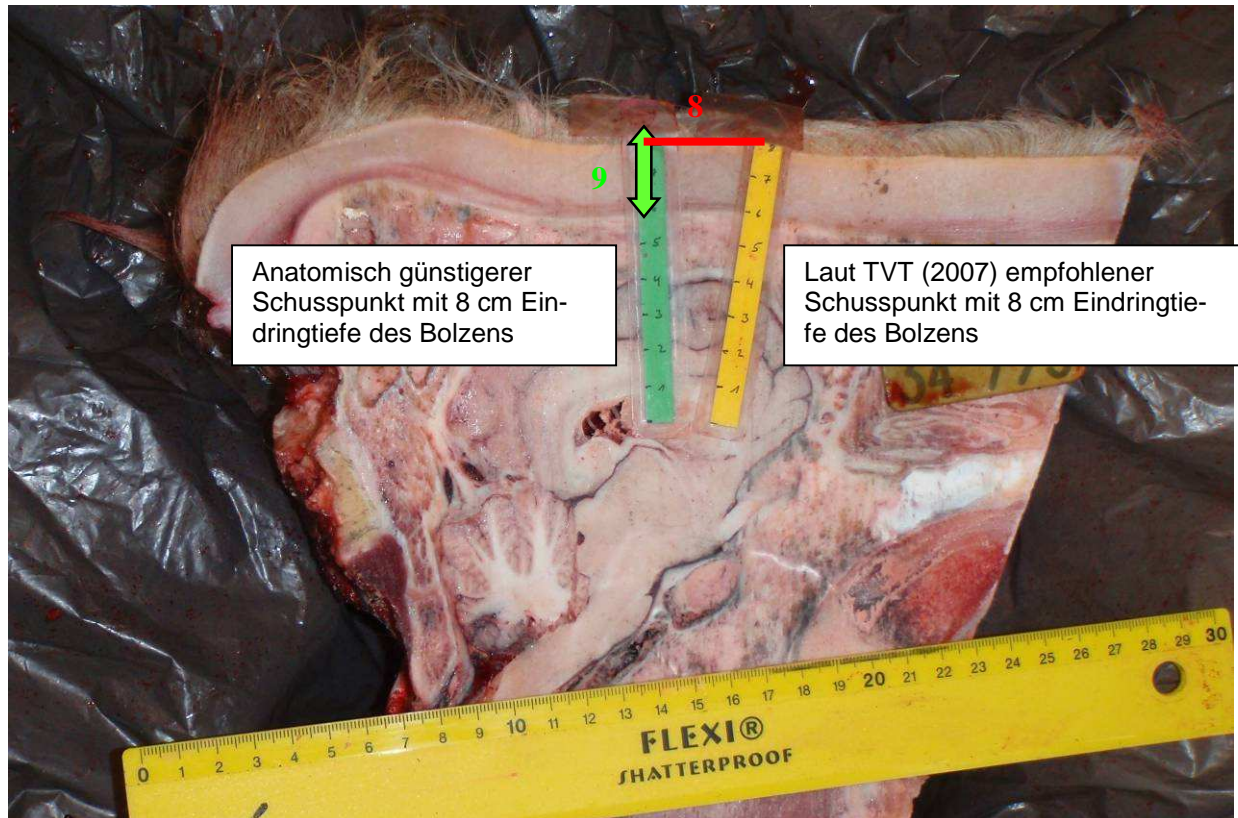


Abb. 15: Gegenüberstellung des empfohlenen Schusspunktes nach TVT (2007) mit dem anatomisch günstigeren Schusspunkt, Messpunkte am median gespaltenen Schädel

3.11. Statistische Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

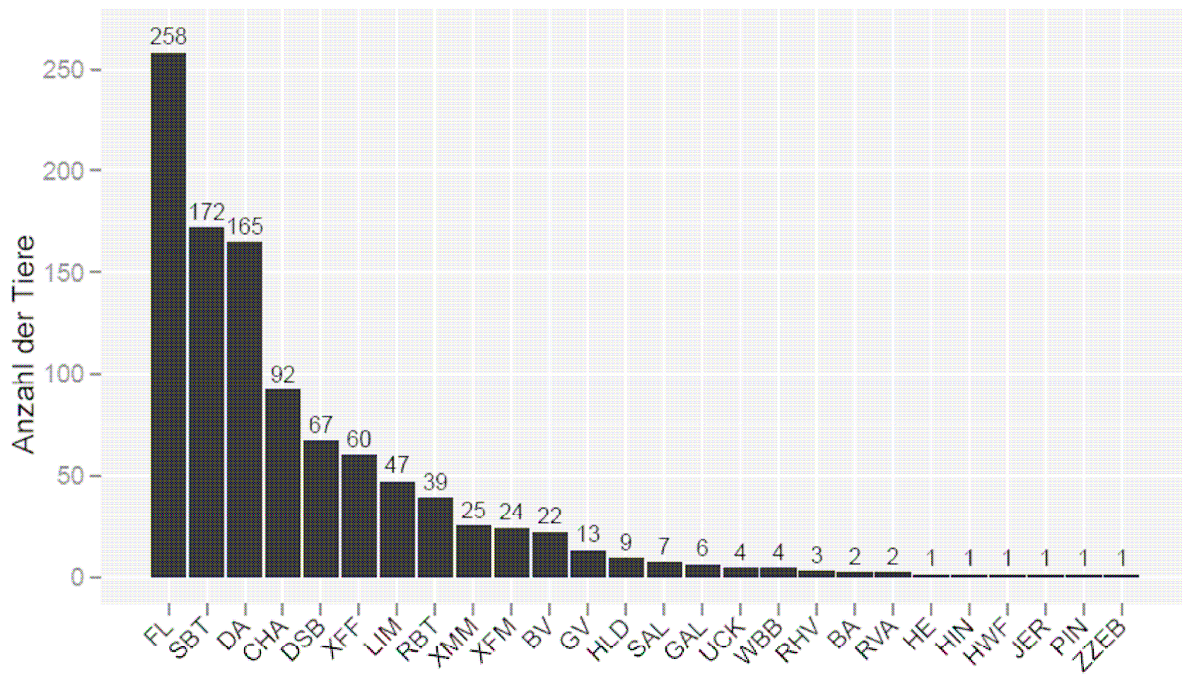
Die statistische Analyse des Datenmaterials erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Steinbeis-Forschungszentrum *ancoreStatistics*, <http://www.ancore-statistics.de>, unter der Leitung von Herrn Dipl. Stat. Paul Schmidt und dem Statistischen Beratungslabor (StaBLab) des Instituts für Statistik der Ludwig-Maximilians-Universität München in der Akademiestr. 1, in 80799 München, unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Helmut Küchenhoff.

Bei der Auswertung wurden Rassen, deren Gruppengröße nicht ausreichend groß war aufgrund ihrer geringen Aussagekraft ausgeschlossen. Rinderrassen mit weniger als zehn Beobachtungen wurden somit nicht in die Analyse aufgenommen. Es verbleiben von den ur-

sprünglich 26 untersuchten Rassen zwölf unterschiedliche Rassen bzw. Kreuzungen. Außerdem wurde das Geschlecht der Kategorie C ausgeschlossen, in der sich vier Tiere befanden. Es wurde die Methode der logistischen Regression als ein spezielles generalisiertes Regressionsmodell angewandt. Mit der logistischen Regression ist ein spezielles generalisiertes lineares Regressionsmodell für eine Zielgröße Y , die nur die zwei Ausprägungen 0 und 1 annimmt, gemeint. Ziel ist es festzustellen, ob ein oder mehrere metrische oder kategoriale Merkmale einen Einfluss auf die Ausprägung der Zielgröße haben. Es wird insbesondere dazu benutzt, die Wahrscheinlichkeit für $Y = 1$ in Abhängigkeit der Einflussgrößen zu modellieren bzw. um die Chancen für $Y = 1$ für verschiedene Ausprägungen der Einflussgrößen simultan zu vergleichen. Die Schätzungen der dazu notwendigen Parameter werden meist iterativ mit der Maximum-Likelihood-Methode bestimmt, aber auch moderne Bayesianische Methoden können zum Einsatz kommen. Die erhaltenen Werte werden als arithmetische Mittelwerte (MW) zusammen mit dem Standardfehler (SEM) angegeben. Als statistisch signifikant wurden Wahrscheinlichkeitswerte (p) kleiner als 0,05 angesehen. Die Stichprobenanzahl, d.h. die für die jeweilige Untersuchung verwendete Anzahl an Tieren, wird als „ n “ angegeben. Mit Hilfe eines Chi-Quadrat-Testes wurde der Zusammenhang zwischen der Kategorie Kuh und dem häufigen Fehlen einer Abweichung vom vorgegebenen Schusspunkt als nicht zufällig eingestuft. Ein Welch Two Sample t-Test wurde zur Überprüfung der Schätzmethode eines großen Teiles der Lebendgewichte aus dem Schlachtgewicht verwendet. Die Ergebnisse wurden häufig in Tabellenform (Word und Excel 2000 aus Microsoft Office 2000 SR-1 Premium) dargestellt, da die Datenmenge sehr umfangreich war. Die Statistik wurde mit dem statistischen Programmpaket R 2.11.1 (R Foundation for Statistical Computing, 2010) ausgewertet. Die Abbildungen wurden mit SigmaPlot 11.1.0 (Systat Software Inc. 2008), dem R-Paket ggplot2 (Wickham, 2009) oder Excel 2000 (Microsoft, 2000) hergestellt.

IV. ERGEBNISSE

In dieser Studie wurden insgesamt 1027 Tiere aus 26 unterschiedlichen Rassen untersucht (Abb. 16). In die statistische Auswertung gingen 970 Tiere aus elf Rassen ein. Es wurden 56 Tiere in 15 Rassen ausgeschlossen, da die einzelnen Gruppen deutlich weniger als zehn Tiere beinhalteten.



Rasse

BA	Blonde d'Aquitaine	LIM	Limousin
BV	Braunvieh	PIN	Pinzgauer
CHA	Charolais	RBT	Rotbunte
DA	Deutsch Angus	RHV	Rotvieh-Zuchtrind
DSB	Deutsches Schwarzbuntes Niederungs- rind	RVA	Angler
FL	Fleckvieh	SAL	Salers
GAL	Galloway	SBT	Schwarzbunte
GV	Gelbvieh	UCK	Uckermärker
HE	Hereford	WBB	Weißblaue.Belgier
HIN	Hinterwälder	XFF	Kreuzung Fleischrind x Fleischrind
HLD	Schottisches Hochlandrind	XFM	Kreuzung Fleischrind x Milchrind
HWF	Hinterwälder Fleischnutzung	XMM	Kreuzung Milchrind x Milchrind
JER	Jersey	ZZEB	Zwergzebu

Abb. 16: Absolute Häufigkeiten der untersuchten Rassen

Die Verteilung der in die Statistik eingegangenen Kategorien zeigt, dass überwiegend Jungbullen und Kühe in die Wertung eingingen (Abb. 17). Die Kategorie Ochse wurde nicht berücksichtigt, da diese nur vier Tiere beinhaltete.

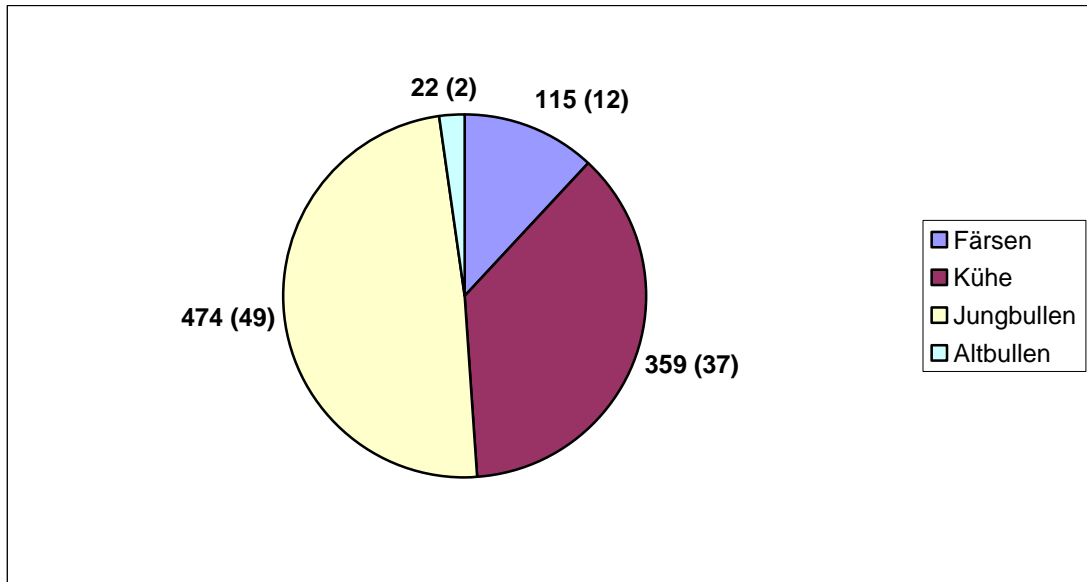


Abb. 17: Verteilung der in die statistische Auswertung eingegangenen 970 Tiere in Kategorien (in Klammern %)

4.1. Deskriptive Statistik erhobener Parameter

Die im Folgenden aufgeführten Tabellen, die die ermittelten Ergebnisse im Geschlechtervergleich zeigen, sind im Anhang noch genauer im Kategorienvergleich aufgeführt.

4.1.1. Lebendgewicht

Das Lebendgewicht wurde bei 389 Tieren durch Wiegen ermittelt. Das Lebendgewicht der übrigen 638 Tiere wurde über die Formel berechnet. Statistisch wurde mittels Welch Two Sample t - Test (Abb. 19) geprüft, ob diese Methode verwertbar ist. Da der angewandte t - Test nicht signifikant war, kann kein bedeutender Hinweis darauf ausgemacht werden, dass diese Methode das Lebendgewicht nicht adäquat berechnet ($p = 0,939$). In Abbildung 18 ist die Beziehung zwischen gewogenem und berechnetem Lebendgewicht der 389 gewogenen Tiere graphisch dargestellt. Es ist auch hier zu erkennen, dass keine Unterschiede bestehen.

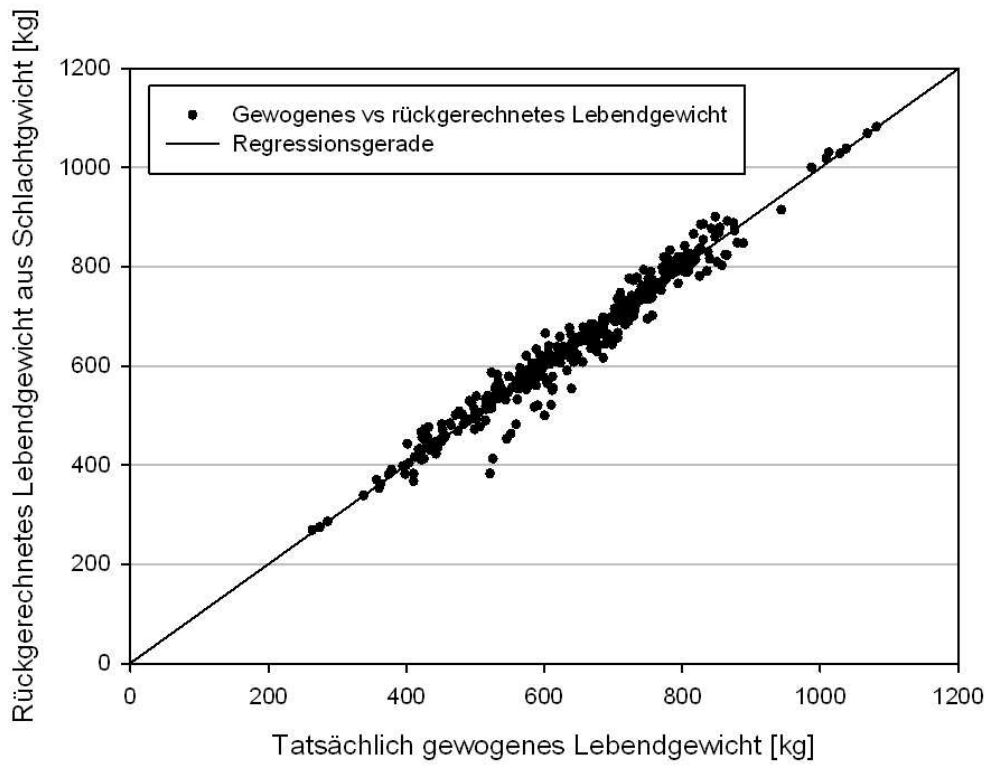


Abb. 18: Darstellung der Beziehung zwischen gewogenem und berechnetem Lebendgewicht ($r = 0,982$, $p < 0,001$) der 389 gewogenen Tiere

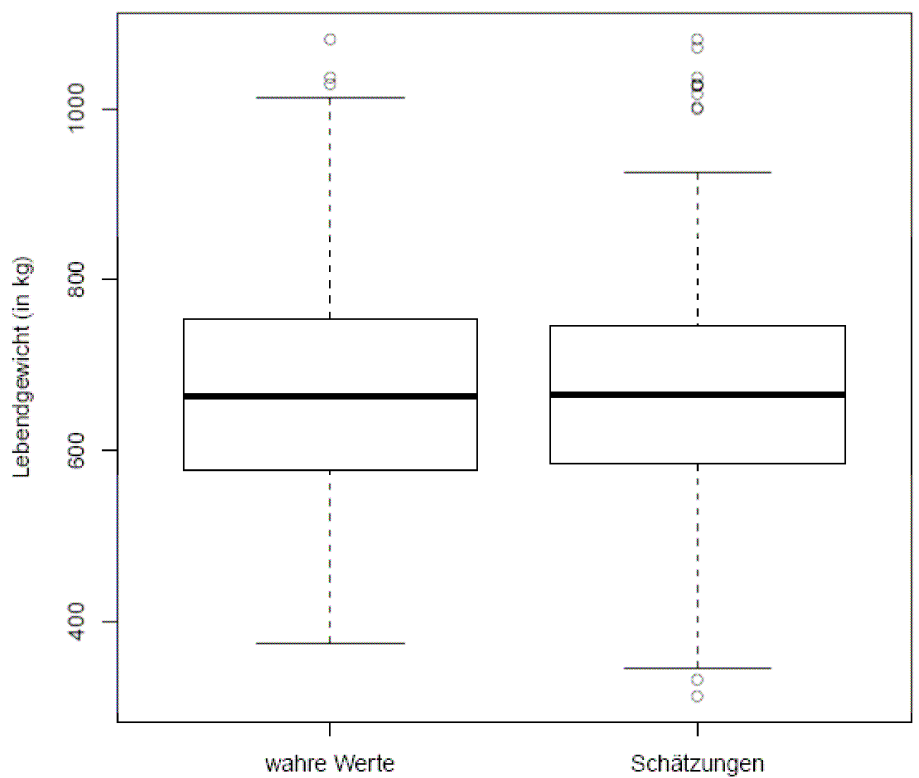


Abb. 19: Veranschaulichung der Verteilung des t – Tests für die Schätzung des Lebendgewichtes

Die untersuchten Tiere wurden nach dem Lebendgewicht in sieben Gewichtsklassen eingeteilt. Von 970 Tieren lagen 872 in einer Gewichtsspanne von 450 kg-850 kg. In der höchsten Gewichtsklasse befanden sich neun Tiere (Abb. 20). Das Lebendgewicht variiert unter Einbeziehung sowohl der gewogenen, als auch der berechneten, Werte von 312,4 kg-1081,5 kg.

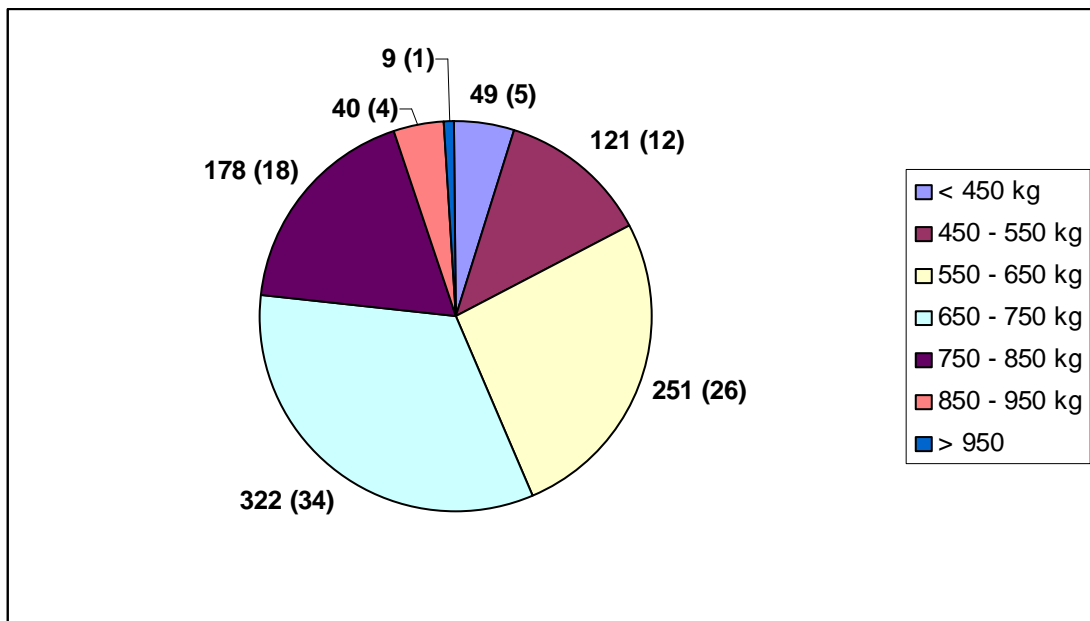


Abb. 20: Verteilung der untersuchten Rinder in den verschiedenen Gewichtsklassen (in Klammern %)

Der mittlere Abstand zwischen dem empfohlenen und dem anatomisch günstigeren Schusspunkt steigt mit Zunahme des Gewichts. Die Tiere in der höchsten Gewichtsklasse haben mit $2,83 \text{ cm} \pm 0,397$ auch den größten durchschnittlichen Abstand zwischen den beiden definierten Schusspunkten. Der Abstand der Schusspunkte der niedrigsten Gewichtsklasse ist mit $1,69 \text{ cm} \pm 0,189$ im Mittel annähernd genauso groß, wie der der Gewichtsklasse zwischen 850 kg-950 kg.

Tab. 7: Durchschnittlicher Schusspunkt Abstand (MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Gewichtsklassenvergleich (n = Anzahl der Tiere)

Gewichtsklasse in kg	Geschlecht	MW In cm	SEM	Min.	Max.	n
< 450	Männlich	2,55	0,31	1,41	3,71	6
	Weiblich	1,57	0,20	0,00	3,77	43
	Gesamt	1,69	0,19	0,00	3,77	49
450-550	Männlich	1,07	0,24	0,00	4,07	36
	Weiblich	1,10	0,15	0,00	3,93	85
	Gesamt	1,10	0,12	0,00	4,07	121
550-650	Männlich	1,50	0,13	0,00	4,54	129
	Weiblich	1,22	0,12	0,00	3,98	122
	Gesamt	1,37	0,09	0,00	4,54	251
650-750	Männlich	1,71	0,11	0,00	4,54	179
	Weiblich	1,41	0,12	0,00	4,79	143
	Gesamt	1,57	0,08	0,00	4,79	322
750-850	Männlich	1,81	0,13	0,00	4,24	114
	Weiblich	1,38	0,19	0,00	4,64	64
	Gesamt	1,66	0,11	0,00	4,64	178
850-950	Männlich	1,88	0,26	0,00	3,75	25
	Weiblich	1,43	0,42	0,00	3,78	15
	Gesamt	1,71	0,23	0,00	3,78	40
> 950	Männlich	2,66	0,49	0,00	4,01	7
	Weiblich	3,44	0,40	3,04	3,84	2
	Gesamt	2,83	0,40	0,00	4,01	9
Gesamt	Männlich	1,88	0,03	0,00	4,54	496
	Weiblich	1,65	0,04	0,00	4,79	474
	Gesamt	1,70	0,02	0,00	4,79	970

Bei der Betrachtung des Lebendgewichtes getrennt nach männlichen und weiblichen Tieren ist der Einfluss auf den Abstand zwischen den beiden definierten Schusspunkten noch deutlicher. In der höchsten Gewichtsklasse ist dieser bei den weiblichen Tieren mit $3,44 \text{ cm} \pm 0,403$ am größten. Die Tiere der niedrigsten Gewichtsklasse haben bei den weiblichen Rindern mit $1,57 \text{ cm} \pm 0,204$ im Durchschnitt den zweithöchsten Wert (Tab. 7). In Abbildung 21 ist diese Verteilung noch einmal als Grafik dargestellt.

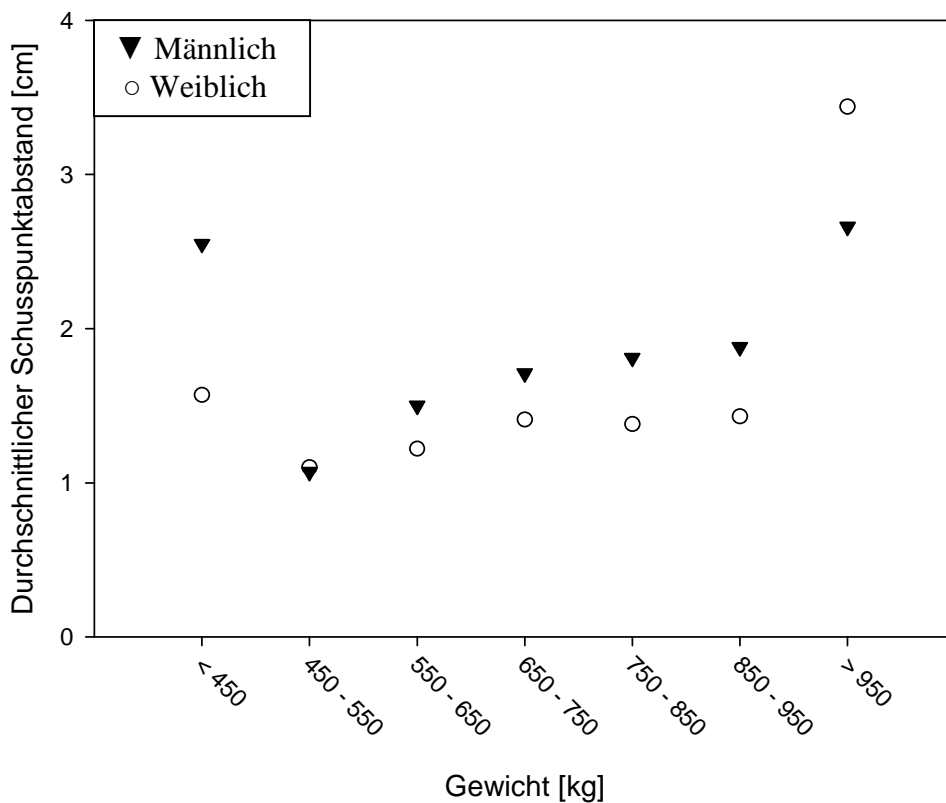


Abb. 21: Durchschnittlicher Schusspunktstand der verschiedenen Gewichtsklassen im Geschlechtervergleich

Bei den männlichen Tieren ist der Abstand zwischen den beiden definierten Schusspunkten in der höchsten Gewichtsklasse mit $2,66 \text{ cm} \pm 0,488$ ebenfalls am größten. Die männlichen Rinder in der niedrigsten Gewichtsklasse haben auch hier mit $2,55 \text{ cm} \pm 0,314$ im Durchschnitt den zweithöchsten Wert (Tab. 7).

4.1.2. Kopflänge

Die Kopflänge ist im Vergleich der einzelnen Rassen sehr verschieden (Tab. 8). Der längste Kopf ist mit durchschnittlich $49,96 \text{ cm} \pm 0,499$ bei Tieren der Rasse Braunvieh zu finden, der kürzeste mit $43,66 \text{ cm} \pm 0,214$ bei Deutsch Angus. Männliche Rinder haben mit $47,28 \text{ cm} \pm 0,129$ im Durchschnitt grundsätzlich einen längeren Kopf als weibliche mit $45,73 \text{ cm} \pm 0,142$. Die Gesamtspanne der Kopflänge reicht von $37,21 \text{ cm}$ - $56,39 \text{ cm}$.

Tab. 8: Durchschnittliche Kopflänge (MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Geschlechtervergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesem Geschlecht keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Kopflänge in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Männlich	51,31	0,69	48,37	56,39	11
	Weiblich	48,62	0,46	45,46	51,55	11
	Gesamt	49,96	0,50	45,46	56,39	22
CHA	Männlich	46,27	0,43	40,00	54,54	42
	Weiblich	44,48	0,41	38,75	50,57	50
	Gesamt	45,30	0,31	38,75	54,54	92
DA	Männlich	45,30	0,29	39,75	49,91	67
	Weiblich	42,53	0,24	37,21	49,97	98
	Gesamt	43,66	0,21	37,21	49,97	165
DSB	Männlich	46,90	0,24	42,82	50,83	49
	Weiblich	46,24	0,47	42,92	50,59	18
	Gesamt	46,72	0,22	42,82	50,83	67
FL	Männlich	47,79	0,18	40,04	52,19	119
	Weiblich	46,92	0,19	40,13	51,24	139
	Gesamt	47,32	0,13	40,04	52,19	258
LIM	Männlich	45,15	0,43	41,10	48,59	25
	Weiblich	44,83	0,38	41,86	48,81	22
	Gesamt	45,00	0,29	41,10	48,81	47
RBT	Männlich	47,96	0,86	42,14	53,93	13
	Weiblich	46,64	0,65	38,71	51,37	26
	Gesamt	47,08	0,52	38,71	53,93	39
SBT	Männlich	48,98	0,26	43,45	54,85	83
	Weiblich	47,99	0,24	42,63	54,63	88
	Gesamt	48,47	0,18	42,63	54,85	171
XFF	Männlich	46,75	0,26	43,49	51,13	49
	Weiblich	44,45	0,84	40,42	48,48	11
	Gesamt	46,33	0,28	40,42	51,13	60
XFM	Männlich	47,68	0,71	44,08	52,55	13
	Weiblich	44,11	0,66	41,62	48,52	11
	Gesamt	46,04	0,61	41,62	52,55	24
XMM	Männlich	48,95	0,44	43,21	52,78	25
	Weiblich	-	-	-	-	-
	Gesamt	48,95	0,44	43,21	52,78	25

4.1.3. Abstand Augenaußenwinkel

Der Abstand der Augenaußenwinkel differenziert nach Rasse wird in Tabelle 9 dargestellt. Hier ist eindeutig zu sehen, dass die Kreuzungen Milchrind x Milchrind mit $25,68 \text{ cm} \pm 0,248$ den breitesten Kopf haben. Tiere der Rasse Deutsch Angus haben mit $22,83 \text{ cm} \pm 0,129$ den schmalsten Kopf. Männliche Tiere haben mit $25,06 \text{ cm} \pm 0,066$ durchschnittlich einen breiteren Kopf als weibliche Tiere mit $22,80 \text{ cm} \pm 0,060$. Der Abstand der Augenaußenwinkel hat sein Minimum bei $19,51 \text{ cm}$ und sein Maximum bei $30,74 \text{ cm}$, mit einem Durchschnitt von $23,96 \text{ cm} \pm 0,057$.

Tab. 9: Durchschnittlicher Abstand Augenaußenwinkel (MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Geschlechtervergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesem Geschlecht keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Abstand Augenaußenwinkel in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Männlich	21,95	0,45	18,84	25,09	11
	Weiblich	19,80	0,36	18,15	22,06	11
	Gesamt	20,87	0,37	18,15	25,09	22
CHA	Männlich	21,15	0,25	17,69	25,79	42
	Weiblich	19,85	0,18	17,24	23,02	50
	Gesamt	20,44	0,17	17,24	25,79	92
DA	Männlich	21,12	0,16	18,85	24,95	67
	Weiblich	19,03	0,12	16,72	25,01	98
	Gesamt	19,88	0,13	16,72	25,01	165
DSB	Männlich	21,44	0,15	19,30	23,94	49
	Weiblich	18,99	0,20	17,57	20,85	18
	Gesamt	20,78	0,18	17,57	23,94	67
FL	Männlich	21,74	0,10	19,41	25,97	119
	Weiblich	20,39	0,10	17,39	23,94	139
	Gesamt	21,01	0,08	17,39	25,97	258
LIM	Männlich	20,79	0,25	18,46	23,75	25
	Weiblich	19,54	0,18	18,28	21,14	22
	Gesamt	20,21	0,18	18,28	23,75	47
RBT	Männlich	21,60	0,40	19,25	23,85	13
	Weiblich	19,80	0,24	17,84	22,36	26
	Gesamt	20,40	0,25	17,84	23,85	39
SBT	Männlich	21,81	0,15	18,18	26,36	83
	Weiblich	19,64	0,10	17,50	22,01	88
	Gesamt	20,69	0,12	17,50	26,36	171
XFF	Männlich	21,42	0,15	19,14	25,02	49
	Weiblich	19,41	0,30	17,61	21,39	11
	Gesamt	21,05	0,17	17,61	25,02	60
XFM	Männlich	21,62	0,22	19,57	22,41	13
	Weiblich	18,62	0,21	16,77	19,57	11
	Gesamt	20,24	0,35	16,77	22,41	24
XMM	Männlich	22,26	0,24	19,66	23,93	25
	Weiblich	-	-	-	-	-
	Gesamt	22,26	0,24	19,66	23,93	25

4.1.4. Bezug zwischen Kopfform und Abstand vom vorgegebenen zum anatomisch günstigeren Schusspunkt

Bei den Rassen Charolais, Limousin und Deutsch Angus ist eine kürzere Kopfform in Verbindung mit einer größeren Abweichung des Schusspunktes erkennbar. Dies wurde bei variierender Kopfbreite und Hautdicke ermittelt.

Die Rasse Schwarzbunt wird als Referenzgruppe verwendet, da hier der empfohlene Schusspunkt zu 64,3 % mit dem anatomisch günstigeren Schusspunkt identisch ist. Die Tiere dieser Rasse haben einen länglichen Kopf von durchschnittlich $48,47 \text{ cm} \pm 0,180$ mit einer mittleren Breite von $24,08 \text{ cm} \pm 0,139$ im Durchschnitt.

4.1.5. Abstand vom vorgegebenen zum anatomisch günstigeren Schusspunkt

In Tabelle 10 wird der Abstand vom vorgegebenen zum anatomisch besseren Schusspunkt für alle untersuchten Tiere, aufgeteilt nach weiblich und männlich, dargestellt. Der Abstand liegt im Mittel bei $1,50 \text{ cm} \pm 0,047$. Die Werte schwanken von $0,00 \text{ cm}$ bis $4,79 \text{ cm}$. Die insgesamt größte Abweichung beträgt $5,91 \text{ cm}$ bei einem Bullen der Rasse Schottisches Hochlandrind, die allerdings aufgrund zu geringer Gruppengröße nicht mit in die Statistik eingegangen sind. Wenn eine Abweichung vorliegt, ist sie bei den männlichen Tieren der Milchrassen mit $1,37 \text{ cm}$ im Durchschnitt größer als bei den weiblichen Tieren mit $0,80 \text{ cm}$. Im Gegensatz dazu weisen bei den Kreuzungen Fleischrind x Fleischrind mit $2,17 \text{ cm} \pm 0,256$ und Charolais mit $2,15 \text{ cm} \pm 0,185$ im Mittel die weiblichen Tiere größere Abweichungen auf. Bei den Charolais-Rindern sind die Abweichungen bei Färsen mit $2,47 \text{ cm} \pm 0,215$ im Durchschnitt deutlich höher als bei männlichen Tieren mit $2,00 \text{ cm} \pm 0,230$ und Kühen mit $1,88 \text{ cm} \pm 0,285$. Bei Deutsch Angus sind die Abweichungen bei Färsen mit $1,66 \text{ cm} \pm 0,179$ und Kühen mit $1,70 \text{ cm} \pm 0,234$ durchschnittlich ähnlich hoch. Fleckvieh als häufigste Schlachtviehrasse im bayerischen Raum liegt mit $1,54 \text{ cm} \pm 0,094$ Abweichung im Mittelfeld. Es liegt keine Altersabhängigkeit vor.

Nach statistischer Testung zwischen den Geschlechtern unter Verwendung des t – Tests mit Mann Whitney Rank Sum Test ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 10: Durchschnittlicher Schusspunkt-
abstand (MW in cm) mit Standardfehler (SEM),
Minimum und Maximum im Rassen- und Geschlechtervergleich, mit „-“, markierte Einträge
bedeuten, dass zu diesem Geschlecht keine Tiere untersucht wurden, (n = Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Schusspunkt- abstand in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Männlich	1,70	0,49	0,00	3,52	11
	Weiblich	0,92	0,40	0,00	3,03	11
	Gesamt	1,31	0,32	0,00	3,52	22
CHA	Männlich	2,00	0,23	0,00	4,33	42
	Weiblich	2,15	0,19	0,00	4,79	50
	Gesamt	2,08	0,15	0,00	4,79	92
DA	Männlich	1,90	0,16	0,00	4,53	67
	Weiblich	1,68	0,14	0,00	3,98	98
	Gesamt	1,77	0,11	0,00	4,53	165
DSB	Männlich	1,64	0,20	0,00	4,23	49
	Weiblich	0,97	0,31	0,00	3,42	18
	Gesamt	1,46	0,17	0,00	4,23	67
FL	Männlich	1,72	0,14	0,00	4,19	119
	Weiblich	1,38	0,13	0,00	4,64	139
	Gesamt	1,54	0,09	0,00	4,64	258
LIM	Männlich	1,83	0,27	0,00	3,82	25
	Weiblich	1,56	0,29	0,00	3,26	22
	Gesamt	1,70	0,20	0,00	3,82	47
RBT	Männlich	1,00	0,38	0,00	3,16	13
	Weiblich	0,70	0,24	0,00	3,16	26
	Gesamt	0,80	0,20	0,00	3,16	39
SBT	Männlich	1,15	0,15	0,00	4,54	83
	Weiblich	0,61	0,11	0,00	3,23	88
	Gesamt	0,87	0,10	0,00	4,54	171
XFF	Männlich	1,76	0,22	0,00	4,54	49
	Weiblich	2,17	0,26	0,00	3,07	11
	Gesamt	1,83	0,19	0,00	4,54	60
XFM	Männlich	1,70	0,49	0,00	4,19	13
	Weiblich	0,66	0,35	0,00	3,09	11
	Gesamt	1,22	0,33	0,00	4,19	24
XMM	Männlich	1,93	0,32	0,00	4,24	25
	Weiblich	-	-	-	-	-
	Gesamt	1,93	0,32	0,00	4,24	25

4.1.6. Hautdicke

Die Hautdicke liegt im Mittel bei $1,15 \text{ cm} \pm 0,017$, wobei je nach Rasse die Werte im Durchschnitt von $0,93 \text{ cm}$ - $1,70 \text{ cm}$ schwanken.

In Tabelle 11 ist der Unterschied der Hautdicke in Abhängigkeit vom Geschlecht deutlich erkennbar. Die Haut der männlichen Tiere ist je nach Rasse annähernd doppelt so dick wie die Haut der weiblichen Tiere.

Tab. 11: Durchschnittliche Hautdicke (MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Geschlechtervergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesem Geschlecht keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Hautdicke in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Männlich	1,69	0,10	1,16	2,24	11
	Weiblich	0,73	0,04	0,56	1,02	11
	Gesamt	1,21	0,12	0,56	2,24	22
CHA	Männlich	1,57	0,05	1,08	2,45	42
	Weiblich	0,84	0,03	0,51	1,50	50
	Gesamt	1,17	0,05	0,51	2,45	92
DA	Männlich	1,32	0,05	0,55	2,73	67
	Weiblich	0,67	0,02	0,16	1,24	98
	Gesamt	0,93	0,03	0,16	2,73	165
DSB	Männlich	1,59	0,07	0,71	2,64	49
	Weiblich	0,56	0,02	0,39	0,80	18
	Gesamt	1,31	0,08	0,39	2,64	67
FL	Männlich	1,71	0,04	0,96	3,23	119
	Weiblich	0,85	0,02	0,34	1,88	139
	Gesamt	1,25	0,03	0,34	3,23	258
LIM	Männlich	1,43	0,06	0,82	2,00	25
	Weiblich	0,77	0,04	0,42	1,28	22
	Gesamt	1,12	0,06	0,42	2,00	47
RBT	Männlich	1,74	0,19	0,76	2,87	13
	Weiblich	0,67	0,04	0,29	1,37	26
	Gesamt	1,02	0,11	0,29	2,87	39
SBT	Männlich	1,34	0,04	0,64	2,49	83
	Weiblich	0,58	0,01	0,32	0,87	88
	Gesamt	0,95	0,04	0,32	2,49	171
XFF	Männlich	1,71	0,06	0,93	2,60	49
	Weiblich	0,65	0,05	0,41	0,94	11
	Gesamt	1,52	0,07	0,41	2,60	60
XFM	Männlich	1,63	0,08	1,26	2,07	13
	Weiblich	0,58	0,03	0,46	0,79	11
	Gesamt	1,15	0,12	0,46	2,07	24
XMM	Männlich	1,70	0,09	0,74	2,45	25
	Weiblich	-	-	-	-	-
	Gesamt	1,70	0,09	0,74	2,45	25

4.1.7. Bezug zwischen Hautdicke und Abstand vom vorgegebenen zum anatomisch günstigeren Schusspunkt

Bei den Kreuzungstieren ist erkennbar, dass die Abweichung größer wird, je dicker die Haut ist. Tiere der Rasse Fleckvieh lassen eine überdurchschnittliche Abweichung von $1,54 \text{ cm} \pm 0,094$ im Mittel bei einer nur mittleren Hautdicke von $1,25 \text{ cm} \pm 0,034$ erkennen. Trotz geringster durchschnittlicher Hautdicke von $0,93 \text{ cm} \pm 0,034$ tritt bei Tieren der Rasse Deutsch Angus jedoch eine hohe Abweichung von $1,77 \text{ cm} \pm 0,105$ im Durchschnitt auf. Im Gegensatz dazu ist bei Rotbunten mit $0,80 \text{ cm} \pm 0,200$ und Schwarzbunten mit $0,87 \text{ cm} \pm 0,095$ bei annähernd gleicher Hautdicke, wie bei Deutsch Angus, die Abweichung der Schusspunkte deutlich kleiner als $1,00 \text{ cm}$.

4.1.8. Bolzenlänge

Die im Folgenden beschriebenen Zusammenhänge wurden im Laufe der Untersuchungen auffällig und wurden deshalb an dieser Stelle mit aufgenommen. Bei der Bolzenschussbetäubung soll der Bolzen den Hirnstamm erreichen, um eine korrekte andauernde Betäubung zu gewährleisten (Abb. 22). Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass die Standardbolzenlänge 8 cm beträgt. Erfahrungen aus der Praxis ergaben im Rahmen der Vorbereitung des Projekts, dass 12 cm lange Bolzen nur selten im Schlachthofbetrieb verwendet werden. Daher wurde der Maßstab zur Auswertung der Eindringtiefe auf den Fotos im vorliegenden Versuch auf 8 cm festgelegt. Dieser Bolzen erreicht bei 337 (34,7 %) ausgewerteten Tieren, von denen 306 (31,6 %) Bullen und 31 (3,2 %) weibliche Tiere waren, nicht den Hirnstamm (Abb. 23).

Bei gleichen technischen Voraussetzungen (Bolzenlänge, Munition) und idealen Schussbedingungen, was im Schlachtbetrieb nur sehr schwer umzusetzen ist, würde außerdem bei 193 (19,9 %) Rindern nur bei exaktem Ansatz nach der TVT - Vorgabe der 8 cm -Bolzen den Hirnstamm treffen. Hierfür ist eine optimale Energieübertragung des Schusses bei planem und festem Ansatz des Bolzenschussgerätes Grundvoraussetzung.

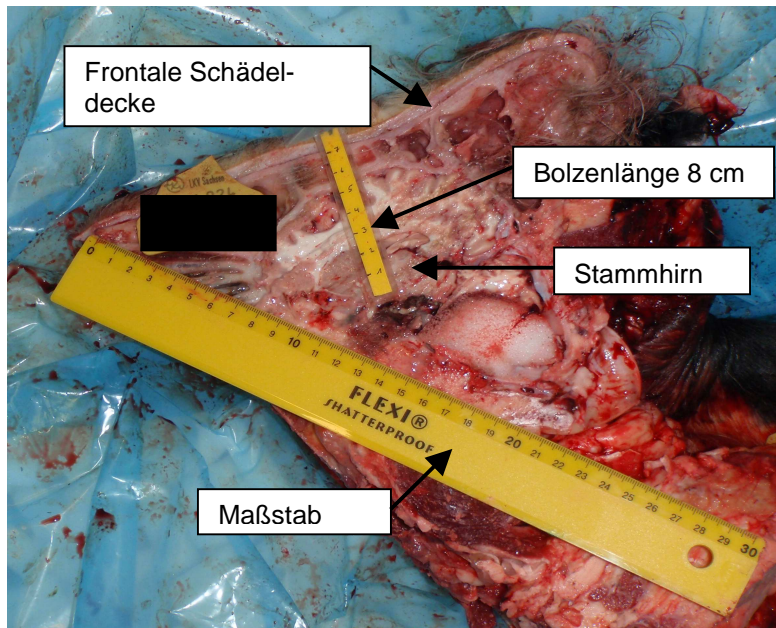


Abb. 22: Darstellung einer als ausreichend zu bewertenden Bolzenlänge (8 cm) anhand einer median gespaltenen rechten Rinderschädelhälfte

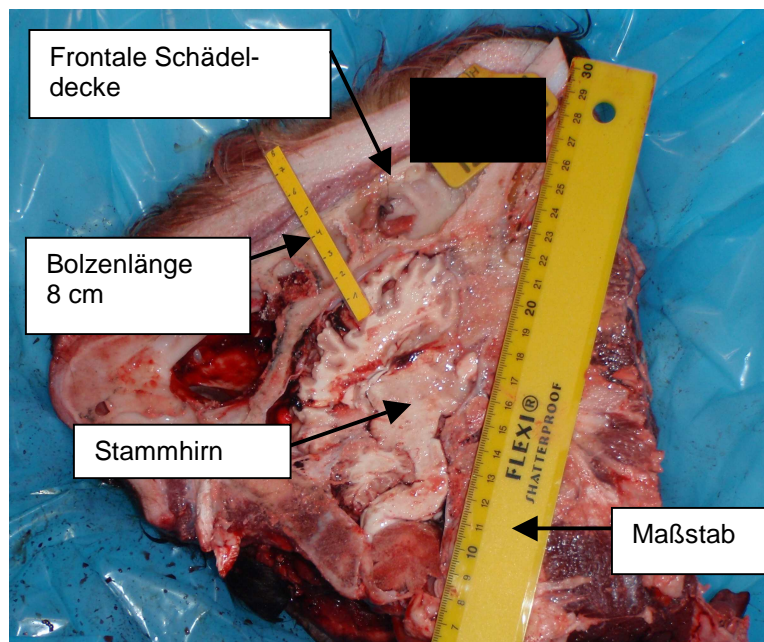


Abb. 23: Darstellung einer als "eindeutig" zu kurz zu bewertenden Bolzenlänge (8 cm) anhand einer median gespaltenen linken Rinderschädelhälfte

Bei genauerer Betrachtung der Tiere, bei denen der Bolzen im Rahmen der Auswertung der Fotos zu kurz ist, fällt auf, dass sie mit $710,84 \text{ kg} \pm 5,818$ ein höheres durchschnittliches Lebendgewicht haben, als die anderen beiden Gruppen. Die Tiere, für die der Bolzen passt, haben mit $621,57 \text{ kg} \pm 5,970$ im Mittel das niedrigste Lebendgewicht. Die Tiere, bei denen die 8 cm Bolzenlänge nur bedingt ausreichen, liegen auch beim Lebendgewicht mit durchschnittlich $671,99 \text{ kg} \pm 7,042$ zwischen den anderen beiden Gruppen.

Außerdem ist auffällig, dass sich auch der durchschnittliche Abstand zwischen dem empfohlenen und dem anatomisch günstigeren Schusspunkt bei diesen drei Gruppen unterschiedlich darstellt. Genau wie beim Lebendgewicht haben auch hier die Tiere, die nicht korrekt betäubt worden wären, mit $1,61 \text{ cm} \pm 0,084$ den höchsten Wert. Die Schusspunktabweichung der Tiere, bei denen die Bolzenlänge passt, ist auch hier mit $1,44 \text{ cm} \pm 0,066$ im Mittel am niedrigsten. Wie auch beim Lebendgewicht liegen die Tiere, bei denen die 8 cm Bolzenlänge nur bedingt ausreichen, mit $1,45 \text{ cm} \pm 0,102$ im Durchschnitt zwischen den beiden anderen Gruppen.

Bei den männlichen Rindern ist in 306 (61 %) von 496 Fällen der Bolzen zu kurz (Abb. 25), wohingegen dies bei den weiblichen Tieren in 31 (7 %) von 474 Fällen der Fall ist (Abb. 24).

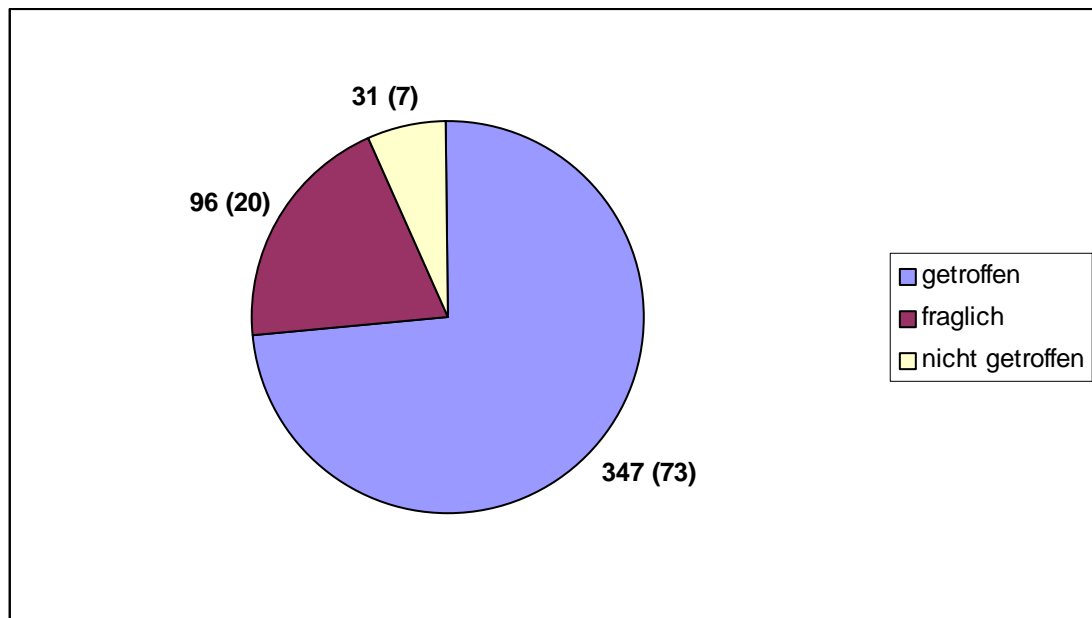


Abb. 24: Anzahl der weiblichen Tiere, bei denen der 8 cm-Bolzen den Hirnstamm erreicht (in Klammern %)

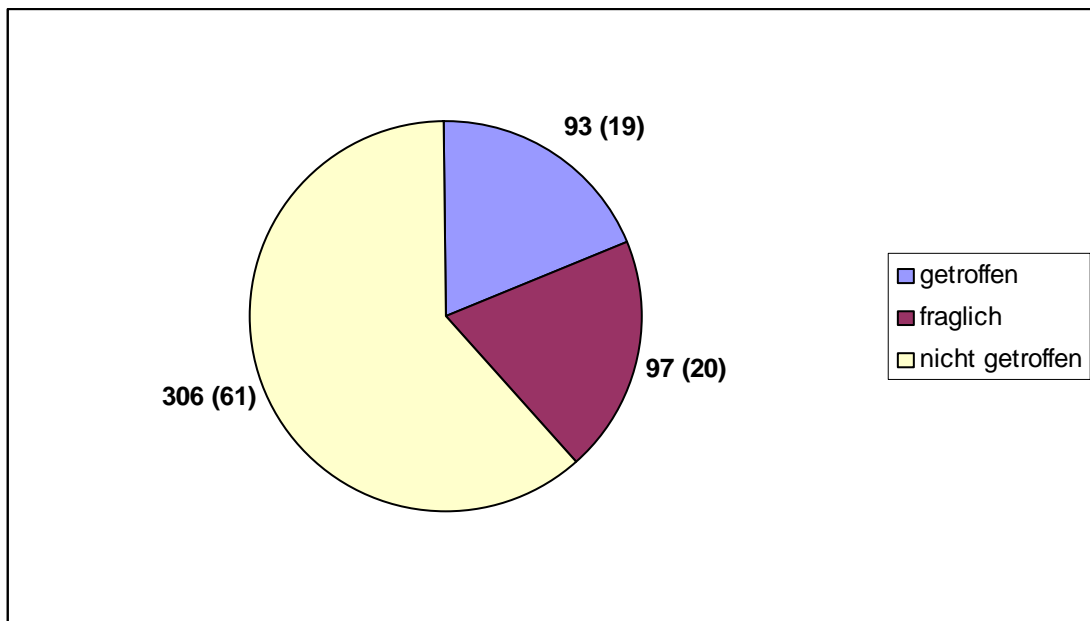


Abb. 25: Anzahl der männlichen Tiere, bei denen der 8 cm-Bolzen den Hirnstamm erreicht (in Klammern %)

4.2. Statistische Auswertung

Beim Abstand zwischen vorgegebenen und anatomisch günstigeren Schusspunkt handelt es sich um die Zielgröße dieser Untersuchung. An den Ergebnissen ist deutlich zu erkennen, dass bei 45,2 % der gesamten Tiere dieser Abstand gleich Null ist. So können die Tiere in zwei Gruppen unterteilt werden (Tab. 12): Rinder mit einem Unterschied in den beiden Schusspunkten (Schusspunktdifferenz > 0, positive Schusspunktdifferenz) sowie Rinder ohne einen solchen Unterschied (Schusspunktdifferenz = 0, keine Schusspunktdifferenz). Eine positive Schusspunktdifferenz bedeutet, dass eine Abweichung > 0,5 cm vom vorgegebenen zu einem anatomisch günstigeren Schusspunkt in dorsaler Richtung vorhanden war. Bei diesem Wert handelt es sich um eine Toleranz, die dazu dient, den Durchmesser des Bolzens nicht zu vernachlässigen. Keine Schusspunktdifferenz zeigt, dass das Tier am vorgegebenen Schusspunkt optimal betäubt worden wäre. Eine negative Schusspunktdifferenz, die in diesen Untersuchungen nicht aufgetreten ist, würde eine Abweichung vom vorgegebenen zum anatomisch günstigeren Schusspunkt in rostraler Richtung bedeuten.

Tab. 12: Verteilung der beiden Schusspunktgruppen in den Kategorien in Prozent

Schusspunktgruppe	Jungbulle	Bulle	Kuh	Färse
Schusspunktdiff. = 0	39,2 %	50,0 %	56,1 %	35,0 %
Schusspunktdiff. > 0	60,8 %	50,0 %	43,9 %	65,0 %

In Tabelle 12 ist klar erkennbar, dass die Kuh die einzige Kategorie ist, in der die Tiere mit einer Schusspunktdifferenz von Null einen Anteil von mehr als 50,0 % haben. In allen anderen Kategorien überwiegen die Tiere mit einer Schusspunktdifferenz größer Null. Durch einen Chi²-Test wurde festgestellt, dass es sich dabei nicht um einen Zufall handelt, sondern Kühe tendenziell häufiger keine Schusspunktdifferenz zeigen. Die Werte bei den Bullen erklären sich durch die relativ geringe Gruppengröße. Jungbullen mit 60,8 % und Färsen mit 65,0 % Tieren mit einer Schusspunktdifferenz größer Null haben die höchsten Werte.

Wie in Abbildung 26 zu erkennen, kann die Verteilung der beiden Schusspunktgruppen nicht nur für die einzelnen Kategorien, sondern auch für die einzelnen Rassen dargestellt werden. Die Abbildung 26 zeigt, dass es auch innerhalb der Rassen große Unterschiede in der Abweichung vom vorgegebenen Schusspunkt gibt. Die Rasse „GV“ ist vernachlässigbar, da die Gruppe mit dreizehn Tieren nur sehr gering besetzt ist. Nachfolgend wurde diese Rasse daher nicht mehr in die Auswertung einbezogen.



Abb. 26: Verteilung der Schusspunktgruppen in den Rassen und den Kategorien

Ein Einfluss der Rassen auf die Schusspunktdifferenz wurde mit Hilfe eines durchgeführten Chi²-Testes bestätigt. Nach weiteren Untersuchungen wurde deutlich, dass die Rassen „CHA“, „DA“, „RBT“ und „SBT“ am meisten von den Erwartungswerten abwichen. Die Rassen „CHA“ und „DA“ zeigen mehr Abweichungen vom vorgegebenen Schusspunkt als unter unabhängigen Bedingungen zu erwarten wäre, während es sich bei den Rassen „RBT“ und „SBT“ genau umgekehrt verhält. Diese Ergebnisse waren nur Hinweise auf mögliche Verbindungen und müssten noch genauer überprüft werden.

Die Abweichungen vom vorgegebenen Schusspunkt liegen durchschnittlich bei $2,72 \text{ cm} \pm 0,0013$. In den Abbildungen 28 und 29 wird dargestellt, wie die verschiedenen Schusspunktabweichungen in den unterschiedlichen Rassen und Kategorien verteilt sind. Deutliche Diskrepanzen sind dabei nicht feststellbar.

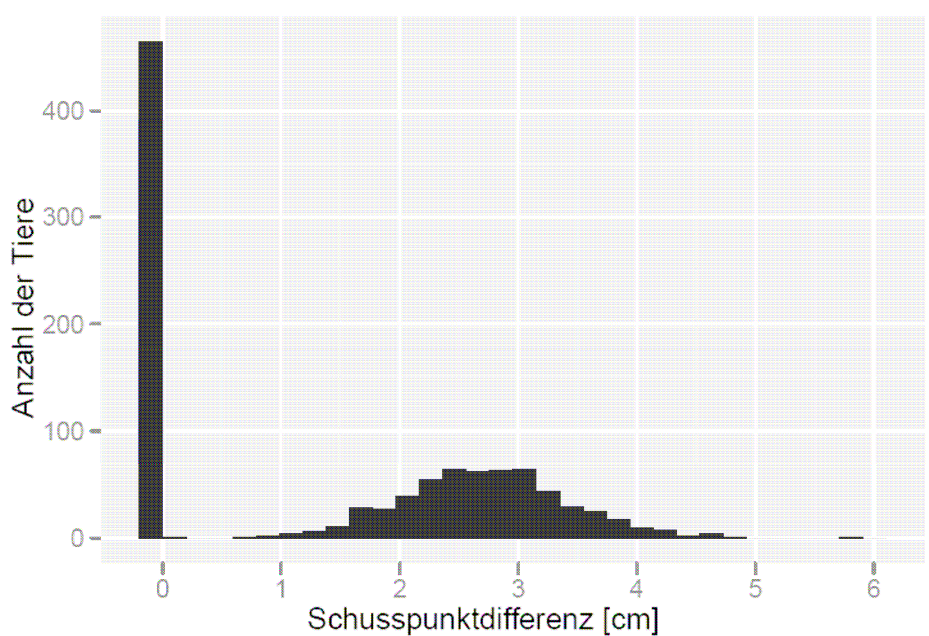


Abb. 27: Verteilung aller Tiere nach Schusspunktdifferenz (n = 970)

In Abbildung 27 ist deutlich zu erkennen, dass der hohe Anteil an Tieren ohne Schusspunktabweichung eine Normalverteilung verhindert. Dies ist allerdings nicht zu ändern, da in jeder Rasse Tiere ohne Schusspunktabweichung existieren. Diese Verteilung der Werte war nicht zu erwarten. Üblicherweise nimmt die Höhe der Balken bei einer solchen Verteilung von links nach rechts ab.

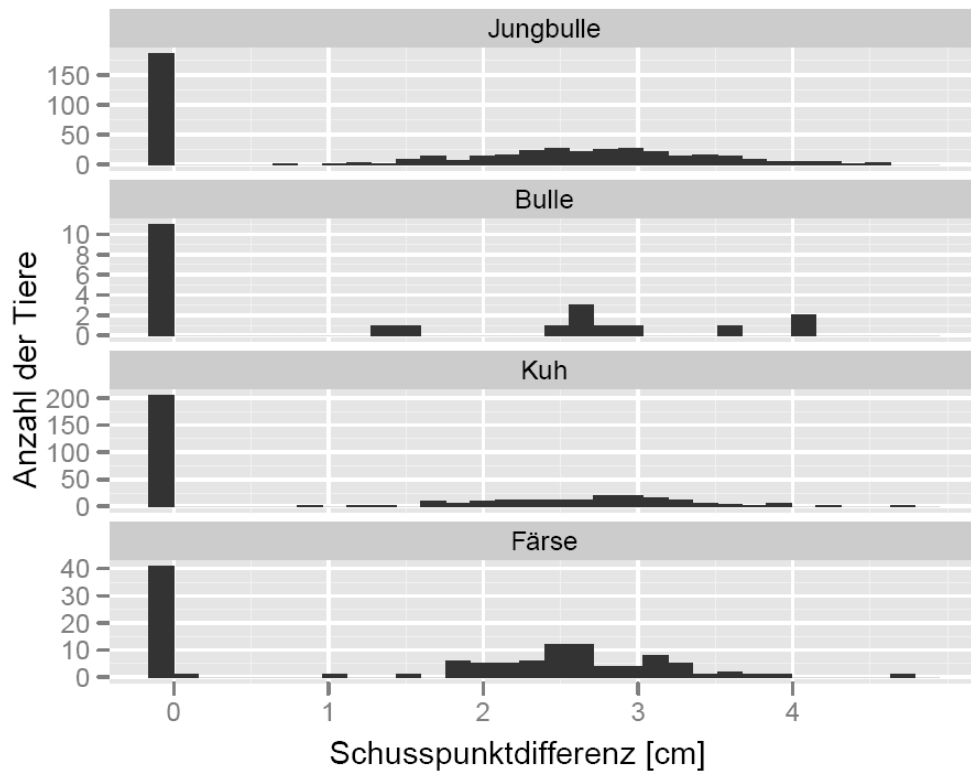


Abb. 28: Verteilung der Schusspunktdifferenz in den verschiedenen Kategorien

In den Abbildungen 28 und 29 ist zu erkennen, dass sich diese Art der Verteilung auch in den einzelnen Kategorien und Rassen wiederholt. Abgesehen von dem hohen Balken der Tiere ohne Schusspunktabweichung sind die Werte normal verteilt. Bei der Rasse „FL“ ist diese Normalverteilung am deutlichsten zu erkennen. Von insgesamt 258 Tieren haben 120 Tiere keine Schusspunktabweichung. Bei den verbleibenden 138 Tieren besteht eine Streuung von 1,04 cm-4,64 cm. Die meisten Tiere in dieser Rasse haben eine Schusspunktdifferenz um 3,00 cm.

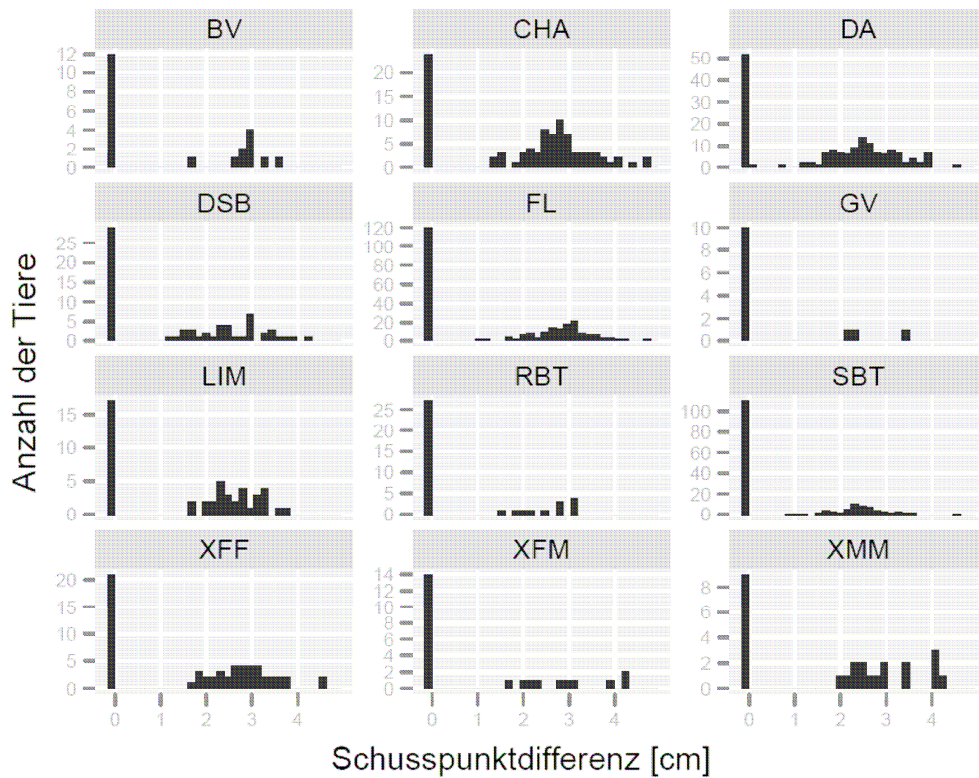


Abb. 29: Verteilung der Schusspunktdifferenzen in den Rassen

Es wurden verschiedene Streudiagramme angefertigt, die die Beziehungen der gemessenen Einflussgrößen zur Abweichung vom vorgegebenen Schusspunkt getrennt nach den vier Kategorien aufzeigen. Um eventuell vorhandene lineare Beziehungen festzustellen, wurde in jedes dieser Diagramme eine geschätzte Regressionsgerade mit zugehörigem 95 %-Konfidenzintervall der Prognosen eingefügt. Wenn es möglich ist, durch ein Konfidenzintervall eine horizontale Linie zu ziehen, bedeutet das, dass der lineare Zusammenhang rein zufällig sein könnte. Die Abbildung 30 zum Einfluss des Lebendgewichts auf die Schusspunktdifferenz in den Kategorien wird hier als Beispiel angeführt.

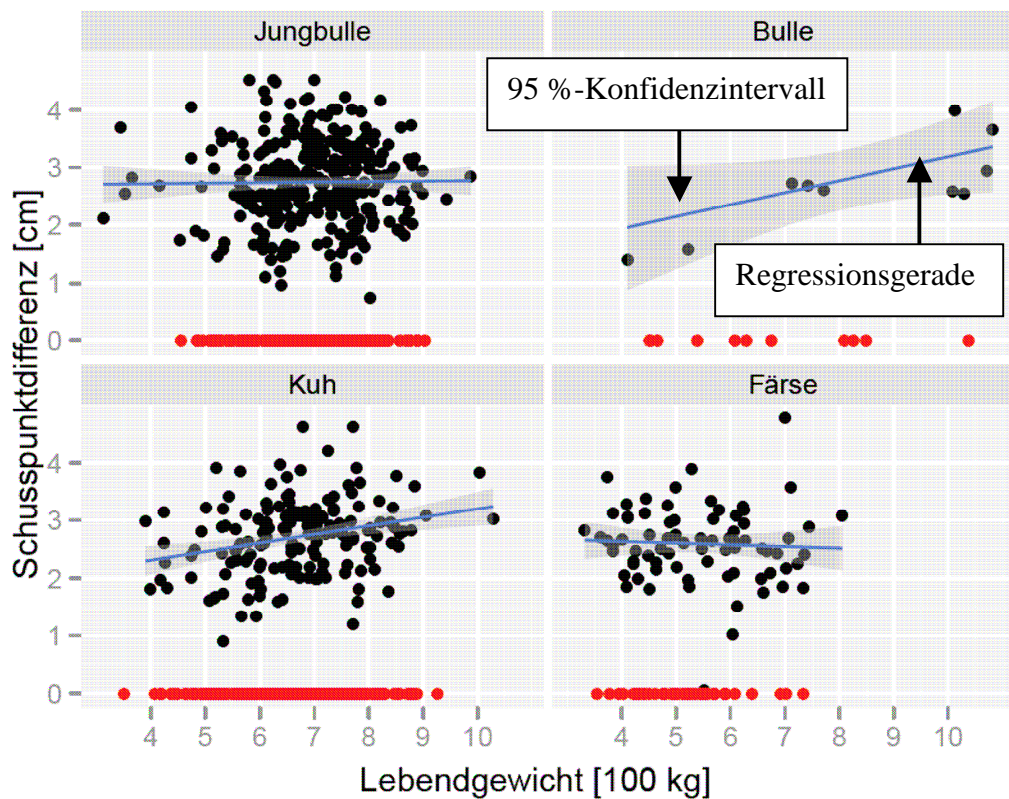


Abb. 30: Einfluss des Lebendgewichts auf die Schusspunktdifferenz in den verschiedenen Kategorien (Jungbülle: $r = 0,013$, $p = 0,830$; Bulle: $r = 0,563$, $p = 0,071$; Kuh: $r = 0,266$, $p < 0,001$; Färs: $r = -0,051$, $p = 0,662$)

Die Regressionsgerade für die Bullen zeichnet sich in allen Diagrammen durch eine starke Steigung aus. Zudem ist der Stichprobenumfang dieser Kategorie so gering ($n = 22$), dass die dazugehörigen Konfidenzintervalle sehr groß sind. Aus diesem Grund handelt es sich bei den Ergebnissen dieser Kategorie nicht um signifikante Zusammenhänge.

Von allen gemessenen Einflussgrößen hat die Hautdicke die größte Bedeutung, wie in Abbildung 31 zu erkennen ist. Die Regressionsgeraden steigen hier bei allen Kategorien mehr oder weniger stark an. Dies deutet darauf hin, dass mit steigender Hautdicke die Abweichung vom vorgegebenen Schusspunkt größer wird. Diese Frage wird später noch genauer untersucht.

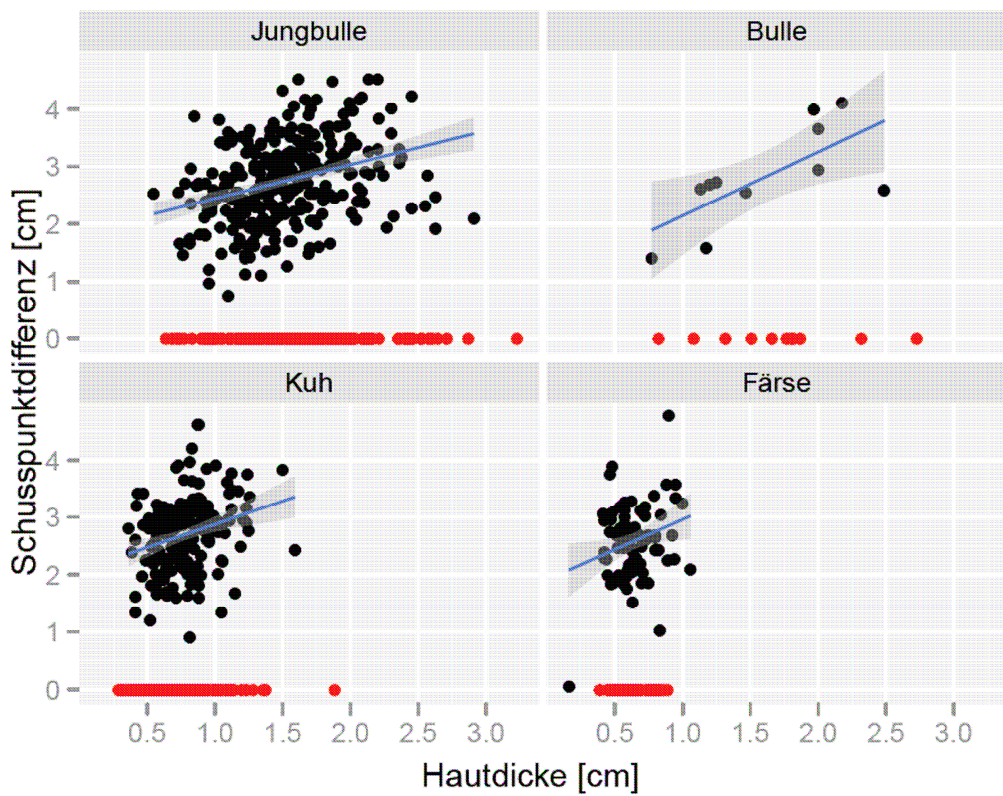


Abb. 31: Einfluss der Hautdicke auf die Schusspunktdifferenz in den Kategorien (Jungbülle: $r = 0,328$, $p = 0,000$; Bülle: $r = 0,697$, $p = 0,017$; Kuh: $r = 0,275$, $p < 0,001$; Färsē: $r = 0,259$, $p = 0,024$)

Identische Verhältnisse wurden auch für die unterschiedlichen Rassen dargestellt (Abb. 32). Es ist allerdings möglich, in jedes Konfidenzintervall eine horizontale Linie zu zeichnen, was darauf hindeutet, dass die so gezeigten Beziehungen nur sehr schwach sind. Sie haben keine signifikante Aussage, wie in Abbildung 32 zum Einfluss der Kopflänge auf die Abweichung vom vorgegebenen Schusspunkt in den verschiedenen Rassen beispielhaft zu erkennen ist.

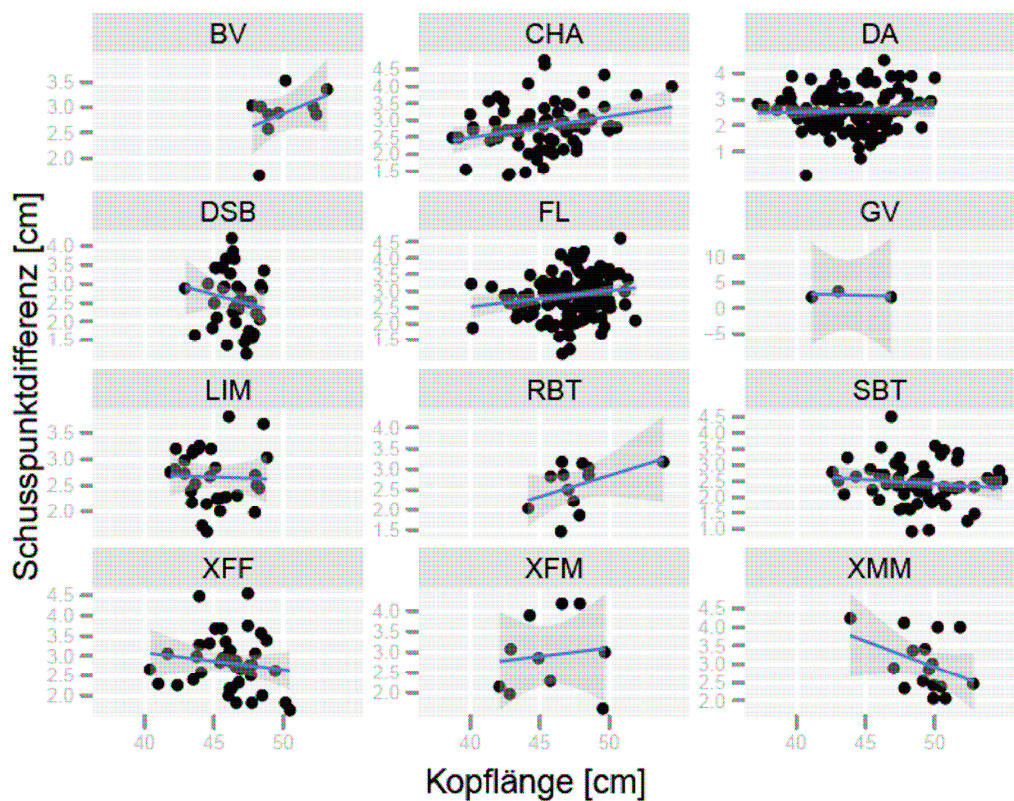


Abb. 32: Einfluss der Kopflänge auf die Schusspunktdifferenz in den Rassen (BV: $r = 0,435$, $p = 0,210$; CHA: $r = 0,272$, $p = 0,025$; DA: $r = 0,058$, $p = 0,540$; DSB: $r = -0,169$, $p = 0,310$; FL: $r = 0,172$, $p = 0,044$; GV: $r = -0,301$, $p = 0,805$; LIM: $r = -0,036$, $p = 0,850$; RBT: $r = 0,423$, $p = 0,170$; SBT: $r = -0,116$, $p = 0,374$; XFF: $r = -0,145$, $p = 0,379$; XFM: $r = 0,122$, $p = 0,738$; XMM: $r = -0,384$, $p = 0,143$)

Die Geraden in den bis jetzt gezeigten Abbildungen können nur den linearen Zusammenhang der beiden Größen x und y darstellen. Daher wurde versucht, mit anderen Modellen nicht-lineare Zusammenhänge aufzuzeigen. Anhaltspunkte für solche Wirkungen konnten allerdings nicht festgestellt werden.

4.2.1. Beziehungen zwischen der Schusspunktdifferenz und den verschiedenen Einflussgrößen

Nachfolgend sollen die im vorherigen Kapitel dargestellten Beziehungen zwischen der Schusspunktdifferenz und den verschiedenen Einflussgrößen genauer untersucht werden. Zuerst geht es um einen Einfluss auf die Existenz einer positiven Abweichung vom vorgegebenen Schusspunkt, danach geht es darum, wie die Stärke dieser Abweichung beeinflusst wird.

4.2.1.1. Einfluss der vorhandenen Größen auf eine positive Abweichung des Schusspunktes

Die Feststellung eines Einflusses der vorhandenen Größen auf eine positive Abweichung des Schusspunktes wird in diesem Kapitel behandelt. Bei den vorhandenen Größen handelt es sich zum einen um die metrischen Größen, zum anderen um Kategorie, Rasse und Lebendgewicht. Die im Folgenden als Schusspunktgruppe bezeichnete Zielgröße kann zwei Werte annehmen. Zum einen Eins (das Tier zeigt eine positive Schusspunktdifferenz), zum anderen Null (es ist keine Abweichung vorhanden). Um vorhandene Einflüsse aufzuzeigen, werden logistische Regressionsmodelle berechnet (Agresti, 2007).

Die Möglichkeit einer positiven Abweichung vom vorgegebenen Schusspunkt in Abhängigkeit von Kategorie, Rasse und Lebendgewicht wird mit dem endgültigen Berechnungsmodell gestaltet. Da die Kopflänge mit dem Lebendgewicht korreliert, verschwindet ein in den Einzelanalysen aufgetauchter Effekt der Kopflänge bei der simultanen Berechnung. Alle anderen metrischen Größen zeigen keinen nennenswerten Einfluss. Außerdem gibt es keinen Interaktionseffekt zwischen dem Lebendgewicht und der Rasse bzw. der Kategorie. Die Haupteffekte des Modells sind somit die Variablen Rasse, Kategorie und Lebendgewicht. Dies entspricht den Annahmen eines Proportional-Odds-Modells. Dabei werden die vermuteten Effekte einer Variablen unabhängig von den Ausprägungen der anderen kategorialen Variablen dargestellt. Das heißt, wenn bei einem Lebendgewicht von 600 kg bei Färsen und Bullen der Rasse „CHA“ ein signifikanter Effekt beobachtet wird, wird davon ausgegangen, dass dieser Effekt auch in allen anderen Kategorien bei gleichem Lebendgewicht auftaucht.

Auffällig sind zwei signifikante Abweichungen in den Kategorien. Das 95 %-Konfidenzintervall für das Chancenverhältnis von Jungbullen und Kühen zeigt, dass in 95 % aller

Stichproben ein um mindestens 30 % höheres Risiko für eine positive Schusspunktdifferenz bei Jungbullen gegenüber Kühen festgestellt werden kann. Für Färsen kann mit 95%iger Sicherheit gesagt werden, dass sie ein um mindesten 16 % höheres Risiko einer positiven Schusspunktdifferenz als Kühe haben. Laut der Proportional-Odds-Annahme gilt dieser Effekt in jeder Kategorie bei festem Lebendgewicht. Für die Kategorien wurden keine anderen signifikanten Effekte beobachtet.

Bei den Rassen können ebenfalls signifikante Unterschiede für die Möglichkeit einer positiven Schusspunktdifferenz festgestellt werden. Zur genaueren Darstellung werden in Abbildung 33 die 95 %-Konfidenzintervalle der entsprechenden Chancenverhältnisse dargestellt. Die Grafik mittig in der zweiten Reihe zeigt die 95 %-Konfidenzintervalle der Chancenverhältnisse für die Rasse „FL“ mit allen anderen Rinderrassen. Der Punkt in den Intervallen markiert die durch das logistische Regressionsmodell berechnete Punktschätzung des Chancenverhältnisses. Die vertikale Linie markiert die Eins. Befindet sich ein Intervall komplett rechts von dieser Linie, es hat also nur Werte über Eins, ist die Chance für eine positive Schusspunktdifferenz eines Rindes dieser Rasse signifikant höher, als für ein Rind der Rasse „FL“. In dieser Grafik trifft dies auf die Rassen „CHA“ und „DA“ zu. Diese Intervalle haben ihre unteren Grenzen zwischen 1,2 und 1,5. Damit kann mit 95%iger Sicherheit festgestellt werden, dass für Rinder der Rassen „CHA“ und „DA“ die Chance für eine positive Schusspunktdifferenz um mindestens 20 % höher ist als für Rinder der Rasse „FL“. Dieses Ergebnis ist ebenfalls in den Grafiken der Rassen „CHA“ und „DA“ zu finden. Das Konfidenzintervall für „FL“ befindet sich hier komplett unterhalb der vertikalen Linie. Rinder dieser Rasse haben somit ein signifikant niedrigeres Risiko für eine positive Schusspunktdifferenz als Rinder der Rassen „CHA“ und „DA“. Falls das Konfidenzintervall die vertikale Linie schneidet, kann bei einem Signifikanzniveau von 0,05 nicht von einer signifikanten Unterscheidung der Chancen in den entsprechenden Rassen ausgegangen werden.

Die Rassen „CHA“, „DA“, „RBT“ und „SBT“ sind besonders interessant, da hier die meisten signifikanten Ergebnisse auftreten. Im Vergleich zu den anderen Rassen besitzen die Rassen „CHA“ und „DA“ oft eine signifikant höhere Chance für positive Schusspunktdifferenz, da bei ihnen die Konfidenzintervalle von sieben bzw. fünf Rassen vollständig unter der Eins liegen. Umgekehrt verhält es sich bei Rindern der Rassen „RBT“ und „SBT“. Hier ist die Chance für eine positive Schusspunktdifferenz signifikant niedriger, da sich hier die Konfidenzintervalle von sechs Rassen komplett über der Eins befinden. Tiere der Rasse „XMM“ sind in-

sofern auffällig, dass sie weder ein höheres noch ein niedrigeres Risiko für eine positive Schusspunktdifferenz zeigen.

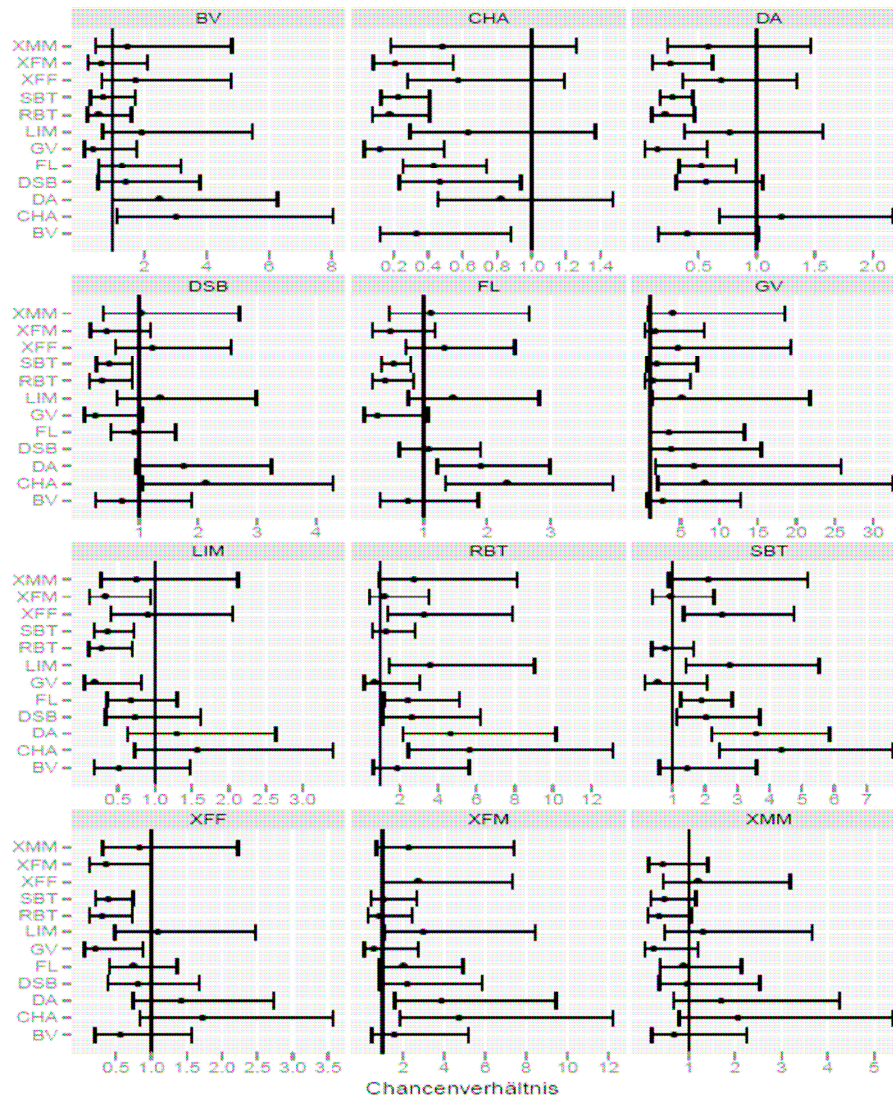


Abb. 33: Darstellung der 95 %-Konfidenzintervalle für die geschätzten Chancenverhältnisse in der Rasse. Die Grafiken beziehen sich immer auf die darüber angegebene Rasse (Erklärung siehe Text)

Neben den bereits erwähnten Einflüssen kann auch ein Einfluss des Lebendgewichtes beobachtet werden. Das Risiko für eine positive Schusspunktdifferenz erhöht sich um mindestens 1,4 % bei einer Gewichtszunahme um 100 kg eines Rindes einer beliebigen Kategorie und Rasse.

4.2.1.2. Tiere mit positiver Schusspunktdifferenz

Im Folgenden geht es ausschließlich um Tiere mit einer positiven Schusspunktdifferenz. Die Verteilung der Kategorien in den aussagekräftigen Rassen wird in Tabelle 13 gezeigt. Bei Bullen, Kühen und Färsen sind in einigen Zellen Nulleinträge zu erkennen. Daher ist es nicht möglich den Interaktionseffekt von Kategorie und Rasse in die Modellierung mit einzubinden, da adäquate Berechnungen unmöglich sind.

Tab. 13: Verteilung der Kategorien (Jungbulle, Bulle, Kuh, Färse) in den Rassen (nur Tiere mit Differenz). Es sind jeweils die Anzahl der Tiere und die entsprechenden Prozentwerte angegeben (in Klammern %).

	BV	CHA	DA	DSB	FL	LIM	RBT	SBT	XFF	XFM	XMM
Jungbulle	6 (60)	26 (38)	49 (43)	31 (81)	70 (51)	16 (54)	5 (42)	35 (57)	28 (72)	7 (70)	16 (100)
Bulle	0	3 (4)	2 (2)	0	1 (1)	1 (3)	0	3 (5)	1 (3)	0	0
Kuh	4 (40)	18 (27)	25 (22)	6 (16)	61 (44)	12 (40)	6 (50)	22 (36)	6 (15)	0	0
Färse	0	21 (31)	37 (33)	1 (3)	6 (4)	1 (3)	1 (8)	1 (2)	4 (10)	3 (30)	0

BV	Braunvieh	RBT	Rotbunte
CHA	Charolais	SBT	Schwarzbunte
DA	Deutsch Angus	XFF	Kreuzung Fleischrind x Fleischrind
DSB	Deutsches Schwarzbuntes Niederungs- rind	XFM	Kreuzung Fleischrind x Milchrind
FL	Fleckvieh	XMM	Kreuzung Milchrind x Milchrind
LIM	Limousin		

Zuerst wird kontrolliert, ob sich die Schusspunktdifferenzen in den einzelnen Rassen unterscheiden. Die Verteilungen der Schusspunktdifferenzen entsprechen größtenteils einer Normalverteilung. So kann für den Vergleich der Verteilungen das arithmetische Mittel als aussagekräftiges Maß verwendet werden. Die Mittelwerte und Standardfehler der Schusspunktdifferenzen sowie der Stichprobenumfang in den Rassen ist in Tabelle 14 aufgezeigt. Die geringste Schusspunktdifferenz im Mittel hat die Rasse „SBT“, anhand derer der aktuelle Schusspunkt bestimmt wurde. Ein Unterschied der Schusspunktdifferenzen in den Rassen

wird mit der Varianzanalyse untersucht, da die Annahme homogener Varianzen zwischen den Gruppen als eingehalten angesehen werden kann. Dabei erhalten wir einen Anhaltspunkt darauf, dass die Unterschiede in den Verteilungen nicht zufällig entstanden sind ($p < 0,001$). Des Weiteren zeigt sich, dass Tiere der Rasse „SBT“ im Mittel eine signifikant niedrigere Schusspunktdifferenz zeigen, als Tiere der Rassen „CHA“, „FL“, „XFF“, „XFM“ und „XMM“. In den Kategorien können keine signifikanten Unterschiede in der Schusspunktdifferenz festgestellt werden.

Tab. 14: Mittelwert (MW) und Standardfehler (SEM) der Schusspunktdifferenz sowie Stichprobenumfang innerhalb der Rassen, n = Anzahl der Tiere (nur Tiere mit Abweichung berücksichtigt) (in Klammern %)

	BV	CHA	DA	DSB	FL	LIM	RBT	SBT	XFF	XFM	XM M	Ge- samt
MW	2,88	2,82	2,58	2,57	2,87	2,66	2,59	2,44	2,82	2,93	3,02	2,74
SEM	0,05	0,01	0,01	0,02	0,004	0,02	0,05	0,01	0,02	0,09	0,05	0,03
n	10 (46)	68 (74)	113 (69)	38 (57)	138 (54)	30 (64)	12 (31)	61 (36)	39 (65)	10 (42)	16 (64)	535 (55)

Tab. 15: Durchschnittlicher Schusspunkt-
abstand (MW in cm) mit Standardfehler (SEM),
Minimum und Maximum im Rassen- und Kategorienvergleich, mit „-,“ markierte Einträge
bedeuten, dass zu diesen Kategorien keine Tiere untersucht wurden, (n = Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Schusspunkt- abstand in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Jungbulle	1,87	0,51	0,00	3,52	10
	Bulle	0,00	-	0,00	-	1
	Färse	0,00	-	0,00	-	1
	Kuh	1,01	0,43	0,00	3,03	10
	Gesamt	1,31	0,32	0,00	3,52	22
CHA	Jungbulle	1,99	0,24	0,00	4,33	38
	Bulle	2,07	0,85	0,00	4,01	4
	Färse	2,47	0,22	0,00	4,79	23
	Kuh	1,88	0,29	0,00	4,64	27
	Gesamt	2,08	0,15	0,00	4,79	92
DA	Jungbulle	2,08	0,16	0,00	4,53	59
	Bulle	0,55	0,39	0,00	2,96	8
	Färse	1,66	0,18	0,00	3,91	57
	Kuh	1,70	0,23	0,00	3,98	41
	Gesamt	1,77	0,11	0,00	4,53	165
DSB	Jungbulle	1,64	0,20	0,00	4,23	49
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	1,45	1,45	0,00	2,90	2
	Kuh	0,91	0,32	0,00	3,42	16
	Gesamt	1,46	0,17	0,00	4,23	67
FL	Jungbulle	1,72	0,14	0,00	4,19	117
	Bulle	2,07	2,07	0,00	4,13	2
	Färse	1,40	0,43	0,00	3,13	10
	Kuh	1,38	0,13	0,00	4,64	129
	Gesamt	1,54	0,09	0,00	4,64	258
LIM	Jungbulle	1,75	0,27	0,00	3,82	24
	Bulle	3,66	-	-	-	1
	Färse	2,76	-	-	-	1
	Kuh	1,50	0,30	0,00	3,26	21
	Gesamt	1,70	0,20	0,00	3,82	47
RBT	Jungbulle	1,00	0,38	0,00	3,16	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	0,41	0,41	0,00	2,05	5
	Kuh	0,76	0,28	0,00	3,16	21
	Gesamt	0,80	0,20	0,00	3,16	39
SBT	Jungbulle	1,13	0,15	0,00	4,54	78
	Bulle	1,55	0,64	0,00	2,61	5
	Färse	2,96	-	-	-	1
	Kuh	0,58	0,11	0,00	3,23	87
	Gesamt	0,87	0,10	0,00	4,54	171
XFF	Jungbulle	1,74	0,23	0,00	4,54	48
	Bulle	2,74	-	-	-	1
	Färse	2,57	0,19	2,27	3,07	4
	Kuh	1,94	0,37	0,00	2,98	7
	Gesamt	1,83	0,19	0,00	4,54	60
XFM	Jungbulle	1,70	0,50	0,00	4,19	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	0,66	0,35	0,00	3,09	11
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	1,22	0,33	0,00	4,19	24
XMM	Jungbulle	1,93	0,32	0,00	4,24	25
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	-	-	-	-	-
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	1,93	0,32	0,00	4,24	25

Neben der Hautdicke enthält das berechnete endgültige lineare Regressionsmodell als Einflussgröße auch die Kategorie. In Tabelle 16 sind die geschätzten Koeffizienten sowie Teststatistiken und Standardfehler des Modells aufgeführt. An der Koeffizientenschätzung ist erkennbar, dass sich die Schusspunktdifferenz mit ansteigender Hautdicke erhöht. Als Referenzkategorie wurde die Kategorie „Kuh“ genutzt. Sie fehlt deshalb in der Tabelle 16 und ihr Effekt wird zusammen mit der Konstanten geschätzt. Das negative Vorzeichen bei allen Kategorien zeigt an, dass Jungbullen und Bullen bei gleicher Hautdicke eine kleinere Schusspunktdifferenz haben, als Kühe. Ein vergleichbarer Effekt ist bei Färsen erkennbar, allerdings liegt der p-Wert über 0,05, weshalb der Zufall als Ursache nicht ausgeschlossen werden kann.

Tab. 16: Schätzungen der Kovarianzanalyse für den Zusammenhang zwischen Schusspunktdifferenz und Hautdicke sowie Kategorie unter Angabe von Standardfehler (SEM), Signifikanzniveau (p-Wert) und t-verteilter Testprüfgröße (t-Wert). Als Referenzkategorie wurde „Kuh“ gewählt (siehe auch Text).

	Schätzung	SEM	t-Wert	p-Wert
(Konstante)	2,194	0,086	25,510	< 0,001
Hautdicke	0,658	0,086	7,650	< 0,001
Jungbulle	-0,440	0,090	-4,890	< 0,001
Bulle	-0,435	0,218	-1,995	0,047
Färse	-0,035	0,094	-0,372	0,710

4.3. Resümee der Ergebnisse

4.3.1. Für alle Tiere

Insgesamt sind viele Tiere vorhanden, bei denen keine Abweichung vom vorgegebenen Schusspunkt notwendig ist. Von den ausgewerteten 970 Tieren wurden 45,2 % mit dem vorgegebenen Schusspunkt korrekt getroffen. Hier soll nun dargestellt werden, wie sich eine Verschiebung des Schusspunktes auf den Anteil der Tiere mit einer Schusspunktdifferenz von Null auswirkt. Diese Tiere würden bei einer Verschiebung um 1,25 cm nach dorsal (Wert gewählt als maximale Toleranzgrenze) immer noch getroffen werden. Außerdem würden auch mehr Tiere mit einer positiven Schusspunktdifferenz wahrscheinlich besser getroffen werden. In Abbildung 34 wird die Verschiebung des Schusspunktes schematisch und in Abbildung 35 auf einem Rinderschädel veranschaulicht.

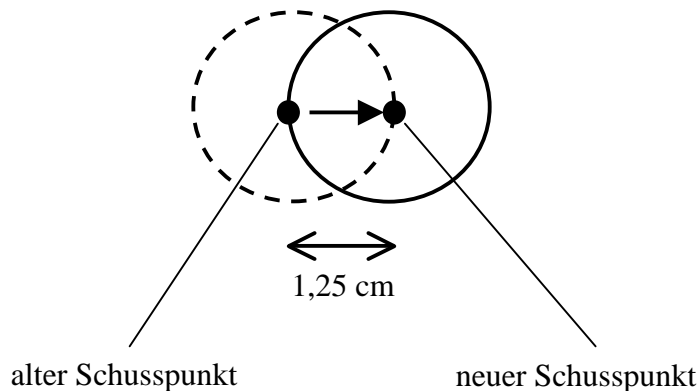


Abb. 34: Schematische Darstellung der Schusspunktverschiebung

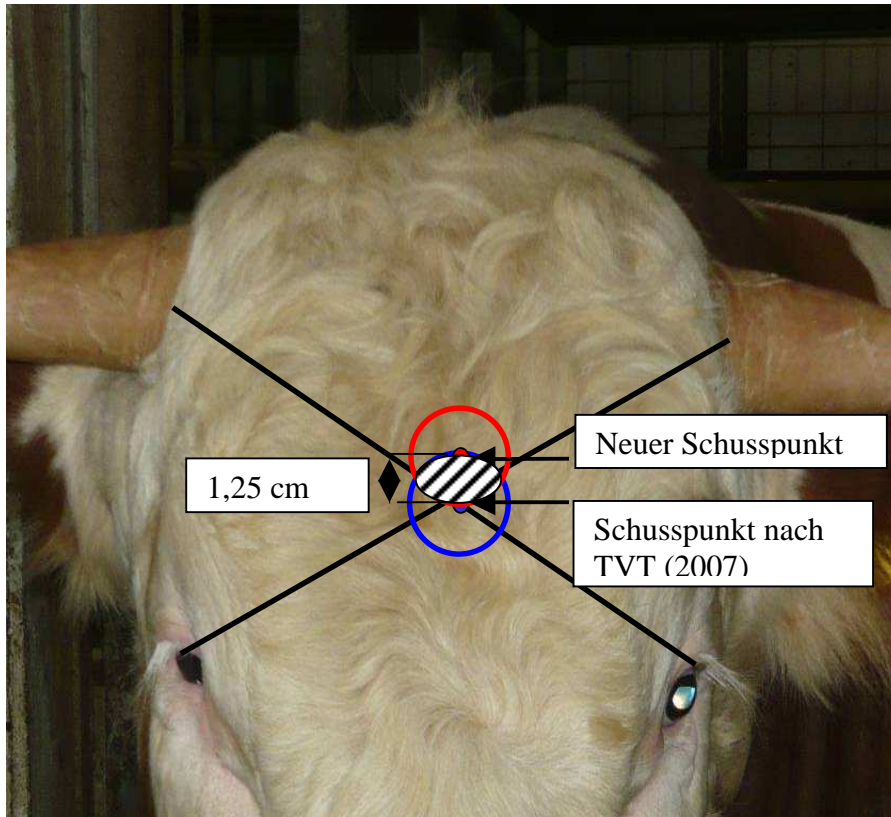


Abb. 35: Darstellung des vorgegebenen Schusspunktes der TVT (2007) und möglicher neuer, höher angesetzter Schusspunkt (rot und schraffierter Bereich)

Fraglich ist nun, welchen Einfluss diese Verschiebung des Schusspunktes genau auf den Anteil der korrekt getroffenen Tiere hat. Die folgenden Grafiken zeigen, wie viele Tiere besser getroffen werden würden, wenn der Schusspunkt um 1,25 cm verschoben werden würde (Abb. 36, 37 und 38).

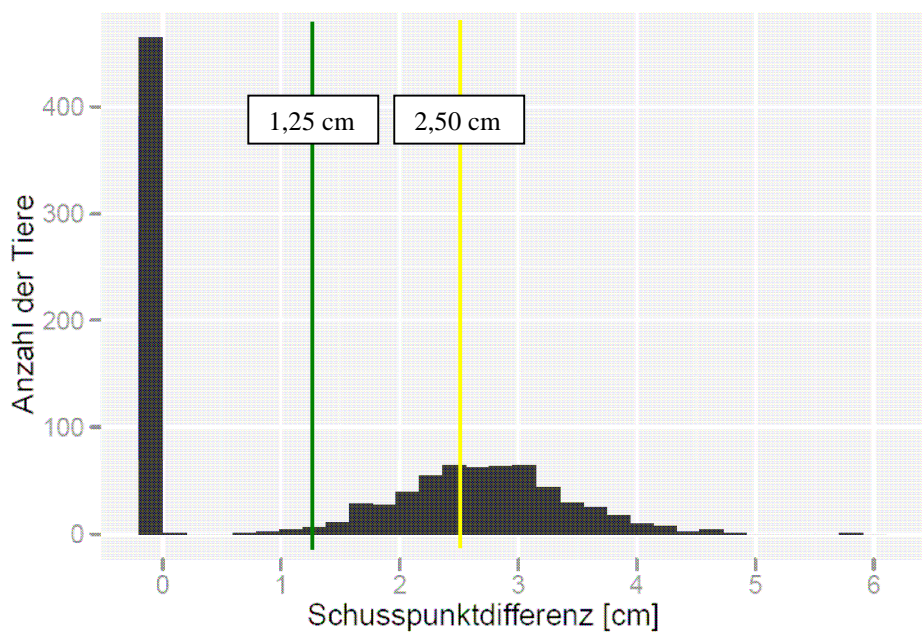


Abb. 36: Neue Verteilung der Schusspunktdifferenzen nach Verschiebung des Schusspunktes für alle Tiere

Es ist gut erkennbar, dass bei einer Verschiebung des Schusspunktes nach oben um 1,25 cm der prozentuale Anteil der Rinder, die in einem Radius von 1,25 cm um diesen Punkt liegen, zunimmt. Der Wert erhöht sich nach der Verschiebung des Schusspunktes für alle Tiere (Abb. 36) von 45,2 % auf 65,3 %.

4.3.2. Bildung von Gruppen

Aufgrund der erzielten Ergebnisse sollte eine weitere Differenzierung nach Gruppen erfolgen, da so der Prozentsatz der nach einer Verschiebung des Schusspunktes besser getroffenen Tiere im Einzelnen weiter angehoben werden kann (Abb. 37 und 38).

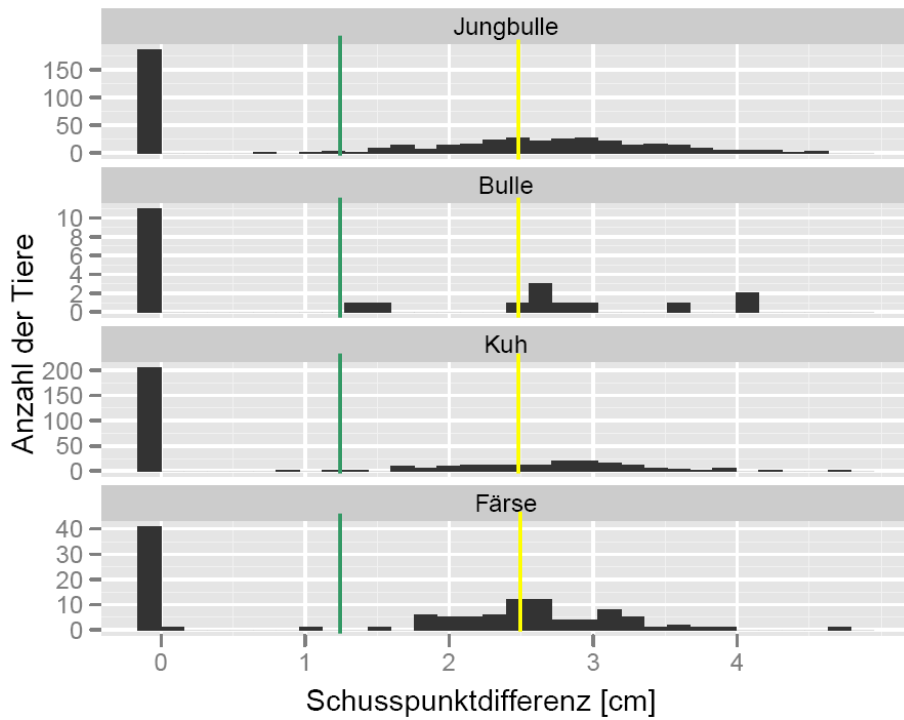


Abb. 37: Neue Verteilung der Schusspunktdifferenzen nach Verschiebung des Schusspunktes für alle Kategorien (grün = 1,25 cm, gelb = 2,50 cm)

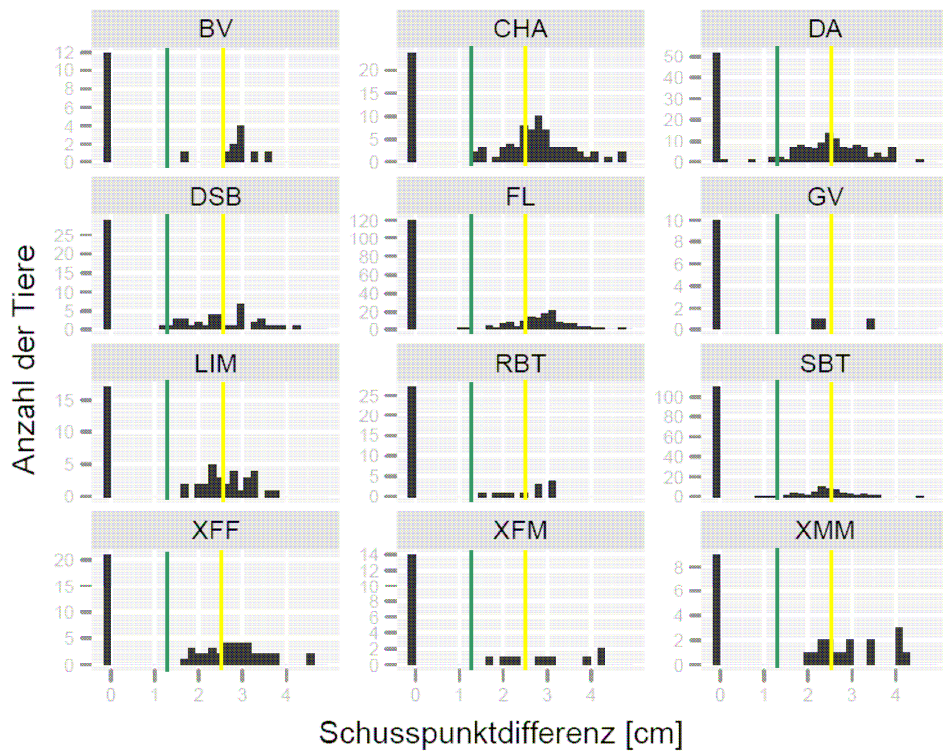


Abb. 38: Neue Verteilung der Schusspunktdifferenzen nach Verschiebung des Schusspunktes für alle Rassen (grün = 1,25 cm, gelb = 2,50 cm), der schwarze Balken links zeigt die Anzahl der Tiere mit einer Schusspunktdifferenz = 0

V. DISKUSSION

5.1. Lebendgewicht

Das Lebendgewicht ist die einzige metrische Einflussgröße, die eine signifikante Wirkung auf das Vorliegen einer positiven Schusspunktdifferenz hat. Je schwerer ein Rind ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit auf eine Abweichung vom vorgegebenen Schusspunkt. Ein Grund für diesen Effekt könnte sein, dass die Rinder unabhängig von der Rasse immer mehr auf Großrahmigkeit gezüchtet werden, da dies eine gute Futteraufnahme und -verwertung in Zusammenhang mit entsprechender Fleischfülle bedingt, wie auch Brem und Kräußlich (1998), Utz (1998) und Distl (2003) festgestellt haben. Dadurch verändern sich sowohl die Körper und Kopfform, als auch die Kopfgröße.

5.2. Hautdicke

In den vorliegenden Untersuchungen wurde ermittelt, dass die durchschnittliche Hautdicke in folgender Reihenfolge entlang der Kategorien zunimmt: Färse, Kuh, Jungbulle, Bulle. Dies deckt sich mit den Untersuchungsergebnissen von Nickel et al. (2005), dass jüngere Tiere eine dünnere Haut haben als ältere und weibliche eine dünnere Haut als männliche. Es wurde festgestellt, dass sich die Schusspunktdifferenz mit steigender Hautdicke erhöht. Dabei haben Kühe bei gleicher Hautdicke signifikant höhere Schusspunktdifferenzen als Jungbullen ($p < 0,001$) und Bullen ($p = 0,047$). Dieser Aspekt lässt sich dadurch erklären, dass männliche Tiere, die die gleiche Hautdicke wie weibliche haben, in der Regel jünger sind als die Kühe. Der Knochenbau, auch am Kopf, ist bei diesen Tieren laut Rüsse und Sinowatz (1991) noch nicht abgeschlossen.

Generell hat sich herausgestellt, dass die männlichen Tiere die dickere Haut und somit die größere Wahrscheinlichkeit auf eine Abweichung des Schusspunktes haben. Dazu kommt noch ein dickeres Haarpolster vor allem im Stirnbereich. Da Bullen zusätzlich noch über dickere Knochenplatten im Stirnbereich verfügen, wirken so gleich drei verschiedene Aspekte auf die Wirksamkeit der Bolzenschussbetäubung ein. Laut Schütt-Abraham (2002) können neben einer Schusspunktabweichung ein dichtes Haarpolster, eine dicke Haut und eine stabile Knochenplatte dazu führen, dass der Bolzen eine zu geringe Eindringtiefe hat und das Stammhirn nicht erreicht und somit eine lang anhaltende und tiefe Betäubung nicht gewähr-

leistet werden kann. Die in dieser Untersuchung gemessenen Werte lagen im Durchschnitt bei $1,15 \text{ cm} \pm 0,017$, wobei einzelne Rassen, wie die Rasse „XMM“ mit $1,70 \text{ cm} \pm 0,088$ im Mittel noch deutlich höher liegen können. Dies zeigt, dass ein Achtel bis annähernd ein Viertel der Bolzenlänge von 8 cm auf dem Weg zum Stammhirn schon beim bloßen Durchdringen der Haut verloren geht. Dabei sind das Haarpolster und die Schädelplatte noch nicht eingerechnet. Zum anderen können diese Faktoren dazu führen, dass die Auftreffenergie des Bolzens stark abgebremst wird und eine Betäubung dadurch erschwert wird.

5.3. Rasse

Während dieser Untersuchung wurde festgestellt, dass die positiven Schusspunktdifferenzen sich bei den verschiedenen Rassen signifikant voneinander unterscheiden. Die Rassen „SBT“ und „RBT“ hatten im Vergleich mit anderen Rassen ein signifikant geringeres Risiko für eine positive Schusspunktabweichung, die Rassen „CHA“ und „DA“ die höchsten Risiken für eine positive Schusspunktabweichung.

Nach Sambraus (1996) sind Tiere der Rassen „SBT“ und „RBT“ milchbetonte Zweinutzungsrassen, die sich durch sehr hohe Milchleistungen auszeichnen. Sie sind mittel- bis großrahmig und flach bemuskelt. Die Köpfe dieser Tiere sind relativ lang und verhältnismäßig schmal. Tiere mit einer solchen Kopfform haben die größten Chancen für eine korrekte Betäubung. Je mehr die Kopfform von diesem Ideal abweicht, desto schlechter sind die Chancen auf eine wirksame Betäubung, wie später anhand der Rassen „CHA“ und „DA“ noch gezeigt wird. Die Kopflänge zeigt in der statistischen Einzelanalyse dieser Untersuchung zwar einen Effekt, dieser korreliert allerdings mit dem Lebendgewicht und verschwindet deshalb bei einer simultanen Berechnung. Daher können in dieser Untersuchung zu diesem Messwert nur deskriptive Aussagen gemacht werden.

Da in der heutigen Landwirtschaft die Entwicklung von speziellen Rassen zu Kreuzungstieren, die mehrfach nutzbar sind, geht, verändert sich auch die Kopfform der Tiere. So lässt sich die Verschiebung des Schusspunktes zum Teil erklären.

Im Vergleich dazu sind Tiere der Rassen „CHA“ und „DA“, nach Sambraus (1996), reine Fleischrinder mit einem tiefen, breiten, z. T. walzenförmigen Körperbau. Sie weisen eine gute Bemuskelung vor allem an Keule, Lende und Schulter auf. Die Köpfe dieser Tiere sind kurz,

bei der Rasse „CHA“ breit und bei der Rasse „DA“ schmal. Diese Rassen unterscheiden sich in Optik und Nutzungsrichtung eindeutig. Es kann also davon ausgegangen werden, dass Tiere, die eher den Rassen „SBT“ und „RBT“ entsprechen mit höherer Wahrscheinlichkeit korrekt getroffen werden, als Tiere die den Rassen „CHA“ und „DA“ gleichen.

5.4. Kategorie

Beim Vergleich der Kategorien war auffallend, dass Kühe im Vergleich zu Färsen und Jungbullen ein signifikant niedrigeres Risiko für eine positive Schusspunktdifferenz haben. Eine mögliche Ursache dafür kann die postnatale Entwicklung des Schädelskeletts sein. Jungbullen dürfen laut Kategorisierung des Fleischprüfings Bayern maximal 24 Monate alt sein, während Färsen in der Regel nicht älter als 35 Monate sind, wie die Erfahrung zeigt. In diesem Alter ist es möglich, dass das Wachstum und die Formentwicklung des Schädels noch nicht endgültig abgeschlossen sind und sich deshalb die Lage des Gehirns im Schädel noch geringfügig verändert. Wie bei Rüsse und Sinowatz (1991) erklärt, sind beim Rind neben der Ausbildung des Gebisses und der Nasennebenhöhlen vor allem die Ausdehnung der Stirnhöhlen und die Ausformung des Hornansatzes bedeutend für ausgeprägte postnatale Veränderungen der Schädelform.

5.5. Bolzenlänge

Bei einer zusätzlichen Auswertung der angefertigten Fotos wurde deutlich, dass bei 34,7 % der Tiere der Bolzen mit 8 cm Länge zu kurz ist. Für weitere 19,9 % der Tiere ist eine optimale Betäubung mit einem 8 cm langen Bolzen fraglich. Dies liegt darin begründet, dass die tatsächliche Eindringtiefe des Bolzens von verschiedenen Faktoren abhängig ist, was bereits Paulsen et al. (2001) festgestellt haben. Nur bei 45,4 % der Rinder würde das Stammhirn mit einem Bolzen von 8 cm getroffen. Dabei ist festzuhalten ist, dass eine Eindringtiefe von 8 cm nur im Idealfall erreicht wird. Erfahrungsgemäß ist die Eindringtiefe des Bolzens in der Praxis häufig geringer. Die Tiere, bei denen der Bolzen zu kurz war, waren hauptsächlich männlichen Geschlechts (90,8 %) und im Durchschnitt deutlich schwerer als die Tiere, bei denen die Bolzenlänge ausreichte. Sie hatten außerdem durchschnittlich eine höhere Schusspunktdifferenz. Die Länge des Bolzens ist allerdings nur eine von mehreren Einflussgrößen bei der optimalen Betäubung.

Es gibt bereits Bolzenschussapparate die eine Bolzeneindringtiefe von 12 cm haben. Diese werden hauptsächlich für die Betäubung von Bullen benutzt. Informationen über die Verbreitung dieser Bolzenschussapparate waren leider nicht zu erhalten.

5.6. Verbesserung des Schusspunktes

Bei der Auswertung der Ergebnisse fiel auf, dass nur 45,2 % der untersuchten Tiere am vorgegebenen Schusspunkt optimal betäubt worden wären. Demnach wäre eine korrekte Betäubung bei über 50,0 % der Tiere fraglich gewesen. Die Abweichungen von der Vorgabe haben bis zu 5,91 cm (Bulle Schottisches Hochlandrind) im Maximum bei einem Durchschnitt aller Tiere von 2,72 cm betragen.

Während der Auswertung kristallisierte sich die Tatsache heraus, dass der Schusspunkt im Vergleich mit der Vorgabe der TVT (2007) um 1,25 cm nach dorsal verlegt werden könnte, wie in Abbildung 35 zu sehen ist. Damit würde sich die Quote der korrekt betäubten Tiere von 45,2 % auf 65,3 % erhöhen. Die Wahrscheinlichkeit mit dem Bolzen wichtige Hirnstammbereiche zu treffen steigt so deutlich an. Sowohl für die Tiere, die bereits mit dem momentan vorgegebenen Ansatzpunkt korrekt betäubt worden wären als auch Tiere, bei denen derzeit der Hirnstamm bei der Betäubung mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht getroffen worden wäre, haben mit dem hier vorgeschlagenen Ansatzpunkt eine höhere Chance auf eine korrekte Betäubung. Allerdings handelt es sich hierbei nur um eine Kompromisslösung, die dauerhaft nicht zufriedenstellend sein kann, da 65,3 % korrekt getroffene Tiere immer noch nicht optimal sind.

Es ist auffallend, dass sich der Schusspunkt im Laufe der Zeit immer weiter nach dorsal verlagert hat. Der Vorschlag von MIDAS (1978) „am Schnittpunkt zweier imaginären Linien vom linken bzw. rechten Hornansatz zum inneren Augenwinkel des rechten bzw. linken Auges“ liegt am weitesten rostral, Kaegi (1988) schlägt den „Schnittpunkt der Linien, die von der Mitte der Hornbasis bis zum äußeren Augenwinkel ziehen“ vor, der weiter dorsal liegt, und die Vorgabe der TVT (2007), der Kreuzungspunkt zweier gedachter Diagonalen zwischen der Augenmitte und der Mitte des gegenüberliegenden Hornansatzes, liegt noch darüber. Der in dieser Untersuchung herausgearbeitete Vorschlag für einen neuen Schusspunkt am Kreuzungspunkt zweier Diagonalen vom dorsalen Rand der Hornbasis zur Mitte des gegen-

überliegenden Auges setzt diesen Trend fort. Dies ist wahrscheinlich ein weiterer Effekt der Rinderzucht in Richtung großrahmiger Vielnutzungstiere.

5.7. Schlussfolgerungen

Zwei Aspekte dieser Untersuchung stehen im Mittelpunkt der Diskussion. Zum Einen sollte untersucht werden, ob der vorgegebene Ansatzpunkt für den Bolzenschussapparat zumindest teilweise verändert werden muss. Zum Anderen konnte gezeigt werden, dass der herkömmliche 8 cm lange Bolzen vor allem für die Betäubung männlicher Tiere häufig zu kurz ist.

Das entscheidende Ergebnis dieser Studie ist, dass die ermittelten optimalen Ansatzpunkte für den Bolzenschussapparat keiner Normalverteilung unterliegen. Mehr oder weniger unabhängig von den untersuchten Parametern wie Rasse, Alter, Geschlecht usw. gab es einen gewissen Prozentsatz an Tieren (insgesamt 45,2 %), die unter den gewöhnten Vorgaben optimal getroffen worden wären. Umgekehrt war aber auch fast immer ein hoher Prozentsatz an Tieren, bei denen eine Verlagerung des Ansatzpunktes von 1,25 cm erfolgen müsste. Diese ungewöhnliche Verteilung der Schusspunktdifferenzen macht eine generelle Aussage nahezu unmöglich.

Für die Verlegung des Ansatzpunktes für den Bolzenschussapparat gibt es nun verschiedene Möglichkeiten. Die einfachste Möglichkeit wäre die generelle Verlegung der Ansatzstelle um 1,25 cm nach dorsal (oben), wie in dieser Studie vorgeschlagen. Die damit erreichte Treffsicherheit von 65,3 % kann aber nicht zufriedenstellen. Es sollte auch darüber nachgedacht werden, spezielle Vorgaben für bestimmte Rassen, Gewichtsklassen oder Kategorien festzulegen, um den spezifischen Unterschieden gerecht zu werden. Bei den Rassen verdienen vor allem Charolais- und Deutsch Angus-Rinder besondere Beachtung, da hier die Wahrscheinlichkeit einer Schusspunktabweichung am höchsten ist. Es wäre also möglich für diese beiden Rassen eine eigene Vorgabe festzulegen, die allerdings in einer umfangreicheren Untersuchung bestimmt werden müsste. Außerdem sollte noch umfangreicher untersucht werden, ob eine weitergehende Verschiebung des Ansatzpunktes nach dorsal speziell bei männlichen Tieren (bestimmter Rassen) sinnvoll ist.

Die Feststellung, dass der normale, 8 cm lange Bolzen bei der Betäubung teilweise nicht ausreicht, um das Stammhirn zu treffen, ist ebenfalls zu berücksichtigen. Dies tritt hauptsächlich

bei männlichen Tieren auf. Es sollte also auch hier durch weitere Untersuchungen überprüft werden, ob es sinnvoll ist, für die Bolzenschussbetäubung männlicher Tiere ausschließlich Bolzenschussapparate mit einem 12 cm langen Bolzen zu verwenden. Die in dieser Studie erhobenen Daten weisen zumindest darauf hin.

Der Bolzenschuss stellt grundsätzlich eine gute Form der Betäubung dar, die durch eine Veränderung des Ansatzpunktes noch verbessert werden kann und muss. Allerdings spielt der Faktor Mensch ebenfalls eine große Rolle. Auch wenn der Ansatzpunkt noch so gut vorgegeben wird, kann die Betäubung fehlschlagen, falls der Betäuber Fehler macht.

Eine Alternative zur Bolzenschussbetäubung ist die Elektrobetäubung. Diese Betäubungstechnik bietet einige Vorteile. Sie stellt eine sichere Betäubung dar, wenn die Tiere gut fixiert sind. Die Rolle des Faktors Mensch ist bei dieser Technik im Vergleich mit der Bolzenschussbetäubung vernachlässigbar. Außerdem ist hier eine Abschwemmung von ZNS-Emboli im Sinne des Verbraucherschutzes nicht zu befürchten. Die Fleischqualität wird durch eine Elektrobetäubung ebenfalls nicht negativ beeinflusst (Aichinger, 2003). Allerdings ist auch die Elektrobetäubung nicht ohne Probleme. Für eine tierschutzgerechte Betäubung ist es notwendig, dass der Entblutungsstich so schnell wie möglich nach der Betäubung stattfindet, damit ein Wiedererwachen ausgeschlossen werden kann. Außerdem ist für die Überwachung viel Erfahrung erforderlich, da es bei der Deutung der Reaktionen nach der Betäubung deutliche Unterschiede zur Bolzenschussbetäubung gibt (Bucher und Forster, 2003). Des Weiteren werden auch Unterschiede bei der Betäubung bei Stressbelastungen diskutiert. Zu guter Letzt sind die Investitionskosten für eine Anlage zur Elektrobetäubung ausgesprochen hoch. Dennoch stellt die Elektrobetäubung beim Rind sicherlich eine mögliche Alternative zur Bolzenschussbetäubung dar.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der Schlachtung von Tieren soll der Tierschutz bei der Betäubung und nachfolgenden Tötung von Rindern gewahrt werden. Es hat sich unter den in der Praxis üblichen Bedingungen gezeigt, dass es anatomische Besonderheiten geben kann, die dazu führen, dass Rinder bei der Schlachtung nicht oder nicht ausreichend betäubt werden.

Das Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob der vorgegebene Ansatzpunkt bei der Betäubung von Rindern mit dem Bolzenschussapparat korrekt ist, sowie auch bei seltenen Rinderrassen und den unterschiedlichen Gewichtsklassen so trifft, dass der Bolzen mit Sicherheit das Stammhirn erreicht. Es galt zudem zu erheben, bei welchen metrischen Einflussgrößen es zu einer Abweichung der korrekten Treffpunktlage kommen kann und ob für die Zukunft eine andere Schussposition für Rinder gewählt werden muss.

Dafür wurden in einem Schlachtbetrieb insgesamt 1027 Rinderköpfe aus 26 Rassen an ihren äußeren und inneren Oberflächen untersucht und vermessen. In die statistische Auswertung konnten insgesamt 970 Schädel aus elf Rassen eingehen.

In dieser Studie wurden 389 der ausgewählten Tiere zuerst lebend gewogen und von allen ausgesuchten Rindern das Schlachtgewicht aufgenommen. Im direkten Anschluss an die Schlachtung wurden Länge, Breite und andere metrische Werte anhand von definierten Messpunkten (insgesamt sieben) am Rinderkopf vermessen. Am anschließend median gespaltenen Schädel wurde der vorher von außen markierte empfohlene Schusspunkt nach TVT (2007) mit einem, falls vorhandenen, anatomisch günstiger gelegenen Schusspunkt gegenübergestellt. Ein vorhandener Abstand dieser beiden Punkte zueinander wurde dokumentiert. Außerdem wurde die Hautdicke am Schusspunkt gemessen.

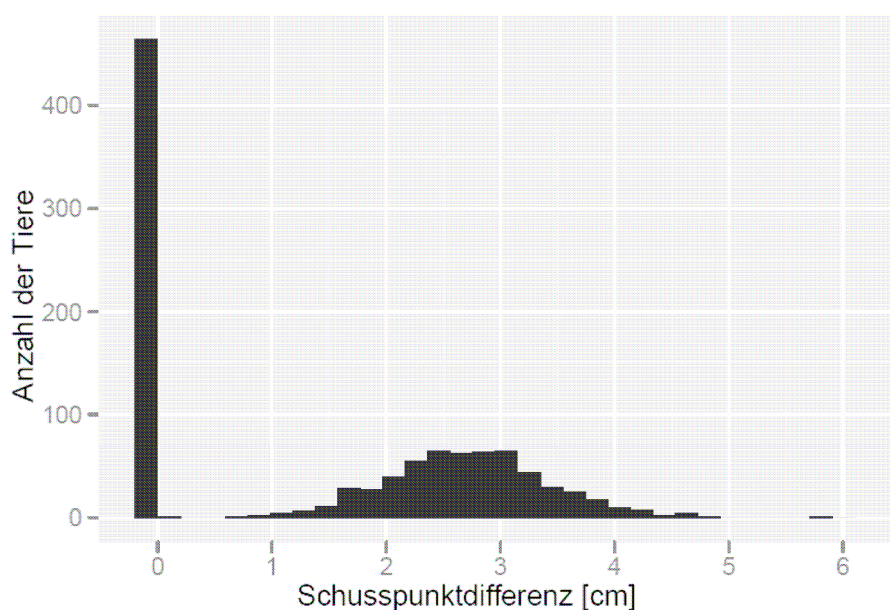


Abb. 39: Verteilung aller Tiere nach Schusspunktdifferenz (n = 970)

Bei 54,8 % der überprüften Köpfe wäre eine gute Betäubung unwahrscheinlich gewesen, da trotz vorgegebenem Ansatzpunkt, die für eine sichere und anhaltende Betäubung notwendigen Gehirnareale, wie Hirnstamm und kaudale Hirnhemisphären nicht adäquat getroffen worden wären. In dieser Untersuchung konnten ausschließlich positive Schusspunktdifferenzen ausgemacht werden. Das bedeutet, dass eine Abweichung vom vorgegebenen zu einem anatomisch günstigeren Schusspunkt in dorsaler Richtung vorhanden war. Keine Schusspunktdifferenz heißt, dass das Tier am vorgegebenen Schusspunkt optimal getroffen worden wäre. Eine negative Schusspunktdifferenz, die in diesen Untersuchungen nicht aufgetreten ist, würde eine Abweichung vom vorgegebenen zum anatomisch günstigeren Schusspunkt in rostraler Richtung bedeuten. Das heißt, dass der anatomisch günstigere Schusspunkt unterhalb des vorgegebenen Schusspunktes liegen würde.

Die Abweichung vom vorgegebenen Schusspunkt stieg mit zunehmendem Lebendgewicht der untersuchten Tiere an. Das Risiko für eine positive Schusspunktdifferenz erhöht sich um mindestens 1,4 % bei einer Gewichtszunahme um 100 kg eines Rindes einer beliebigen Kategorie und Rasse. Im Versuch konnte nachgewiesen werden, dass ebenfalls mit steigender Hautdicke die Schusspunktdifferenz zunimmt. Dabei haben Kühe bei gleicher Hautdicke eine signifikant ($p < 0,001$) höhere Abweichung als Jungbullen und Bullen. Des Weiteren wurde für Kühe im Vergleich zu Jungbullen ($p < 0,001$) und Färsen ($p = 0,012$) ein signifikant niedrigeres Risiko für eine positive Abweichung vom vorgegebenen Schusspunkt nachgewiesen. Für einige Rassen konnten ebenfalls signifikante Ergebnisse festgestellt werden. Die Rassen „SBT“

($p < 0,001$) und „RBT“ ($p < 0,001$) haben ein im Vergleich zu anderen Rassen signifikant niedrigeres Risiko für eine Abweichung des vorgegebenen zum anatomisch günstigeren Schusspunkt. Dem gegenüber haben die Rassen „CHA“ ($p < 0,001$) und „DA“ ($p < 0,001$) verglichen mit anderen Rassen die höchsten Risiken für eine positive Schusspunktabweichung.

Außerdem fiel bei der Auswertung der Fotos vom gespaltenen Rinderschädel auf, dass der 8 cm lange Bolzen nur bei 45 % der kontrollierten Köpfe sicher den Hirnstamm getroffen hätte. In 20 % der Fälle wäre der Hirnstamm einzig unter optimalen Bedingungen erreicht worden und die restlichen 35 % hätten unter keinen Umständen mit einem normallangen Bolzen ordnungsgemäß und andauernd betäubt werden können.

Daraus kann geschlossen werden, dass ein neuer Schusspunkt bestimmt werden muss, dessen Lage eine optimale, tierschutzgerechte Betäubung für alle Rinder ermöglicht. Es müssen sowohl die Tiere getroffen werden, die mit dem bisherigen Ansatzpunkt schon optimal betäubt wurden, als auch die Tiere, die vorher nicht korrekt betäubt worden wären. Dies, oder zumindest eine Erhöhung des Prozentsatzes auf 65,3 % der korrekt getroffenen Tiere, könnte durch eine Verschiebung des Schusspunktes um mindestens 1,25 cm in dorsale Richtung erreicht werden. Allerdings sollten auch mit diesem neu vorgeschlagenen Ansatzpunkt noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Für die Rinder der Rassen, die wegen zu geringer Gruppengröße nicht in die Statistik aufgenommen werden konnten, sollten eigene Untersuchungen durchgeführt werden. Außerdem sollte geklärt werden, ob zukünftig alle männlichen Tiere mit einem längeren Bolzen (12 cm) betäubt werden müssen.

VII. SUMMARY

Analysis about the accurate target for the stunning of cattle with the captive bolt pistol before slaughter

As part of the slaughtering process of animals, animal welfare at the stunning and subsequently the slaughtering of cattle is to be safeguarded. From conditions occurring in common practice, it has become apparent, that there may be anatomical features that lead to a situation in which the cattle are not or not sufficiently stunned at slaughter.

The aim of this study was to investigate whether the predetermined target point in the stunning of cattle with the captive bolt pistol was adequately positioned with rare breeds of cattle and the different weight classes so that the bolt accurately reaches the brain stem. It also had to be established which metric factors cause a deviation of the target and whether in future a different shooting position for cattle should be chosen.

In an abattoir, 1027 cattle heads from 26 breeds were thus examined and their outer and inner surfaces measured. A total of 970 skulls from eleven breeds could be included in the statistical analysis.

In this study, the live weight of 389 selected animals was determined and the slaughter weight of all selected cattle was recorded. Immediately following the slaughter, the head of the cattle was measured according to length, width and other metric values on the basis of defined measurement points (seven in total). On the subsequently split median skull, the previously recommended target marked on the outside in compliance with TVT (2007) was compared with a (if existing) anatomically more favourably situated target. An existing distance between these two targets was documented. In addition, the skin thickness was measured at the target.

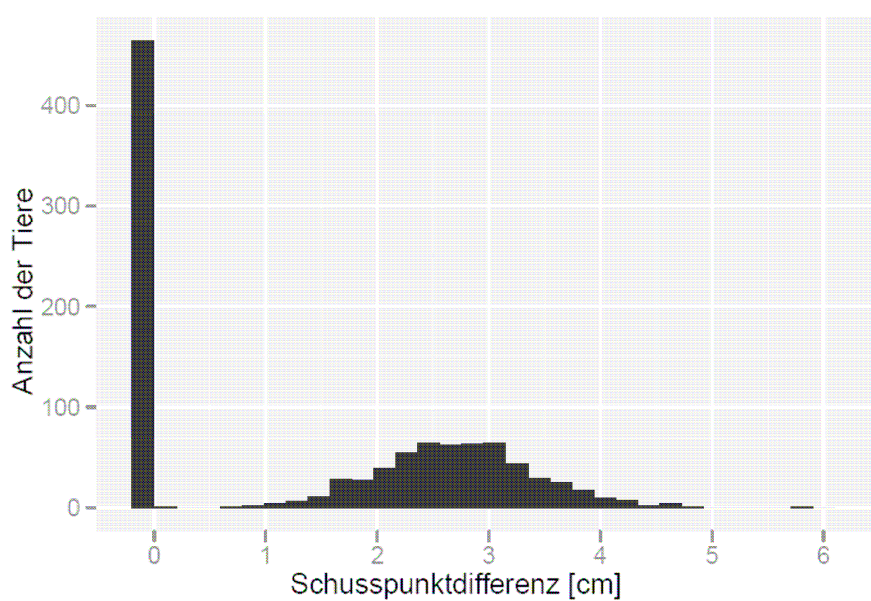


Abb. 40: Verteilung aller Tiere nach Schusspunktdifferenz (n = 970)

A good stunning would have been unlikely with 54.8 % of the inspected heads due to the fact that brain areas, such as the brain stem and caudal brain hemispheres which are necessary for a secure and lasting stunning had not been adequately hit despite a target. In this study, only positive target differences were identified. This means that there was a deviation from the predetermined target towards an anatomically more favorable target in the dorsal direction. No target difference means that the animal would have been optimally shot at a predetermined target. A negative target difference, which did not occur in this study, would constitute a deviation from the predetermined target towards the anatomically more favorable target in rostral direction. This means that the anatomically more favorable shot point would be below the predetermined shot point.

The deviation from the predetermined target rose with the increasing live weight of the animals examined. The risk of a positive target difference increases by at least 1.4 % with a weight increase of 100 kg of cattle of any category and breed. In the experiment, it could be shown that the target difference also rises with increasing skin thickness. Here, cows with the same skin thickness have a significantly ($p < 0.001$) higher deviation than young bulls and bulls. A significantly lower risk for a positive deviation from the target has also been verified for cows in comparison to young bulls ($p < 0.001$) and heifers ($p = 0.012$). For some breeds, significant results could also be observed. In comparison to other breeds, the breeds "SBT" ($p < 0.001$) and "RBT" ($p < 0.001$) have a significantly lower deviation risk of the predetermined target towards the anatomically more favorable target. In contrast, the breeds "CHA"

($p < 0.001$) and “DA” ($p < 0.001$) have compared with other breeds, the highest risks for a positive target deviation.

On evaluating the photos of split bovine skulls, it has also become apparent that the 8 cm bolt would have only accurately targeted the brainstem in 45 % of the controlled heads. In 20 % of the cases, the brain stem would have been reached only under ideal conditions and the remaining 35 % could not have been properly stunned with a normal bolt under any circumstances.

It can be thus concluded that a new target has to be determined, whose location makes an optimal stunning of all cattle possible in accordance with animal welfare. Animals that were already optimally stunned with the current approach must be hit as well as those animals that would previously not have been stunned correctly. This, or at least an increase in the percentage to 65.3 % of correctly stunned animals, could be achieved by shifting the target by at least 1.25 cm into the dorsal direction. However, further investigations should also be carried out with the new proposed approach.

For the cattle of the breeds that could not be included in the statistics due to insufficient group size, separate investigations should be carried out. In addition it should be clarified, if all bulls need to be stunned with a longer bolt (12 cm) in the future.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

Aanes WA (1987):

Restraint of cattle: Head restraint. Mod Vet Pract 68:498-501

Agresti A (2007):

An introduction to Catecorical Data Analysis. John Wiley & Sons, Inc., 2nd edition, 2007.

Aichinger CA (2003):

Die Implementierung der Elektrobetäubung im zugelassenen Schlachtbetrieb beim Rind. Vet. Med. Diss., LMU München

Anonym (1973):

Methoden zur tierschutzgerechten Tötung von Tieren. Hrsg.: The Universities Federation for Animal Welfare, 5

Anonym (2002):

Schlachttechnik. Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe. Abschlussbericht 2002

Bechthold E (1956):

Der praktische Fleischer. Band 1, Hugo Matthaes Verlag, 49

Blackmore DK (1984):

Differences in behaviour between sheep and cattle during slaughter. Res Vet Sci 37:223-226

Blackmore DK, Delany MW (1988):

Slaughter of stock. Publication No. 118 Veterinary Continuing Education. Massey University Palmerston North, New Zealand

Brem G, Kräußlich H (1998):

Ziele der Exterieurbeurteilung - Begriffe und Definitionen. In: Brem, G (Hrsg.). Exterieurbeurteilung landwirtschaftlicher Nutztiere. 1. Auflage Eugen Ulmer Verlag, 119-120

Bucher M, Forster S (2003):

Alternative Betäubungstechnik: Elektrobetäubung beim Rind. Vortrag auf der Tagung Sicherheit von Rindfleisch – Neueste Erkenntnisse der Schlacht- und Betäubungstechnik am 9. April 2003, Drossenheim, Mühlbachhalle

Burt J (2006):

Conflicts around Slaughter in Modernity. In: Killing Animals, University of Illinois Press, 121-144

Delank HW, Gehlen W (1999):

Neurologie. 8. Auflage, Enke Verlag Stuttgart, 263-267

Diener HC, Putzki N (2008):

Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. Hrsg.: Kommission „Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Neurologie, 4. überarbeitete Auflage 2008, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 854 ff.

Distl O (2003):

Exterieurbeurteilung von Nutztieren. 3. Auflage Hieronymus Buchreproduktion, 5-10

Dornblüth O (2010):

Psyhyrembel Klinisches Wörterbuch, 262. Auflage, Verlag Gruyter, 1133

Drawer K, Grätz H (1987):

Zur Integration des Schlachtrechts in die Neufassung des Tierschutzgesetzes. Fleischwirtschaft 67:1086-1096

Endres JM (2005):

Effektivität der Schuss-Schlag-Betäubung im Vergleich zur Bolzenschussbetäubung von Rindern in der Routineschlachtung. Vet. Med. Diss., LMU München

European Food Safety Authority (EFSA, 2004):

Welfare aspects of animal stunning and killing methods. Scientific report of the Scientific Panel for Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of animal stunning and killing methods, 15. Juni 2004

Ewbank R, Parker MJ, Mason C W (1992):

Reactions of cattle to head-restraint at stunning: A practical dilemma. Animal Welfare 1:55-63

Fachinformationssystem Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (fis-vl) Bayern (2009):

FB-TSch-K03-21-V01 Einzeltierprüfung Betäubungseffektivität

Fachinformationssystem Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (fis-vl) Bayern (2010):

AA-TSch-K03-12-V05 Tierschutzkontrollen in großen Schlachtbetrieben

Fahrbach R (1948):

Die heute üblichen Betäubungsverfahren bei Schlachttieren und ihre historische Entwicklung. Vet. Med. Diss., Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Fleischerei-Berufsgenossenschaft (1997):

Arbeiten mit Schussapparaten, Unfallverhütungsvorschrift GUV-V D 9

Fleischerei-Berufsgenossenschaft, Fachausschuss Fleischwirtschaft (2004):

Arbeiten in der Fleischwirtschaft, BGR 229

Fresemann L (1975):

Elektroencephalographische und elektrokardiographische Untersuchungen zur Bolzenschussbetäubung beim Schaf. Vet. Med. Diss., Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Fricker C, Riek W (1981):

Die Betäubung von Rindern vor dem Schlachten mit Hilfe des Bolzenschussapparates. Fleischwirtschaft 61:124-127

Ganong W (1974):

Lehrbuch der med. Physiologie. 3. Auflage Springer Verlag, Berlin

Gouveia KG, Ferreira PG, Roque da Costa JC, Vaz-Pires P, Martins da Costa P (2009):

Assessment of the efficiency of captive-bolt stunning in cattle and feasibility of associated behavioural signs. *Animal Welfare* 18:171-175

Grandin T (1994a):

Average cortisol levels for commercial cattle slaughter with captive bolt stunning. In: Grandin, T: Euthanasia and slaughter of livestock. *J Am Vet Med Assoc*, Vol. 204:1354-1360

Grandin T (1994b):

How stressful is slaughter? In: Grandin, T: Euthanasia and slaughter of livestock. *J Am Vet Med Assoc*, Vol. 204:1354-1360

Grandin T (1998):

Objective scoring of animal handling and stunning practices at slaughter plants. *J Am Vet Med Assoc*, Vol. 212:36-39

Grandin T (2003):

Good management practices for animal handling and stunning (2nd Edition). Published by American Meat Institute Foundation

Gregory NG (1998):

Animal welfare and meat science. CABI Publishing, 74-92

Gross R (1976):

Elektroencephalographische und elektrokardiographische Verlaufsuntersuchungen nach Bolzenschussbetäubung und nach Töten durch Entbluten in der Form des rituellen Schlachtens. *Vet. Med. Diss.*, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Hoffmann A (2003):

Implementierung der Schuss-Schlag-Betäubung im zugelassenen Schlachtbetrieb. *Vet. Med. Diss.*, LMU München

Holleben K v, Schütte A, Wenzlawowicz M v, Bostelmann N (2002):

Tierärztlicher Handlungsbedarf am Schlachthof. Dtsch. Tierärzteblatt 4/2002:372-373

Ilgert H (1985):

Effizienz der Bolzenschussbetäubung beim Rind mit Berücksichtigung der Einschussstelle und der Eindringrichtung des Bolzens unter Praxisbedingungen, Vet. Med. Diss., Freie Universität Berlin

Kaegi B (1988):

Untersuchungen zur Bolzenschussbetäubung beim Rind. Vet. Med. Diss., Universität Zürich

Lambooy E (1981):

Die mechanischen Aspekte der Schäeldurchdringung mit Bolzenschussapparaten bei Bullen, Mastkälbern und Schweinen; Fleischwirtschaft 61:1882-1885

Lambooy E (1982):

Some aspects of the effectiveness of stunning in sheep by captive bolt. Meat Science 7:51-57

Lambooy E, Logtestijn JG v., Sybesma W (1983):

Some aspects of captive bolt stunning in ruminants. In: Eikelenboom, G (Hrsg.). Stunning of animals for slaughter. Martinus Nijhoff Publishers 138-145

Lambooy E, Spanjaard W (1981):

Effect of the shooting position on the stunning of calves by captive bolt. Vet. Rec. 109:359-361

Liebich HG, Budras KD, Kölle S (2009):

Funktionelle Histologie der Haussäugetiere. 5. Auflage, Schattauer Verlag, 303-315

Loeffler K (2002):

Anatomie und Physiologie der Haustiere. 10. Auflage, Ulmer Verlag, 381,411-422

Männl M (1994):

Betäubung und Entblutung von Schwein und Rind. In: Schlachten von Schwein und Rind, Kulmbacher Reihe Band 13:62-80

Maurer B, Forster S (2007):

Töten von Rindern mittels Strom. Dtsch. Tierärztl. Wochenblatt 114:136-139

Meat Industry Development and Advisory service, "MIDAS" (1978):

Stunning and bleeding cattle, sheep and pigs, MIDAS bulletin No 4, A joint service of the Meat Research Institute and the Meat Livestock Commission

Mickwitz G v. (1982):

Betäubung von Schlachttieren. Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 89:166-167

Mickwitz G v., Leach TM (1977):

Schlachtierbetäubung in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft. Mitteilung für Landwirtschaft 30

Moje M, Hoffmann A, Troeger K, Jankowitsch H, Kolb R (2001):

Nachweis von Gewebe des zentralen Nervensystems auf enthäuteten Rinderköpfen und in der rechten Herzkammer nach Bolzenschussbetäubung. Jahresbericht 2001 BAFF Kulmbach, 34-35

Nickel R, Schummer A, Seiferle E (2004):

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band 4, Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen, 4. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

Nickel R, Schummer A, Seiferle E (2004):

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band 1, Bewegungsapparat, 8. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

Nickel R, Schummer A, Seiferle E (2005):

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band 3, Haut und Hautorgane, 4. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

Normann-Ehrenfels N G v (2005):

Die Schuss-Schlagbetäubung beim Rind unter Berücksichtigung der Embolisierung von zentralnervösem Gewebe in Lunge und Herz. Vet. Med. Diss., Universität Leipzig

Paulsen P, Hagen U, Smulders FJM, König HE (2001):

Zur Bolzenschussbetäubung bei Schlachtrindern und –schweinen: anatomische Überlegungen. Wien Tierärztl. Monatsschr. 2001; 88:210-218

Pfanneberg W, Zrenner KM (1993):

Hygiene – Leitlinien für handwerkliche Metzgereien, Frischfleischabteilungen, landwirtschaftliche Direktvermarktung. Fachbuchverlag Pfanneberg, Giessen, 100

Prändl O, Fischer A, Schmidhofer T, Sinell HJ (1988):

Fleisch. Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 48-53

Rüsse I., Sinowatz F (1991):

Lehrbuch der Embryologie der Haussäugetiere. 1. Auflage, Verlag Paul Parey, 390-393

Sambraus HH (1996):

Atlas der Nutztierassen. 5. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, 33-34, 67, 83

Schatzmann U (1997):

Das Töten von Tieren. In: Sambraus, HH und Steiger, A (Hrsg.). Das Buch vom Tierschutz. Enke Verlag, 686-704

Schermer K (2006):

Gebrauchsanleitung und technische Beschreibung für die Schermer-Viehschussgeräte Baureihe K PTB-Nr.: 882, 16-17

Schrohe K, Arndt G, Fries R (2005):

Zur Schusspräzision bei der Bolzenschussbetäubung von Rindern. 45. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene der DVG. Garmisch-Partenkirchen, 28.09.-01.10.2004, 398-402

Schwabenbauer K (1989):

Tierschutzrechtliche Aspekte des Schlachtens von Tieren. Dtsch. Tierärztliche Wochenschr. 96:87-89

Shaw FD (1989):

The corneal reflex following captive bolt stunning. N Z Vet J 37:43-44

Simon G (1989):

Schädelverletzungen durch Viehbetäubungsgeräte. Neurochirurgia 2, 106-121

Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz, Arbeitskreis 3 (Betäubung und Schlachtung) (2007):

Tierschutzgerechtes Schlachten von Rindern, Schweinen, Schafen und Ziegen, Merkblatt 89

Tipold A (2000):

Neurologie. In: Kraft, W, Hirschberger, J (Hrsg.). Kleintierkrankheiten Band 1: Innere Medizin. 3. Auflage, 680-683

Troeger K (1990):

Schlachten: Tierschutz und Fleischqualität. Fleischwirtschaft 70 (3):266-272

Troeger K (1997):

Schlachten von Tieren. In: Sambraus, HH und Steiger, A (Hrsg.). Das Buch vom Tierschutz. Enke Verlag, 510-524

Troeger K (1998):

Fleischgewinnung und -behandlung: Rinderschlachtung. In: Branscheid, W et al. (Hrsg.). Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 1, Deutscher Fachverlag, 373-379

Troeger K, Lengerken G v., Branscheid W (1998):

Schlachtiertransport. In: Branscheid, W et al. (Hrsg.). Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 1, Deutscher Fachverlag, 339-359

Utz J (1998):

Rind. In: Brem, G (Hrsg.). Exterieurbeurteilung landwirtschaftlicher Nutztiere. 1. Auflage
Eugen Ulmer Verlag, 162-164

Vandavelde M, Jaggy A, Lang J (2001):

Veterinärmedizinische Neurologie. 2. Auflage, Parey Buchverlag, 24-56, 201-205

Widderich M (1990):

Über das tierschutzgerechte Töten von Wirbeltieren. Vet. Med. Diss., Stiftung Tierärztliche
Hochschule Hannover

Wiesner E, Ribbeck R (2000):

Lexikon der Veterinärmedizin. 4. Auflage, Enke Verlag Stuttgart, 1004

Zrenner KM, Haffner R (1999):

Lehrbuch für Fleischkontrolleure. Enke Verlag Stuttgart, 259, 333-338

Zugriffe aus dem Internet

Bundesamt für Veterinärwesen (BVET) (2006):

Betäubung von Rind, Schaf und Ziege. Stand November 2006.

<http://www.bvet.admin.ch/themen/lebensmittel/00334/00337/00339/index.html?lang=de> (Datum des Zugriffs: 14. April 2009)

Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) (2008):

Fachinformationssystem Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (fis-vl), Mitgliedsgruppe Bayern, <http://www.fis-vl.bund.de/Public/irc/fis-vl/Home/main> (Datum des Zugriffs: 25. Mai 2009)

Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV, 2001a):

Checkliste für die Überwachung der Bolzenschussbetäubung. BgVV FG 305, Stand: Juni 2001;

http://www.bfr.bund.de/cm/208/checkliste_fuer_die_ueberwachung_der_bolzenschussbetaeubung.pdf (Datum des Zugriffs: 25. Mai 2009)

Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV, 2001b):

Missstände bei der Schlachtung. Stellungnahme des BgVV vom Juni 2001; http://www.bfr.bund.de/cm/208/missstaende_bei_der_schlachtung.pdf (Datum des Zugriffs: 25. Mai 2009)

Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV, 2001c):

Tierschutzgerechte Bolzenschussbetäubung. Stellungnahme des BgVV vom Juni 2001; http://www.bfr.bund.de/cm/208/tierschutzgerechte_bolzenschussbetaeubung.pdf (Datum des Zugriffs: 25. Mai 2009)

Grandin T (2009):

Recommended captive bolt stunning techniques for cattle. Updated March 2009, www.grandin.com/humane/cap.bolt.tips.html (Datum des Zugriffs: 27. Mai 2009)

Johannsen S (2002):

Schlachttechnik. Amt für Arbeitsschutz Hamburg, Ausschuss für biologische Arbeitsstoffe (ABAS), [http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/ABAS/aus-dem-ABAS/pdf/Schlachttechnikbericht.pdf? blob=publicationFile&v=3](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/ABAS/aus-dem-ABAS/pdf/Schlachttechnikbericht.pdf?blob=publicationFile&v=3) (Datum des Zugriffs: 12. Mai 2009)

R Development Core Team (2010):

R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2010. URL <http://www.R-project.org> (Datum des Zugriffs: 23.03.2011)

Schütt-Abraham I (2002):

Tierschutzgerechte Betäubung von Schlachttieren vom 8.7.02. Nach einem Vortrag von April 2002. www.heynkes.de/isa/schlachtung/bet.htm (Datum des Zugriffs: 12. Mai 2009)

Shimshony A, Chaudry MM (2005):

Slaughter of animals for human consumption. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz. 24 (2):693710, www.heynkes.de/isa/schlachtung/bet.htm (Datum des Zugriffs: 12. Mai 2009)

Statistisches Bundesamt (2011):

Fleischproduktion im Jahr 2010 mit Rekordwert. Pressemitteilung Nr. 062 vom 15.02.2011. http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2011/02/PD11_062_413,templateId=renderPrint.psml (Datum des Zugriffs: 21.02.2011)

Wickham H (2009):

ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer New York, 2009. ISBN 978-0-387-98140-6. URL <http://had.co.nz/ggplot2/book> (Datum des Zugriffs: 23.03.2011)

Wimpole J (2001):

Animal welfare issues in the slaughter of cattle. http://vip.vetsci.usyd.edu.au/contentUpload/content_3165/WimpoleJustin.pdf (Datum des Zugriffs: 05. Juli 2009)

Rechtsvorschriften

Entscheidung 2000/418/EG der EU-Kommission

Vom 29. Juni 2000 zur Regelung der Verwendung von bestimmtem Tiermaterial angesichts des Risikos der Übertragung von BSE-Erregern und zur Änderung der Entscheidung 94/474/EG

Reichsgesetz über das Schlachten von Tieren

Vom 21. April 1933 (RGBl. I S. 203), zuletzt geändert durch Nummer 19 der Anlage zum Gesetz vom 12. Oktober 1976 (GVBl. S. 2452)

Tierschutzgesetz (TierSchG)

Vom 24. Juli 1972, Neugefasst durch Bek. v. 18.5.2006 I 1206, 1313; zuletzt geändert durch G v. 15.7.2009 I 1950

Tierschutzschlachtverordnung (TierSchlV)

Vom 3. März 1997, zuletzt geändert am 13. April 2006 durch Bundesgesetzblatt 2006 Teil I Nr. 18, S. 855, Art. 19 vom 24. April 2006

Verordnung (EG) Nr. 854/2004 des Rates vom 29. April 2004 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs

Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 des Rates vom 24. September 2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Schlachtung

IX. ANHANG

Tab. 17: Durchschnittliche Kopflänge (MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Kategorienvergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesen Kategorien keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Kopflänge in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Jungbulle	50,80	0,52	48,37	53,17	10
	Bulle	56,39	-	-	-	1
	Färse	45,46	-	-	-	1
	Kuh	48,94	0,37	47,26	51,55	10
	Gesamt	49,96	0,50	45,46	56,39	22
CHA	Jungbulle	45,93	0,40	40,00	51,96	38
	Bulle	49,55	1,94	45,28	54,54	4
	Färse	42,44	0,47	38,75	47,65	23
	Kuh	46,22	0,43	41,80	50,57	27
	Gesamt	45,30	0,31	38,75	54,54	92
DA	Jungbulle	45,30	0,29	39,75	49,03	59
	Bulle	45,36	1,33	40,90	49,91	8
	Färse	41,22	0,22	37,21	44,95	57
	Kuh	44,36	0,32	40,82	49,97	41
	Gesamt	43,66	0,21	37,21	49,97	165
DSB	Jungbulle	46,90	0,24	42,82	50,83	49
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	48,14	2,45	45,68	50,59	2
	Kuh	46,01	0,45	42,92	48,86	16
	Gesamt	46,72	0,22	42,82	50,83	67
FL	Jungbulle	47,81	0,18	40,04	52,19	117
	Bulle	46,42	0,14	46,28	46,56	2
	Färse	44,42	0,98	40,13	49,18	10
	Kuh	47,12	0,18	42,59	51,24	129
	Gesamt	47,32	0,13	40,04	52,19	258
LIM	Jungbulle	45,00	0,42	41,10	48,24	24
	Bulle	48,59	-	-	-	1
	Färse	41,86	-	-	-	1
	Kuh	44,97	0,37	42,19	48,81	21
	Gesamt	45,00	0,29	41,10	48,81	47
RBT	Jungbulle	47,96	0,86	42,14	53,93	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	40,87	0,91	38,71	44,15	5
	Kuh	48,02	0,36	45,22	51,37	21
	Gesamt	47,08	0,52	38,71	53,93	39
SBT	Jungbulle	48,75	0,24	43,45	54,19	78
	Bulle	52,52	1,19	48,91	54,85	5
	Färse	49,20	-	-	-	1
	Kuh	47,97	0,24	42,63	54,63	87
	Gesamt	48,47	0,18	42,63	54,85	171
XFF	Jungbulle	46,75	0,27	43,49	51,13	48
	Bulle	46,56	-	-	-	1
	Färse	41,35	0,42	40,42	42,35	4
	Kuh	46,23	0,61	43,79	48,48	7
	Gesamt	46,33	0,28	40,42	51,13	60
XFM	Jungbulle	47,68	0,71	44,08	52,55	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	44,11	0,66	41,62	48,52	11
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	46,04	0,61	41,62	52,55	24
XMM	Jungbulle	48,95	0,44	43,21	52,78	25
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	-	-	-	-	-
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	48,95	0,44	43,21	52,78	25

Tab. 18: Durchschnittlicher Abstand Augenaußenwinkel (MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Kategorienvergleich, mit „-,“ markierte Einträge bedeuten, dass zu diesen Kategorien keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Abstand Augenaußenwinkel in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Jungbulle	26,04	0,47	22,30	27,44	10
	Bulle	30,74	-	-	-	1
	Färse	23,90	-	-	-	1
	Kuh	23,08	0,32	21,57	25,13	10
	Gesamt	24,81	0,49	21,57	30,74	22
CHA	Jungbulle	24,41	0,26	21,05	27,66	38
	Bulle	25,47	1,75	22,41	29,72	4
	Färse	22,41	0,23	20,56	24,73	23
	Kuh	23,54	0,17	21,74	25,19	27
	Gesamt	23,07	0,17	20,56	29,72	92
DA	Jungbulle	24,24	0,16	21,12	26,67	59
	Bulle	24,23	0,56	22,18	26,51	8
	Färse	21,42	0,13	19,51	25,81	57
	Kuh	22,49	0,14	20,34	24,47	41
	Gesamt	22,83	0,13	19,51	26,67	165
DSB	Jungbulle	25,23	0,16	22,54	28,23	49
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	23,02	0,38	22,64	23,39	2
	Kuh	21,83	0,24	20,13	23,92	16
	Gesamt	24,35	0,22	20,13	28,23	67
FL	Jungbulle	25,35	0,12	22,24	28,44	117
	Bulle	26,79	0,11	26,68	26,89	2
	Färse	22,13	0,44	19,89	24,07	10
	Kuh	23,65	0,11	20,98	26,75	129
	Gesamt	24,39	0,10	19,89	28,44	258
LIM	Jungbulle	24,10	0,29	20,94	26,68	24
	Bulle	25,91	-	-	-	1
	Färse	21,10	-	-	-	1
	Kuh	22,85	0,26	20,89	24,98	21
	Gesamt	23,52	0,22	20,89	26,68	47
RBT	Jungbulle	25,00	0,52	21,95	28,87	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	21,48	0,26	20,78	22,39	5
	Kuh	23,14	0,25	20,34	25,48	21
	Gesamt	23,55	0,29	20,34	28,87	39
SBT	Jungbulle	25,26	0,14	22,47	27,86	78
	Bulle	28,02	1,03	24,87	30,28	5
	Färse	21,26	-	-	-	1
	Kuh	22,83	0,11	20,63	25,14	87
	Gesamt	24,08	0,14	20,63	30,28	171
XFF	Jungbulle	24,93	0,16	22,06	28,68	48
	Bulle	25,15	-	-	-	1
	Färse	22,01	0,25	21,27	22,37	4
	Kuh	23,13	0,37	21,86	24,37	7
	Gesamt	24,53	0,18	21,27	28,68	60
XFM	Jungbulle	25,13	0,36	21,44	26,89	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	21,91	0,29	20,32	23,66	11
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	23,65	0,41	20,32	26,89	24
XMM	Jungbulle	25,68	0,25	23,31	28,20	25
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	-	-	-	-	-
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	25,68	0,25	23,31	28,20	25

Tab. 19: Durchschnittliche Hautdicke (MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Kategorienvergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesen Kategorien keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Hautdicke in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Jungbulle	1,68	0,11	1,16	2,24	10
	Bulle	1,77	-	-	-	1
	Färse	0,78	-	-	-	1
	Kuh	0,72	0,05	0,56	1,02	10
	Gesamt	1,21	0,12	0,56	2,24	22
CHA	Jungbulle	1,59	0,06	1,12	2,45	38
	Bulle	1,36	0,21	1,08	1,97	4
	Färse	0,74	0,03	0,51	1,06	23
	Kuh	0,93	0,04	0,59	1,50	27
	Gesamt	1,17	0,05	0,51	2,45	92
DA	Jungbulle	1,29	0,05	0,55	2,27	59
	Bulle	1,58	0,23	0,77	2,73	8
	Färse	0,61	0,02	0,16	0,95	57
	Kuh	0,75	0,03	0,31	1,24	41
	Gesamt	0,93	0,03	0,16	2,73	165
DSB	Jungbulle	1,59	0,07	0,71	2,64	49
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	0,55	0,03	0,52	0,57	2
	Kuh	0,56	0,03	0,39	0,80	16
	Gesamt	1,31	0,08	0,39	2,64	67
FL	Jungbulle	1,70	0,04	0,96	3,23	117
	Bulle	2,25	0,07	2,18	2,32	2
	Färse	0,66	0,04	0,49	0,86	10
	Kuh	0,86	0,02	0,34	1,88	129
	Gesamt	1,25	0,03	0,34	3,23	258
LIM	Jungbulle	1,40	0,06	0,82	1,92	24
	Bulle	2,00	-	-	-	1
	Färse	0,57	-	-	-	1
	Kuh	0,78	0,04	0,42	1,28	21
	Gesamt	1,12	0,06	0,42	2,00	47
RBT	Jungbulle	1,74	0,19	0,76	2,87	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	0,77	0,02	0,71	0,83	5
	Kuh	0,64	0,05	0,29	1,37	21
	Gesamt	1,02	0,11	0,29	2,87	39
SBT	Jungbulle	1,31	0,04	0,64	2,44	78
	Bulle	1,76	0,23	1,13	2,49	5
	Färse	0,42	-	-	-	1
	Kuh	0,58	0,01	0,32	0,87	87
	Gesamt	0,95	0,04	0,32	2,49	171
XFF	Jungbulle	1,72	0,06	0,93	2,60	48
	Bulle	1,25	-	-	-	1
	Färse	0,71	0,13	0,41	0,94	4
	Kuh	0,62	0,05	0,48	0,81	7
	Gesamt	1,52	0,07	0,41	2,60	60
XFM	Jungbulle	1,63	0,07	1,26	2,07	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	0,58	0,03	0,46	0,79	11
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	1,15	0,12	0,46	2,07	24
XMM	Jungbulle	1,70	0,09	0,74	2,45	25
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	-	-	-	-	-
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	1,70	0,09	0,74	2,45	25

Tab. 20: Durchschnittliches Lebendgewicht (MW in kg) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Kategorienvergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesen Kategorien keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Lebendgewicht in kg	SEM	Min.	Max.	n
BV	Jungbulle	686,00	25,40	515,00	794,00	10
	Bulle	1038,00	-	-	-	1
	Färse	517,50	-	-	-	1
	Kuh	602,47	28,17	464,10	782,50	10
	Gesamt	656,40	26,82	464,10	1038,00	22
CHA	Jungbulle	675,53	22,75	345,19	903,73	38
	Bulle	721,68	106,91	523,50	1012,50	4
	Färse	614,80	16,61	427,00	724,00	23
	Kuh	729,40	20,76	532,46	1003,10	27
	Gesamt	678,16	13,29	345,19	1012,50	92
DA	Jungbulle	691,21	19,55	414,91	865,00	59
	Bulle	623,46	82,07	410,50	1016,07	8
	Färse	494,90	11,59	331,86	735,00	57
	Kuh	620,08	16,18	390,03	925,62	41
	Gesamt	602,43	10,56	331,86	1016,07	165
DSB	Jungbulle	639,23	5,47	553,00	759,28	49
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	692,00	52,50	639,50	744,50	2
	Kuh	584,64	25,03	407,31	761,00	16
	Gesamt	627,80	7,82	407,31	761,00	67
FL	Jungbulle	731,70	7,26	541,45	899,10	117
	Bulle	743,00	83,50	659,50	826,50	2
	Färse	567,97	52,36	355,96	805,42	10
	Kuh	682,70	9,10	350,66	906,26	129
	Gesamt	700,94	6,35	350,66	906,26	258
LIM	Jungbulle	721,24	17,99	516,60	943,50	24
	Bulle	1081,50	-	-	-	1
	Färse	499,00	-	-	-	1
	Kuh	723,90	23,97	533,21	1028,30	21
	Gesamt	725,00	16,64	499,00	1081,50	47
RBT	Jungbulle	748,56	37,67	521,50	987,50	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	520,38	25,34	443,00	595,50	5
	Kuh	605,59	29,12	417,00	830,50	21
	Gesamt	642,30	23,80	417,00	987,50	39
SBT	Jungbulle	622,87	11,43	312,35	868,21	78
	Bulle	822,70	83,46	629,00	1029,00	5
	Färse	625,00	-	-	-	1
	Kuh	646,72	12,43	417,50	877,51	87
	Gesamt	640,86	8,84	312,35	1029,00	171
XFF	Jungbulle	709,07	10,04	595,96	875,45	48
	Bulle	712,50	-	-	-	1
	Färse	407,25	11,14	374,50	421,50	4
	Kuh	685,57	23,789	601,50	782,00	7
	Gesamt	686,27	12,91	374,50	875,45	60
XFM	Jungbulle	724,86	21,42	611,31	835,39	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	520,01	18,65	402,66	609,51	11
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	630,97	25,53	402,66	835,39	24
XMM	Jungbulle	726,79	15,32	510,88	859,32	25
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	-	-	-	-	-
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	726,79	15,32	510,88	859,32	25

Tab. 21: Durchschnittliches Schlachtgewicht (MW in kg) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Kategorienvergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesen Kategorien keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Schlachtgewicht in kg	SEM	Min.	Max.	n
BV	Jungbulle	374,80	15,68	267,00	446,80	10
	Bulle	577,40	-	-	-	1
	Färse	275,60	-	-	-	1
	Kuh	311,72	16,20	239,80	430,20	10
	Gesamt	350,80	16,37	239,80	577,40	22
CHA	Jungbulle	389,40	13,10	199,00	521,00	38
	Bulle	415,50	64,85	295,80	592,40	4
	Färse	326,10	8,76	239,80	391,20	23
	Kuh	379,70	10,87	277,00	522,20	27
	Gesamt	371,90	7,59	199,00	592,40	92
DA	Jungbulle	366,98	7,43	220,40	470,40	59
	Bulle	351,33	48,37	205,60	569,20	8
	Färse	246,86	5,75	164,80	386,00	57
	Kuh	310,98	8,16	191,40	464,20	41
	Gesamt	310,81	5,98	164,80	569,20	165
DSB	Jungbulle	363,60	3,18	316,00	431,80	49
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	368,30	25,50	342,80	393,80	2
	Kuh	291,10	12,50	202,80	381,20	16
	Gesamt	346,40	5,36	202,80	431,80	67
FL	Jungbulle	398,05	3,95	294,60	489,20	117
	Bulle	408,50	51,10	357,40	459,60	2
	Färse	314,58	28,90	197,20	446,20	10
	Kuh	359,72	4,78	184,80	477,60	129
	Gesamt	375,73	3,48	184,80	489,20	258
LIM	Jungbulle	401,80	10,67	289,40	512,20	24
	Bulle	615,00	-	-	-	1
	Färse	267,00	-	-	-	1
	Kuh	375,85	12,84	277,00	534,20	21
	Gesamt	391,87	9,74	267,00	615,00	47
RBT	Jungbulle	392,06	23,00	203,40	531,80	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	267,44	15,19	216,80	310,80	5
	Kuh	302,54	14,96	208,20	426,20	21
	Gesamt	327,90	13,41	203,40	531,80	39
SBT	Jungbulle	316,42	5,76	158,80	441,40	78
	Bulle	454,72	47,56	345,00	567,60	5
	Färse	335,20	-	-	-	1
	Kuh	313,06	6,06	204,80	424,80	87
	Gesamt	318,87	4,60	158,80	567,60	171
XFF	Jungbulle	410,49	5,82	344,40	506,80	48
	Bulle	384,60	-	-	-	1
	Färse	220,43	4,78	206,50	227,80	4
	Kuh	353,77	13,28	309,00	410,80	7
	Gesamt	390,77	8,03	206,50	506,80	60
XFM	Jungbulle	399,83	11,82	337,20	460,80	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	282,05	10,12	218,40	330,60	11
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	345,85	14,48	218,40	460,80	24
XMM	Jungbulle	400,90	8,45	281,80	474,00	25
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	-	-	-	-	-
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	400,90	8,45	281,80	474,00	25

Tab. 22: Durchschnittlicher Abstand Augeninnenwinkel (AIW; MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Kategorienvergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesen Kategorien keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Abstand Augeninnenwinkel in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Jungbulle	21,63	0,35	18,84	22,64	10
	Bulle	25,09	-	-	-	1
	Färse	20,55	-	-	-	1
	Kuh	19,73	0,38	18,15	22,06	10
	Gesamt	20,87	0,37	18,15	25,09	22
CHA	Jungbulle	21,04	0,24	17,69	24,17	38
	Bulle	22,26	1,34	19,59	25,79	4
	Färse	19,10	0,23	17,24	21,78	23
	Kuh	20,49	0,20	18,24	23,02	27
	Gesamt	20,44	0,17	17,24	25,79	92
DA	Jungbulle	21,15	0,16	18,85	24,95	59
	Bulle	20,87	0,64	18,98	23,50	8
	Färse	18,48	0,12	16,72	21,64	57
	Kuh	19,80	0,18	18,01	25,01	41
	Gesamt	19,88	0,13	16,72	25,01	165
DSB	Jungbulle	21,44	0,15	19,30	23,94	49
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	19,48	0,23	19,25	19,71	2
	Kuh	18,92	0,22	17,57	20,85	16
	Gesamt	20,78	0,18	17,57	23,94	67
FL	Jungbulle	21,72	0,11	19,41	25,97	117
	Bulle	22,72	0,35	22,36	23,07	2
	Färse	18,95	0,39	17,39	20,59	10
	Kuh	20,50	0,09	18,09	23,94	129
	Gesamt	21,01	0,08	17,39	25,97	258
LIM	Jungbulle	20,67	0,22	18,46	23,20	24
	Bulle	23,75	-	-	-	1
	Färse	18,41	-	-	-	1
	Kuh	19,60	0,18	18,28	21,14	21
	Gesamt	20,21	0,18	18,28	23,75	47
RBT	Jungbulle	21,60	0,40	19,25	23,85	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	18,32	0,21	17,84	18,91	5
	Kuh	20,15	0,24	17,95	22,36	21
	Gesamt	20,40	0,25	17,84	23,85	39
SBT	Jungbulle	21,65	0,13	18,18	24,66	78
	Bulle	24,30	0,89	22,10	26,36	5
	Färse	19,22	-	-	-	1
	Kuh	19,64	0,10	17,50	22,01	87
	Gesamt	20,69	0,12	17,50	26,36	171
XFF	Jungbulle	21,40	0,15	19,14	25,02	48
	Bulle	22,59	-	-	-	1
	Färse	18,90	0,44	17,61	19,58	4
	Kuh	19,70	0,38	18,60	21,39	7
	Gesamt	21,05	0,17	17,61	25,02	60
XFM	Jungbulle	21,62	0,22	19,57	22,41	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	18,62	0,21	16,77	19,57	11
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	20,24	0,35	16,77	22,41	24
XMM	Jungbulle	22,26	0,24	19,66	23,93	25
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	-	-	-	-	-
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	22,26	0,24	19,66	23,93	25

Tab. 23: Durchschnittlicher Abstand rechter Augeninnenwinkel (AIW) zu Scheitelpunkt Stirnkamm (SPS; MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Kategorienvergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesen Kategorien keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Abstand rechter AIW zu SPS in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Jungbulle	27,04	0,51	24,10	29,51	10
	Bulle	32,12	-	-	-	1
	Färse	23,34	-	-	-	1
	Kuh	24,50	0,34	23,48	27,02	10
	Gesamt	25,95	0,49	23,34	32,12	22
CHA	Jungbulle	24,39	0,30	21,05	29,26	38
	Bulle	26,10	1,44	22,66	29,69	4
	Färse	22,05	0,23	20,40	24,64	23
	Kuh	23,34	0,25	20,73	27,01	27
	Gesamt	23,57	0,20	20,40	29,69	92
DA	Jungbulle	24,24	0,17	21,21	27,26	59
	Bulle	24,16	0,83	21,16	27,89	8
	Färse	20,63	0,16	18,02	24,01	57
	Kuh	21,59	0,19	18,98	24,21	41
	Gesamt	22,33	0,16	18,02	27,89	165
DSB	Jungbulle	25,31	0,18	22,71	28,03	49
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	23,12	1,84	21,28	24,95	2
	Kuh	22,32	0,28	20,28	23,79	16
	Gesamt	24,53	0,22	20,28	28,03	67
FL	Jungbulle	25,51	0,14	20,72	29,88	117
	Bulle	26,59	0,13	26,45	26,72	2
	Färse	22,59	0,57	20,46	25,33	10
	Kuh	24,04	0,11	20,70	27,73	129
	Gesamt	24,67	0,10	20,46	29,88	258
LIM	Jungbulle	24,88	0,30	21,32	27,31	24
	Bulle	26,04	-	-	-	1
	Färse	21,09	-	-	-	1
	Kuh	23,03	0,24	21,35	24,56	21
	Gesamt	24,00	0,24	21,09	27,31	47
RBT	Jungbulle	25,62	0,49	23,35	29,33	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	21,34	0,54	19,71	22,76	5
	Kuh	23,71	0,22	21,99	26,12	21
	Gesamt	24,04	0,30	19,71	29,33	39
SBT	Jungbulle	26,26	0,19	21,97	29,91	78
	Bulle	28,75	0,93	26,28	31,26	5
	Färse	23,58	-	-	-	1
	Kuh	23,55	0,12	21,32	26,01	87
	Gesamt	24,93	0,16	21,32	31,26	171
XFF	Jungbulle	25,74	0,20	23,24	29,01	48
	Bulle	24,91	-	-	-	1
	Färse	20,77	0,37	19,72	21,30	4
	Kuh	23,49	0,19	22,88	24,10	7
	Gesamt	25,13	0,24	19,72	29,01	60
XFM	Jungbulle	25,25	0,38	22,96	27,27	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	22,32	0,33	20,36	23,91	11
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	23,90	0,39	20,36	27,27	24
XMM	Jungbulle	26,30	0,36	22,72	29,02	25
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	-	-	-	-	-
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	26,30	0,36	22,72	29,02	25

Tab. 24: Durchschnittlicher Abstand linker Augeninnenwinkel (AIW) zu Scheitelpunkt Stirnkamm (SPS; MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Kategorienvergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesen Kategorien keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Abstand linker AIW zu SPS in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Jungbulle	26,98	0,53	23,76	29,51	10
	Bulle	32,12	-	-	-	1
	Färse	23,34	-	-	-	1
	Kuh	24,52	0,35	23,48	27,12	10
	Gesamt	25,93	0,49	23,34	32,12	22
CHA	Jungbulle	24,41	0,29	21,05	29,16	38
	Bulle	26,14	1,44	22,66	29,69	4
	Färse	22,02	0,23	20,08	24,64	23
	Kuh	23,35	0,25	20,73	26,93	27
	Gesamt	23,58	0,20	20,08	29,69	92
DA	Jungbulle	24,23	0,17	21,27	27,26	59
	Bulle	24,16	0,83	21,16	27,89	8
	Färse	20,63	0,16	18,02	23,99	57
	Kuh	21,60	0,19	18,98	24,39	41
	Gesamt	22,33	0,16	18,02	27,89	165
DSB	Jungbulle	25,32	0,18	22,71	28,03	49
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	23,12	1,84	21,28	24,95	2
	Kuh	22,29	0,28	20,28	23,79	16
	Gesamt	24,53	0,22	20,28	28,03	67
FL	Jungbulle	25,52	0,14	20,72	29,88	117
	Bulle	26,59	0,13	26,45	26,72	2
	Färse	22,59	0,57	20,46	25,33	10
	Kuh	24,04	0,11	20,44	27,73	129
	Gesamt	24,67	0,10	20,44	29,88	258
LIM	Jungbulle	24,89	0,30	21,32	27,31	24
	Bulle	26,04	-	-	-	1
	Färse	21,09	-	-	-	1
	Kuh	23,04	0,23	21,42	24,56	21
	Gesamt	24,01	0,24	21,09	27,31	47
RBT	Jungbulle	25,61	0,51	23,35	29,33	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	21,35	0,53	19,78	22,76	5
	Kuh	23,72	0,22	21,99	26,12	21
	Gesamt	24,05	0,30	19,78	29,33	39
SBT	Jungbulle	26,28	0,19	21,97	29,91	78
	Bulle	28,85	0,87	26,45	31,26	5
	Färse	23,58	-	-	-	1
	Kuh	23,54	0,12	21,32	26,11	87
	Gesamt	24,94	0,16	21,32	31,26	171
XFF	Jungbulle	25,74	0,20	22,98	29,01	48
	Bulle	24,91	-	-	-	1
	Färse	20,61	0,33	19,72	21,28	4
	Kuh	23,41	0,19	22,88	24,07	7
	Gesamt	25,11	0,25	19,72	29,01	60
XFM	Jungbulle	25,29	0,38	23,04	27,52	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	22,32	0,33	20,36	24,14	11
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	23,93	0,40	20,36	27,52	24
XMM	Jungbulle	26,29	0,36	22,72	28,89	25
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	-	-	-	-	-
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	26,29	0,36	22,72	28,89	25

Tab. 25: Durchschnittlicher Abstand rechter Augeninnenwinkel (AIW) zur Mitte der Verbindungslinie der kaudalen Nasenlochränder (MVKN; MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Kategorienvergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesen Kategorien keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Abstand rechter AIW zur MVKN in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Jungbulle	26,40	0,41	24,63	28,42	10
	Bulle	29,04	-	-	-	1
	Färse	23,97	-	-	-	1
	Kuh	26,65	0,28	25,34	28,31	10
	Gesamt	26,52	0,28	23,97	29,04	22
CHA	Jungbulle	24,32	0,26	20,02	27,50	38
	Bulle	27,17	1,36	25,39	31,16	4
	Färse	23,11	0,25	20,21	25,89	23
	Kuh	25,51	0,25	22,87	28,85	27
	Gesamt	24,49	0,19	20,02	31,16	92
DA	Jungbulle	24,35	0,20	20,62	27,16	59
	Bulle	24,84	0,78	21,70	27,42	8
	Färse	22,96	0,15	19,85	25,35	57
	Kuh	24,92	0,22	22,40	28,16	41
	Gesamt	24,04	0,13	19,85	28,16	165
DSB	Jungbulle	25,00	0,17	22,40	27,19	49
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	27,23	0,54	26,68	27,77	2
	Kuh	26,14	0,28	24,79	29,01	16
	Gesamt	25,34	0,16	22,40	29,01	67
FL	Jungbulle	25,15	0,12	21,66	29,19	117
	Bulle	25,15	0,51	24,64	25,66	2
	Färse	23,99	0,43	21,79	26,23	10
	Kuh	25,66	0,11	22,31	28,50	129
	Gesamt	25,36	0,08	21,66	29,19	258
LIM	Jungbulle	23,51	0,27	21,51	25,83	24
	Bulle	25,84	-	-	-	1
	Färse	23,53	-	-	-	1
	Kuh	24,33	0,24	22,19	26,87	21
	Gesamt	23,93	0,19	21,51	26,87	47
RBT	Jungbulle	25,49	0,38	23,39	28,15	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	22,09	0,60	20,80	23,89	5
	Kuh	26,90	0,23	24,86	29,22	21
	Gesamt	25,81	0,32	20,80	29,22	39
SBT	Jungbulle	25,69	0,14	23,11	28,39	78
	Bulle	27,78	0,62	25,56	29,12	5
	Färse	27,21	-	-	-	1
	Kuh	26,68	0,16	22,16	31,60	87
	Gesamt	26,26	0,11	22,16	31,60	171
XFF	Jungbulle	24,29	0,24	17,10	26,97	48
	Bulle	25,49	-	-	-	1
	Färse	22,88	0,29	22,47	23,72	4
	Kuh	25,06	0,45	23,30	26,66	7
	Gesamt	24,30	0,21	17,10	26,97	60
XFM	Jungbulle	25,31	0,49	22,52	28,45	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	23,76	0,38	21,99	25,63	11
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	24,60	0,35	21,99	28,45	24
XMM	Jungbulle	25,68	0,23	23,22	27,85	25
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	-	-	-	-	-
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	25,68	0,23	23,22	27,85	25

Tab. 26: Durchschnittlicher Abstand linker Augeninnenwinkel (AIW) zur Mitte der Verbindungslinie der kaudalen Nasenlochränder (MVKN; MW in cm) mit Standardfehler (SEM), Minimum und Maximum im Rassen- und Kategorienvergleich, mit „-“, markierte Einträge bedeuten, dass zu diesen Kategorien keine Tiere untersucht wurden, (n=Anzahl der Tiere)

Rasse	Geschlecht	Abstand linker AIW zur MVKN in cm	SEM	Min.	Max.	n
BV	Jungbulle	26,40	0,41	24,63	28,42	10
	Bulle	29,04	-	-	-	1
	Färse	23,97	-	-	-	1
	Kuh	26,64	0,28	25,34	28,31	10
	Gesamt	26,52	0,28	23,97	29,04	22
CHA	Jungbulle	24,32	0,26	19,98	27,50	38
	Bulle	27,25	1,38	25,39	31,25	4
	Färse	22,99	0,24	20,21	25,89	23
	Kuh	25,51	0,25	22,87	28,85	27
	Gesamt	24,46	0,19	19,98	31,25	92
DA	Jungbulle	24,35	0,20	20,62	27,08	59
	Bulle	24,82	0,77	21,70	27,42	8
	Färse	22,95	0,15	19,85	25,21	57
	Kuh	24,91	0,22	22,40	28,16	41
	Gesamt	24,03	0,13	19,85	28,16	165
DSB	Jungbulle	25,01	0,17	22,63	27,19	49
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	27,23	0,54	26,68	27,77	2
	Kuh	26,16	0,29	24,43	29,01	16
	Gesamt	25,35	0,16	22,63	29,01	67
FL	Jungbulle	25,15	0,12	21,66	29,19	117
	Bulle	25,15	0,51	24,64	25,66	2
	Färse	24,03	0,45	21,79	26,49	10
	Kuh	25,66	0,11	22,31	28,50	129
	Gesamt	25,36	0,08	21,66	29,19	258
LIM	Jungbulle	23,51	0,27	21,51	25,83	24
	Bulle	25,84	-	-	-	1
	Färse	23,53	-	-	-	1
	Kuh	24,34	0,24	22,19	26,87	21
	Gesamt	23,93	0,19	21,51	26,87	47
RBT	Jungbulle	25,51	0,38	23,39	28,15	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	22,12	0,59	20,98	23,89	5
	Kuh	26,94	0,24	24,86	29,35	21
	Gesamt	25,84	0,32	20,98	29,35	39
SBT	Jungbulle	25,69	0,14	23,03	28,39	78
	Bulle	27,80	0,62	25,56	29,12	5
	Färse	27,21	-	-	-	1
	Kuh	26,68	0,16	22,16	31,19	87
	Gesamt	26,26	0,11	22,16	31,19	171
XFF	Jungbulle	24,28	0,24	17,10	26,97	48
	Bulle	25,49	-	-	-	1
	Färse	22,88	0,29	22,47	23,72	4
	Kuh	25,06	0,47	23,42	26,84	7
	Gesamt	24,30	0,21	17,10	26,97	60
XFM	Jungbulle	25,32	0,49	22,52	28,45	13
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	23,76	0,38	21,99	25,63	11
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	24,61	0,35	21,99	28,45	24
XMM	Jungbulle	25,68	0,23	23,22	27,85	25
	Bulle	-	-	-	-	-
	Färse	-	-	-	-	-
	Kuh	-	-	-	-	-
	Gesamt	25,68	0,23	23,22	27,85	25

Tab. 27: Mittelwerte der Messwerte der nicht ausgewerteten Rassen im Vergleich (n = Anzahl der Tiere)

Messpunkte/Rasse	Geschl.	Lebendg.	Schlachtg.	Messp. 1	Messp. 2	Messp. 3	Messp. 4	Messp. 5	Messp. 6	Messp. 7	Messp. 8	Hautdicke	n
BA	Männlich	705,75	383,5	48,11	26,23	23,13	26,15	26,24	25,5	25,69	0	1,25	2
	Weiblich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gesamt	705,75	383,5	48,11	26,23	23,13	26,15	26,24	25,5	25,69	0	1,25	2
GAL	Männlich	493	257,2	39,37	21,79	19,08	21,3	21,3	21,26	21,26	1,91	1,07	2
	Weiblich	470,88	242,4	38,72	22,42	19,31	21,22	21,24	20,72	20,7	1,57	0,7	4
	Gesamt	478,25	247,33	38,94	22,21	19,23	21,25	21,26	20,9	20,89	1,68	0,83	6
GV	Männlich	746,32	406,8	46,68	25,32	21,58	25,9	25,82	24,14	24,14	0,7	1,53	3
	Weiblich	621,7	309,68	47,16	23,79	20,57	23,88	23,89	25,68	25,67	0,57	0,7	10
	Gesamt	650,46	332,09	47,05	24,14	20,8	24,34	24,34	25,33	25,32	0,6	0,89	13
HE	Männlich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Weiblich	726,5	371,6	48,65	23,84	20,84	24,92	24,92	26,33	26,33	2,24	0,88	1
	Gesamt	726,5	371,6	48,65	23,84	20,84	24,92	24,92	26,33	26,33	2,24	0,88	1
HIN	Männlich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Weiblich	404	205,2	45,06	21,01	18,87	23,28	23,28	23,32	23,32	0	0,98	1
	Gesamt	404	205,2	45,06	21,01	18,87	23,28	23,28	23,32	23,32	0	0,98	1
HLD	Männlich	400,5	220,15	46,39	24,71	21,83	25,17	25,17	24,18	24,18	1,97	0,76	4
	Weiblich	383,8	197,8	41,65	22,43	19,79	22,51	22,51	22,09	22,04	0,6	0,7	5
	Gesamt	391,22	207,73	43,76	23,44	20,69	23,69	23,69	23,01	22,99	1,21	0,72	9
HWF	Männlich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Weiblich	492	247,8	44,32	23,92	20,01	22,68	22,68	23,82	23,91	2,18	0,62	1
	Gesamt	492	247,8	44,32	23,92	20,01	22,68	22,68	23,82	23,91	2,18	0,62	1
JER	Männlich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Weiblich	274,5	138,6	40,67	21,04	18,03	20,18	20,18	23,22	23,22	0	0,5	1
	Gesamt	274,5	138,6	40,67	21,04	18,03	20,18	20,18	23,22	23,22	0	0,5	1
PIN	Männlich	683	388,6	49,02	27,01	23,56	27,53	27,53	26,08	25,78	0	2,48	1
	Weiblich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gesamt	683	388,6	49,02	27,01	23,56	27,53	27,53	26,08	25,78	0	2,48	1

Tab. 28: Mittelwerte der Messwerte der nicht ausgewerteten Rassen im Vergleich (n = Anzahl der Tiere)

Messpunkte/Rasse	Geschl.	Lebendg.	Schlachtg.	Messp. 1	Messp. 2	Messp. 3	Messp. 4	Messp. 5	Messp. 6	Messp. 7	Messp. 8	Hautdicke	n
RHV	Männlich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Weiblich	503,56	257,8	47,42	24,32	20,85	23,69	23,61	26,72	26,72	1	0,61	3
	Gesamt	503,56	257,8	47,42	24,32	20,85	23,69	23,61	26,72	26,72	1	0,61	3
RVA	Männlich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Weiblich	452,25	220,8	49,95	21,67	18,08	22,46	22,43	28,61	28,65	1,42	0,49	2
	Gesamt	452,25	220,8	49,95	21,67	18,08	22,46	22,43	28,61	28,65	1,42	0,49	2
SAL	Männlich	711,25	390,95	46,38	25,84	22,35	28,03	28,06	24,25	24,24	2,08	1,33	4
	Weiblich	624,17	322,67	42,39	21,95	19,04	21,77	21,72	23,21	23,15	1,6	0,68	3
	Gesamt	673,93	361,69	44,67	24,17	20,93	25,35	25,34	23,8	23,77	1,87	1,05	7
UCK	Männlich	908,5	499,7	49,96	27,7	23,82	26,54	26,33	27,64	27,92	1,8	1,94	2
	Weiblich	581,5	297,3	46,89	22,1	20,35	23,04	23,04	25,87	25,87	0,93	0,8	2
	Gesamt	745	398,5	48,42	24,9	22,08	24,79	24,68	26,75	26,89	1,36	1,37	4
WBB	Männlich	646,5	375,2	46,4	25,34	22,18	26,63	26,63	25,54	25,54	3,21	1,33	1
	Weiblich	597,17	319,8	44,42	21,79	18,71	21,63	21,63	24,51	24,46	1,79	0,61	3
	Gesamt	609,5	333,65	44,91	22,68	19,58	22,88	22,88	24,77	24,73	2,14	0,79	4
ZZEB	Männlich	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Weiblich	286	149,2	34,47	17,08	13,66	15,68	15,68	20,47	20,47	1,98	0,48	1
	Gesamt	286	149,2	34,47	17,08	13,66	15,68	15,68	20,47	20,47	1,98	0,48	1

DANKSAGUNG

Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. M. H. Erhard danke ich für die Überlassung dieses interessanten Themas, die Übernahme der Endkorrektur und die stets freundliche und kompetente Unterstützung.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. B. Maurer vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, Referat Tierschutz.

Meiner Betreuerin Frau Dr. S. Bergmann gilt mein Dank für die konstruktive Zusammenarbeit und die stets gewährte Hilfestellung bei der Bearbeitung des Themas und der Durchsicht der Arbeit.

Herrn Dipl. Stat. Paul Schmidt vom Steinbeis-Forschungszentrum *ancoreStatistics* danke ich für die fachliche und tatkräftige Unterstützung bei der Erstellung der Statistik ebenso, wie dem Statistischen Beratungslabor (StaBLab) des Instituts für Statistik der Ludwig-Maximilians-Universität München unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Helmut Küchenhoff.

Der Bayreuther Schlachthof GmbH gilt mein Dank für die Überlassung der Räumlichkeiten und der technischen Ausrüstung. Ebenfalls danken möchte dem neuen Eigentümer der Bayreuther Schlachthof GmbH, der Firma Müller Fleisch, in Bayreuth vertreten durch Bayreuther Fleisch für die zur Verfügung gestellten Rinderköpfe.

Ein großes Dankeschön geht an die tierärztlichen Kollegen und amtlichen Fachassistenten des Veterinäramtes Bayreuth, allen voran Herrn H. Barthelmann, Herrn T. Keil und Herrn R. Retzer für die freiwillige Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchung.

Meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, und meinen Freunden gilt mein besonderer Dank für die Unterstützung in allen Vorhaben und das Vertrauen in den Erfolg dieser Arbeit.