

Aus dem Institut  
für Hygiene und Technologie der Lebensmittel tierischen Ursprungs  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Lehrstuhl: Univ.-Prof. Dr. A. Stolle

und dem Institut für Technologie  
der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach  
Leiter: Dir. u. Prof. Dr. K. Troeger

---

# Implementierung der Schuss-Schlag-Betäubung im zugelassenen Schlachtbetrieb

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

von Andrea Hoffmann  
aus  
Ulm

München 2003

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. R. Stolla  
Referent: Univ.-Prof. Dr. A. Stolle  
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. R. Mansfeld

Tag der Promotion: 18.Juli 2003

Für Alexander

## Abkürzungsverzeichnis

A	Jungbulle
Abb.	Abbildung
AVVFIHV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung nach dem Fleischhygienegesetz und dem Geflügel- fleischhygienegesetz
B	Bulle
BSE	Bovine Spongiforme Enzephalopathie
bzw.	beziehungsweise
C	Ochse
°C	Grad Celcius
ca.	zirka
cm	Zentimeter
D	Kuh
DCB	dark cutting beef
DFD	dark firm dry
E	Färse
EEG	Elektroencephalogramm
EG	Europäische Gemeinschaft
EKG	Elektrokardiogramm
EP	evozierte Potentiale
et al.	et alii
ggf.	gegebenenfalls
i.d.F.	in der Fassung
JR	Jungrind
m	Meter
max.	maximal
min.	minimal
mind.	mindestens
mm	Millimeter
m / s	Meter pro Sekunde
mV	Millivolt
N	normal (chemisch)

Na	Natrium
N.N.	nomen nescio
PSE	pale soft exsudative
p.m.	post mortem
sog.	sogenannt
SRM	Spezifiziertes Risikomaterial
Tab.	Tabelle
TierSchIV	Tierschutz-Schlachtverordnung
TSE	Transmissible Spongiforme Enzephalopathie
u.a.	unter anderem
VEP	visuell evozierte Potentiale
z.B.	zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Literatur</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Rechtliche Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1.1	Tierschutzgesetz	2
2.1.2	Tierschutz-Schlacht-Verordnung	3
2.1.3	Verordnung (EG) Nr. 270/2002 der Kommission	5
2.1.4	Dritte Verordnung zur Änderung fleisch- und geflügelfleisch- hygienerechtlicher Vorschriften	6
2.1.5	Scientific Opinion on Stunning Methods and BSE Risks	7
2.1.6	Informationsmerkblatt des Länderausschusses für Arbeitsschutz und Sicherheit (LASI): Schutz vor BSE in Schlachtbetrieben	8
2.1.7	Vorgaben der Fleischerei-Berufsgenossenschaft	9
<b>2.2</b>	<b>Betäubungsverfahren</b>	<b>10</b>
2.2.1	Schuss-Schlag-Betäubung	10
2.2.1.1	Geschichte der Schuss-Schlag-Betäubung	10
2.2.1.2	Mechanismus und Pathologie der Bewusstlosigkeit	12
2.2.2	Bolzenschussbetäubung	14
<b>2.3</b>	<b>Anatomische Grundlagen</b>	<b>17</b>
2.3.1	Wahl des Applikationsortes	17
2.3.2	Schädelprofil und Pneumatisation	21
<b>2.4</b>	<b>Fleischqualität aufgrund technologischer Gegebenheiten und Verfahrenstechniken der beprobten Schlachtbetriebe</b>	<b>24</b>
2.4.1	Farbmessungen	24
2.4.1.1	Allgemein	24
2.4.1.2	Abweichungen	25

2.4.2	pH-Wert-Messungen	25
2.4.2.1	Allgemein	25
2.4.2.2	Abweichungen	28
<b>2.5</b>	<b>EKG - Elektrokardiogramm</b>	<b>30</b>
<b>3.</b>	<b>Eigene Untersuchungen</b>	<b>32</b>
<b>3.1</b>	<b>Material</b>	<b>32</b>
<b>3.2</b>	<b>Instrumente und Geräte</b>	<b>33</b>
3.2.1	Betäubungsgeräte	33
3.2.1.1	Schuss-Schlag-Betäubungsapparate	33
3.2.1.2	Treibladungen / Luftdruck	36
3.2.1.3	Bolzenschussapparat	37
3.2.1.4	Betäubungsfalle mit Kopffixierung	37
3.2.2	Meßgeräte	39
<b>3.3</b>	<b>Methoden</b>	<b>39</b>
3.3.1	Betäubungsversuche	40
3.3.1.1	Beurteilung der Betäubung	40
3.3.1.2	Untersuchungen zum Applikationsort	41
3.3.1.3	Untersuchungen mit optimierten Kombinationen	41
3.3.2	EKG	41
3.3.3	Pathologisch-anatomische Untersuchungen	42
3.3.4	Fleischqualität	42
3.3.4.1	Farbmessungen	42
3.3.4.2	pH-Wert-Messungen	43
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>44</b>
<b>4.1</b>	<b>Applikationsort am Rinderschädel</b>	<b>44</b>
<b>4.2</b>	<b>Treibladungen</b>	<b>46</b>
<b>4.3</b>	<b>Art der Geräte</b>	<b>52</b>

<b>4.4</b>	<b>Beurteilung der Betäubungswirkung</b>	55
4.4.1	Registrierung der unwillkürlichen Bewegungen nach der Betäubung	57
<b>4.5</b>	<b>EKG</b>	61
<b>4.6</b>	<b>Fleischqualität</b>	62
<b>4.7</b>	<b>Sektionsbefunde</b>	65
<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	68
<b>5.1</b>	<b>Applikationsort am Rinderschädel</b>	68
<b>5.2</b>	<b>Treibladungen</b>	68
<b>5.3</b>	<b>Art der Geräte</b>	70
<b>5.4</b>	<b>Beurteilung der Betäubungswirkung</b>	71
<b>5.5</b>	<b>EKG</b>	72
<b>5.6</b>	<b>Fleischqualität</b>	73
<b>5.7</b>	<b>Sektionsbefunde</b>	73
<b>6.</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	75
<b>6.1</b>	<b>Bedeutung für die Fleischqualität und fleischhygienische Aspekte</b>	75
<b>6.2</b>	<b>Bedeutung für den Verbraucherschutz</b>	75
<b>6.3</b>	<b>Bedeutung für den Arbeitsschutz</b>	75
<b>6.4</b>	<b>Bedeutung für den Tierschutz</b>	76
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	78
<b>8.</b>	<b>Summary</b>	80
<b>9.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	82
<b>10.</b>	<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b>	92
<b>11.</b>	<b>Anhang</b>	96

## 1. Einleitung

Während Scrapie beim Schaf seit 200 Jahren bekannt ist, trat in den 90'er Jahren des letzten Jahrhunderts eine verwandte Krankheit bei Rindern, die Bovine Spongiforme Enzephalopathie, in das Bewusstsein der Öffentlichkeit. Diese Tierkrankheit erzeugte große Ängste, da sie im Verdacht steht, beim Menschen die neue Variante der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit auszulösen. Infolgedessen brach der Rindfleischabsatz praktisch zusammen und stürzte das gesamte fleischverarbeitende Gewerbe in seine bislang schwerste Krise. Nachdem zunächst die Boulevardpresse mit Schreckensmeldungen die öffentliche Meinung prägte, begann daneben bald eine sachliche Diskussion. Somit hatte die BSE-Krise nicht nur negative Folgen für die Fleischwirtschaft, es ergab sich auch die Möglichkeit, Althergebrachtes zu überdenken und auf seine Gültigkeit im „Heute“ zu überprüfen.

Die Fütterung der Tiere stellt die Hauptinfektionsquelle für die Rinder dar. Daneben steht die Fleischproduktion mit den verschiedenen Prozessstufen als mögliche Risikoquelle für den Verbraucher im Vordergrund. Die Regelungen und Vorgehensweisen im Bereich Schlachten wurden dahingehend überdacht, wie eine Gefährdung einer Kontamination des Fleisches durch den bei erkrankten Rindern im Nervengewebe vorhandenen Erreger vermieden werden kann. Dazu sollen die potentiell erregerhaltigen Nervengewebeanteile möglichst ohne Kontakt mit der Umgebung und insbesondere dem Muskelfleisch entfernt und beseitigt werden. Hierbei ist vor allem die Betäubung der Schachtrinder als problematisch anzusehen, da sie das Bewusstsein und das Schmerzempfinden ausschalten soll und daher am Gehirn ansetzt. Zunächst wurde der Gebrauch des Rückenmarkzerstörers verboten. Jedoch traten bei alleiniger Bolzenschussbetäubung Probleme auf, da die betäubten Tiere noch starke Bewegungen zeigten. Dieses ist besonders kritisch unter dem Gesichtspunkt des Arbeitsschutzes zu beurteilen. Daher rückte die Entwicklung alternativer Betäubungstechniken in den Vordergrund. Wichtig bei diesen Überlegungen war, dass die Betäubungsmethoden sowohl in zugelassenen als auch in registrierten Schlachtbetrieben einsetzbar sind. Eine dieser Betäubungsmethoden ist die nicht penetrierende, stumpfe Schuss-Schlag-Betäubung.

Die Schuss-Schlag-Betäubung ist in Deutschland noch nicht als Betäubungsverfahren zugelassen. Die vorliegende Arbeit soll dazu beitragen, diese Form der Betäubung genauer zu untersuchen, insbesondere im Hinblick auf die Praktikabilität im Routineeinsatz, Verbesserung des Arbeitsschutzes, Minimierung einer möglichen Verbrauchergefährdung und Einhaltung der tierschutzrechtlichen Forderungen.

## **2. Literatur**

### **2.1 Rechtliche Grundlagen**

Die Gewinnung von Fleisch unterliegt vielfältigen rechtlichen Regelungen. Zum einen spiegeln diese Gesetze, wie zum Beispiel das Tierschutzgesetz, die Werte der Gesellschaft im Umgang mit dem Tier wieder, indem sie es vor unnötigen Schmerzen bewahren. Zum anderen sind sie, wie z.B. die Fleischhygieneverordnung, praktische Anweisungen um ein sachgerechtes Vorgehen im Schlachtablauf sicherzustellen und damit die Sicherheit sowohl vom Verbraucher als auch vom „ausführenden“ Schlachtpersonal im Bezug auf Krankheiten und sonstigen Gefahren zu gewährleisten. In den folgenden Unterkapiteln sind die wichtigsten Gesetze und Verordnungen kurz zusammengefasst.

#### **2.1.1 Tierschutzgesetz**

Die deutsche Gesetzgebung betrachtet die Tiere als Mitgeschöpf. Das Tierschutzgesetz verdeutlicht dieses dadurch, dass es als oberste Prämisse den Schutz der Tiere vorgibt. So darf den Tieren generell keine unnötigen Schmerzen oder Leiden zugefügt werden. Besonders deutlich wird dieser Schutz der Tiere im dritten Abschnitt des Tierschutzgesetzes, denn auch die Tötung der Tiere muss unter Vermeidung unnötiger Leiden oder Schmerzen vollzogen werden.

Speziell für das Schlachten von Wirbeltieren gilt § 4a dieses Gesetzes. So darf ein Wirbeltier nur unter Betäubung getötet werden. Weiterhin darf die Tötung nur die Person ausführen, welche die dazu notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten hat. Um dieses zu gewährleisten müssen Personen, die berufs- oder gewerbemäßig regelmäßig Tiere töten, eine ausreichende Ausbildung in Form eines Sachkundenachweises nachweisen. In Deutschland dürfen warmblütige Tiere nur geschlachtet werden, wenn sie vor dem Beginn des Blutentzugs betäubt worden sind, z.B. über ein zulässiges Verfahren wie den Bolzenschuss. Ausnahmen hiervon muss die zuständige Behörde genehmigen, was beispielsweise bei einer

„Halalschlachtung“ nach muslimischem Brauch oder einer jüdischen „koscheren“ Schlachtung erforderlich ist.

### **2.2.1 Tierschutz-Schlachtverordnung**

Neben dem Tierschutzgesetz ist der Gedanke des Tierschutzes im Zusammenhang mit dem Schlachten in der Tierschutz-Schlachtverordnung (TierSchlV) gesetzlich verankert. Besonderer Augenmerk wird dabei in dieser Verordnung auf das Betreuen, Ruhigstellen und Betäuben von Tieren vor dem Schlachten in einem Schlachtbetrieb gelegt. Laut Definition stellt ein Schlachthof einen kommerziell arbeitenden Betriebe dar, welcher warmblütige Tiere verarbeitet. Die Tierschutz-Schlachtverordnung nimmt auch die bereits oben beschriebenen Grundvoraussetzungen für das Töten von Wirbeltieren in ihre Gesetzgebung auf. So werden auch in dieser speziellen Verordnung notwendige Kenntnisse und Fähigkeiten (Sachkunde) für das Betreuen, das Ruhigstellen, das Betäuben, das Schlachten und das Töten dieser Tiere von dem Auszuübenden vorausgesetzt. Beim Umgang mit den Tieren ist darauf zu achten, dass diesen keine unnötige Aufregung, Schmerzen, Leiden oder Schäden zugefügt werden. Die Betäubungsfalle muss so konstruiert sein, dass die Tiere ruhig stehen und das Betäuben oder Töten rasch erfolgen kann. Dabei müssen die Tiere so betäubt werden, dass sie vor Eintritt des Todes nicht mehr zu Bewusstsein kommen. 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. Die Betäubungsgeräte müssen regelmäßig überprüft und gewartet werden. Die erlaubten Betäubungsverfahren für die einzelnen Tierarten sind in Anlage 3 der Tierschutz-Schlachtverordnung aufgelistet. Die Schuss-Schlag-Betäubung ist dort nicht als zugelassenes Betäubungsverfahren vorgesehen.

### **2.1.3 Verordnung (EG) Nr. 270/2002 der Kommission**

Die Gesetzgebung unterlag den letzten Jahren ständigen Überarbeitungen. Nach der nationalen Umsetzung der TSE-Verordnung Nr. 999/2001 durch die Verordnung zur Ergänzung fleisch- und lebensmittelhygiene-rechtlicher Regelung vom 19. Dezember 2001 und der Änderung der 999/2001 durch die 270/2002 wurden am 31. März 2002 sämtliche Belange, die BSE betreffen und sowohl national als auch in den EG-Verordnungen doppelt erwähnt wurden, aus der Fleischhygieneverordnung gestrichen. Somit ist die Listung der SRM nur noch in den EG-TSE-Verordnungen zu finden. Zuletzt wurden diese, die EG 999/2001 immer als Basisverordnung heranziehend, durch die 1494/2002 geändert.

In der Verordnung (EG) Nr. 270/2002 der Kommission wird der Umgang mit zentralem Nervengewebe im Zusammenhang mit der Gewinnung von Fleisch von Rindern, Schafen und Ziegen geregelt. So ist nach dem Betäuben die Einführung eines konischen Stahlstabs in die Schädelhöhle verboten. Gemeint ist die Verwendung eines Rückenmarkszerstörers. Dieser wurde eingesetzt um die nach dem Schlachten auftretenden Reflexe, wie Strampeln mit den Beinen, zu vermeiden. Weiterhin werden die Anzahl der durchzuführenden BSE-Proben, sowie das Alter der Tiere festgelegt, von denen Proben genommen werden müssen. Sollte eine dieser Proben positiv sein, so müssen von diesem Tier alle Körperteile inklusive der Haut beseitigt werden. Dieses gilt auch für den direkt vorausgehenden Schlachtkörper und die zwei direkt folgenden Schlachtkörper. Von dieser Regelung kann abgesehen werden, wenn die Kontamination der Schlachtkörper verhindert wird. Dies kann zum Beispiel durch Desinfektion oder Wechsel der Gerätschaften, welche mit Risikomaterial in Berührung kommen, erfolgen.

#### **2.1.4 Dritte Verordnung zur Änderung fleisch- und geflügelfleisch-hygienerechtlicher Vorschriften**

Die Vorgehensweise im Schlachtbetrieb nach einem BSE positiv getesteten Rind hat im Laufe der letzten Jahre eine stetige Wandlung erfahren. So wird zum jetzigen Zeitpunkt bei einem Rind, bei dem BSE festgestellt wird, dieses beschlagnahmt und nach den Vorschriften des Tierkörperbeseitigungsgesetzes beseitigt. Dies gilt auch für Tierkörper oder Teile von Tierkörpern, die infolge des Schlachtablaufes mit infektiösem Material in Verbindung gekommen sind.

Werden Schlachtgeräte, die bei einem mit BSE infizierten Tier in Benutzung waren, anschließend für die Schlachtung weiterer Tiere eingesetzt ohne dass eine Reinigung und Desinfektion durchgeführt wurde, so werden auch die Tierkörper dieser Tiere als spezifisches Risikomaterial eingestuft. Die Geräte und Gegenstände sind im Einzelnen der penetrierende Bolzen des Schussapparates, das Messer das zum Absetzen des Kopfes verwendet wird, die Sägeblätter der Rückenspaltsäge und sonstige Geräte sowie die Schutzkleidung (z.B. Handschuhe), die mit dem Rückenmark oder Gehirn in Berührung kommen können.

Eine Reinigung und Desinfektion muss nach bestimmten Vorgaben durchgeführt werden. Diese bestehen aus Spülen mit heißen Wasser und anschließender 60-minütiger Desinfektion mit Natriumhypochloridlösung (mit mind. 2 % freiem Chlor) oder alternativ mit 1 N (4 %) Natronlauge (mind. 20°C warm). Nach dieser Reinigung und Desinfektion kann davon ausgegangen werden, dass kein BSE-infektiöses Material mehr vorhanden ist. Eine derartige Reinigung und Desinfektion nicht-penetrierender Betäubungsgeräte (Schuss-Schlag- und Elektrobetäubung) ist nicht notwendig, da es zu keiner Kontamination mit BSE-haltigen Material kommen kann.

### **2.1.5 Scientific Opinion on Stunning Methods and BSE Risks, Standpunkt der Europäischen Union bezüglich der nicht penetrierenden Betäubungsmethoden und deren BSE-Risiken**

Bis zum heutigen Zeitpunkt wurden sehr wenige Untersuchungen über das Auftreten von Blutgerinnseln mit Anteilen von Hirngewebe im Schlachttierkörper oder in den Organen infolge einer Elektrobetäubung oder Schuss-Schlag-Betäubung durchgeführt. ANIL et al. (1999) fanden bei einer Untersuchung von 15 schuss-schlag-betäubten Rindern keinen Beweis für ein Gerinnsel mit Emboli aus Gehirnzellen.

Wissenschaftliche Überlegungen tendieren dahin gehend, dass bei diesen nicht penetrativen Betäubungsarten kein Risiko einer Verschleppung von Gehirnmaterial besteht. Zur Absicherung dieser Vermutungen werden jedoch zusätzliche neue Studien über die Verschleppung von Blutgerinnseln und Anteilen von ZNS bei diesen Betäubungsmethoden angeregt. Diese Untersuchungen sollen bestätigen, dass keine Blutgerinnsel und Zellen des Gehirns im Tierkörper oder dessen Organen nach der Schlachtung nachweisbar sind. Diese Forschungsvorhaben sollen speziell beim Rind weiter vorangetrieben werden.

Der wissenschaftliche Lenkungsausschuss regt an, dass Experten aus dem Gebiet der Schlachtmethodik zu Rate gezogen werden, um die Folgen der Auswirkung aller Empfehlungen abschätzen zu können. Diese sollen möglichen Auswirkungen und Nachteile bezüglich Sicherheit, Fleischhygiene und Tierschutz die durch ein Ersetzen der penetrierender Betäubung (Bolzenschuss) durch andere Betäubungsmethoden (z.B. Schuss-Schlag-Betäubung) aufzeigen und untersuchen. Wichtig bei diesen Untersuchungen sollen die Tierschutzbelange und die Sicherheit der Arbeiter, sowie die kommerziellen und praktischen Auswirkungen sein. Ein positives BSE-Testergebnis hat in jedem Fall die Beseitigung des Tierkörpers, aller Organe und Gewebe einschließlich des Blutes als Resultat. Dies gilt auch für das Blut, wenn es mit dem von BSE-negativen Tieren vermischt ist, oder andere Kontaminationen möglich sind.

## **2.1.6 Informationsmerkblatt des Länderausschusses für Arbeitsschutz und Sicherheit (LASI): Schutz vor BSE in Schlachtbetrieben**

Wenn auch ein Zusammenhang zwischen beruflicher Tätigkeit und der neuen Form der Creutzfeldt Jakob-Krankheit bisher nicht nachgewiesen wurde, sind dennoch zum Schutz der Gesundheit von Beschäftigten wegen der noch ungeklärten Risiken vorbeugende Maßnahmen erforderlich, wenn bei Tätigkeiten ein Kontakt mit BSE-erregerhaltigem Material möglich ist.

Beschäftigte in Schlachthöfen können mit Risikomaterialien, insbesondere bei der Bolzenschussbetäubung und dem Kopfabsetzen, in Kontakt kommen. In Abhängigkeit von der Exposition und Art der Arbeit ist eine Aufnahme der Prionen bei Beschäftigten möglich. Dies kann über die Schleimhäute des Mundes, der Nase und der Augen, sowie durch Verschlucken oder Verletzungen der Haut (Schnitt- und Stichverletzungen) erfolgen. Nach heutigen Erkenntnissen gilt die orale Aufnahme über Nahrungsmittel als Hauptübertragungsweg beim Menschen.

Zusätzlich zu den Bestimmungen der Lebensmittelhygiene hat der Arbeitgeber an den relevanten Arbeitsplätzen nach der Biostoffverordnung (BioStoffV) Schutzmaßnahmen zu treffen und persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen. So müssen an allen Arbeitsplätzen, an denen Kontaktmöglichkeit mit Risikomaterial besteht, flüssigkeitsdichte Schutzhandschuhe zur Verfügung stehen. An allen Arbeitsplätzen, an denen mit scharfen Werkzeugen wie z.B. Handmesser, Rückenmarkhohlmesser, Rückenmarkfräse umgegangen wird, sind diese Schutzhandschuhe unter dem schnitthemmenden oder schnittfesten Handschuh zu tragen. Ein geeigneter Gesichtsschutz (Spritzschutz, wie beispielsweise Helm/Visier oder alternativ Schutzbrille, sowie Mund- und Nasenschutz) ist zu tragen, wenn die Möglichkeit besteht, dass Spritzer von Risikomaterialien auftreten können. Dies gilt insbesondere für die Arbeitsplätze "Schussbetäubung", "Tierhalbierung" und "Rückenmarksentnahme" sowie ggf. für Reinigungs- und Wartungsarbeiten. Bei der Auswahl des Gesichtsschutzes sind die Beschäftigten zu beteiligen um die gewünschten Akzeptanz zu erhöhen.

Bei Nachweis eines infizierten Rindes ist die Schutzausrüstung in geeigneter Weise zu entsorgen. Anschließend hat eine Dekontamination des Arbeitsbereiches mit alkalischen Desinfektions-/Reinigungsmitteln (mindestens 4% Natronlauge, 30 Minuten Einwirkzeit) und eine Nachreinigung mit Wasser zu erfolgen.

### **2.1.7 Vorgaben der Fleischerei-Berufsgenossenschaft**

Ein wichtiger Punkt, den es bei der Benutzung von Schussapparaten zu beachten gilt, wird in den Vorgaben der Fleischerei-Berufsgenossenschaften aufgenommen. So wird genauestens gefordert, dass in Schussapparaten nur die Munition verwendet wird, die sowohl auf dem Gerät, als auch in der Betriebsanleitung vorgesehen ist. In der Unfallverhütungsvorschrift 45, Arbeiten mit Schussapparaten, der Fleischerei-Berufsgenossenschaft ist die Kennzeichnung der Schussapparate mit Zulassungszeichen, Name oder eingetragenen Warenzeichen, Typenbezeichnung, der für den Schussapparat vorgeschriebenen Munition und Fabrikationsnummer gesetzlich gefordert. Bei Viehschussgeräten muss zusätzlich das vorgeschriebene Prüfzeichen nach der Wiederholungsprüfung angebracht sein. In Schussapparaten darf nur die Munition verwendet werden, die auf dem Gerät und in der Betriebsanleitung angegeben ist, die ein Herstellerzeichen trägt, die mit dem Stärkegrad der Ladung gekennzeichnet ist und deren Verpackung einen Hinweis auf die zugelassene Geräteart und den Stärkegrad der Ladung aufweist. Vor Beginn der Arbeiten mit Schussapparaten ist deren sicherer Zustand zu prüfen. Beim Laden von Viehschussgeräten und Spannen des Zündbolzens ist der Lauf so zu halten, dass dieser nicht auf Personen gerichtet ist. Das Spannen des Zündbolzens darf erst unmittelbar vor dem Zünden erfolgen und das Viehschussgerät darf nicht an der Mündung gehalten werden.

## 2.2 Betäubungsverfahren

Eine rituelle Schlachtung (Schächten) war und ist immer wieder Gegenstand von Diskussionen im Zusammenhang mit dem Tierschutz. Dienten früher Betäubungsverfahren hauptsächlich dem Schutze des Schlachtpersonals, steht heute bei der Betäubung jedoch mehr der Tierschutzgedanke im Vordergrund (KALLWEIT et al., 1989).

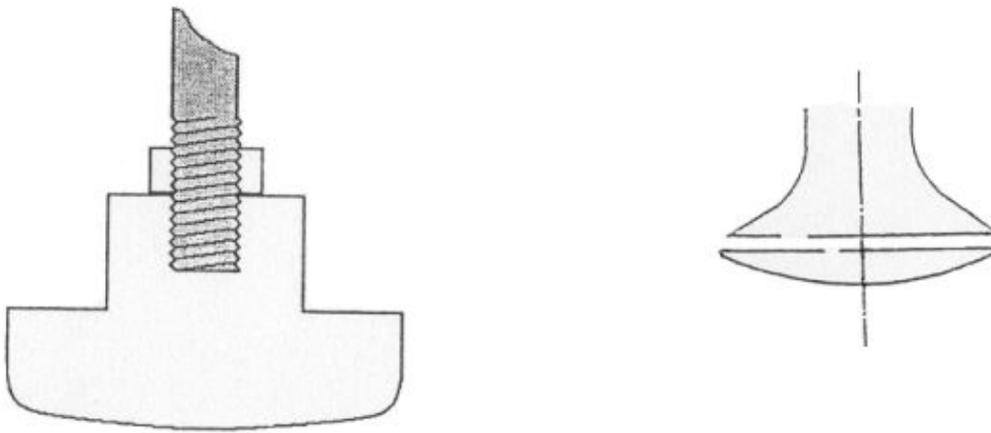
### 2.2.1 Schuss-Schlag-Betäubung

#### 2.2.1.1 Geschichte der Schuss-Schlag-Betäubung

Die Betäubung von Schlachttieren durch einen Schlag auf den Kopf mit einem besonderen Werkzeug stellt die älteste Betäubungsmethode dar. Die sog. Keulung wurde mit einer Holzkeule, einem Hammer oder dem stumpfen Ende einer Axt ausgeführt (FAHRBACH, 1948).

Die modernen Geräte mit einem nicht-penetrierenden Bolzen verfügen über einen pilzförmigen Kopf. Diese Geräte werden entweder mit einer Patrone oder mit Druckluft betrieben (MIDAS, 1978). Untersuchungen zu den verschiedenen Schlagkopfformen liegen in der Dissertation von MÄNNL (1993) vor. In dieser Untersuchung brachten Formen mit abgeflachten pilzförmigen Schlagköpfen (siehe **Abb. 1**) die besten Ergebnisse. Es wurde festgestellt, dass Fehlbetäubungen sowohl aufgrund einer falschen Ansatzstelle bedingt waren, als auch an den nicht gleichmäßigen Treibladungsstärken, obwohl diese laut Hersteller gleich sein sollten.

In einer Untersuchung zur Schuss-Schlag-Betäubung wurde bei 8 von 31 Kälbern das Gehirn durch Knochenfrakturen zerstört. Diesen Kälbern wurde der pilzförmige Kopf auf der Stirn oder auf dem Hinterkopf angesetzt. Die Betäubungswirkung war bei 15 von 19 Kälbern, die an der Stirn mit Hilfe eines Schuss-Schlag-Apparates betäubt wurden, ausreichend (LAMBOOY et al., 1981).



**Abb. 1:** Schlagkopfformen mit den besten Ergebnissen nach MÄNNL (1993)

Untersuchungen an der Tierärztlichen Hochschule Hannover zeigten, dass bei erwachsenen Rindern, eine Schuss-Schlag-Betäubung wirksam sein kann. Als Voraussetzung hierzu ist ein korrekter Ansatzpunkt und eine genügend starke Treibladung vonnöten (MICKWITZ und LEACH, 1977).

Zwei große Probleme der Schuss-Schlag-Betäubung sind laut BLACKMORE (1979) das möglich Vorhandensein von Blutpunkten und Gehirnblutungen. Blutpunkte traten jedoch bei der Schuss-Schlag-Betäubung signifikant seltener auf als bei der Elektrobetäubung. Die Schuss-Schlag-Betäubung kann eine effektive und humane Betäubungsmethode sein, die aber eventuell unerwünschte Nebeneffekte hervorruft. Da die Schuss-Schlag-Betäubung eine reversible Betäubung darstellt, sollte das Intervall zwischen Betäubung und Entblutestich so klein wie möglich sein (BLACKMORE und DELANY, 1988). JOHANNSEN (2002) beschreibt, dass die Entblutung daher am liegenden Tier durchzuführen ist und die Tiere erst anschließend angeschlungen werden.

### 2.2.1.2

### Mechanismus und Pathologie der Bewußtlosigkeit

Das posttraumatische Bild einer stumpfen Schädelverletzung beim Menschen zeigt Bewußtlosigkeit, Amnesie und neurologische Ausfälle (REMMELE, 1984). Es treten im Wesentlichen zwei verschiedene Gehirnläsionen auf, die einzeln oder zusammen vorkommen:

#### a) Gehirnerschütterung (Commotio cerebri)

Eine Gehirnerschütterung ist eine vorübergehende Bewußtseinstrübung, bei welcher keine makroskopisch erkennbaren Gewebeschädigungen auftreten. Sekundär können Gehirnschwellungen auftreten (UNTERHARNSCHEIDT, 1971; REMMELE, 1984). Diese traumatisch verursachte Störung des Nervensystems ist durch eine temporäre Beeinträchtigung des Bewusstseins, Fehlen oder Reduzierung von Reflexen, Benommenheit, milde Verwirrtheit und Kopfschmerz, sowie eine Degeneration und Nekrose von Einzelzellen (WALKER, 1944; DAHME und WEISS, 1999) klinisch charakterisiert.

#### b) Gehirnquetschung (Contusio cerebri)

Der Liquor ist weniger träge als das Gehirn und so fließt er um das Gehirn an die Stelle, die der Schlageinwirkung gegenüber liegt (= CONTRE-COUP). Das Gehirn schlägt an der Stelle der Schlageinwirkung (= COUP) am Schädelknochen an. Der Liquor fließt zurück und das Gehirn stößt an der Contre-Coup-Stelle am Knochen an. Die Läsionen beim sekundäre Schlag des Gehirns sind stärker als der an der Stelle des primären Aufschlags (MÄNNL, 1993). Im Vordergrund der pathologischen Veränderungen stehen Gewebsödeme und meningeale Blutungen (DAHME und WEISS, 1999).

Es gibt verschiedene Berichte über die Bewusstlosigkeit nach stumpfem Hirntrauma: Das Gehirn ist zwar gegen leichte Erschütterungen durch seinen Aufbau geschützt. Aber kurze, mit entsprechender Kraft geführte Schläge beschleunigen das Gehirn so stark, dass Gefäße zwischen Gehirn und Schädelknochen zerreißen. Dabei wird das Gehirn gegen die Schädelkapsel geschleudert (GANONG, 1974).

Unabhängig von der Art der Kraft, welche die traumatische Erschütterung der Zellmembranen verursacht, gibt es Beweise dafür, dass kräftige Druckwellen in den Schädelhöhlen durch einen Schlag auf den Kopf hervorgerufen werden und dass die Frequenz und die Stärke dieser Wellen in den unterschiedlichen Teilen des Gehirns variiert (LAMBOOY, 1981a). Teile des Gehirns werden dabei entweder unmittelbar oder durch anschließende Schockwellen zerstört. Bei Versuchen mit der Schuss-Schlag-Betäubung zeigten pathologische Untersuchungen bei 5 von 31 Tieren einen Riß, bei 20 Tieren einen Schädelbruch und bei insgesamt 15 von 31 Tieren wurde eine Blutung im Gehirn zwischen den zerebralen Membranen beobachtet. Bei acht Rindern zerstörten die Knochenstücke der Schädelfrakturen das Gehirn (LAMBOOY et al., 1983).

Beobachtungen von UNTERHARNSCHEIDT (1971) aus der Humanmedizin zeigen, dass, wenn ein Schädel breitflächig von einem stumpfen Gegenstand getroffen wird, trotz Deformation oder Fraktur des Knochens die Dura gewöhnlich unverletzt bleibt. Von gleichen Ergebnissen berichtet auch FINNIE (1995) nach der Schuss-Schlag-Betäubung von Rindern mit einem pilzförmigen Schlagkopf.

Gewalteinwirkungen auf einen fixierten Schädel erzeugen keine nennenswerte Beschleunigung und die Verletzungen sind in der Regel Impressionstraumen (UNTERHARNSCHEIDT, 1971). Auch FINNIE (1995) berichtet, dass eine von einer Schuss-Schlag-Betäubung zugefügte stumpfe Schädelverletzung den sofortigen Verlust des Bewusstseins zur Folge hat. Dabei kommt es zu einer Impressionsfraktur der Stirnbeins und ausgedehnten subarachnoidalen Hämatomen. Diese liegen insbesondere unterhalb der Aufschlagstelle, im temporalen und frontalen Bereich des Gehirns. Weitere Blutungen sind am Hirnstamm lokalisiert. Solche primär-traumatische Schäden am Hirnstamm führen mit wenigen Ausnahmen zum raschen Tod (AMANN et al., 1972). REMMELE (1984) stellt fest, dass Subarachnoidalblutungen, welche in Folge gedeckter Hirnverletzungen auftreten können, oft Liquorblutungen verursachen.

Nach PADDLEFORD und ERHARDT (1992) wird in der Anästhesie die Betäubungstiefe, nach Anlehnung an das Betäubungsschema nach Güdel, in vier Stadien eingeteilt:

Das **Stadium I** ist das Analgesiestadium, die Pupille ist eng, Pupillar-, Lid- und Cornealreflexe sind präsent. Im Exzitationsstadium, dem **Stadium II**, kommt es zu unwillkürlichen Bewegungen und die Pupille ist geweitet, die Pupillar-, Lid- und Cornealreflexe sind vorhanden und der Muskeltonus nimmt zu. Das **Stadium III**, auch Toleranzstadium genannt, weil es den Bereich darstellt in dem der Patient chirurgische Eingriffe toleriert, wird in drei Stufen unterteilt: In Stufe 1 wird die Pupille wieder eng, Pupillarreflex, Muskeltonus und Tränenfluß werden schwächer, Lid und Cornealreflex fallen allmählich aus, der Bulbus rotiert meist nach unten und das Schmerzempfinden ist noch nicht völlig ausgeschaltet. Stufe 2 ist gekennzeichnet durch Abschwächung und Ausfall des Pupillar-, Husten- und Schluckreflexes, Weitstellung der Pupille, der Bulbus befindet sich wieder in seiner normalen Lage, der Pupillarreflex fällt aus. Bei der Stufe 3 ist die Pupille dann maximal geweitet, der Bulbus starr, die Atmung sistiert und der Vorfall des dritten Augenlids bildet sich zurück. Im **Stadium IV**, dem Asphyxiestadium sind alle Reflexe ausgefallen, es kommt zur Schnappatmung, und der Puls wird flach und schnell.

Prognostisch am aussagekräftigsten für eine Genesung war die Dauer der posttraumatischen Amnesie. Lag eine Contusio cordis oder ein Hirnödem vor, ist die Prognose wieder gesund zu werden schlechter (REMMELE, 1984). Auch bei Tieren gilt der gleiche Sachverhalt der Reversibilität nach einem stumpfen Hirntrauma. BLACKMORE (1979) berichtet, dass bei Kälbern, die schuss-schlag-betäubt wurden, der Cornealreflex zum Teil schon nach 20 Sekunden wieder vorhanden war. Die Atmung hörte bis 35 Sekunden nach der Betäubung auf, weiterhin trat auch Nystagmus und Innenrotation der Augen auf.

### **2.2.2 Bolzenschussbetäubung**

Die Bolzenschussbetäubung löst eine zweifache Betäubungswirkung aus. Der Aufschlag des Bolzens auf dem Stirnbein bewirkt eine Gehirnerschütterung, die mit einer kurzzeitigen Bewusstlosigkeit verbunden ist. Das Eindringen des Bolzens verursacht im Gehirn zudem umfangreiche Schäden. Hierdurch wird die Empfindungs- und Wahrnehmungsfähigkeit erheblich verringert. Wird dabei das

Atemzentrum zerstört, kann die Bewusstlosigkeit irreversibel sein (JOHANNSEN, 2002).

Berichte aus der Humanmedizin über Verletzungen mit Viehbetäubungsgeräten - Bolzenschussapparaten - zeigen, dass der Bewusstseinsverlust schlagartig eintritt. In fast allen Fällen vertiefte sich die Bewusstseinsstörung schlagartig bis zum Tode. Neurologisch kam es zu Areflexie, Störungen des Muskeltonus, Pupillenveränderungen und Krampfanfällen (SIMON, 1989).

Bezüglich der Beurteilung der Bewusstlosigkeit stützen sich die meisten experimentellen Untersuchungen auf das Auftreten einer Nulllinie im Elektroencephalogramm (EEG) (MICKWITZ und LEACH, 1977). Krampfanfälle nach der Bolzenschuss-Betäubung traten bei über 90 % der 12 untersuchten Kühe während des Null-Linien-Elektroencephalogramms auf. Als Ursache kann der Aktivitätsverlust des Großhirns mit folgender gesteigerter medullärer oder spinaler Reflextätigkeit und nicht eine Schmerzempfindung angesehen werden. Nach der Betäubung bei Rindern mit dem Bolzenschuss sind auftretende tonischen Spasmen der gesamten Muskulatur, ein Zusammenbrechen der Tiere und schließlich Laufkrämpfe zu beobachten, während die Augen starr und reflexlos sind (FRICKER und RIEK, 1981). Laufkrämpfe und unkoordinierte Muskelbewegungen traten erst nach dem Erlöschen der Gehirnaktivität durch eine Enthemmung spinaler Reflexe auf (PAULSEN et al., 2001). Die Auswirkungen des Bolzenschusses auf des Gehirn wurden von DALY et al. (1987) bei erwachsenen Rindern untersucht. Im Speziellen wurde die Bedeutung der Bolzengeschwindigkeit anhand von VEP, visuell evozierten Potentialen, als Maß für die Gehirnschädigung betrachtet und der Zeitraum bis zur Wiedererholung bewertet. Eine steigende Bolzenschussgeschwindigkeit (55 und 58 m/s) reduzierte die Häufigkeit von Tieren mit VEPs nach dem Schießen und erhöhte ebenso die Zeit bis zum Wiedererholen der VEPs (DALY et al., 1987). Als Kriterium für eine effektive Betäubung wurde die unmittelbare Beseitigung evozierter Potentiale, EP, bewertet. Es zeigte sich im Laufe der Untersuchungen, dass der Hauptfaktor für die Beseitigung der EPs des Aufschlag des Bolzens und nicht die Gewebeerstörung ist (DALY, 1987).

Eine Bewusstlosigkeit bei Schlachttieren kann nur dann angenommen werden, wenn das Tier völlig bewegungslos liegt und auf Schmerzreize keine Reaktionen zeigt (MICKWITZ und LEACH, 1977).

HOLLEBEN et al. (2002) berichten, dass Rinder nach Bolzenschussbetäubung offensichtlich nicht richtig betäubt waren. Ursache soll einerseits die unzureichende Betäubungswirkung des Bolzenschusses ohne den nachfolgenden Einsatz des Rückenmarkzerstörers sein, der seit dem 1. Januar 2001 verboten ist, andererseits eine nicht korrekt gewählte Ansatzstelle für das Bolzenschussgerät. Die Bolzenschussbetäubung ist allerdings ein bewährtes und sicheres Betäubungsverfahren, gesetzt den Fall, sie wird korrekt ausgeführt.

Eine Möglichkeit zur Einschränkung der Kopfbewegung vor dem Bolzenschuss ist notwendig (MICKWITZ/LEACH, 1977; HOLLEBEN et al., 2002). Bei korrekter Betäubung treten reflektorische Beinbewegungen nachweislich seltener auf (HOLLEBEN et al., 2002). Eine Untersuchung aus den USA zeigt, dass von 11 Rinderschlachtbetrieben nur 4 in der Lage waren die Rinder in 95 -100 % der Fälle mit einem einzigen Bolzenschuss zu betäuben. In 4 Betrieben war die Ursache eine schlechte Wartung der Geräte. Schlechtes ergonomisches Design des Betäubungsgerätes und dessen Unhandlichkeit war in 2 Betrieben die Ursache für schlechte Betäubungen (GRANDIN, 1998).

EWBANK et al. (1992) untersuchten die Bolzenschussbetäubung unter verschiedenen Fixationsbedingungen. Es wurde sowohl bei Rindern, deren Bewegungsfreiheit durch eine Kopffixierung eingeschränkt wurde, als auch bei solchen, die sich in der Betäubungsbox frei bewegen konnten, Reaktionen beobachtet. Weiterhin war problematisch, dass 85,45 % der Tiere den Kopf nicht freiwillig in die Kopffixierung steckten. Weitere Möglichkeiten der Kopffixierung von Rindern während der Betäubung sind die von AANES (1987) beschriebenen Methoden mittels Halfter. Diese sind ohne baulichen Aufwand flexibel durchzuführen, da es sich nicht um eine fest installierte Vorrichtung handelt.

## **2.3 Anatomische Grundlagen**

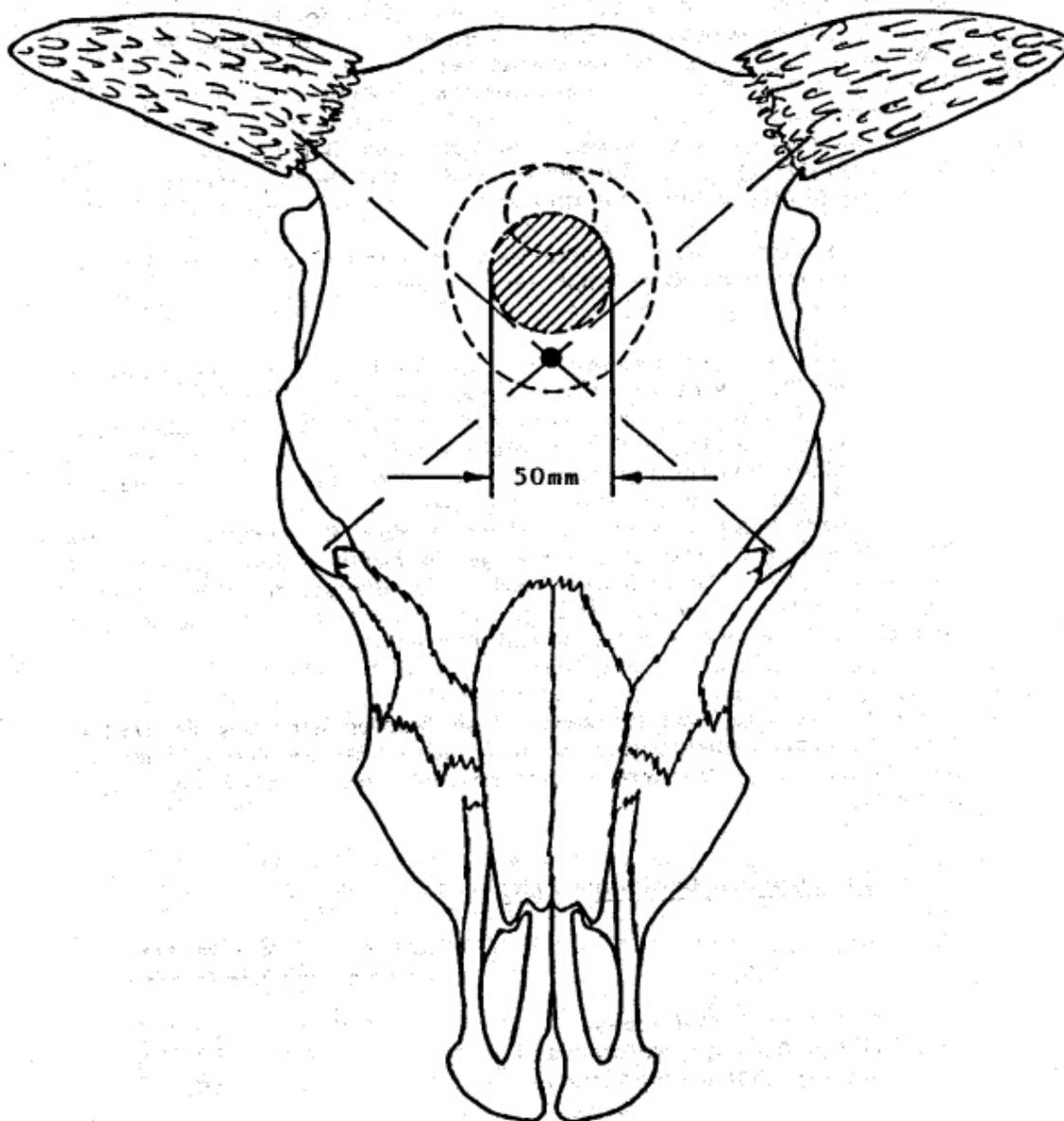
Ein für die Wirkung der Schuss-Schlag-Betäubung sehr wichtiger Faktor ist die Anatomie des Schädels und des Halses. Der Aufbau des Gehirnschädels mit seinem System aus Meningen und liquorgefüllten Hohlräumen schützt das Gehirn gegen leichte Erschütterungen (GANONG, 1974). Ein Teil der Schuss-Kraft geht durch die Beweglichkeit des Halses und die vor dem Gehirn liegenden Stirnhöhlen verloren. Eine Kopffixierung kann dem Kräfteverlusten durch die Beweglichkeit des Halses entgegengewirken. Jedoch der Kräfteverlust, der durch die über dem Gehirn liegenden Stirnhöhlen verursacht wird, kann nicht ausgeglichen werden.

### **2.3.1 Wahl des Applikationsortes am Rinderschädel**

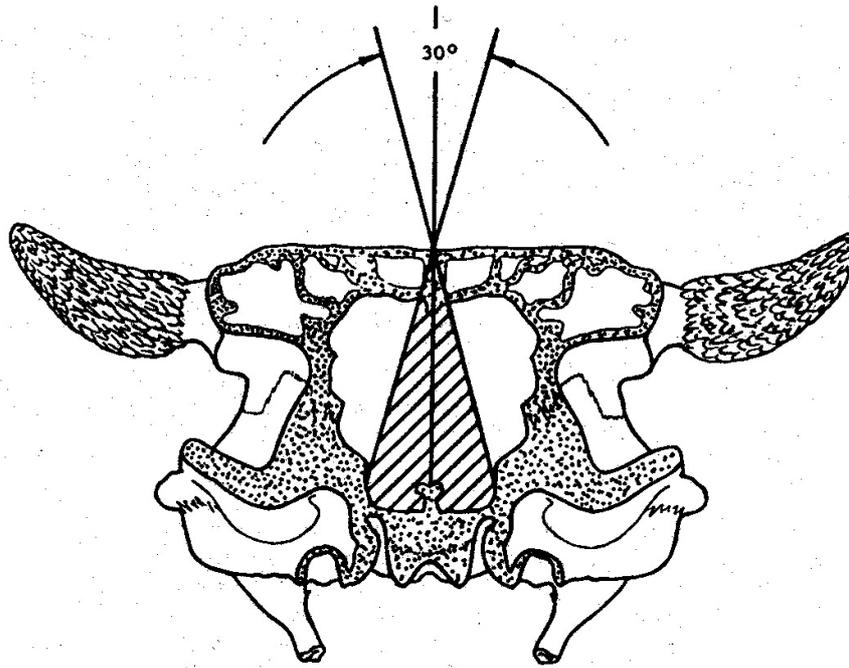
Für die Wahl des Applikationsortes ist sowohl das Schädelprofil als auch die Pneumatisation der Stirnhöhlen von Bedeutung. Der Ansatz im Genick bei Rindern bzw. Kälbern ist aus Tierschutzgründen verboten. Es ist laut Tierschutz-Schlachtverordnung (Anlage 3, Teil II) untersagt, Tieren in den Hinterkopf zu schießen. Ausnahme sind nur für Schafe und Ziegen möglich. Grund dafür ist, dass es zu einer sofortigen Immobilisierung der Tiere kommt, obwohl diese noch bei Bewusstsein sein können. Zu beachten ist, dass die Ansatzstellen letztlich empirisch ermittelt, bzw. in Anlehnung an die Betäubung mittels Keule oder Hackenbouterolle gewählt wurden. Evaluierungen der Ansatzstellen hinsichtlich der Betäubungswirkung und der Tierschutzaspekte wurden erst wesentlich später durchgeführt (PAULSEN et al., 2001).

Für die Betäubung mit dem Bolzenschussapparat liegt die empfohlene Ansatzstelle am Schnittpunkt zweier imaginärer Linien vom linken, bzw. rechten Hornansatz zum inneren Augenwinkel des rechten, bzw. linken Auges (MIDAS, 1978). Der Anteil der Hautdicke spielt eine wichtige Rolle bezüglich der maximalen Durchdringungskraft des Bolzens bei Bullen (LAMBOOY, 1981b). Über die Ansatzstelle bei Kälbern gibt es Untersuchungen, bei denen die Kälber an der Stirn und im Genick betäubt wurden. Diese Tiere waren zwar bewegungslos, aber das EEG zeigte, dass sie bei vollem Bewusstsein waren (LAMBOOY und SPAANJARD, 1981).

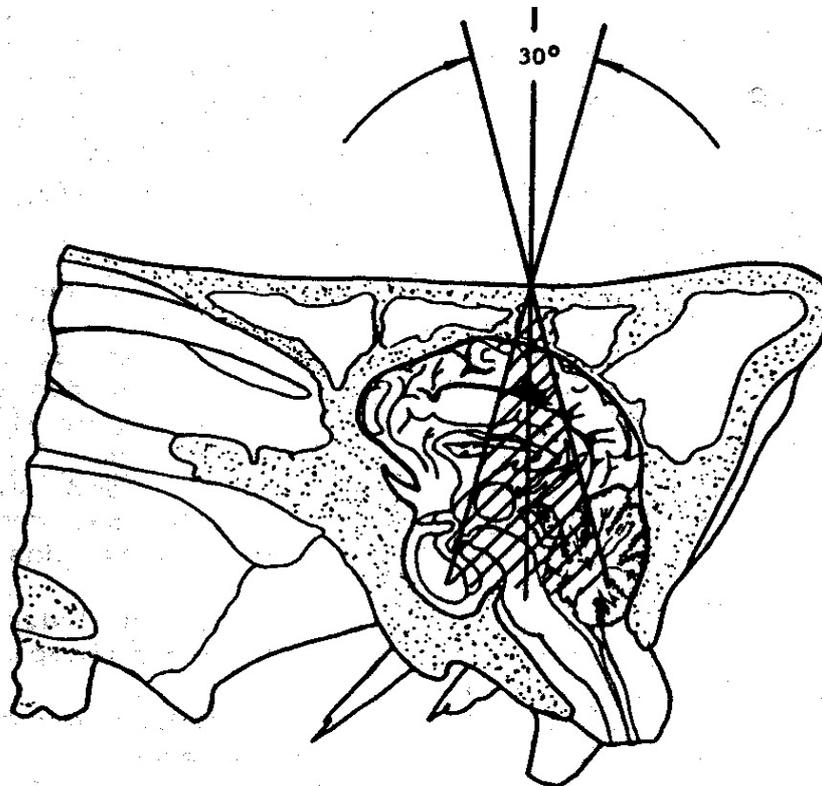
Die korrekte frontale Positionierung bei Betäubung mittels Schuss-Schlag-Apparat ist sehr wichtig (BLACKMORE und DELANY, 1988). Eine falsche Position produziert eine nicht vollständige Bewußtlosigkeit (GRANDIN, 1980). Daraus resultiert eine gute Kopffixierung, damit das Betäubungsgerät optimal angesetzt werden kann. Da dies nur kurze Zeit ohne Abwehrreaktionen geduldet wird, sind die Tiere nach dem Ruhigstellen in der Betäubungsbox unverzüglich zu betäuben (JOHANNSEN, 2002). Nach PIEPER (1937) soll der Bolzenschussapparat mit der ganzen Bodenfläche und starkem Druck auf das Stirnbein aufgesetzt werden. Laut ILGERT (1985) sollte das Bolzenschussgerät rechtwinklig zum Stirnbein angesetzt werden (siehe **Abb. 3 und 4**), damit das Gehirn in der Medianen getroffen wird. Je weiter der Schusskanal von der Medianen entfernt ist, desto stärker wurden die Krampfintensitäten nach der Bolzenschussbetäubung. Schon geringe Läsionen im oberen Bereich des Mittelhirns und des hinteren Hypothalamus führen zu langanhaltendem Koma, das durch Weckreize nicht mehr unterbrochen werden kann (LAMBOOY et al., 1983).



**Abb. 2:** Die Lage des von ILGERT (1985) ermittelten Grenzbereiches nach Untersuchungen für die Einschussstelle bei der Bolzenschussbetäubung des Rindes (schraffierter Kreis) zu dem nach MIDAS (1978) empfohlenen Schusspunkt (schwarzer Punkt an der Kreuzung der Diagonalen)



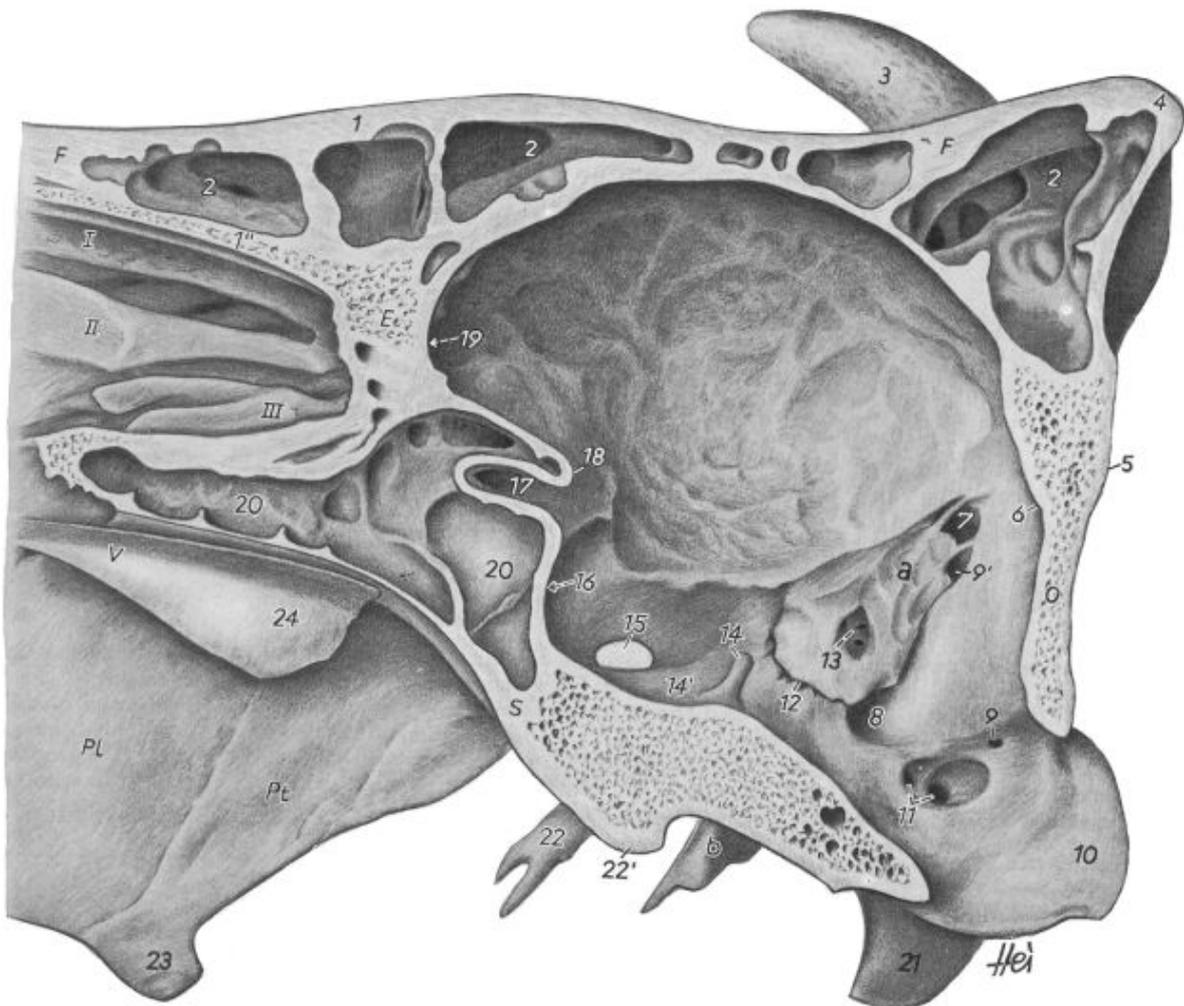
**Abb. 3:** Empfohlener Grenzbereich der Bolzenschussbetäubung beim Rind in der Frontalansicht nach ILGERT (1985)



**Abb. 4:** Empfohlener Grenzbereich der Bolzenschussbetäubung beim Rind in der Seitenansicht nach ILGERT (1985)

### 2.3.2 Schädelprofil und Pneumatisation

Das Kopfskelett bildet zwei große Höhlen, die Schädelhöhle und die Nasenhöhlen (siehe **Abb. 5** und **Abb. 6**) (NICKEL et al., 1992). In der Schädelhöhle befindet sich ein Teil des Nervensystems, das Gehirn (siehe **Abb. 5**). Zu dem Nervensystem gehört außerdem das Rückenmark, das im Wirbelkanal liegt und auch die Leitungsbahnen, die Nerven, welche von Gehirn und Rückenmark aus in alle Teile des Körpers ziehen.



**Abb. 5:** Schädelhöhle und Stirnhöhlen des Rindes, Paramedianschnitt, Medialansicht der rechten Hälfte nach NICKEL et al. (1992)

Das Gehirn besteht aus mehreren von außen sichtbaren Anteilen, dem Großhirn, dem Kleinhirn und dem Hirnstamm, welcher in das Rückenmark übergeht. Das Großhirn ist makroskopisch deutlich zu erkennen, da es in 2 Hemisphären unterteilt ist. Umgeben ist es von außen nach innen zuerst von der harten Hirnhaut, Dura mater, dann folgt die Spinnwebhaut, Arachnoidea und letztlich die weiche Hirnhaut, Pia mater. Die Dura mater umschließt das Zentralorgan sack-, bzw. schlauchartig. Sie folgt den Gehirnstrukturen nur grob. Die gefäßlose Arachnoidea ist mit der Pia mater durch feine Trabekel verbunden, die den Subarachnoidalraum durchziehen. Der Subarachnoidalraum ist mit Liquor gefüllt. Die Pia mater liegt dem Gehirn direkt auf und enthält zahlreiche Blutgefäße, welche den Liquor cerebrospinalis sezernieren (NICKEL et al., 1991). Der Stoffaustausch zwischen Blut und Liquor bzw. Gehirn ist mehr oder weniger stark behindert. Dieser Mechanismus wird die Blut-Hirn-Schranke bzw. Blut-Liquor-Schranke genannt (SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2001).

Die Stirnhöhle (siehe **Abb. 6**) des erwachsenen Rindes reicht im Allgemeinen von einer zwischen beiden Augenwinkeln der einen Seite gelegten Querebene bis zur Nackenwand und 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. Nasal wird die Stirnhöhle vom Stirnbein und von zum Teil kleineren Knochenplättchen vom Siebbein abgegrenzt. In der Medianen der Stirnhöhle befindet sich ein durchschnittlich 2 mm starkes Septum (BAUM, 1898).



## **2.4 Fleischqualität**

Die wichtigsten Techniken im Zusammenhang mit der Erfassung von Fleischqualitätsmerkmalen sind die Messung der Temperatur, des pH-Wertes, der Farbhelligkeit, sowie der elektrischen Leitfähigkeit und des Tropfsaftverlustes (SCHWÄGELE, 1992).

### **2.4.1 Farbmessungen**

#### **2.4.1.1 Allgemein**

Die Fleischfarbe nimmt eine besondere Stellung bei der Beurteilung von Fleisch ein, da der Verbraucher beim Kauf das Fleisch nur nach seiner Farbe und nicht nach seinem Geschmack beurteilen kann. Als Fleischfarben sind rosa, helle oder kräftige Rottöne erwünscht. Nichterwünschte Verfärbungen reichen von braunroten über graubraune bis zu graugrünen Farbtönen, die Farbe des Fleisches kann auch irisieren. Für die Fleischfarbe sind der Gehalt des Fleisches an Farbpigmenten (Myoglobin und Hämoglobin), oxidative Einflüsse, Reaktionen der Pigmente mit gasförmigen Stoffen und die strukturelle Eigenschaft der Muskelproteine verantwortlich (POTTHAST, 1986).

Der eigentliche Muskelfarbstoff ist das Myoglobin, das dem Hämoglobin mengenmäßig überlegen ist. Der Hämoglobingehalt ist vom Ausblutungsgrad des Fleisches abhängig. Myoglobin und Hämoglobin sind Chromoproteide, das heißt Farbproteide. Jeder Muskel hat einen anderen Gehalt an diesen Farbproteiden, deshalb kann die Farbe nur verglichen werden, wenn bei jedem Tier immer am gleichen Muskel gemessen wird (POTTHAST, 1986; FISCHER, 1987).

Die Farbe kann objektiv und subjektiv gemessen werden. Subjektiv ist die Farbe bestimmbar, indem man sie mit Farbtabelle vergleicht. Objektiv ist z.B. die Messung mittels „Chroma-Meter“ (z.B. der Firma Minolta), dabei werden die drei Dimensionen der Farbwahrnehmung Buntton, Buntheit und Helligkeit berücksichtigt (SCHWÄGELE, 1992). Mit L\* wird die Helligkeit bestimmt. Ein L\*-Wert von 100 ist

weiß, ein Wert von 0 dagegen schwarz. Ein negativer a\*-Wert ist grün, ein positiver a\*-Wert rot, ein negativer b\*-Wert blau und positiver b\*-Wert gelb (KLETTNER, 1987).

#### **2.4.1.2 Abweichungen**

POTTHAST (1986) beschreibt, dass auf die Farbe des Fleisches u.a. auch der pH-Wert Einfluss nimmt. Sinkt der pH-Wert, nimmt die Metmyoglobinbildung zu, das Fleisch bekommt eine graubraune Farbe. Bleibt der pH-Wert hoch, da nur geringe Glykogenreserven vorhanden sind, so bleibt auch die Fleischfarbe stabil. Auch die Lagertemperatur beeinflusst die Farbe. Treten bei einer Lagertemperatur von 5° bis 6°C Farbveränderungen schon nach 3 Tagen auf, so bleibt die Fleischfarbe bei -1°C und einer Lagerdauer von 10 Tagen, laut POTTHAST (1986), stabil. Mikroorganismen können eine Grünverfärbung bewirken. Dies ist auf die Bildung von Sulfmetmyoglobin zurückzuführen, das die Mikroorganismen mit Hilfe von Schwefelwasserstoff aus Proteinen aufbauen (POTTHAST, 1986).

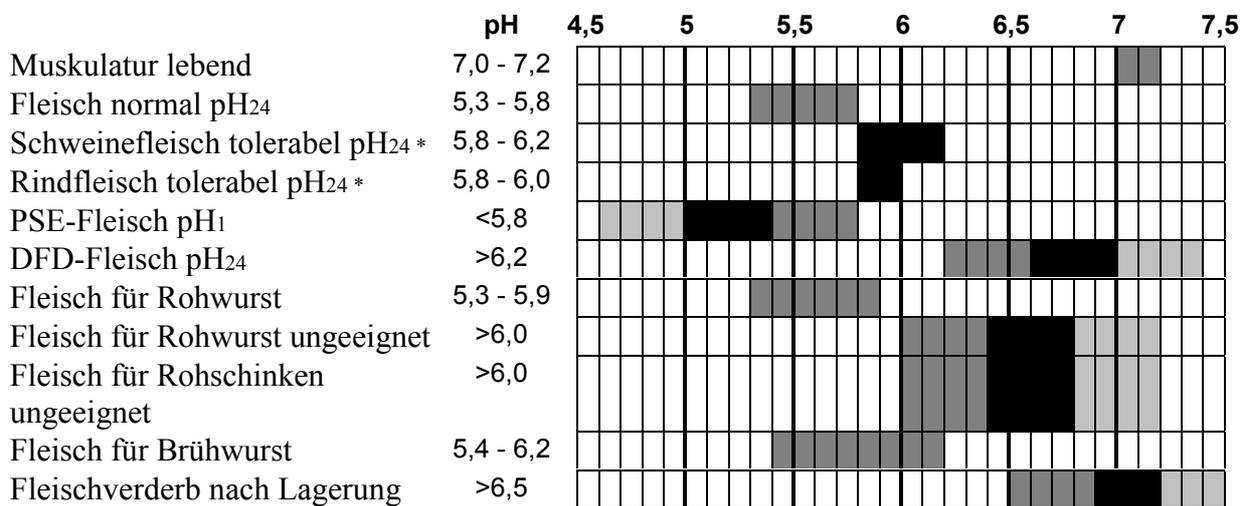
Umrötungen werden auch im technologischen Bereich eingesetzt. So wird durch Pökeln (mit Nitritpökelsalz oder Salpeter) die Farbe des Fleisches zum Roten hin verschoben. Hierbei erfolgt eine Umwandlung des Myoglobins in Stickoxidmyoglobin (POTTHAST, 1986).

### **2.4.2 pH-Wert-Messungen**

#### **2.4.2.1 Allgemein**

In der Muskelzelle wird der Energiehaushalt hauptsächlich durch Glykogen, Kreatinphosphat, Adenosintriphosphat (ATP) und Adenosindiphosphat (ADP) (HAMM, 1979; HOCHACHKA und SOMERO, 1980; KARSCH, 1997) gedeckt. Über das Blut wird die Muskelzelle mit Glykogen und Sauerstoff versorgt und die Stoffwechselprodukte werden abgeführt (HONIKEL, 1976).

Wird die Blutzufuhr, wie bei der Schlachtung, unterbrochen, ist die Muskelzelle gezwungen, ihren Energiebedarf anaerob über Glykogen zu decken, da kein Sauerstoff mehr zugeführt wird. Dabei fallen Laktat und Wasserstoffionen an, dies führt schrittweise zu einer Senkung des pH-Wertes im Muskel (HONIKEL und HAMM, 1974; KARSCH, 1997). In der Muskulatur führen diese postmortalen Vorgänge zu einer Senkung des pH-Wertes auf 5,9 bis 5,4 nach 24 bis 48 Stunden post mortem, dadurch kommt es zur erwünschten Säuerung des Fleisches (HONIKEL und HAMM, 1974). Die Säuerung wirkt einem zu schnellen mikrobiellen Verderb entgegen (LAMPING, 1981). Für verschiedene Fleischprodukte ist ein unterschiedlicher pH-Wert erwünscht (siehe **Tab. 1**). Der physiologische pH-Wert des Muskels eines lebenden Tieres liegt bei pH 7,2 (HOFMANN, 1986).



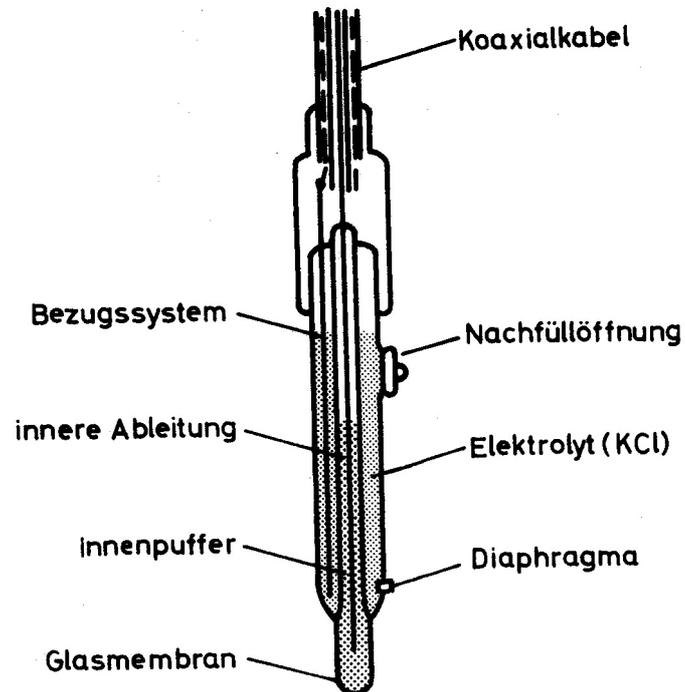
\* vorzugsweise geeignet für Brühwurst und Kochschinken (normale Wasserbindung, ausreichende Pökelfarbbildung)

**Tab. 1:** pH-Werte in Fleisch als Kriterium für die Rohstoffauswahl (nach HOFMANN, 1986)

HOFMANN (1986) berichtet, dass der pH-Wert indirekt Einfluss auf die Farbe, die Zartheit, den Geschmack, das Wasserbindungsvermögen und die Haltbarkeit hat. Definiert wird er als Dissoziation von H<sub>2</sub>O in H<sup>+</sup> und OH<sup>-</sup>, die Konzentration der Wasserstoffionen in reinem Wasser beträgt 10<sup>-7</sup>. Der pH-Wert ist die Hochzahl Wasserstoffionenkonzentration ohne das Minuszeichen. Im Wasser beträgt der pH-Wert also 7. Da Wasser neutral ist, kennzeichnet pH 7 den Neutralpunkt auf der pH-Wert-Skala von 1 bis 14.

Laut HOFMANN (1986) kann die Messung des pH-Werts mit zwei grundsätzlich verschiedenen Methoden erfolgen: Farbindikatoren und Glaselektroden (in Verbindung mit einem pH-Meter zu Anzeige der gemessenen Werte). Als Farbindikatoren versteht man Farbstoffe, die ihre Farbe in Abhängigkeit vom pH-Wert ändern. Zur Farbmessung werden die Indikatorstäbchen oder das Indikatorpapier in das zu messende Medium eingetaucht und die entstandene Farbe mit einer dazugehörenden Farbskala verglichen. Der pH-Wert kann sofort abgelesen werden. Nachteil dieser Farbindikatoren ist, dass ihre Genauigkeit begrenzt ist. Diese Methode ist bei sehr vielen Messungen rasch hintereinander - z.B. am Schlachtband - weniger geeignet.

Bei der Messung des pH-Wertes mittels einer Glaselektrode wird eine elektrische Spannung zwischen der Meßelektrode und einer Bezugslektrode gemessen. Als Meßelektrode dient die Glaselektrode. Das Potential der Glaselektrode wird bestimmt von der Wasserstoffionenkonzentration der Lösung, in die sie eingetaucht wird. Damit entsteht eine messbare Potentialdifferenz zur Bezugslektrode. Dieser resultierenden Potentialdifferenz lassen sich entsprechende pH-Werte zuordnen. Bei der Messung mit einer Einstabmesskette liegen Mess- und Bezugslektrode in einem gemeinsamen Glasschaft. Nach jeder Messung ist die Elektrode mit destilliertem Wasser kurz abzuspülen. Bei der Messung im Fleisch muss ein Loch mit einem Dorn vorgebohrt werden, damit die Elektrode nicht bricht. Während der Messung muss die Elektrodenspitze stets nach unten gehalten werden. Nach jedem Messtag sind die Elektroden endzureinigen und in Pufferlösung aufzubewahren (HOFMANN, 1986).



**Abb. 7:** Aufbau einer Glaselektrode in der Form einer Einstabmesskette

#### 2.4.2.2 Abweichungen

Verläuft der postmortale Glykolyseablauf zu schnell oder zu langsam, kann es zu Abweichungen in der Fleischqualität kommen.

##### *PSE-Fleisch*

Verläuft die Glykolyse sehr rasch, sinkt der pH-Wert schnell ( $<5,8$ ). Die Fleischfarbe ist hell und blaß, die Konsistenz weich, das Wasserbindungsvermögen gering, der Saftverlust hoch, die Zartheit und die Haltbarkeit vermindert (HOFMANN, 1986; FISCHER, 1987). Laut SCHWÄGELE (1992) kommt dieses PSE- (pale, soft and exsudative) Fleisch hauptsächlich bei Schweinen vor, selten bei Rindern. Ursache ist die maligne Hyperthermie, die häufig bei stressempfindlichen Schweinen auftritt. Die maligne Hyperthermie kann durch Stress beim Transport oder vor und bei der Schlachtung ausgelöst werden. N.N. (2003) beschreibt, dass bei diesen Tieren der

Energiestoffwechsel bei Belastung gestört ist. Die Glykolyse wird zu einem großen Teil zu Milchsäure abgebaut (anaerob), anstatt zu CO<sub>2</sub> und Wasser (aerob). Dies kann zu Schädigungen der Zellmembran und zu einem Stoffwechsellkollaps mit erhöhter Calcium-Ausschüttung führen. Der Rigor mortis, die Totenstarre, tritt bei gestressten PSE-anfälligen Schweinen sehr schnell ein. Zum Nachweis auf Stressempfindlichkeit bei Schweinen dient der Halothantest. Sind die Ferkel 20 kg schwer, werden sie mit einem Gemisch aus Halothan und O<sub>2</sub> beatmet. Kommt es dabei zu einer Muskelstarre und einem beschleunigten Stoffwechsel verbunden mit einem raschen Anstieg der Körpertemperatur liegt eine Stressempfindlichkeit vor, die Schweine sind Halothan-positiv. Durch gezielte Zuchtprogramme versucht man diese Schweine zu selektieren (VÖGELI et al., 1988).

### *DFD-Fleisch*

Bei verzögerter Glykolyse kommt es zu einer ungenügenden pH-Absenkung (>6,2). Daraus resultiert Fleisch mit hohem End-pH-Wert, oft dunkler Farbe und fester bis leimiger Konsistenz, das Wasserbindungsvermögen ist hoch und die Haltbarkeit gemindert (HOFMANN, 1986; FISCHER, 1987). Für dieses Fleisch wurde bei einer Tagung in Zeist in den Niederlanden 1968 die Bezeichnung DFD-Fleisch (dark, firm, dry) eingeführt. Eine synonyme Bezeichnung ist auch DCB (dark cutting beef). Diese Qualitätsabweichung tritt vermehrt bei Rindfleisch auf (AUGUSTINI und FISCHER, 1979). Ursache dafür ist, dass die Energiereserven des Muskels, die in Form von Glykogen vorliegen, zum Zeitpunkt der Schlachtung schon weitgehend abgebaut sind. Dieser Glykogenabbau kann durch anhaltenden Futterentzug, schwerer Muskularbeit, Stimulierung der Glykogenolyse durch Hormone des Nebennierenmarks (Katecholamine) und durch eine genetische Disposition entstehen (FISCHER, 1987).

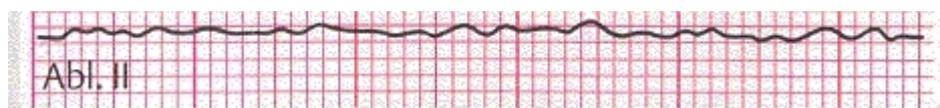
## 2.5 EKG - Elektrokardiogramm

Da es unter den Bedingungen im Schlachthof nicht möglich ist mit Stethoskop oder palpatorisch festzustellen ob das Herz schlägt oder nicht, bietet sich die Möglichkeit dieses mittels EKG zu bestimmen.

Laut SILBERNAGL und DESPOPOULOS (2001) ist das EKG die Aufzeichnung der bei der Herztätigkeit auftretenden Potentialänderungen (wenige mV) an bestimmten Stellen der Körperoberfläche. Es kann zur Bestimmung der Herzlage, Herzfrequenz, Erregungsrhythmus und -ursprungs sowie der Impulsausbreitung dienen. Bei Erregung einer Herzmuskelfaser findet eine Umpolarisation der Ladungen an der Membran statt. Im nichterregten Zustand weist die Innenseite der Membran gegenüber der Außenseite ein negatives Potential von 80 - 90 mV auf. Im erregten Zustand kommt es an der Innenseite wegen des Öffnens der Natrium-Ionen-Kanäle und des daraufhin folgenden Einstroms von Natrium-Ionen kurzfristig gegenüber der Außenseite ein positives Potential von ca. 20 mV vor (KOLB 1989). Die Erregungsausbreitung erfolgt zuerst in den Vorhöfen (p-Welle), dann über den AV-Knoten, die His-Bündel, die Purkinje-Fasern, die Myokardinnen- und zuletzt auf die Myokardaußenseite. Ein pathologisches Bild der Ableitung mittels EKG ist u.a. das Kammerflimmern, ein hochfrequentes und unkoordiniertes Zucken des Myokards.



**Abb. 8:** normales EKG



**Abb. 9:** pathologisches EKG: Kammerflimmern

Um die elektrischen Potentiale, die durch die Erregungsausbreitung im Herzen entstehen, abzuleiten gibt es verschiedene Möglichkeiten. Bei Kälbern wurden Einkanal-Brustwandableitungen mittels Gürtel durchgeführt, während der Ableitung standen die Kälber auf einer Gummimatte (AMORY et al., 1993). Mit einer Art Sattel, in dem 5 Hautelektroden eingearbeitet sind, wurde bei Pferden ein EKG abgeleitet (DEROTH und THERIEN, 1978). LEFURT et al. (1999) verwendeten ein nichtinvasives System mit Funkübertragung mit einer Reichweite von 700 m. Hier wurde eine Art Gürtel verwendet, bei dem die positive Elektrode links dorsal und die negative links ventral angelegt wurden. EKG mittels Nadelelektroden wurden bei Mastkälbern kurz vor der Betäubung angelegt und bis nach dem Stechen gemessen. Eine Elektrode wurde auf der Brust hinter dem Ellenbogen und die andere auf derselben Höhe auf dem Rücken angebracht. Eine Herztätigkeit konnte kurz vor dem Betäuben und ca. 30 Sekunden nach der Betäubung gemessen. Die Frequenz steigerte sich um ca. 50 % (LAMBOOY et al., 1981).

Für die Ableitung von Herzfrequenz und zeitlichen Intervallen wurde die semiunipolare Dorsalableitung Widerrist - Kreuzbein mit Schnellkontaktasterelektroden bevorzugt. Dabei vergingen bis zur Meßbereitschaft nur wenige Sekunden (GRITTNER, 1975). Eine Extremitätenableitung über die Radialis- bzw. Tibialismuskulatur führten ALFREDSON und SYKES (1942) durch. Das Einstechen der Nadelelektroden in die dicke Rinderhaut ist für Tier und Mensch gleichermaßen als unangenehm beschrieben (JUNGE, 1967).

In den Untersuchungen im Rahmen der Schuss-Schlag-Betäubung ist es wichtig zu sehen, ob das Herz wie bei der Bolzenschuss-Betäubung weiterschlägt oder ob es wie bei der Elektrobetäubung zu einem Kammerflimmern kommt. Daher muss eine am Schlachthof schnell durchzuführende und ungefährliche Möglichkeit der Ableitung gewählt werden. Dazu wird die Nullelektrode und die positive Elektrode mit etwa einer Hand Abstand am Hals befestigt und die negative Elektrode an der Brust im Bereich des Sternums.

### 3. Eigene Untersuchungen

#### 3.1 Material

Für die Untersuchungen mussten, da die Schuss-Schlag-Betäubung kein zugelassenes Verfahren zur Betäubung von Schlachttieren ist, bei den zuständigen Behörden Ausnahmegenehmigungen nach § 14 der Tierschutz-Schlachtverordnung (siehe 2.1.2) beantragt werden. Diese Ausnahmegenehmigungen wurden von der jeweils zuständigen Behörde für die Dauer der Versuchszwecke genehmigt.

Die Untersuchungen wurden an zwei süddeutschen Schlachtbetrieben durchgeführt. In dem größeren Betrieb, der ca. 800 bis 1000 Rinder in der Woche schlachtet, wurde eine Schlachtleistung von etwa 40 Rindern pro Stunde erreicht. Der kleinere Schlachtbetrieb schlachtet ca. 15 bis 20 Rinder pro Stunde und zwischen 40 und 50 Rinder in der Woche. Um in einem kurzen Zeitraum eine jeweils ausreichende Zahl an Versuchstieren untersuchen zu können, wurde ein Großteil der Untersuchungen (1174 Rinder) an dem Schlachtbetrieb mit einer Schlachtleistung von etwa 40 Rindern pro Stunde durchgeführt (Schlachtbetrieb A). Um Referenzwerte mit einer anderen Kopffixierung zu erhalten, wurde ein kleinerer Teil (74 Rinder) der Betäubungsversuche an einem anderen Schlachthof mit einer geringeren Schlachtrate durchgeführt (Schlachtbetrieb B).

Die Einteilung der untersuchten Tiere in Kategorien wurde nach **Tab. 2** vorgenommen. Die Rasseverteilung ist aus **Tab. 25 bis 27** im Anhang ersichtlich.

Kategorie	Vorversuche Schlachtbetrieb A	Schlachtbetrieb A	Schlachtbetrieb B
Jungbullen	327	101	46
Bullen	21	-	-
Ochsen	4	16	-
Kühe	429	77	8
junge Kühe	35	4	-
Färsen	127	29	20
Jungrinder	2	2	-

**Tab. 2:** Anzahl der untersuchten Rinder geordnet nach Kategorie und Schlachtbetrieb

## 3.2 Instrumente und Geräte:

### 3.2.1 Betäubungsgeräte

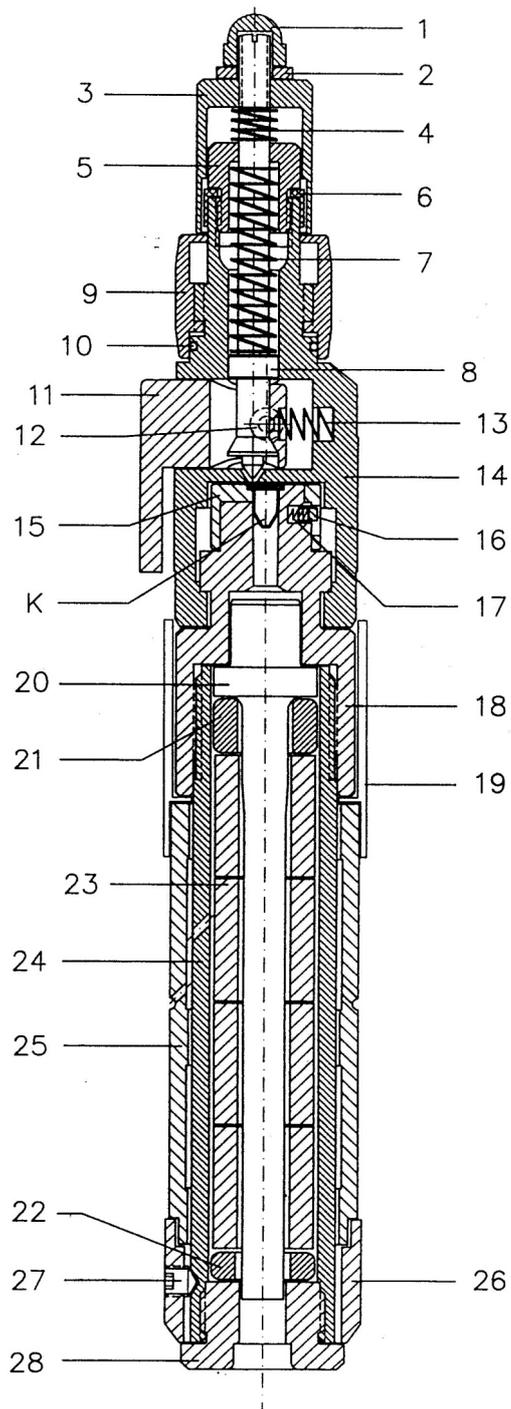
#### 3.2.1.1 Schuss-Schlag-Betäubungsapparate

Für die Versuche an den verschiedenen Schlachtbetrieben standen vier Schuss-Schlag-Betäubungsapparate zur Verfügung.

Gerät und Hersteller	Treibladung
Prototyp der Firma Karl Schermer GmbH & Co.KG	Kartuschen
„Knocker“ der Firma Accles and Shelvoke („Cash-Knocker“)	Kartuschen
„Magnum Knocker“ der Firma Accles and Shelvoke	Kartuschen
Betäubungsgerät der Firma EFA	Druckluft

**Tab. 3:** Schuss-Schlag-Geräte verschiedener Hersteller und Treibladungsart

Die mit Kartuschen betriebenen Schuss-Schlag-Apparate entsprechen vom Aufbau her nahezu einem Bolzenschussapparat. Der mit Druckluft betriebene Schuss-Schlag-Apparat hingegen funktioniert ähnlich einem pneumatischer Nagler in der Holzverarbeitung über eine externe Druckluftzufuhr.



- 1) Hutmutter
- 2) Fächerscheibe
- 3) Zündbolzenschutzkappe
- 4) Zündbolzenentlastungsfeder
- 5) Zündbolzenendführung
- 6) Anschlagring
- 7) Zündbolzenfeder
- 8) Zündbolzen
- 9) Sicherungsring
- 10) O-Ring
- 11) Abzugshebel
- 12) Führungsschraube
- 13) Abzugshebelfeder
- 14) Verschlusskopfgehäuse
- 15) Kartuschenauswerfer
- 16) Auswerferführungsstift
- 17) Führungsstiftfeder
- 18) Verbindungsstück
- 19) Gummimantel
- 20) Schußbolzen
- 21) Gummiring groß
- 22) Gummiring klein
- 23) Dämpfelement
- 24) Führungsrohr
- 25) Schutzmantel
- 26) Montagering
- 27) Imbusschraube
- 28) Schußbolzenendführung
- K) Kartusche
- Zubehör: 30) Schlüssel
- 31) Schleifstift
- 32) Häkchen

**Abb. 10:** Skizze des Gerätes von Schermer

Die Formen der verwendeten Schlagköpfe sind in **Abb. 11** verdeutlicht. Der Schlagkopf des mit Druckluft betriebenen Gerätes der Firma EFA ähnelt dem des „Cash-Knockers“. Der Unterschied zwischen den Geräten ist der, dass der Schlagkopf im Durchmesser ca. 1 cm kleiner ist. Die Schlagkopfformen der Geräte der Firma Accles and Shelvocke sind identisch aufgebaut, aber der Schlagkopf des „Magnum-Knockers“ ist im Durchmesser ca. 1 cm größer als der des „Cash-Knockers“.



**Abb. 11:** Links im Bild der Schlagkopf des "Knockers" der Firma Cash und rechts der der Firma Schermer

### 3.2.1.2 Treibladungen / Luftdruck

Die Firma Accles and Shelvoke stellt für ihre Schuss-Schlag-Geräte drei verschiedene Treibladungen her. Diese Treibladungen unterscheiden sich in ihrer Ladung (**Tab. 4**). Um die Anwendung im Schlachtbetrieb zu vereinfachen, sind die Kartuschen je nach Treibladung verschiedenfarbig markiert. Die Herstellerangaben beziehen sich auf das Gewicht der Tiere, welches von der Firma nicht weiter definiert wird.

Farbe/Colour	Ladung / Power	Herstellerangaben
Red	390 mg	schwere Bullen
Green	325 mg	große Rinder
Black	200 mg	alle anderen Rinder

**Tab. 4:** Treibladungen für die Schuss-Schlag-Geräte der Firma Accles and Shelvoke

Für das Schuss-Schlag-Gerät der Firma Schermer wurden die in **Tab. 5** aufgeführten Treibladungen verwendet. Die Treibladung der roten Kartusche wurde vom Hersteller, Firma Schermer, als 100 % definiert, die stärkere Ladung der violetten Patrone wird deshalb mit 124 % angegeben.

Farbe/Colour	Ladung / Power
Violett	1,24
Rot	1

**Tab. 5:** Treibladungen für das Schuss-Schlag-Gerät der Firma Schermer

Der Antrieb für die Schuss-Schlag-Apparate der Firma EFA ist keine Treibladung, sondern extern über eine Leitung zugeführte Druckluft. Das Einstellen der Auftreffenergie erfolgt daher über einen Regler an dieser Leitung gegenüber dem üblichen Dosieren einer Treibladung. Der Druck der zugeführten Luft kann von 8 bis 16 bar, in Abstufungen von einem halben bar, variiert werden.

In den Versuchen mit anschließender Messung der Fleischqualität kamen folgende Druckstärken zur Anwendung (**Tab. 6**):

<b>Kategorie</b>	<b>Druckluft in bar</b>
<b>Jungrind</b>	10,5
<b>Färsen und Kühe</b>	10,0 bis 11,5
<b>Junge Kühe</b>	10,5 und 11,0
<b>Jungbullen</b>	13,0 bis 14,0
<b>Ochsen</b>	13,5

**Tab. 6:** Treibladungen für den mit Druckluft betriebenen Schuss-Schlag-Apparat der Firma EFA

### **3.2.1.3 Bolzenschussapparat**

Bei ungenügend betäubten Tieren kam im Schlachtbetrieb A der während der Routineschlachtung benutzte Bolzenschussapparat der Firma Schermer mit schwarzer Treibladung zum Einsatz. In Schlachtbetrieb B wurde ein Bolzenschussapparat der Firma Cash mit roter Treibladung verwendet.

### **3.2.1.4 Betäubungsfalle mit Kopffixierung**

In den beiden Schlachtbetrieben sind jeweils verschiedene Systeme der Kopffixierung in den Betäubungsfällen integriert.

In Schlachtbetrieb A wird der Kopf mittels eines Hebeschildes eingeschränkt, das von unten den Kopf an ein darüber befestigtes Rohr, ähnlich eines Jochs, drückt. Damit wird das Rind daran gehindert, den Kopf zurückzuziehen, und es ist nur noch die Möglichkeit einer Seitwärtsbewegung gegeben.

In Schlachtbetrieb B wird der Kopf etwas anders fixiert. Dabei muss das Tier zunächst seinen Kopf auf ein nach vorne aus der Falle herausragendes Kopfblech legen. Anschließend wird der Kopf in dieser Stellung durch den von oben herab fahrenden Kopffixierungsschieber, der mit einem Halsausschnitt versehen ist, sicher gehalten.



**Abb. 12:** Kopffixierung in Schlachtbetrieb B

### 3.2.2 Meßgeräte

- EKG-Gerät Cardiovit AT-4 der Firma Schiller
- pH-Meter Portameß der Firma Knick mit Einstabmeßkette SE 104 der Firma Knick
- Thermometer Testo 110 der Firma Testo
- Farbmessung: Chromameter CR-200 der Firma Minolta
- Bandsäge zum Spalten der Rinderschädel
- Stoppuhr zur Messung der Zeit zwischen Schuss und Entblutestich

### 3.3 Methoden

Zur Untersuchung wurden vier verschiedene Geräte, jedes mit einem anderen Schlagkopf getestet. Die Einteilung der Rinder in die verschiedenen Kategorien erfolgte nach der in **Tab. 7** aufgeführten Beschreibung.

Kategorie	Bezeichnung	Beschreibung
<b>Jungbullen</b> <sup>1)</sup>	A	ausgewachsene männliche nicht kastrierte Tiere von weniger als zwei Jahren
<b>Bullen</b>	B	andere ausgewachsene männliche nicht kastrierte Tiere
<b>Ochsen</b>	C	ausgewachsene männliche Tiere
<b>Kühe</b>	D	ausgewachsene weibliche Tiere, die bereits gekalbt haben
<b>Jungkühe</b>	DJ	ausgewachsene weibliche Tiere, die nur einmal gekalbt haben
<b>Färsen</b> <sup>2)</sup>	E	andere ausgewachsene weibliche Tiere

1) Jungbullen sind Tiere bei denen die knorpeligen Enden der Dornfortsätze der vier vorderen Brustwirbel nicht mehr als Anzeichen einer Verknöcherung und die Dornfortsätze des fünften bis neunten Brustwirbels noch keine Verknöcherung aufweisen.

2) Jungkühe sind eine interne Unterteilung der Kühe an einem der Schlachthöfe, die wir übernommen haben.

**Tab. 7:** Einteilung der Rinder in Kategorien mit Bezeichnung und Beschreibung

### **3.3.1 Betäubungsversuche**

Zur Beurteilung der Wirkung der Schuss-Schlag-Betäubung wurden insgesamt ca. 1200 Tiere (vorwiegend der Rassen Deutsches Fleckvieh und Schwarzbunte) in Schlachtversuchen während des normalen Schlachtbetriebs betäubt.

Anschließend erfolgte die Betäubung der Tiere unter möglichst genauer Einhaltung des vorgegebenen Applikationsortes. Es wurden jeweils Rasse, Kategorie, Schlachthälftengewicht und Alter der Tiere sowie die verwendete Treibladung erfasst. Da die Versuche während der routinemäßigen Schlachtung stattfanden und die Schuss-Schlag-Betäubung in die Routine integriert werden sollte, wurden einige Parameter nur bei einem Teil der Tiere erfasst: Zeitspanne zwischen Schuss und Entbluteschnitt, Reaktionen auf dem Rost, beim Anschlingen, am hängenden Tier und beim Haut- und Entbluteschnitt. Um eventuell mangelhaft betäubte Tiere nachbetäuben zu können, wurde ein geladener Bolzenschussapparat in unmittelbarer Nähe der Betäubungsbox bereitgehalten und bei Bedarf eingesetzt.

#### **3.3.1.1 Beurteilung der Betäubung**

Die Beurteilung der Betäubung erfolgte in Anlehnung an das Schema zur Beurteilung der Narkosetiefe nach Güdel.

Es wurden folgende Parameter überprüft:

- Korneal-, Pupillar- und Lidreflex,
- Rotation des Bulbus,
- Weitstellung der Pupille,
- sofortigem Niederstürzen und
- Atmung.

Laut Güdel wird das Narkosestadium III, Stufe 3 (Toleranzstadium) erreicht, wenn es zum Ausfall des Korneal-, Pupillar- und Lidreflexes kommt, des Bulbus rotiert, die Pupille weitgestellt ist, das Tier sofort niederstürzt und die Atmung sistiert. In diesem Stadium ist die Betäubung etwas tiefer als die Anästhesietiefe, die für jegliche Art von

chirurgischen Eingriffen angestrebt wird. Damit wäre eine ausreichende Betäubung nach dem Tierschutzgesetz und der Tierschutz-Schlachtverordnung gewährleistet.

### **3.3.1.2 Untersuchungen zum Applikationsort**

Zur Feststellung des geeigneten Applikationsortes wurden Tiere mittig, am Kreuzungspunkt der Diagonalen zwischen innerem Augenwinkel und Hornansatz - das ist der Punkt an dem die Bolzenschussbetäubung erfolgen sollte - sowie seitlich, oberhalb und unterhalb davon geschossen.

### **3.3.1.3 Untersuchungen mit optimierten Kombinationen**

Um Falschaussagen zu vermeiden, wurden zuerst Schuss-Versuche zur Feststellung des optimalen Applikationsortes und der benötigten Treibladung durchgeführt. Nach Vorliegen dieser Ergebnisse wurden dann auch Untersuchungen über die resultierende Fleischqualität durchgeführt.

### **3.3.2 EKG**

Da anfänglich nicht ausgeschlossen werden konnte, dass es infolge der Schuss-Schlag-Betäubung zu einem Kammerflimmern des Herzens kommen könnte, wurde bei 69 Tieren ein Elektrokardiogramm abgeleitet. Dazu wurde das EKG-Gerät Cardiovit AT4 (Fa. Schiller) mit Pferdeklemmen verwendet. Es wurde eine Basis-Apex-Ableitung durchgeführt, dabei wurden die rote und die schwarze Klemme an der Haut der rechten Halsseite befestigt und die grüne im Bereich des Brustbeins hinter dem Herzen. Um einen besseren Kontakt zu erhalten, wurde die Haut mit den schon aufgesetzten Klemmen mit einem Gemisch aus Alkohol und Wasser befeuchtet.

### **3.3.3 Pathologisch-anatomische Untersuchungen**

Zur Prüfung des Schweregrades der durch die Schuss-Schlag-Betäubung verursachten Läsionen im Bereich der Auftrefffläche des Schlagkopf wurden die Schädel nach der Schlachtung zunächst mit einer Bandsäge längs in der Medianen halbiert. Anschließend wurde makroskopisch eine pathologisch-anatomische Untersuchung durchgeführt. Bei dieser wurde besonderes Augenmerk auf Frakturen des äußeren und inneren Schädelknochens und Risse bzw. Löcher in der harten Hirnhaut gelegt.

### **3.3.4 Fleischqualität**

Um die aus den Betäubungsversuchen resultierende Fleischqualität beurteilen zu können, wurden nach einer Stunde am Schlachtband und nach 17 Stunden in der Kühlung der pH-Wert, die Temperatur und die Farbe an ausgesuchten Muskelstellen gemessen. Abweichend von den Vorgaben, die in der AVVFIHV stehen wurde die zweite Messung des pH-Wertes und der Farbmessung am Schlachttierkörper aus betriebstechnischen Gründen bereits nach 17 Stunden durchgeführt.

#### **3.3.4.1 Farbmessungen**

Die Farbhelligkeit wurde an frischen Anschnitten des M. longissimus dorsi ca. 17 h p.m. mit Hilfe des Chroma Meter CR200 (Fa. Minolta, Ahrensburg) bestimmt. Dabei wird mittels einer Silizium-Fotodiode die Lichtstärke des von einer Prüffläche reflektierten Lichtes gemessen. Durch Kalibrierung des Gerätes mittels definierter Testfarben werden Bauteilstreuungen bzw. Alterungserscheinungen kompensiert. Pro Muskel wurden drei Messungen an je einer Schlachtkörperhälfte durchgeführt. Danach wurde das arithmetische Mittel aus den Messungen pro Tierkörper gebildet.

### **3.3.4.2 pH-Wert-Messungen**

Der pH-Wert wurde 45 Minuten ( $\text{pH}_1$ ) und ca. 17 Stunden ( $\text{pH}_{17}$ ) p.m. mit einem Digital-pH-Meter (Portamess 912, Fa. Knick, Berlin) und einer Einstich-Einstabmesskette (Typ SE 104, Fa. Knick, Berlin) in Anlehnung an die AVVFIHV im langen Rückenmuskel gemessen.

Es erfolgte vor jeder Messreihe eine Kalibrierung der Elektrode bei Zimmertemperatur (20 °C). Dazu wurden zwei verschiedene Pufferlösungen (Fa. Merck, Darmstadt) zur Nullpunkt- (pH 7,00) sowie zur Steilheitsanpassung (pH 4,00) verwendet. Am Ende eines jeden Messtages wurde die Elektrode endgereinigt und in Pufferlösung (gebrauchsfertige Pufferlösung, Fa. Merck, Darmstadt) aufbewahrt.

Die pH-Wert-Messung wurde jeweils an der rechten und linken Tierkörperhälfte durchgeführt. Im M. longissimus dorsi wurde die Elektrode zwischen der 12. und 13. Rippe von dorsolateral eingestochen. Pro Tierkörperhälfte wurde der  $\text{pH}_1$  zweimal und der  $\text{pH}_{17}$  einmal gemessen.

## 4. Ergebnisse

Bevor die Betäubungsversuche mit Messung der Fleischqualität und EKG-Ableitung durchgeführt wurden, fanden in Schlachtbetrieb A Vorversuche zu den verschiedenen Ansatzstellen und Treibladungen statt. Die Resultate der Vorversuche sind in die Ergebnisse miteinbezogen worden. Die anschließenden Hauptversuche wurde mit optimierten Bedingungen, bezüglich Ansatzstelle und Treibladung, durchgeführt.

### 4.1 Applikationsort am Rinderschädel

Die Betäubungsversuche zum Applikationsort fanden in den Vorversuchen am Schlachtbetrieb A statt. Dazu wurde die Betäubung an drei verschiedenen Ansatzstellen erprobt, welche alle um den Kreuzungspunkt zweier gedachter Linien zwischen innerem Augenwinkel und Hornansatz liegen (**Abb. 2**). Die erste Ansatzstelle lag ca. 2 cm seitlich der Medianen auf Höhe des Kreuzungspunktes, wobei sowohl rechtsseitig als auch linksseitig betäubt wurde. Die zweite Ansatzstelle befand sich median ca. 2 cm unterhalb des Kreuzungspunktes, die Dritte ca. 2 cm oberhalb des selbigen.

Als erstes wurde die Ansatzsstelle seitlich von der Medianen untersucht. Bei 13 von 35 Rindern (**Tab. 8**), die an dieser Stelle geschossen wurden, kam es zu einem einseitigen Ausfall des Cornealreflexes jeweils auf der beschossenen Seite sowie zu einer Weitstellung der Pupille und der Rotation des Bulbus. Diese 13 Tiere standen auch nach der Betäubung noch in der Betäubungsfalle und wurden sofort mit dem Bolzenschussapparat nachbetäubt. Um Aussagen über eine nicht penetrative Betäubung an dieser Ansatzstelle treffen zu können, wurden die Schädel dieser Tiere anschließend pathologisch-anatomisch untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass bei 6 Tieren die Dura mater nicht verletzt wurde und wiederum bei 4 von diesen 6 Tieren auch die innere Knochenlamelle keine Schädigung aufwies. Die äußere Knochenlamelle war jedoch bei allen 35 Rindern frakturiert (**Tab. 8**). Da am paramedianen Applikationsort derart schlechte Ergebnisse erzielt wurden, war

ein Abbrechen der Betäubungsversuche an dieser Ansatzstelle aus tierschutzrechtlichen Gründen angezeigt.

Die Position der zweiten Ansatzstelle, die in die Vorversuche einbezogen wurde, lag in der Medianen 2 cm unterhalb des Kreuzungspunktes. 24 Tieren wurden mit der Schuss-Schlag-Verfahren an dieser Ansatzstelle betäubt. Von diesen 24 Rindern mussten 3 Tiere nachgeschossen werden. In 6 Fällen blieb die Dura mater unverletzt und in 3 Fällen auch die innere Knochenlamelle, während die äußere Knochenlamelle immer frakturiert war (**Tab. 8**). Bei 8 Tieren kam es zu Frakturen im Bereich des Siebbeins.

Als dritte Ansatzstelle des Schuss-Schlag-Apparates wurde eine Position 2 cm oberhalb des Kreuzungspunktes in der Medianen gewählt und unter dieser Vorgabe wurden 886 Rinder betäubt. Aufgrund ungenügender Betäubung wurden aus dieser Untersuchungsgruppe 74 Tiere mit dem Bolzenschussgerät nachgeschossen. Die harte Hirnhaut, Dura mater, blieb in 361 Fällen unversehrt. Die Untersuchung der Schädeldecke ergab, dass nach der Betäubung bei 277 Tieren die innere und bei 24 Fällen auch die äußere Knochenlamelle unversehrt blieb (**Tab. 8**).

	Ansatzstelle					
	paramedian		2 cm unterhalb		2 cm oberhalb	
	Tierzahl	in %	Tierzahl	in %	Tierzahl	in %
<b>Anzahl der betäubten Tiere</b>	35		24		886	
<b>Nachbetäubungen</b>	13	37,1 %	3	12,5 %	74	8,4 %
<b>äußere Knochenlamelle</b>						
ganz	0	0 %	0	0 %	24	2,7 %
frakturiert	35	100 %	24	100 %	862	97,3 %
<b>innere Knochenlamelle</b>						
ganz	4	11,4 %	3	12,5 %	277	31,3 %
frakturiert	31	88,6 %	21	87,5 %	609	68,7 %
<b>Dura mater</b>						
ganz	6	17,1 %	6	25,0 %	361	40,7 %
verletzt	29	82,9 %	18	75,0 %	525	59,3 %

**Tab. 8:** Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Applikationsorte am Rinderschädel

## 4.2 Treibladungen

### *Vorversuche im Schlachtbetrieb A:*

Die Werte bei den mit Druckluft betäubten Tieren erwiesen sich als nur wenig aussagekräftig, da es mehrfach zu Defekten am Gerät kam. Erst am Ende der Vorversuche war eine korrekte Einstellung des Druckes möglich. Da wegen des stark schwankenden Druckes am Kompressor eine genaue Druckeinstellung nicht gewährleistet werden konnte, müssen die Werte der Vorversuche als qualitative Rahmenwerte betrachtet werden deren quantitative Aussage nicht überbewertet werden darf. Zwischen den Schaltpunkten des Kompressors waren keine exakten Druckwerte einstellbar. Aus diesem Grund wurden die endgültigen Versuche mit vom Schlachthofpersonal in den Vorwochen gesammelten Erfahrungswerten durchgeführt. Jungbullen wurden in den Vorversuchen, wegen der Mängel an der Drucklufteinstellung mit einem Druck zwischen 13,0 und 15,0 bar, Kühe und Färsen mit 10,0 bis etwa 12,0 bar geschossen.

Bei 40 weiblichen Rindern, die mit dem Cash-Knocker unter Verwendung von schwarzer Munition betäubt wurden, musste nur ein Tier, das entspricht 2,5 %, nachbetäubt werden. Die Munition soll nach Herstellerangaben für die Betäubung von Kühen ausreichend dimensioniert sein. Jedoch konnten bei den entbluteten Tieren Exzitationen beobachtet werden. Deshalb wurde im Sinne des Arbeitsschutzes auf eine weitere Betäubung von Kühen und Färsen mit dieser Munition verzichtet. 10 männlichen Tiere wurden entgegen den Herstellerangaben mit grüner Munition geschossen, ein Nachschuss war bei 2 Tieren, das sind 20 %, erforderlich. Auch diese Untersuchungsgruppe zeigte ebenfalls starke Bewegungen beim Entbluten. Unter Verwendung von grüner Munition wurden 294 weibliche Tiere mit grüner Munition geschossen, wobei 4,9 % der Kühe, 4,8 % der jungen Kühe und 0 % der Färsen nachbetäubt werden mussten. 172 Jungbullen wurden mit roter Treibladung geschossen. Bei 11,0 % der Tiere erwies sich die Betäubung der Tiere als ungenügend. Von den 17 mit roter Treibladung geschossenen Bullen wurden 35,3 % nachbetäubt (**Tab. 9**).

			Treibladung						
			rot		grün		schwarz		gesamt
			Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl
<b>Jungbulle</b>	Nachschuss	nein	153	89,0	2	50,0			155
		ja	19	11,0	2	50,0			21
		gesamt	172	100	4	100			176
<b>Bulle</b>	Nachschuss	nein	11	64,7	2	100			13
		ja	6	35,3	0	0			6
		gesamt	17	100	2	100			19
<b>Ochse</b>	Nachschuss	nein			4	100			4
		ja			0	0			0
		gesamt			4	100			4
<b>Kuh</b>	Nachschuss	nein			284	95,3	28	96,6	312
		ja			14	4,7	1	3,4	15
		gesamt			298	100	29	100	327
<b>Junge Kuh</b>	Nachschuss	nein			20	95,2	5	100	25
		ja			1	4,8	0	0	1
		gesamt			21	100	5	100	26
<b>Färse</b>	Nachschuss	nein			88	100	6	100	94
		ja			0	0	0	0	0
		gesamt			88	100	6	100	94
<b>Jungrind</b>	Nachschuss	nein			0	0			0
		ja			1	100			1
		gesamt			1	100			1

**Tab. 9:** Treibladungen und Nachbetäubungen beim „Cash-Knocker“ (Vorversuche)

Der Prototyp der Firma Schermer zeigte noch technische Mängel - er klemmte mehrfach und löste keinen Schuss aus - so dass mit diesem Gerät keine weiteren Betäubungen durchgeführt werden konnte.

#### *Schlachtbetrieb A:*

Die Ergebnisse der Vorversuche bezüglich der Ansatzstelle erbrachten, dass besten Betäubungserfolge 2 cm oberhalb des Kreuzungspunktes nach ILGERT (1985) erzielt werden konnten. Daher wurde für die Betäubungsversuche im Schlachtbetrieb A ausschließlich dieser Applikationsort gewählt.

Im Schlachtbetrieb A wurden die Betäubungsversuche mit dem druckluftbetriebenen Gerät der Firma EFA an 157 Tieren durchgeführt. Für dieses Schuss-Schlag-Gerät wurden folgende Betäubungsergebnisse erzielt (**Tab. 10**):

Insgesamt wurden mit diesem Verfahren 67 Jungbullen betäubt. Ein Tier wurde mit 10,5 bar und weitere 25 Tiere wurden mit 13,0 bar geschossen. Bei 36,0 % dieser Untersuchungsgruppe war es aufgrund ungenügender Betäubung erforderlich, eine Nachbetäubung mit dem Bolzenschuss vorzunehmen. 29 Tiere wurden mit einem Druck von 13,5 bar und 12 Tiere mit 14,0 bar betäubt, davon mussten 27,6 %, bzw. 33,3 % nachbetäubt werden. Ein Druck von 13,5 bar wurde für die Betäubung von 16 Ochsen verwendet. Die Nachbetäubungsquote lag bei diesen Tieren bei 31,3 %.

Es wurden 48 Kühe mit dem druckluftbetriebenen Gerät geschossen. Ein Druck von 10,0 bar erwies sich bei 2 untersuchten Kühen als ausreichend. Von 24 Tieren, mit 10,5 bar betäubt, mussten 20,8 % nachgeschossen werden. Bei 13 Tieren, bei welchen der Druck des Betäubungsgerätes auf 11,0 bar eingestellt wurde, mussten 15,4 % nachbetäubt werden. Eine Betäubung mit einem Druck von 11,5 bar ergab, dass von den 6 untersuchten Tieren 16,7 % und 33,3 % der 3 Tiere, die mit 14,0 bar betäubt wurden, ungenügend betäubt waren und nachgeschossen werden mussten. 4 untersuchte Jungkühe wurden mit 10,5 bar und 11,0 bar genügend betäubt.

In der Untersuchungsgruppe der Färsen wurden 20 Tiere mit dem Gerät der Firma EFA betäubt. Von 7 Färsen, die mit 10,0 bar geschossen wurden, mussten 14,3 % nachbetäubt werden. Ausreichend betäubt wurden jeweils 4 Tiere, die mit 10,5 bar und 11,0 bar geschossen wurden. Die Betäubung von 2 Färsen mit einem Druck von 11,5 bar wies eine Nachschussquote von 50,0 % auf und bei der Anwendung von 14,0 bar wurden 66,7 % der Färsen nachgeschossen. 50,0 % der 2 Jungrinder, bei der die Druckstärken zur Betäubung mit dem Gerät der Firma EFA 10, 5 bar betrug, mussten mit dem Bolzen nachbetäubt werden.

			Ladung in bar														
			10,0		10,5		11,0		11,5		13,0		13,5		14,0		gesamt
			Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl
<b>Jungbulle</b>	Nachschuss	nein			1	100					16	64,0	21	72,4	8	66,7	46
		ja			0	0					9	36,0	8	27,6	4	33,3	21
		gesamt			1	100					25	100	29	100	12	100	67
<b>Ochse</b>	Nachschuss	nein										11	68,7				11
		ja										5	31,3				5
		gesamt											16	100			
<b>Kuh</b>	Nachschuss	nein	2	100	19	79,2	11	84,6	5	83,3					2	66,7	39
		ja	0	0	5	20,8	2	15,4	1	16,7					1	33,3	9
		gesamt	2	100	24	100	13	100	6	100					3	100	48
<b>junge Kuh</b>	Nachschuss	nein			2	100	2	100									4
		ja			0	0	0	0									0
		gesamt			2	100	2	100									
<b>Färse</b>	Nachschuss	nein	6	85,7	4	100	4	100	1	50,0					1	33,3	16
		ja	1	14,3	0	0	0	0	1	50,0					2	66,7	4
		gesamt	7	100	4	100	4	100	2	100					3	100	20
<b>Jungrind</b>	Nachschuss	nein			1	50,0											1
		ja			1	50,0											1
		gesamt			2	100											

**Tab. 10:** Treibladungen und Nachbetäubungen beim EFA-Gerät (Schlachtbetrieb A)

Im Schlachtbetrieb A wurden mit dem "Cash-Knocker" 25 Tiere betäubt (**Tab. 11**). Bei 4 Jungbullen wurde die rote Treibladung verwendet, 50,0 % der Tiere wiesen eine ungenügende Betäubung auf. Die Untersuchung von 15 Kühen, die mit grüner Treibladung betäubt wurden, ergab eine Nachbetäubungsquote von 26,7 %. Auch bei 6 Färsen wurde die grüne Treibladung zur Betäubung benutzt, 16,7 % dieser Tiere mussten nachbetäubt werden

			Treibladung				
			rot		grün		gesamt
			Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl
<b>Jungbulle</b>	Nachschuss	nein	2	50,0			155
		ja	2	50,0			21
		gesamt	4	100			176
<b>Kuh</b>	Nachschuss	nein			11	73,3	312
		ja			4	26,7	15
		gesamt			15	100	327
<b>Färse</b>	Nachschuss	nein			5	83,3	94
		ja			1	16,7	0
		gesamt			6	100	94

**Tab. 11:** Treibladungen und Nachbetäubungen beim „Cash-Knocker“ (Schlachtbetrieb A)

Mit dem Schuss-Schlag-Gerät, "Magnum-Knocker" wurden insgesamt 47 Tiere betäubt (**Tab. 12**). Es wurden 30 Jungbullen mit roter Treibladung geschossen und 16,7 % mussten nachbetäubt werden. 2 Kühe wurden, entgegen den Herstellerangaben, mit roter Treibladung betäubt und es konnte eine ausreichende Betäubungswirkung ermittelt werden. Bei Verwendung der grünen Treibladung bei 12 Kühen wurde eine Nachbetäubungsrate von 8,3 % ermittelt. Die Betäubung von 3 Färsen verlief bei Verwendung der grünen Munition erfolgreich.

			Treibladung				
			rot		grün		gesamt
			Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl
<b>Jungbulle</b>	Nachschuss	nein	25	83,3			
		ja	5	16,7			
		gesamt	30	100			
<b>Kuh</b>	Nachschuss	nein	2	100	11	91,7	
		ja	0	0	1	8,3	
		gesamt	2	100	12	100	
<b>Färse</b>	Nachschuss	nein			3	100	
		ja			0	0	
		gesamt			3	100	

**Tab. 12:** Treibladungen und Nachbetäubungen beim „Magnum-Knocker“ (Schlachtbetrieb A)

*Schlachtbetrieb B:*

Im Schlachtbetrieb B wurde nur das Gerät „Magnum-Knocker“ verwendet. Der Applikationsort des Schlagkopfes wurde analog zum Schlachtbetrieb A gewählt (2 cm oberhalb des Kreuzungspunktes). In diese Untersuchung wurden 74 Tiere einbezogen (**Tab. 13**). Von den 45 Jungbullen, die mit roter Treibladung betäubt worden sind, mussten 15,6 % mit dem Bolzenschussgerät nachgeschossen werden. Bei einem Jungbullen wurde die grüne Treibladung angewandt und die Betäubung erwies sich als ausreichend. 8 Kühe und 19 Färsen wurden mittels grüner Treibladung auf Anhieb ausreichend betäubt.

			Treibladung				
			rot		grün		gesamt
			Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl
<b>Jungbulle</b>	Nachschuss	nein	38	84,4	1	100	39
		ja	7	15,6	0	0	7
		gesamt	45	100	1	100	46
<b>Kuh</b>	Nachschuss	nein			8	100	8
		ja			0	0	0
		gesamt			8	100	8
<b>Färse</b>	Nachschuss	nein	1	100	19	100	20
		ja	0	0	0	0	0
		gesamt	1	100	19	100	20

**Tab. 13:** Treibladungen und Nachbetäubungen beim „Magnum-Knocker“ (Schlachtbetrieb B)

### 4.3 Art der Geräte

Die verschiedenen Geräte unterscheiden sich bedingt durch Aufbau und Ausführung z.T. erheblich. Faktoren, wie Treibladung, Schlagkopfform, Handhabbarkeit, Auslösesicherheit und Rückschlag haben einen direkten Einfluss auf die Betäubungsqualität und spiegeln sich auch in den pathologischen Befunden wieder.

#### *Vorversuche im Schlachtbetrieb A:*

Bei Verwendung des druckluftbetriebenen Gerätes wurde die äußere Knochenlamelle nahezu regelmäßig (98,9 %) und die innere Knochenlamelle in 70,3 % der Fälle frakturiert. Nach Betäubung mit dem „Cash-Knocker“ konnte eine Zerstörung der äußeren Knochenlamelle in 97,1 % und der inneren Knochenlamelle in 70,0 % der Fälle festgestellt werden. Die Betäubungsversuche mit dem Schermergerät erbrachten, dass bei 89,5 % der Köpfe eine Fraktur der äußeren und bei 63,2 % eine Fraktur der inneren Knochenlamelle ermittelt werden konnte (Tab. 14).

		Schuss-Schlag-Apparat					
		Druckluft		"Cash-Knocker"		Schermer	
<b>äußere Knochenlamelle</b>	frakturiert	267	98,9 %	628	97,1 %	17	89,5 %
	ganz	3	1,1 %	19	2,9 %	2	10,5 %
<b>innere Knochenlamelle</b>	frakturiert	196	70,3 %	453	70,0 %	12	63,2 %
	ganz	83	29,7 %	194	30,0 %	7	36,8 %
<b>gesamt</b>		279		647		19	

**Tab. 14:** Frakturen der äußeren und inneren Knochenlamelle bei den verschiedenen Schuss-Schlag-Apparaten (Vorversuche)

Nach Anwendung des druckluftbetriebenen Gerätes mussten insgesamt 14,7 % der Tiere mit dem Bolzenschussapparat nachgeschossen werden. Nach Betäubung mit dem „Cash-Knocker“ erfolgte in 6,8 % und nach Betäubung mit dem Schermer-Gerät in 26,3 % der Fälle eine Nachbetäubung.

*Schlachtbetrieb A:*

Bei Verwendung des druckluftbetriebenen Gerätes, kam es in 99,1 % der Fälle zu einer Fraktur der äußeren und in 71,6 % der Fälle zu einer Fraktur der inneren Knochenlamelle. Die Betäubung mit dem „Cash-Knocker“ erbrachte eine Zerstörung der äußeren in 100 % und der inneren Knochenlamelle in 94,4 % der Fälle. Bei der Betäubung der Tiere mit dem „Magnum-Knocker“ wurde die äußere Knochenlamelle bei 100 % und die innere Knochenlamelle bei 45,0 % der betäubten Tiere frakturiert (Tab. 15).

		Schuss-Schlag-Apparat					
		Druckluft		"Cash-Knocker"		„Magnum-Knocker“	
<b>äußere Knochenlamelle</b>	frakturiert	115	99,1 %	18	100 %	40	100 %
	ganz	1	0,9 %	0	0 %	0	0 %
<b>innere Knochenlamelle</b>	frakturiert	83	71,6 %	17	94,4 %	18	45,0 %
	ganz	33	28,4 %	1	5,6 %	22	55,0 %

**Tab. 15:** Frakturen der äußeren und inneren Knochenlamelle bei den verschiedenen Schuss-Schlag-Apparaten (Schlachtbetrieb A)

Insgesamt mussten bei Betäubung mit dem druckluftbetriebenen Gerät 25,5 % der Tiere, nach Betäubung mit dem „Cash-Knocker“ 28,0 % und nach Betäubung mit dem „Magnum-Knocker“ 12,8 % der Rinder nachbetäubt werden.

*Schlachtbetrieb B:*

In diesem Schlachtbetrieb wurde nur der „Magnum Knocker“ verwendet (**Tab. 16**). Die äußere Knochenlamelle wurde in 41,9 % und die innere in 17,6 % der Fälle zerstört. Von den insgesamt 74 Tieren, die mit dem „Magnum-Knocker“ geschossen wurden, mussten 9,5 % nachbetäubt werden.

Schuss-Schlag-Apparat		„Magnum-Knocker“	
äußere Knochenlamelle	frakturiert	31	41,9 %
	ganz	43	58,1 %
innere Knochenlamelle	frakturiert	13	17,6 %
	ganz	61	82,4 %

**Tab. 16:** Frakturen der äußeren und inneren Knochenlamelle bei „Magnum-Knocker“ (Schlachtbetrieb B)

#### 4.4 Beurteilung der Betäubungswirkung

##### *Vorversuche im Schlachtbetrieb A:*

Von den 327 untersuchten Jungbullen, die in den Vorversuchen untersucht wurden, waren 15,6 % ungenügend betäubt. Von den 21 Bullen wurden 28,6 % und von den 4 Ochsen wurde keiner nachbetäubt. 6,3 % der 429 Kühe und 14,3 % der 35 jungen Kühe wurden nachgeschossen. Nachbetäubungen waren bei keiner der 127 Färsen und bei 50,0 % der 2 Jungrinder notwendig (**Tab. 17**).

Kategorie	gesamt	nachbetäubt	in Prozent
Jungbullen	327	51	15,6 %
Bullen	21	6	28,6 %
Ochsen	4	0	0 %
Kühe	429	27	6,3 %
junge Kühe	35	5	14,3 %
Färsen	127	0	0 %
Jungrinder	2	1	50,0 %

**Tab. 17:** Nachbetäubungsraten bei den Vorversuchen

Anschließend wurden die Fehlbetäubungen nach Rasse und Kategorie getrennt untersucht (**Tab. 25 im Anhang**). Bei den Jungbullen unterschied sich der Anteil der nachgeschossenen Tiere der Rasse Schwarzbunt mit 16,6 %, Deutsches Fleckvieh mit 15,1 % sowie Gelbvieh mit 16,6 % nicht wesentlich. In der Untersuchungsgruppe der Bullen wurden je 25,0 % der Rasse Deutsches Fleckvieh und Rotbunt nachbetäubt. Kühe der Rasse Charolais mussten mit 10,0 % fast doppelt so häufig nachbetäubt werden, wie Kühe der Rassen Schwarzbunt mit 6,5 % oder Deutsches Fleckvieh mit 5,8 %. Die geringste Nachschussrate bei den Kühen wurde mit 3,4 % bei den Rotbunten erzielt. 5,9 % der jungen Kühe der Rasse Schwarzbunt mussten nachgeschossen werden. Die Färsen ließen sich immer gut betäuben, egal welcher Rasse sie angehörten.

### Schlachtbetrieb A:

Nachgeschossen wurden 27,7 % der 101 Jungbullen, 31,3 % der 16 Ochsen und 18,2 % der 77 Kühe. Bei keiner der 4 jungen Kühe lag eine ungenügende Betäubung vor. Die Nachschussquote der 29 untersuchten Färsen lag bei 17,2 % und eines von 2 Jungrindern wies eine unzureichende Betäubung auf (**Tab. 18**).

Kategorie	gesamt	nachbetäubt	in Prozent
Jungbullen	101	28	27,7 %
Ochsen	16	5	31,3 %
Kühe	77	14	18,2 %
junge Kühe	4	0	0 %
Färsen	29	5	17,2 %
Jungrinder	2	1	50,0 %

**Tab. 18:** Nachbetäubungsraten in Schlachtbetrieb A

Die Jungbullen der Rasse Schwarzbunt mussten in 50,5 % der Fälle nachbetäubt werden. Das ist doppelt so häufig wie die Nachschussrate der Jungbullen der Rasse Deutsches Fleckvieh mit 25,0 % und mehr als doppelt so häufig wie die der Rasse Charolais mit 20,0 %. Es wurden nur Ochsen der Rasse Gelbvieh betäubt, hiervon mussten 31,3 % mit dem Bolzenschussgerät nachgeschossen werden. Bei den Kühen wurden Gelbvieh mit 33,3 % und Deutsches Fleckvieh mit 29,4 % etwa doppelt so oft nachbetäubt wie Schwarzbunte mit 12,5 % und Rotbunte mit 9,1 %. Junge Kühe mussten nicht und Färsen nicht zuordenbarer Rasse in 17,2 % der Fälle nachgeschossen werden (**Tab. 26 im Anhang**).

### *Schlachtbetrieb B:*

In Schlachtbetrieb B mussten 15,2 % der 46 Jungbullen nachbetäubt werden. Bei den 8 Kühen und 20 Färsen war die Betäubungstiefe ausreichend (**Tab. 19**).

<b>Kategorie</b>	<b>gesamt</b>	<b>nachbetäubt</b>	<b>in Prozent</b>
<b>Jungbullen</b>	46	7	15,2 %
<b>Kühe</b>	8	0	0 %
<b>Färsen</b>	20	0	0 %

**Tab. 19:** Nachbetäubungsraten in Schlachtbetrieb B

Von den Jungbullen der Rasse Deutsches Fleckvieh wurden 25,5 % der Tiere nachgeschossen, von den Jungbullen unbekannter Rasse keiner (**Tab. 27 im Anhang**).

#### **4.4.1 Registrierung der unwillkürlichen Bewegungen nach der Betäubung**

Die durchschnittliche Zeitspanne zwischen Betäubung und Entblutung betrug während der Vorversuche 82 Sekunden (min.: 52, max.: 140), während der Hauptversuche 79 Sekunden (min.: 52, max.: 135). Für die Bolzenschussbetäubung von Rindern beträgt die zulässige Höchstdauer zwischen Betäuben und Entblutungsschnitt 60 Sekunden (TierSchIV, Anlage 2).

#### *Vorversuche im Schlachtbetrieb A:*

Nur etwa jedes zweite Tier wurde in die Versuchsreihe einbezogen, da es für einen Untersucher zeitlich nicht möglich war jedes Tier für den Zeitraum zwischen Auswurf aus der Falle bis nach dem Entbluteschnitt zu verfolgen und die Reaktionen zu dokumentieren. Während ein Tier angeschlungen wurde, stand bereits schon das nächste Tier in der Falle und wurde geschossen.

Auf dem Rost zeigten 76,4 % der in die Untersuchung aufgenommenen Tiere keine, 10,6 % geringgradige, 8,0 % mittelgradige und 3,3 % hochgradige Bewegung und bei 1,7 % der Tiere konnte eine regelmäßige Atmung festgestellt werden. In den Vorversuchen konnte beim Hängen bei 65,7% der Rinder keine, bei 14,9 % geringgradige, bei 12,5 % mittelgradige, bei 3,3 % hochgradige Bewegung festgestellt werden. 3,6 % der erfassten Tiere zeigten noch regelmäßige Atemtätigkeit. Bei 91,5 % der Tiere war kein, bei 6,4 % geringgradiges und bei 2,1 % mittelgradiges seitliches Aufziehen vorhanden. Beim Hautschnitt konnten bei 49,8 % der Rinder keine, bei 26,9 % geringgradige, bei 20,6 % mittelgradige, bei 1,3 % hochgradige Bewegung ermittelt werden und 1,4 % der Tiere atmeten beim Hautschnitt noch regelmäßig. Während des Entbluteschnittes zeigten 22,4 % der untersuchten Rinder keine, 41,5 % geringgradige, 30,8 % mittelgradige und 4,1 % hochgradige Bewegung. Bei 1,3 % der Tiere konnte noch regelmäßige Atemtätigkeit festgestellt werden.

Bei einem Teil der Tiere wurde statt des vorgeschriebenen Haut- und Entbluteschnittes ein sogenannter Schächtschnitt durchgeführt. Hier wurde nicht wie vorgeschrieben zunächst ein Hautschnitt und dann erst der eigentliche Entblutestich vorgenommen, sondern es erfolgte ein durchgängiger Schnitt durch die äußere Haut und die Hauptblutgefäße. Dies erfolgte insbesondere dann, wenn wegen gefährlicher Bewegungen der Vordergliedmaßen die hygienisch korrekte Ausführung nicht möglich war. Bei den 20 Tieren, bei denen ein so genannter Schächtschnitt durchgeführt wurde, kam es in 5,0 % der Fälle zu keinen, in 75,0 % der Fälle zu geringgradigen, in 20,0 % der Fälle zu mittelgradigen und zu keinen hochgradigen Bewegungen (**Tab. 20**).

### *Schlachtbetrieb A:*

Auch hier konnte nur ein Teil der Tiere erfasst werden, da es die hohe Schlachtbandgeschwindigkeit trotz Einsatz von zwei Untersuchern zeitlich unmöglich machte, jedes Tier im Zeitraum zwischen Auswurf aus der Falle bis nach dem Entbluteschnitt zu verfolgen und die Reaktionen zu dokumentieren. Atmung nach der Betäubung konnte bei keinem der Tiere in den Hauptversuchen im Schlachtbetrieb A festgestellt werden.

67,8 % der untersuchten Tiere zeigten auf dem Rost keine, 25,4 % geringgradige, 4,4 % mittelgradige und 2,4 % hochgradige Bewegungen. Bei den Tieren, die am Schlachtband hingen, konnten in 38,0 % keine, in 41,0 % geringgradige, in 18,0 % mittelgradige und in 2,9 % der Fälle hochgradige Bewegungen festgestellt werden. Kein seitliches Aufziehen wurde bei 80,0 %, geringgradiges bei 15,0 %, mittelgradiges bei 4,4 % und hochgradiges bei 0,6 % der Fälle aufgezeichnet. Bei 59,9 % der aufgenommenen Tiere wurden beim Hautschnitt keine, bei 34,3 % geringgradige, bei 5,8 % mittelgradige und keine hochgradigen Bewegungen ermittelt. Beim Entbluteschnitt traten bei 35,8 % der Tiere keine, bei 51,8 % geringgradig, bei 12,4 % mittelgradige und keine hochgradigen Bewegungen auf. Auch hier wurde bei einem Teil der Tiere statt des vorgeschriebenen Haut- und Entbluteschnittes ein sogenannter Schächtschnitt durchgeführt. Ein Schächtschnitt erfolgte bei 43 Tieren. Es kam in 16,3 % der Fälle zu keinen, in 74,4 % zu geringgradigen, in 9,3 % zu mittelgradigen und zu keinen hochgradigen Bewegungen (**Tab. 21**).

### *Schlachtbetrieb B:*

Die 74 untersuchten Tiere zeigten bis auf eines keine Reaktionen beim Entbluteschnitt. Es kam bei 10,8 % der 74 betäubten Rinder zu kurz andauernden Exzitationen vor dem Anschlingen, danach hingen die Tiere ruhig.

Untersuchungs- -position	Bewegungen										
	untersucht	keine		geringgradige		mittelgradige		hochgradige		Atmung	
	Anzahl	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
<b>Rost</b>	576	440	76,4 %	61	10,6 %	46	8,0 %	19	3,3 %	10	1,7 %
<b>Hängen</b>	577	379	65,7 %	86	14,9 %	72	12,5 %	19	3,3 %	21	3,6 %
<b>seitliches Aufziehen</b>	577	528	91,5 %	37	6,4 %	12	2,1 %	0	0 %	0	0 %
<b>Hautschnitt</b>	558	278	49,8 %	150	26,9 %	115	20,6 %	7	1,3 %	8	1,4 %
<b>Entbluteschnitt</b>	559	125	22,4 %	232	41,5 %	172	30,8 %	23	4,1 %	7	1,3 %
<b>Schächtschnitt</b>	20	1	5,0 %	15	75,0 %	4	20,0 %	0	0 %	0	0 %

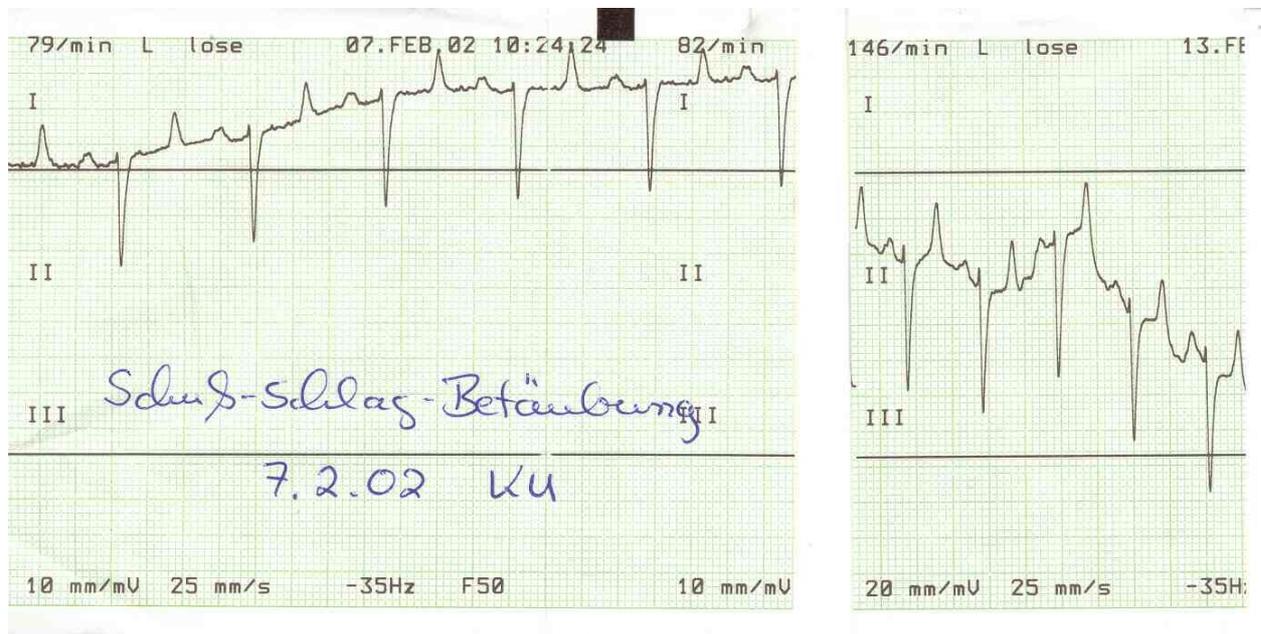
**Tab. 20:** Bewegungen der Tiere nach der Betäubung in den Vorversuchen

Untersuchungs- -position	Bewegungen										
	untersucht	keine		geringgradige		mittelgradige		hochgradige		Atmung	
	Anzahl	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
<b>Rost</b>	205	139	67,8 %	52	25,4 %	9	4,4 %	5	2,4 %	0	0 %
<b>Hängen</b>	205	78	38,0 %	84	41,0 %	37	18,0 %	6	2,9 %	0	0 %
<b>seitliches Aufziehen</b>	180	144	80,0 %	27	15,0 %	8	4,4 %	1	0,6 %	0	0 %
<b>Hautschnitt</b>	137	82	59,9 %	47	34,3 %	8	5,8 %	0	0 %	0	0 %
<b>Entbluteschnitt</b>	137	49	35,8 %	71	51,8 %	17	12,4 %	0	0 %	0	0 %
<b>Schächtschnitt</b>	43	7	16,3 %	32	74,4 %	4	9,3 %	0	0 %	0	0 %

**Tab. 21:** Bewegungen der Tiere nach der Betäubung im Schlachtbetrieb A

## 4.5 EKG

Es wurden in Schlachtbetrieb A 69 EKG's abgeleitet. Die Tiere stammten aus den Kategorien, Jungbulle, Kuh, junge Kuh und Färse. 21 der erfassten Rinder wurden mit dem „Magnum-Knocker“, 19 mit dem „Cash-Knocker“ und 29 mit Druckluftgerät der Firma EFA betäubt. Bei 68 Tieren waren nach der Betäubung mittels Schuss-Schlag-Apparat normale Herzaktionen auf der Ableitung mit dem EKG zu erkennen. Eine Ableitung konnte nicht interpretiert werden, da das Tier starke tonisch-klonische Krämpfe hatte.



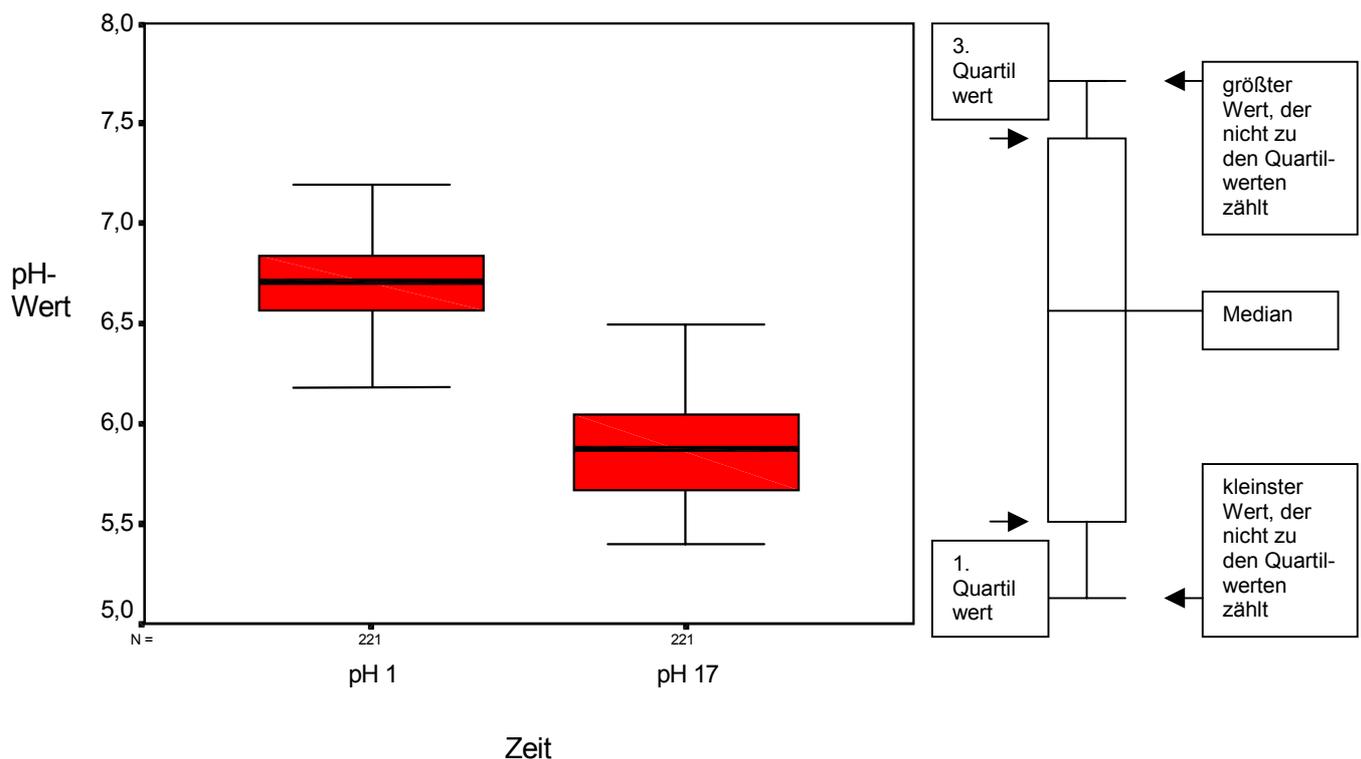
**Abb. 13:** Zwei Elektrokardiogramme mit normaler Herzaktion

## 4.6 Fleischqualität

Die Schlachttierkörper, der im Schlachbetrieb A in den Hauptversuchen mit den verschiedenen Schuss-Schlag-Geräten betäubten 229 Rindern, wurden hinsichtlich ihrer Fleischqualität genauer untersucht.

### pH-Wert

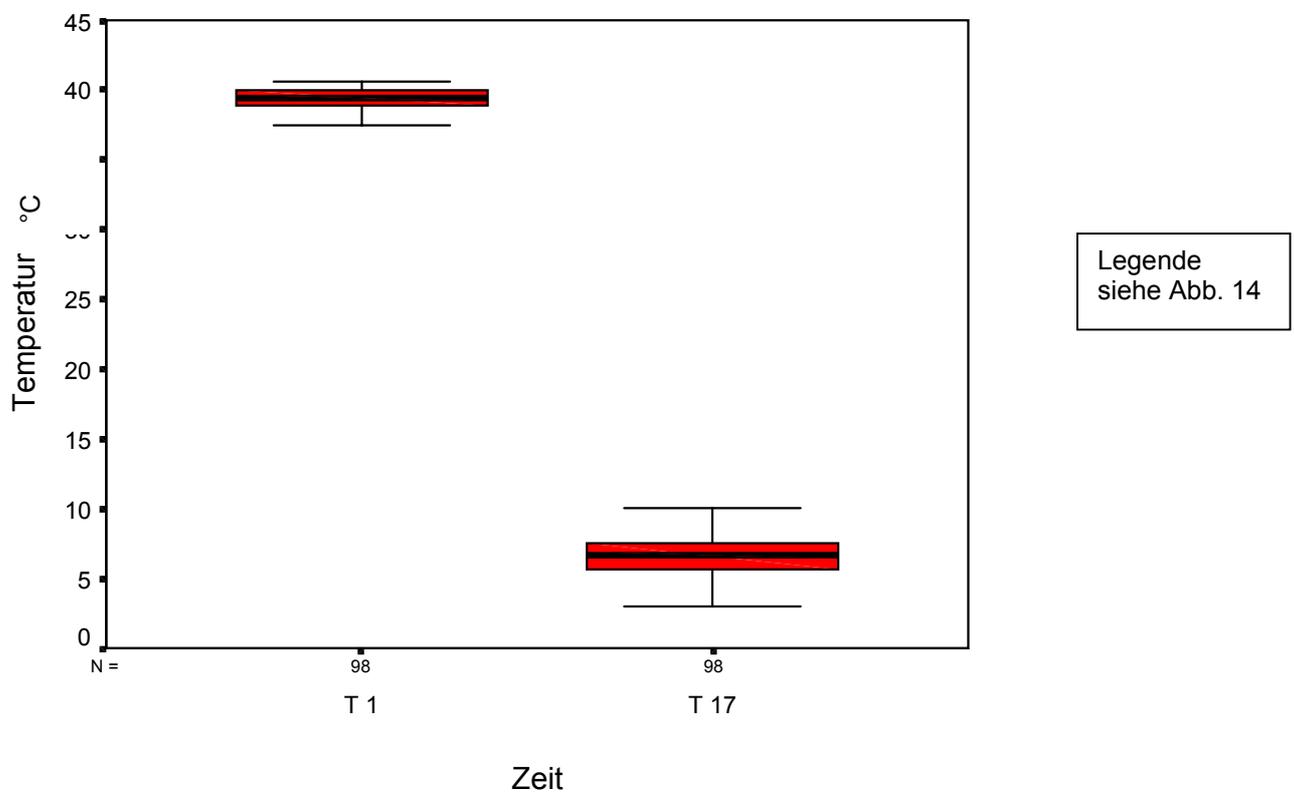
Der durchschnittliche pH-Wert, gemessen eine Stunde nach dem Schlachten, lag bei pH 6,75. Ohne Extremwerte befand sich der maximale Wert bei pH 6,88 und der minimale bei einem pH von 6,61. 17 Stunden nach dem Schlachten konnte ein mittlerer pH-Wert von 5,90 ermittelt werden, wobei der maximale gemessene Wert bei pH 6,01 und der minimale Wert bei 5,71 lag (ohne Extremwerte).



**Abb. 14:** pH-Werte im Fleisch nach einer und 17 Stunden

## Temperatur

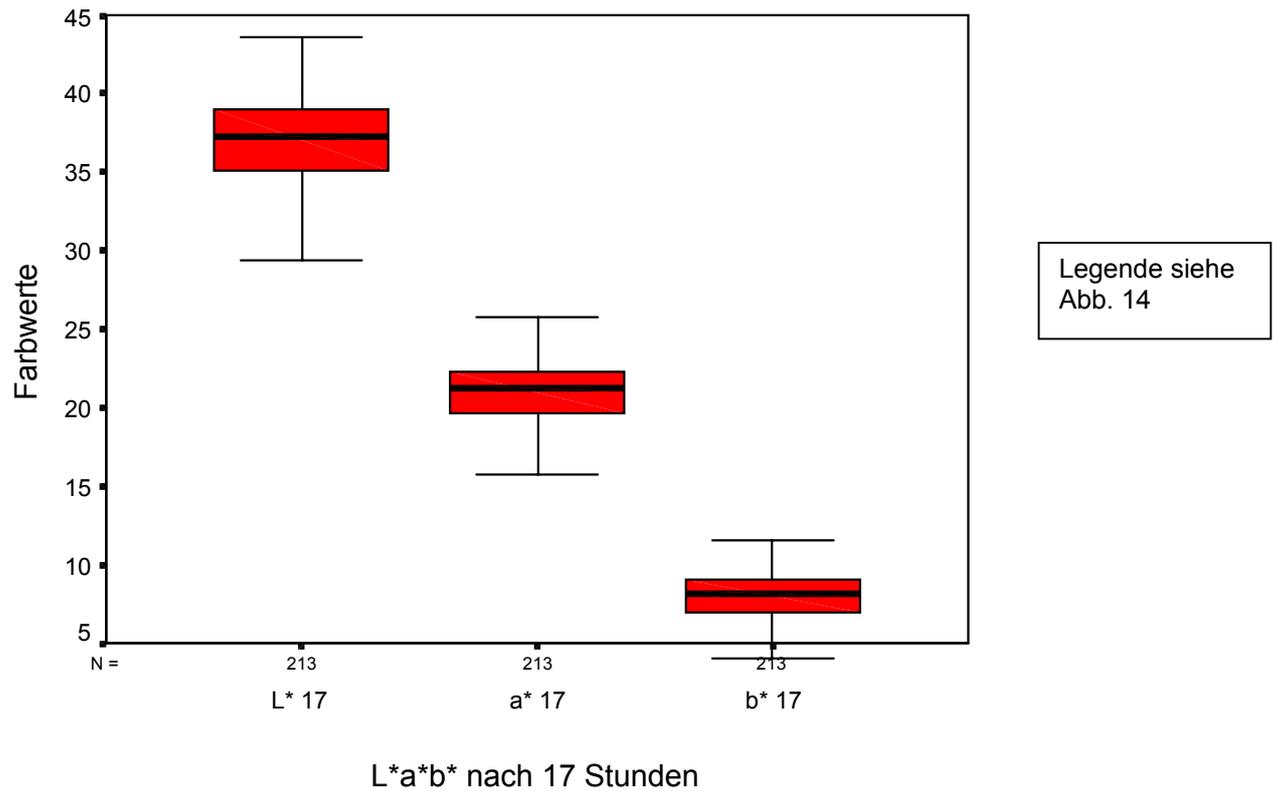
Eine Stunde nach dem Schlachten konnte der mittlere Temperaturwert im Fleisch von 39,8 °C festgestellt werden. Der maximale Wert betrug 40,4 °C und minimale 39,2 °C (ohne Extremwerte). Im Fleisch wurde nach 14 Stunden eine mittlere Temperatur von 7,3°C gemessen, die maximale Temperatur befand sich bei 7,9 °C und die minimale bei 6,0 °C (ohne Extremwerte).



**Abb. 15:** Temperaturen im Fleisch nach einer und 17 Stunden

## Farbwerte

Die mittleren Farbwerte, die 17 Stunden nach dem Schlachten gemessen wurden, lagen bei 37,59 für  $L^*$ , bei 20,60 für  $a^*$  und bei 8,58 für  $b^*$ . Ohne Extremwerte bewegten sich die Werte für  $L^*$  von 39,43 bis 35,48, für  $a^*$  von 22,64 bis 20,05 und für  $b^*$  von 9,38 bis 7,39.



**Abb. 16:** Farbwerte des Fleisches nach 17 Stunden

#### 4.7 Sektionsbefunde

Bei allen mit der Schuss-Schlag-Betäubung betäubten Tieren fielen gering- bis hochgradige Hämatome (Blutergüsse) am Gehirn auf. Diese waren an der Frontseite direkt unter der Ansatzstelle der Schuss-Schlag-Betäubung und auch am Hirnstamm lokalisiert. Zu den Frakturen der äußeren und inneren Knochenlamelle (**Abb. 18**) müssen die Ergebnisse bei 4.3 Art der Geräte mit betrachtet werden.

##### *Vorversuche im Schlachtbetrieb A:*

Insgesamt blieben bei 2,5 % Rindern die äußere und innere Schädelknochenlamelle sowie die harte Hirnhaut unversehrt (**Abb. 17**). Bei insgesamt 39,5 % der Tiere blieb die harte Hirnhaut unversehrt.

		Druckluft		"Cash-Knocker"		Schermer		gesamt	
Dura mater	verletzt	176	63,1 %	387	59,8 %	9	47,4 %	572	60,5 %
	ganz	103	36,9 %	260	40,2 %	10	52,6 %	373	39,5 %
gesamt		279	100 %	647	100 %	19	100 %	945	100 %

**Tab. 22:** Verletzungen der Dura mater nach Verwendung der verschiedenen Schuss-Schlag-Apparate (Vorversuche)

##### *Schlachtbetrieb A:*

Bei nur 0,4 % der Rinder blieb die innere und äußere Schädelknochenlamelle sowie die harte Hirnhaut unversehrt. Bei 36,2 % der Tiere blieb die harte Hirnhaut unversehrt.

		Druckluft		"Cash-Knocker"		„Magnum-Knocker“		gesamt	
Dura mater	verletzt	79	68,1 %	17	94,4 %	15	37,5 %	111	63,8 %
	ganz	37	31,9 %	1	5,6 %	25	62,5 %	63	36,2 %

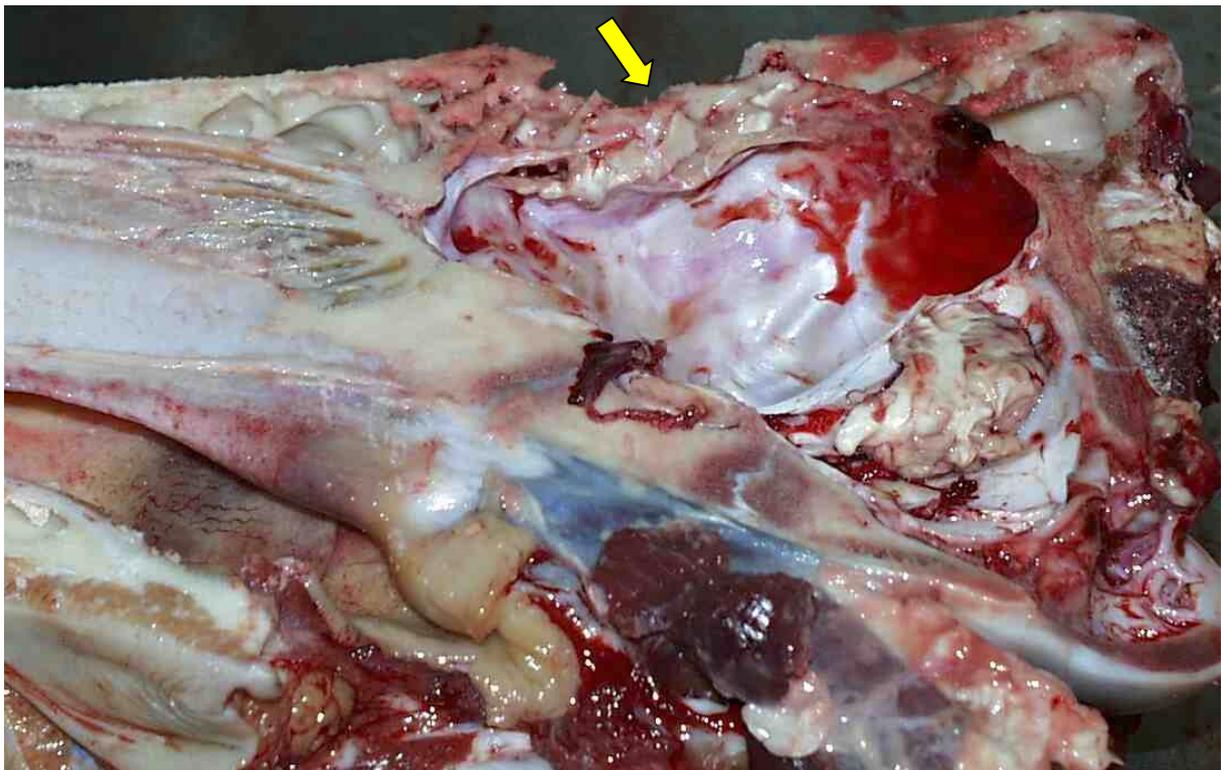
**Tab. 23:** Verletzungen der Dura mater nach Verwendung der verschiedenen Schuss-Schlag-Apparate (Schlachtbetrieb A)

*Schlachtbetrieb B:*

Bei 40,5 % der Rinder blieb sowohl die innere und äußere Schädelknochenlamelle als auch die harte Hirnhaut unversehrt. Bei 60,8 % der Tiere blieb die nur allein die harte Hirnhaut unversehrt.

„Magnum-Knocker“			
Dura mater	verletzt	29	39,2 %
	ganz	45	60,8 %

**Tab. 24:** Verletzungen der Dura mater nach Verwendung des „Magnum-Knockers“ (Schlachtbetrieb B)



**Abb. 17:** Bei diesem Befund ist die äußere und innere Schädelknochenlamelle eingebrochen und die harte Hirnhaut eingerissen.



**Abb. 18:** Bei diesem Rind sind die äußere und innere Schädelknochenlamelle und die harte Hirnhaut unversehrt.

## **5 Diskussion**

### **5.1 Applikationsort am Rinderschädel**

Aus der Literaturrecherche im vorab kam für die vorliegende Versuchsstudie nur die frontale Ansatzstelle in Frage. Die Betäubung sollte in der Medianen erfolgen. In diesem Bereich besteht zwischen der Lamina externa und interna des Os frontale eine knöcherne Verbindung (NICKEL et al. 2001). Dadurch wird die Aufschlagsenergie optimal auf das Gehirn übertragen und es wird deshalb bei Einhaltung dieser Ansatzstelle eine optimale Betäubung erreicht.

Während der Erprobung der verschiedenen Schuss-Schlag-Geräte in der Routineschlachtung konnte beobachtet werden, dass die Anatomie der Rinder Einfluss auf die Betäubungsqualität ausübt. So konnte der Schlagkopf des „Magnum-Knocker“s bei 6 Kühen der Rasse Rotbunt nicht richtig plaziert werden, da bei dieser Rasse die Schädel sehr schmal und die Augenwülste sehr massiv sind. Dadurch konnte der „Magnum-Knocker“ nicht plan aufgesetzt werden, sondern musste vom Betäuber in der richtigen Position gehalten werden. Bei einer dieser Kühe erwies sich die Betäubung als ungenügend und es erfolgte eine Nachbetäubung mit dem Bolzenschußgerät.

### **5.2 Treibladungen**

Als optimale Treibladung kann bezüglich der Stärke eine solche bezeichnet werden, die eine zuverlässige Betäubung und eine geringe Exzitation auslöst, sowie eine minimale Verletzung des Schädels und Hirns bewirkt. Bei der Auswahl der Treibladung ist jedoch die Rasse der Rinder und die Tierkategorie mit deren unterschiedlichen Schädelformen und –stärken zu berücksichtigen. Bei Wahl einer zu schwachen Ladung wird das Rind ungenügend betäubt. Dieses stellt neben einer Verletzung des Tierschutzes auch ein Verletzungsrisiko für das Personal dar. Eine zu starke Ladung hingegen erzeugt sehr große Verletzungen am Rinderschädel und am Gehirn. Dadurch wird das Risiko für über das Blut transportiertes, möglicherweise BSE-infiziertes, Nervengewebe erhöht.

Da die in der Untersuchung verwendeten Geräte erst neu auf dem Markt sind, lassen die in den Versuchen verwendeten Treibladungen keinen Vergleich mit solchen zu, die in der Literatur genannt werden. Für das druckluftbetriebene Gerät bestehen ohnehin keine Angaben.

Beim druckluftbetriebenen Gerät der Firma EFA löste der Schuss stets zuverlässig aus und das Gerät war dank der Luft als Treibmedium ohne Patronenwechsel sofort wieder schussbereit. Das umständliche Handhaben von explosionsgefährlichen Ladungen entfällt bei diesem Gerät. Als nachteilig muss gewertet werden, dass eine Überprüfung und Dokumentation der verwendeten Schussstärken, wie z.B. bei Treibladungen über das Zählen der Patronenhülsen, nicht realisiert werden kann. Bezüglich der Druckstärke können am untersuchten Gerät viele Einstellungen gemacht werden. Die optimale Ladung für die einzelnen Rassen und Kategorien kann über eine Tabelle bestimmt werden. Allerdings muss das Personal diese Einstellungen selbstständig und für jedes Tier individuell bestimmen. Im täglichen Arbeitsablauf besteht die Möglichkeit, dass die Wahl der Druckstärke nicht immer optimal gewählt wird oder das ständige Wechseln der Stärken eine zu große Mühe darstellt. Als Resultat und mangels Nachprüfbarkeit kann das Gerät dann möglicherweise dauernd auf dem Maximaldruck eingestellt bleiben. Beim untersuchten Gerät werden die Einstellung auf zwei Drücke, d.h. zwei per Hebel wählbare Positionen, begrenzt. Diese werden in Abhängigkeit des Geschlechts der Rinder eingesetzt.

Die Erfahrungswerte der Munition, die im Bolzenschussapparat verwendet wird, kann bei den Cash-Geräten übernommen werden. Die Versuche zeigten, dass schwarze Patronen bei weiblichen Tieren und grüne Patronen bei männlichen Tieren nach Prüfung der Reflexe zwar zu einer ausreichenden Betäubungstiefe führten, aber die Exzitationen beim Anschlingen so stark waren, dass eine Gefährdung für die Arbeiter bestand. Dies bedeutet, dass Kühe und Färsen mit grüner und Bullen mit roter Treibladung betäubt werden müssen. Die Hülsen können, wie bei allen patronengetriebenen Geräten, zu einer Überprüfung der Anzahl und der Art der verwendeten Munition herangezogen werden.

Der Untersuchungszeitraum für das Gerät der Firma Schermer war zu kurz, als das eine Aussage über die Ladungsstärken gemacht werden kann. Jedoch kann vermutete werden, dass die Ursache für die Unzuverlässigkeit des Geräts die Treibladungen darstellen. In älteren Untersuchungen waren die Treibladungsstärken nicht immer gleichmäßig, obwohl diese laut Hersteller gleich sein sollten (MÄNNL 1993). Dies konnte in den Versuchen jedoch nicht bestätigt werden. Generell jedoch ist in den Schlachthöfen durch die Verwendung der Bolzenschussgeräte bekannt, dass die Treibladungsqualitäten je nach Hersteller schwanken können.

### **5.3 Art der Geräte**

Das Gerät beinhaltet die Mechanik, die zur Umsetzung des Drucks der Treibladung bzw. der Druckluft in den Schussimpuls dient, sowie den notwendigen Auslösemechanismus. Des weiteren führt sie den Schlagkopf und hält diesen nach einer definierten Strecke zurück. Der Schlagkopf entscheidet als „Kontaktstelle“ zwischen Betäubungsgerät und Tierschädel über die Übertragung des Schlagimpulses. Damit ist dessen Form neben der Schlagkraft mitentscheidend für die Art der Krafeinleitung und die dadurch erzeugte Kopf- bzw. Hirnverletzung. Die Schlagkopfformen aller vier Geräte entsprachen weitgehend den von MÄNNL (1993) empfohlenen abgeflachten pilzförmigen Geometrie. Die Schlagfläche soll minimal konvex sphärisch mit gebrochener Kante sein.

Das druckluftbetriebene Gerät der Firma EFA ist wegen der notwendigen Versorgungsschläuche, des Gewichtsausgleichs und der größeren Mechanik unhandlicher, daher ist es umständlicher an der Ansatzstelle zu positionieren. Der zur Versorgung mit Druckluft notwendige Kompressor schränkt den Aktionsradius des Gerätes auf die Schlauchlänge ein. Bei dem in den Schlachtbetrieben eingesetzten Gerät bestand die Gefahr unmittelbar nach einem Schuss einen ungewollten zweiten Schuss auszulösen. Dieser Mangel in der Mechanik könnte sicherlich behoben werden. Positiv ist zu bemerken, dass aufgrund der großen Masse des Geräts der Rückschlag nicht so heftig wie bei dem „Cash-Knocker“ ist. Das druckluftbetriebene Gerät hatte den Schlagkopf mit dem geringsten

Durchmesser, was den größten Flächendruck auf der kleine Aufschlagfläche am Schädel erzeugt.

Die Vorteile des mit Kartuschen betriebenen „Magnum-Knockers“ sind die flexiblere Handhabung ohne störende Versorgungsleitungen und die geringeren Abmessungen gegenüber den Druckluftgeräten. Der große Schlagkopf des Geräts kann bei Tieren mit ausgeprägten Augenwülsten zu Schwierigkeiten beim Aufsetzen führen. Aufgrund seiner Masse besitzt der „Magnum-Knockers“ ebenfalls einen geringen Rückschlag.

Der „Cash-Knocker“ entspricht vom Aufbau her dem „Magnum-Kocker“ und ist dessen Vorläufermodell. Er besitzt einen kleineren Schlagkopf und ist daher bei Kühen der Rasse Rotbunt trotz der ausgeprägten Augenwülste gut absetzbar. Ansonsten überwiegen die Vorteile des Nachfolgegeräts „Magnum-Kocker“.

Die Funktion beim Schermer-Gerät konnte nicht sichergestellt werden. Es war unklar, ob dies auf eine mechanische Fehlfunktion zurückzuführen war, oder ob die Patronen nicht gezündet haben. Daher wurde der Versuch nach 19 betäubten Tieren abgebrochen. Wegen der im Vergleich zu Druckluft und „Cash-Knocker“ geringe Frakturrate der inneren Knochenlamelle wären weitere Untersuchungen mit diesem Gerät interessant gewesen.

#### **5.4 Beurteilung der Betäubungswirkung**

Ob das Erlöschen des Kornealreflexes eine objektive Methode zur Erkennung von Schmerzreaktionen ist, wird kontrovers diskutiert. Es gibt Anzeichen dafür, dass das Erlöschen des Kornealreflexes als Hinweis für völlige Schmerzunempfindlichkeit kein zuverlässiges Symptom darstellt (MICKWITZ/LEACH 1977). Währenddessen wird der Ausfall des Kornealreflexes in Verbindung mit der Weitstellung der Pupille als Zeichen der optimalen Anästhesietiefe für jegliche Art von chirurgischen Eingriffen angesehen (PADDLEFORD/ERHARDT 1992). Es könnte auch sein, dass nur die bewusste Schmerz Wahrnehmung ausgeschaltet ist.

Da es sich bei der Schuss-Schlag-Betäubung prinzipiell um ein reversibles Betäubungsverfahren handelt, ist die Zeitspanne zwischen Betäubung und Entblutungsschnitt stets von besonderer Wichtigkeit. Daher sollte grundsätzlich so schnell wie technisch durchführbar entblutet werden. Dafür würde sich eine Entblutung im Liegen unmittelbar nach Auswurf aus der Falle anbieten. Noch besser dürfte sich auch im Hinblick auf die Schlachtkörperqualität (Ausblutungsgrad!) die Entblutung am noch unterstützt stehenden Tier auswirken, wie sie im Schlachtbetrieb B aufgrund der speziellen Konstruktion der Falle möglich ist.

Es gibt keinerlei Hinweise dafür, dass die nach Anlage 2 der TierSchIV für die Bolzenschussbetäubung von Rindern höchstzulässige Dauer von 60 Sekunden direkt auf die Schuss-Schlag-Betäubung übertragen werden kann. So lange hierüber keine festgelegten Daten vorliegen, sollte eine Dauer von 20 Sekunden nicht überschritten werden (analog zur Vorgabe „Bolzenschuss bei anderen Tieren oder anderen Schusspositionen“).

Die auffallend lange Zeitspanne zwischen Schuss und Entblutungsschnitt im Schlachtbetrieb A kann mit sehr häufig auftretenden Verzögerungen beim Anschlingen der Tiere erklärt werden. Der dafür zuständige Mitarbeiter war gleichzeitig auch für den letzten Zutriebsbereich zur Betäubungsfalle im Stall zuständig. Daher musste er ständig zwischen Stall und Trockenlanderoast im unreinen Teil der Schlachtung wechseln.

## **5.5 EKG**

Da das EKG in den Untersuchungen eine normale Herztätigkeit zeigt, führt die Schuss-Schlag-Betäubung genauso wie die Bolzenschussbetäubung nicht, wie anfangs vom klinischen Erscheinungsbild her zu vermuten war, zu einem Herzkammerflimmern. Dies könnte dazu führen, dass Gewebe des Zentralen Nervensystems über die Blutbahn in den Tierkörper verteilt werden kann. Starke Bewegungen des betäubten Tieres begünstigen zusätzlich zum Herzschlag die Verbreitung möglicher Emboli mit ZNS in das Muskelgewebe. EKGs konnten auch bei Tieren mit Exzitationen abgeleitet werden, diese Ableitungen zeigten keine

Besonderheiten. Bei einem Tier, das tonisch-klonische Krämpfe zeigte, konnte aufgrund der überlagernden Muskelaktivität die Ableitung nicht interpretiert werden.

## **5.6 Fleischqualität**

Es gibt sowohl für die pH-Werte als auch für die Farbwerte nur die Möglichkeit, eine Tendenz festzustellen, da diese Werte normalerweise nach 48 Stunden gemessen werden. Die Frage, ob es bei der Schuss-Schlag-Betäubung zu einer Veränderung der Fleischqualität im Vergleich zu bolzengeschossenen Tieren kommt, lässt sich mit nein beantworten. Es gibt keine wesentlichen Unterschiede. Die gemessenen Werte lassen die Tendenz erkennen, dass sie sich nach 48 Stunden nicht erheblich von denen der Tierkörper unterscheiden, die mit Bolzenschuss betäubt werden.

Um dies zu belegen, wurden wichtige Fleischqualitätsparameter erfasst. Der pH-Wert und die Temperatur wurden jeweils nach 1 und nach 17 Stunden gemessen, die Farbwerte des Fleisches wurde nach 17 Stunden ermittelt. In der Literatur ist das Auftreten von Blutpunkten in der Muskulatur beschrieben. Dies konnte bei den untersuchten, schuss-schlag-betäubten Rindern nicht nachgewiesen werden. Ein Vorhandensein von Blutpunkten wurde beim Zerlegen der Tierkörper nicht beanstandet.

## **5.7 Sektionsbefunde**

Bei der Sektion fielen an über der Hälfte der untersuchten Gehirne massive Blutungen auf. Diese zogen sich vom Frontallappen bis in den Hirnstamm hinein. Solches wird auch bei traumatischen Schädigungen des Gehirns in der Humanmedizin berichtet (REMMELE 1984). Dieses war auch der Fall, wenn die innere Knochenlamelle und die harte Hirnhaut unverletzt waren.

Legt man die Vorgaben der EG für eine Schuss-Schlag-Betäubung zu Grunde, nach der die Knochen und die Hirnhaut unversehrt bleiben müssen, wird diese Forderung oft nicht erfüllt. Das beste Ergebnis in dieser Hinsicht wurde im Schlachtbetrieb B

erzielt. Die Gründe hierfür können in der zuverlässigeren Kopffixierung liegen. Der „Magnum-Knocker“, der sowohl in Schlachtbetrieb A als auch in Schlachtbetrieb B eingesetzt wurde und daher zum Vergleich herangezogen werden kann, verursachte im Schlachtbetrieb B nur halb so viele Frakturen der äußeren und inneren Knochenlamelle wie in Schlachtbetrieb A.

Die Dura Mater bleibt trotz Deformation und Fraktur des Knochens nach Bewusstlosigkeit verursacht durch ein stumpfes Trauma beim Menschen gewöhnlich unverletzt (UNTERHARNSCHEIDT, 1971). In einer Untersuchung über die Schuss-Schlag-Betäubung an Rindern konnte FINNIE (1995) dieses bestätigen. Bei der vorliegenden Untersuchungen jedoch war die Dura mater häufig verletzt.

## **6 Schlussfolgerungen**

### **6.1 Bedeutung für die Fleischqualität**

Im Vergleich zwischen Schuss-Schlag-Betäubung und konventioneller Bolzenschussbetäubung war kein Unterschied bezüglich pH-Wert, Temperatur und Fleischfarbe festzustellen. Die Fleischfarbe wird maßgeblich von Entblutungsgrad bestimmt. Das Herz schlägt nach der Schuss-Schlag-Betäubung weiter, wie dies auch nach der Betäubung mittels Bolzenschuss der Fall ist. Damit liegen für den Ausblutungsgrad die gleichen Bedingungen zugrunde.

### **6.2 Bedeutung für den Verbraucherschutz**

Die EKG-Untersuchungen ergaben, dass bei allen Rindern der Herzschlag nach der Betäubung noch vorhanden war. Weiterhin lagen Verletzungen und Blutungen des Gehirns vor. Deshalb kann bei diesen Verfahren der Betäubung im Vergleich zur Bolzenschussbetäubung nicht von einer Minimierung des Risikos einer Kontamination des Schlachtkörpers mit Prionen über das Blut ausgegangen werden. Die Gefahr erscheint jedoch geringer, da das Gehirn nur selten eröffnet wird und somit das Risiko einer Übertragung von Rind zu Rind wesentlich geringer ist.

### **6.3 Bedeutung für den Arbeitsschutz**

Für den Arbeitsschutz bedeutet die Anwendung der Schuss-Schlag-Betäubung eine Verbesserung, da eine bessere Ruhiglage der Tiere beim Anschlingen auf dem Rost als bei der Betäubung mittels Bolzenschuss erzielt wird. Es treten weniger reflektorisch verursachte Bewegungen beim Entbluten auf. Somit erfolgt eine Reduzierung der Gefahr für die an diesen Arbeitsplätzen beschäftigten Mitarbeiter. Solange bei der Schuss-Schlag-Betäubung zumindest eine der Hüllen des Gehirns unversehrt bleibt (äußere Haut, eine der Knochenlamellen oder die harte Hirnhaut), ist eine Gefährdung des Betäubers durch Kontakt mit ZNS-Gewebe deutlich reduziert.

Der „Magnum-Knockers“ und das druckluftbetriebene Gerät erzeugen einen Rückschlag, der nur unwesentlich über dem der Bolzenschussapparate liegt. Dies erhöht sicherlich die Akzeptanz der Geräte beim Schlachtpersonal. Die Schuss-Schlag-Betäubung ist ebenso einfach umsetzbar wie die Bolzenschussbetäubung. Es sind keine größeren Investitionen durch Umbaumaßnahmen erforderlich. Deshalb kann die Schuss.Schlag-Betäubung für registrierte Schlachtbetriebe eine Alternative zur Bolzenschussbetäubung darstellen.

#### **6.4 Bedeutung für den Tierschutz**

Die Betäubungsmethode führt bei sachgerechter Anwendung zu einer schnellen und sehr guten Betäubung der Tiere. Diese ist allerdings nur bei einer guten Fixierung des Tieres in der Falle und insbesondere einer sehr guten Kopffixierung zu erreichen. Die Nachbetäubungsquote lag bei allen verwendeten Geräten zu hoch und ist aus tierschutzrechtlicher Sicht nicht zu vertreten. Schlägt die Betäubung fehl, muss innerhalb kürzestmöglicher Zeit nachgeschossen werden. Der Nachschuss sollte mit dem Bolzenschussgerät erfolgen. Eine Nachbetäubung mit dem Schuss-Schlag-Apparat ist nicht sinnvoll, da es aufgrund des ersten Schusses zu einer Schwellung im Ansatzbereich kommt. Dies verschlechtert die Kraftübertragung über die Knochen auf das Gehirn.

Ein Nachteil liegt wie bei der Bolzenschussbetäubung jedoch in der Treibladung. Diese kann, durch Herstellungsmängel, unterschiedlich stark sein oder verzögert, bzw. gar nicht zünden. Daher kann nicht immer eine gleichmäßige Betäubungsqualität erzielt werden. Ein weiterer Nachteil ist der Faktor Mensch, der die Ansatzstelle immer richtig treffen muss, was bei großen Schlachtbetrieben aufgrund der Ermüdung des Personals nicht immer einzuhalten ist. Bei kleinen Schlachtbetrieben, wie bei Metzgern spielt dieser Faktor Mensch sicher eine nicht so große Rolle, dort muss aber unbedingt an eine sehr gute Kopffixierung gedacht werden.

Da es sich um ein reversibles Betäubungsverfahren handelt, ist unverzüglich nach dem Ende der Betäubung mit der Entblutung der Tiere zu beginnen. Während der für die Bolzenschuss-Betäubung von Rindern zulässigen Höchstdauer zwischen Betäuben und Entblutungsschnitt von max. 60 Sekunden ist bei den untersuchten Tieren keines wieder zu Bewusstsein gelangt. Dennoch sollte wegen der Reversibilität der Betäubung die Zeitspanne so kurz wie möglich gehalten werden, z.B. durch eine Liegendentblutung.

## 7 Zusammenfassung

In zwei industriellen Schlachtbetrieben wurden insgesamt 1248 Tiere entweder mit kartuschen- oder pressluftbetriebenen Schuss-Schlag-Betäubungsapparaten betäubt. Insgesamt mussten 12 % der Tiere nachbetäubt werden. Wichtiger als die Ansatzstelle von der Medianen ab, erhöhte sich die Rate der Nachbetäubungen erheblich. Direkt nach dem Auswurf aus der Betäubungsfalle lagen 67,8 % der Tiere im Hauptversuch in dem größeren Schlachtbetrieb völlig ruhig auf dem Trockenlanderost.

Bei über der Hälfte der mittels Schuss-Schlag betäubten Tiere fielen bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung am längs gespaltenen Schädel gering- bis hochgradige Hämatome am Gehirn auf. Diese waren an der Frontseite direkt unter der Ansatzstelle der Schuss-Schlag-Betäubung und kontralateral am Hirnstamm lokalisiert. Die Hämatome traten auch bei den Tieren auf, bei denen die innere Knochenlamelle und die harte Hirnhaut unverletzt waren.

Nach der Schuss-Schlag-Betäubung wurden 69 EKG's abgeleitet. Die Tiere zeigten bis auf eines, das nicht ausgewertet werden konnte, normale Herzaktionen, wie sie auch nach der Bolzenschussbetäubung bestehen.

Bei der Untersuchung einiger Parameter der Fleischqualität fielen keine deutlichen Abweichungen zur Fleischreifung nach einer Bolzenschussbetäubung auf. Gemessen wurde die Farbe, der pH-Wert und die Temperatur des Fleisches am Musculus longissimus dorsi.

Als wichtigste Schlussfolgerung bleibt festzuhalten, dass durch Anwendung der Schuss-Schlag-Betäubung beim Rind der Arbeitsschutz an einigen kritischen Arbeitsplätzen (Betäuben, Anschlingen und Stechen) verbessert werden kann. Solange die harte Hirnhaut unversehrt bleibt, kommt der Betäuber nicht mit möglicherweise infiziertem Gehirnmateriale in Kontakt. Auch weisen die Tiere nach der Schuss-Schlag-Betäubung eine bessere Ruhiglage auf dem Rost auf als nach der Bolzenschussbetäubung.

Die Ergebnisse bezüglich des Tierschutzes sind dagegen noch unbefriedigend, da zu viele Tiere nachbetäubt werden müssen. Auch für den Verbraucherschutz stellt die Schuss-Schlag-Betäubung im Vergleich zur Bolzenschussbetäubung keine Verbesserung dar, da aufgrund der auftretenden Blutungen am Gehirn eine Verschleppung von Nervengewebe über das Blut nicht ausgeschlossen werden kann.

## 8. Summary

### Implementation of concussion stunning in EU approved abattoirs

A total of 1248 animals was stunned in two EU approved slaughterhouses using either cartridge activated or pneumatic concussion stunning devices. In total, 12 % of the animals had to be stunned twice. If the shooting position deviated from the midline the rate of re-stunning increased considerably. In the main experiment carried out in the larger of the two slaughterhouses 67.8 % of the animals lay without any movement immediately after falling out of the stunning box.

Pathological examinations carried out after splitting the skull longitudinally showed a low to high degree of haematoma formation in the brain in more than half of the animals stunned by concussion stunning. The haematomas were localized on the frontal side of the brain immediately beneath the stunning position and on the opposite side of the brain stem. The haematomas occurred also in animals the lamina interna and the dura mater of which were not injured.

Following concussion stunning 69 electrocardiograms were made. Except for one animal which could not be evaluated all animals showed normal heart activity corresponding to that observed after captive bolt stunning.

The examination of several meat quality parameters did not yield any clear deviations from meat maturation after captive bolt stunning. Meat color, pH value and temperature were measured in the *Musculus longissimus dorsi*.

The most important conclusion of this study is that the application of concussion stunning can improve the safety of the slaughterhouse workers in several critical positions of the slaughtering line (stunning, hoisting and sticking). As long as the dura mater remains intact, the worker responsible for stunning does not come into contact with potentially infected brain material. In addition, after concussion stunning carcass stillness was clearly improved in comparison to captive bolt stunning.

However, the results concerning animal welfare are still unsatisfactory as too many animals have to be stunned twice. With respect to consumer protection concussion stunning also does not offer advantages over captive bolt stunning since the distribution of neural tissue via blood cannot be ruled out because of the haemorrhages occurring in the brain.

## 9 Literaturverzeichnis

**Aanes, W.A. (1987)**

Restraint of cattle: Head restraint  
Modern veterinary practice 68, 498-501

**Alfredson, B.V. und Sykes, J.F. (1942)**

Electrocardiograph Studies in Normal Dairy Cattle  
J. Agricult. Res. 65, 61

**Amann, E., Gerstenbrand, F., Lücking, C.H. und Musiol, A. (1972)**

Symptomatologie der akuten, sekundär traumatischen Hirnstammschäden  
Hefte zur Unfallheilkunde 111, 232-236

**Amory, H., Rollin, F.A., Genicot, B.C., Beduin, J.-M.L. and Lekeux, P.M. (1993)**

Comparative Study of the Body Surface Electrocardiogram in Double-muscled and Conventional Calves  
Can. J. Vet. Res. 57, 139-145

**Anil, M.H., Love, S., Williams, S., Shand, A., McKinstry, J.L., Helps, C.R.**

**Waterman-Pearson, A.; Seghatchian, J. and Harbour, D.A. (1999)**  
Potential contamination of beef carcasses with brain tissue at slaughter  
Vet. Rec., 145, 460-462

**Augustini, C. und Fischer, K. (1979)**

Untersuchungen zum Problem des dunklen, leimigen Rindfleisches („DC-beef“)  
Fleischwirtsch. 59, 1871-1873

**Baum, H. (1898)**

Die Nasenhöhle und deren Nebenhöhlen (Stirn-, Kiefer- und Gaumenhöhle) beim Rinde  
Archiv für wissenschaftliche und praktische Thierheilkunde 24, 337-374

**Blackmore, D.K. (1979)**

Non-penetrative percussion stunning of sheeps and calves

Vet. Rec. 10, 372-375

**Blackmore, D.K. and Delany, M.W. (1988)**

Slaughter of Stock

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

**Dahme, E. und Weiss, E. (1999)**

Grundriss der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere

5. Auflage

Enke-Verlag, Stuttgart

**Daly, C.C. (1987)**

Concussion Stunning in Red-Meat Species

Pre-slaughter stunning of food animals: Seminar org. by the European Conference Group on the Protection of Farm Animals, 1987, 2.-3.6. - Horsham, 94-100

**Daly, C.C., Gregory, N.G. and Wotton, S.B. (1987)**

Captive Bolt Stunning of Cattle: Effects on Brain Funktion and Role of Bolt Velocity

Br. vet. J. 143, 574-580

**Deroth, L. and Therien, A. (1978)**

Electrode-Saddle for Electrocardiogram Recording in Large Animals

Can. vet. J. 19, 248-249

**Ewbank, R., Parker, M.J. and Mason, C.W. (1992)**

Reactions of Cattle to Head-Restraint at Stunning: A Practical Dilemma

Animal Welfare 1, 55-63

**Fahrbach, R. (1948)**

Die heute üblichen Betäubungsverfahren bei Schlachttieren und ihre historische Entwicklung

Vet. med. Diss., Hannover

**Finnie, J.W. (1995)**

Neuropathological changes produced by non-penetrating percussive captive bolt stunning of cattle

New Zealand Veterinary Journal 43, 183-185

**Fischer, K. (1987)**

Qualitätsabweichungen bei Rindfleisch

In: Institut für Chemie und Physik, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.):

Rindfleisch - Schlachtkörperwert und Fleischqualität

Kulmbacher Reihe, Band 7, 235-268

**Fricker, C. und Riek, W. (1981)**

Die Betäubung von Rindern vor dem Schlachten mit Hilfe des Bolzenschussapparates

Fleischwirtsch. 61, 124-127

**Ganong, W. (1974)**

Lehrbuch der med. Physiologie

3. Auflage

Springer-Verlag, Berlin

**Grandin, T. (1998)**

Objective scoring of animal handling and stunning practices at slaughter plants

JAVMA 212, 36-39

**Grittner, W. (1975)**

Eine Methode zur kurzzeitigen Ableitung bioelektrischer Potentiale von der unvorbehandelten Körperoberfläche des Tieres unter besonderer Berücksichtigung der Herzaktionspotentiale

Archiv für experimentelle Veterinärmedizin 29, 459-467

**Hamm, R. (1979)**

Die Biochemie des Muskelcalciums und ihre Bedeutung für die Fleischwirtschaft

Fleischwirtsch. 5, 393-398, 561-566

**Hochachka, P.W. und Somero, G.N. (1980)**

Strategien biochemischer Anpassung

Thieme-Verlag, Stuttgart

**Hofmann, K. (1986)**

Der pH-Wert - ein Qualitätskriterium für Fleisch

In: Institut für Chemie und Physik, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.):

Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität

Kulmbacher Reihe, Band 6, 134-155

**Holleben, K. v., Schütte, A. Wenzlawowicz, M.v. und Bostelmann, N. (2002)**

Handlungsbedarf am Schlachthof

Fleischwirtsch. 5, 28-30

**Honikel, K. (1976)**

Überlegungen und Vorschläge zur Früherkennung von PSE- und DFD-Fleisch in Schlachttierkörpern

Fleischwirtsch. 8, 1143-1146

**Honikel, K.O und Hamm, R. (1974)**

Über die Ursachen der Abnahme des pH-Wertes im Fleisch nach dem Schlachten

Fleischwirtsch. 54, 557-560

**Ilgert, H. (1985)**

Effizienz der Bolzenschußbetäubung beim Rind mit Berücksichtigung der Einschußstelle und der Eindringrichtung des Bolzens unter Praxisbedingungen  
Vet. med. Diss., Berlin

**Johannsen, S. (2002)**

Schlachttechnik  
Ausschuss für biologische Arbeitsstoffe (ABAS)  
[www.baua.de/prax/abas/schlachttechnik.pdf](http://www.baua.de/prax/abas/schlachttechnik.pdf)

**Junge, G. (1967)**

Über die Elektrokardiographie in der Veterinärmedizin unter besonderer Berücksichtigung der allgemeinen Elektrophysiologie und der Ableitung des Rinderelektrokardiogramms  
Archiv für experimentelle Veterinärmedizin 21, 835-866

**Kallweit, E., Ellendorf, F., Daly, C. und Smidt, D. (1989)**

Physiologische Reaktionen bei der Schlachtung von Rindern und Schafen mit und ohne Betäubung  
DTW 96, 89-92

**Karsch, W. (1997)**

Vergleichende Untersuchungen zur Fleischqualität von Rinderschlachtierkörpern nach horizontaler und vertikaler Bandschlachtung unter besonderer Berücksichtigung des Ausblutungsgrades  
Vet. med. Diss, Berlin

**Klettner, P.-G. (1987)**

Farbe und Farbhaltung von Brühwurstaufschnitt in der Ladentheke  
Fleischwirtsch. 67, 140

**Kolb, E. (1989)**

Lehrbuch der Physiologie der Haustiere  
Teil I, 5. Auflage  
VEB Gustav Fischer Verlag, Jena

**Lambooy, E. (1981 a)**

Some neural and physiological aspects of electrical and mechanical stunning on ruminants  
Vet. Med. Diss, Utrecht, Niederlande

**Lambooy, E. (1981 b)**

Die mechanischen Aspekte der Schädeldurchdringung mit Bolzenschussapparaten bei Bullen, Mastkälbern und Schweinen  
Fleischwirtsch. 61, 1882-1885

**Lambooy, E., Logtestijn, J.G.v. und Sybesma, W. (1983)**

Aspekte der elektrischen und mechanischen Betäubung bei Wiederkäuern  
Fleischwirtsch. 63, 932-934

**Lambooy, E. and Spanjaard, W. (1981)**

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

**Lambooy, E., Spanjaard, W. und Eikelenboom, G (1981)**

Gehirnerschütterung als Betäubungsmethode für Mastkälber  
Fleischwirtsch. 61, 128-130

**Lamping, U. (1981)**

Vergleichende Untersuchung über das Auftreten von Fleischqualitätsmängeln bei normal- und notgeschlachteten Rindern anhand biochemischer und physikalischer Parameter  
Vet. med. Diss., Hannover

**Männl, M. (1993)**

Die Schuss-Schlag-Betäubung - Technologie, Anatomie und Pathologie eines  
Betäubungsverfahrens für Schlachtschweine  
Vet. med. Diss., München

**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. und Leach, T.M. (1977)**

Schlacht tierbetäubung in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft  
Mitteilungen für Landwirtschaft 30

**Nickel, R., Schummer, A. und Seiferle, E. (1991)**

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

**Nickel, R., Schummer, A. und Seiferle, E. (1992)**

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

**N.N. (2003)**

Maligne Hyperthermie beim Schwein (Stressanfälligkeit)  
*www.unibe.ch*

**Paddleford, R. und Erhardt, W. (1992)**

Anästhesie bei Kleintieren  
Schattauer-Verlag, Stuttgart

**Paulsen, P., Hagen, U., Smulders, F.J.M. und König, H.E. (2001)**

Zur Bolzenschussbetäubung bei Schlachtrindern und -schweinen: anatomische Überlegungen

Wien. Tierärztl. Mschr. 88, 210-218

**Pieper, H. (1937)**

Der gegenwärtige Stand der Betäubungsweise an den deutschen Schlachthöfen unter besonderer Berücksichtigung der Kälber

Diss. Friedrich-Wilhelms-Universität, Berlin

**Potthast, K. (1986)**

Fleischfarbe, Farbstabilität und Umrötung

In: Institut für Chemie und Physik, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.):

Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität

Kulmbacher Reihe, Band 6, 89-110

**Remmele, W. (1984)**

Pathologie 4

Neuropathologie, Sinnesorgane, Muskulatur, Angeborene Stoffwechselkrankheiten, 136-152

Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo

**Schwägele, F. (1992)**

Erfassung von Qualitätsmerkmalen nach dem Schlachten

In: Institut für Chemie und Physik, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.):

Qualitätssicherung im Fleischbereich

Kulmbacher Reihe, Band 11, 48-72

**Silbernagl, S. und Despopoulos, A. (2001)**

Taschenatlas der Physiologie

5. Auflage

Thieme-Verlag, Stuttgart

**Simon, G. (1989)**

Schädelverletzungen durch Viehbetäubungsgeräte  
Neurochirurgia 2, 106-121

**Unterharnscheidt, F.J. (1971)**

Die schwere Schädel-Hirnverletzung  
Hefte zur Unfallheilkunde 111, 1-16

**Vögeli, P., Kühne, R., Gerwig, C., Kaufmann, A., Wysshaar, M. und Stranzinger G. (1988)**

Bestimmung des Halothangenotypes (HAL) mit Hilfe der S, PHI, HAL, PO2, PGD  
Haplotypen von Eltern und Nachkommen beim Schweizerischen Veredelten  
Landschwein  
Züchtungskunde (Schweiz) 60, 24-37

**Walker, A.E., Kollros, J.J. und Case, T.J. (1944)**

The physiological basis of concussion  
Journal of Neurosurgery 111, 103-116

## **Gesetze, Verordnungen und sonstige Vorschriften**

### **Tierschutzgesetz (TierSchG)**

i.d.F. vom 12. April 2001

Bundesgesetzblatt I, Seite 530

### **Verordnung zum Schutz von Tieren im Zusammenhang mit der Schlachtung oder Tötung (Tierschutz-Schlachtverordnung - TierSchlV)**

i.d.F. vom 3. März 1997

Bundesgesetzblatt I, Seite 405

### **Verordnung (EG) Nr. 270/2002 der Kommission**

vom 14. Februar 2002

Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L45/4 vom 15.2.2002

### **Dritte Verordnung zur Änderung fleisch-und geflügelfleischhygienerechtlicher Vorschriften**

vom 14. März 2002

Bundesgesetzblatt I, Seite 1081

### **Scientific Opinion on Stunning Methods and BSE Risks**

Adopted by the Scientific Steering Committee at its meeting of 10-11 January 2002

[http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/ssc/out245\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/ssc/out245_en.pdf)

### **Informationsmerkblatt des Länderausschusses für Arbeitsschutz und Sicherheit (LASI)**

Schutz vor BSE in Schlachtbetrieben

1. Auflage, Mai 2001

Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales (BAGS), Amt für Arbeitsschutz, Hamburg ([public.order@bags.hamburg.de](mailto:public.order@bags.hamburg.de))

### **Fleischereiberufsgenossenschaft**

Arbeiten mit Schussapparaten 45

UVV 45 - Protokollausdruck, 2001, Jedermann-Verlag, Heidelberg

## 10. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

<b>Abb. 1:</b>	Schlagkopfformen mit den besten Ergebnissen nach MÄNNL (1993)	11
<b>Abb. 2:</b>	Die Lage des von ILGERT (1985) ermittelten Grenzbereiches nach Untersuchungen für die Einschussstelle bei der Bolzenschussbetäubung des Rindes (schraffierter Kreis) zu dem nach MIDAS (1978) empfohlenen Schusspunkt (schwarzer Punkt an der Kreuzung der Diagonalen)	19
<b>Abb. 3:</b>	Empfohlener Grenzbereich der Bolzenschussbetäubung beim Rind in der Frontalansicht nach ILGERT (1985)	20
<b>Abb. 4:</b>	Empfohlener Grenzbereich der Bolzenschussbetäubung beim Rind in der Seitenansicht nach ILGERT (1985)	20
<b>Abb. 5:</b>	Schädelhöhle und Stirnhöhlen des Rindes, Paramedianschnitt, Medialansicht der rechten Hälfte nach NICKEL et al. (1992)	21
<b>Abb. 6:</b>	Schädel eines Rindes mit eröffneter linker Nasen-, Tränenbein-, dorsaler Muschel- und Stirnhöhle nach NICKEL et al. (1992)	23
<b>Abb. 7:</b>	Aufbau einer Glaselektrode in der Form einer Einstabmesskette	28
<b>Abb. 8:</b>	normales EKG	30
<b>Abb. 9:</b>	Pathologisches EKG: Kammerflimmern	30
<b>Abb. 10:</b>	Skizze des Gerätes von Schermer	34
<b>Abb. 11:</b>	Links im Bild der Schlagkopf des "Knockers" der Firma Cash und rechts der der Firma Schermer	35

<b>Abb. 12:</b>	Kopffixierung in Schlachtbetrieb B	38
<b>Abb. 13:</b>	Zwei Elektrokardiogramme mit normaler Herzaktion	61
<b>Abb. 14:</b>	pH-Werte in Fleisch nach einer und 17 Stunden	62
<b>Abb. 15:</b>	Temperatur im Fleisch nach einer und 17 Stunden	63
<b>Abb. 16:</b>	Farbwerte des Fleisches nach 17 Stunden	64
<b>Abb. 17:</b>	Bei diesem Befund ist die äußere und innere Schädelknochenlamelle eingebrochen und die harte Hirnhaut eingerissen.	66
<b>Abb. 18:</b>	Bei diesem Rind sind die äußere und innere Schädelknochenlamelle und die harte Hirnhaut unversehrt.	67
<b>Tab. 1:</b>	pH-Werte in Fleisch als Kriterium für die Rohstoffauswahl (nach HOFMANN, 1986)	26
<b>Tab. 2:</b>	Anzahl der untersuchten Rinder geordnet nach Kategorie und Schlachtbetrieb	32
<b>Tab. 3:</b>	Schuss-Schlag-Geräte verschiedener Hersteller und Treibladungsart	33
<b>Tab. 4:</b>	Treibladungen für die Schuss-Schlag-Geräte der Firma Accles and Shelvoke	36
<b>Tab. 5:</b>	Treibladungen für das Schuss-Schlag-Gerät der Firma Schermer	36

<b>Tab. 6:</b>	Treibladungen für den mit Druckluft betriebenen Schuss-Schlag-Apparat der Firma EFA	37
<b>Tab. 7:</b>	Einteilung der Rinder in Kategorien mit Bezeichnung und Beschreibung	39
<b>Tab. 8:</b>	Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Applikationsorte am Rinderschädel	45
<b>Tab. 9:</b>	Treibladungen und Nachbetäubungen beim „Cash-Knocker“ (Vorversuche)	47
<b>Tab. 10:</b>	Treibladungen und Nachbetäubungen beim EFA-Gerät (Schlachtbetrieb A)	49
<b>Tab. 11:</b>	Treibladungen und Nachbetäubungen beim „Cash-Knocker“ (Schlachtbetrieb A)	50
<b>Tab. 12:</b>	Treibladungen und Nachbetäubungen beim „Magnum-Knocker“ (Schlachtbetrieb A)	51
<b>Tab. 13:</b>	Treibladungen und Nachbetäubungen beim „Magnum-Knocker“ (Schlachtbetrieb B)	51
<b>Tab. 14:</b>	Frakturen der äußeren und inneren Knochenlamelle bei den verschiedenen Schuss-Schlag-Apparaten (Vorversuche)	52
<b>Tab. 15:</b>	Frakturen der äußeren und inneren Knochenlamelle bei den verschiedenen Schuss-Schlag-Apparaten (Schlachtbetrieb A)	53
<b>Tab. 16:</b>	Frakturen der äußeren und inneren Knochenlamelle bei „Magnum-Knocker“ (Schlachtbetrieb B)	54
<b>Tab. 17:</b>	Nachbetäubungsraten bei den Vorversuchen	55

<b>Tab. 18:</b>	Nachbetäubungsraten in Schlachtbetrieb A	56
<b>Tab. 19:</b>	Nachbetäubungsraten in Schlachtbetrieb B	57
<b>Tab. 20:</b>	Bewegungen der Tiere nach der Betäubung in den Vorversuchen	60
<b>Tab. 21:</b>	Bewegungen der Tiere nach der Betäubung im Schlachtbetrieb A	60
<b>Tab. 22:</b>	Verletzungen der Dura mater nach Verwendung verschiedener Schuss-Schlag-Apparate (Vorversuche)	65
<b>Tab. 23:</b>	Verletzungen der Dura mater nach Verwendung verschiedener Schuss-Schlag-Apparate (Schlachtbetrieb A)	65
<b>Tab. 24:</b>	Verletzungen der Dura mater bei Verwendung des „Magnum-Knockers“ (Schlachtbetrieb B)	66
<b>Tab. 25:</b>	Rasse-Kategorie-Verteilung und Nachschussrate in den Vorversuchen im Schlachtbetrieb A	96
<b>Tab. 26:</b>	Rasse-Kategorie-Verteilung und Nachschussrate im Schlachtbetrieb A	97
<b>Tab. 27:</b>	Rasse-Kategorie-Verteilung und Nachschussrate im Schlachtbetrieb B	98
<b>Tab. 28:</b>	Dokumentation an der Betäubungsfalle	99
<b>Tab. 29:</b>	Dokumentation bei der Entblutung	100
<b>Tab. 30:</b>	Dokumentation der Fleischqualitätsparameter	101
<b>Tab. 31:</b>	Dokumentation der pathologisch-anatomischen Untersuchungen	102

Kategorie	Nachschuss	Schwarz-bunt	Deutsches Fleckvieh	Gelbvieh	Rotbunt	Charolais	Sonstige	Braunvieh	Limousin	Deutsch Angus	gesamt
Jungbullen	ja	30	191	10	4	4	32		4	1	276
	nein	6	34	2	4	0	5		0	0	51
	gesamt	36	225	12	8	4	37		4	1	327
Bullen	ja		6		3	1	4		1		15
	nein		2		1	0	2		1		6
	gesamt		8		4	1	6		2		21
Ochsen	ja		1		2		1				4
	nein		0		0		0				0
	gesamt		1		2		1				4
Kühe	ja	172	97	11	57	9	52	1	2	1	402
	nein	12	6	0	2	1	5	0	1	0	27
	gesamt	184	103	11	59	10	57	1	3	1	429
junge Kühe	ja	16	3		6	1	3		1		30
	nein	1	0		2	0	1		1		5
	gesamt	17	3		8	1	4		2		35
Färsen	ja	16	38	12	10	5	36		7	3	127
	nein	0	0	0	0	0	0		0	0	0
	gesamt	16	38	12	10	5	36		7	3	127
Jungrinder	ja		1								1
	nein		1								1
	gesamt		2								2

**Tab. 25:** Rasse-Kategorie-Verteilung und Nachschussrate in den Vorversuchen im Schlachtbetrieb A

Kategorie	Nach- schuss	Schwarz- bunt	Deutsches Fleckvieh	Gelbvieh	Rotbunt	Charolais	Sonstige	Limousin	gesamt
Jungbullen	ja	6	45			8	14		73
	nein	6	15			2	5		28
	gesamt	12	60			10	19		101
Ochsen	ja			11					11
	nein			5					5
	gesamt			16					16
Kühe	ja	21	12	6	10	2	11	1	63
	nein	3	5	3	1	0	2	0	14
	gesamt	24	17	9	11	2	13	1	77
junge Kühe	ja	1	1	2					4
	nein	0	0	0					0
	gesamt	1	1	2					4
Färsen	ja	5	3		6	0	9	1	24
	nein	1	0		0	1	3	0	5
	gesamt	6	3		6	1	12	1	29
Jungrinder	ja		1				0		1
	nein		0				1		1
	gesamt		1				1		2

**Tab. 26:** Rasse-Kategorie-Verteilung und Nachschussrate im Schlachtbetrieb A

Kategorie	Nachschuss	unbekannt	Deutsches Fleckvieh	Rotbunt	Charolais	Braunvieh	gesamt
Jungbullen	ja	21	15	1	1	1	39
	nein	0	5	0	1	1	7
	gesamt	21	20	1	2	2	46
Kühe	ja	5	3				8
	nein	0	0				0
	gesamt	5	3				8
Färsen	ja	10	9	1			20
	nein	0	0	0			0
	gesamt	10	9	1			20

**Tab. 27:** Rasse-Kategorie-Verteilung und Nachschussrate im Schlachtbetrieb B

	Ohrmarken- nummer	Treibladung	Rasse	Kate- gorie	Nach- schuss	Nieder- stürzen	Rotation des Bulbus	Corneal- reflex	Lid-reflex	Pupille	Atmung	Bemerkungen
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

**Tab. 28:** Dokumentation an der Betäubungsfalle

			Reaktionen und Atmung								
	Ohrmarken- nummer	Zeit: Schuss- Ent- blutung	auf dem Rost	An- schlingen	hängen- des Tier	seitl. Auf- ziehen	Haut- schnitt	Entblute- schnitt	Schäch- schnitt	Laut- äußerung	Bemerkungen
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

**Tab. 29:** Dokumentation bei der Entblutung

	Schlacht- nummer	pH-Werte rechts		pH-Werte links		Temperatur in °C	
		1.Messung	2.Messung	1.Messung	2.Messung	1.Messung	2.Messung
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

**Tab. 30:** Dokumentation der Fleischqualitätsparameter

	Schlacht- nummer	äußerer Schädel- knochen	innerer Schädel- Knochen	Dura mater	Bemerkungen
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					

**Tab. 31:** Dokumentation der pathologisch-anatomischen Untersuchungen

## **Danksagung**

**Lebenslauf**