

BLE – Forschungsvorhaben 05UM012/W

**Verbesserung des Tierschutzes bei der
Schweineschlachtung durch Neugestaltung
des Zutriebs zur und in die CO₂-
Betäubungsanlage**

Projektzeitraum:

April 2007 bis Juli 2008

Abschlussbericht

vorgelegt von

Roswitha Nitzsche

vom

Max Rubner – Institut Kulmbach

Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch

Arbeitsbereich Technologie

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung.....	1
1.1	Problemstellung und Ziele des Vorhabens	1
1.2	Beschreibung des Verfahrens	2
2	Planung und Ablauf der Arbeiten.....	4
2.1	Planung	4
2.1.1	Arbeitsplan (in der Vorlage des Projektantrages)	5
2.2	Ablauf der Arbeiten (April 2007 bis Juli 2008)	5
2.2.1	Tiere, Material und Methoden	7
2.2.1.1	Tiere.....	8
2.2.1.2	Ruhezeiten.....	8
2.2.1.3	Wetter	8
2.2.1.4	Stallklima.....	9
2.2.1.5	Zutrieb und Betäubungsanlage.....	9
2.2.1.6	Verhalten beim Zutrieb und Treibhilfeneinsatz	12
2.2.1.7	Personaleinsatz beim Zutrieb	13
2.2.1.8	Schallpegelmessungen.....	13
2.2.1.9	Betäubung, CO ₂ -Konzentration und Verweilzeiten in wirksamer CO ₂ - Konzentration	14
2.2.1.10	Entbluteintervall / „Stun-to-Stick-Intervall“	15
2.2.1.11	Betäubungserfolg.....	15
2.2.1.12	Stichbluttemperatur.....	16
2.2.1.13	Blutprobenentnahme für Katecholaminanalyse	17
2.2.1.14	Markierung der beprobten Schweine und Darstellung des Schlachtverlaufes	17
2.2.1.15	Messung der Schlachtbandgeschwindigkeit.....	19
2.2.1.16	pH ₄₅ -Wertmessung	19
2.2.1.17	Schinkenkerntemperatur.....	20
2.2.1.18	Klassifizierung, Schlachtgewicht und Muskelfleischanteil.....	20
2.2.1.19	Kühlung.....	20
2.2.1.20	LF ₂₀ -Messung	20
2.2.1.21	pH ₂₀ -Wertmessung	21
2.2.1.22	Zerlegung und Entnahme und Verpackung der Fleischproben	21
2.2.1.23	Überprüfung der Gasatmosphäre in den SB-Verpackungen	21
2.2.1.24	Lagerung der Fleischscheiben.....	22
2.2.1.25	Ermittlung des Tropfsaftverlustes	22

2.2.1.26	L*a*b*-Werte	22
2.2.1.27	Sensorik	23
2.2.1.28	Analytik der Katecholaminkonzentration	23
2.2.1.29	Statistische Analysen	27
3	Ergebnisse und Diskussion	28
3.1	Tiere	28
3.2	Ruhezeiten	28
3.3	Wetter	30
3.4	Stallklima	31
3.5	Verhalten beim Zutrieb und Treibhilfeneinsatz	34
3.6	Personaleinsatz beim Zutrieb	37
3.7	Schallpegelmessungen	38
3.8	Betäubung, CO ₂ -Konzentration und Verweilzeiten in wirksamer Gasatmosphäre	40
3.9	Entbluteintervall / „Stun-to-Stick-Intervall“	44
3.10	Betäubungserfolg	45
3.11	Stichbluttemperatur	48
3.12	Blutprobenentnahme für Katecholaminanalyse	50
3.13	Katecholaminkonzentration	51
3.14	Markierung der beprobten Schweine nach der Entblutung	53
3.15	Messung der Schlachtbandgeschwindigkeit	55
3.16	Schinkenkerntemperatur	55
3.17	pH ₄₅ -Wertmessung	57
3.18	Kühlung	58
3.19	LF ₂₀ -Messung	58
3.20	pH ₂₀ -Wertmessung	60
3.21	Überprüfung der Gasatmosphäre in den SB-Verpackungen	61
3.22	Ermittlung des Tropfsaftverlustes	62
3.23	L*a*b*-Werte	64
3.24	Sensorik	66
4	Schlussfolgerungen	69
5	Zusammenfassung	72
6	Summary	73
7	Literaturverzeichnis	74
8	Anhang	79

Abkürzungsverzeichnis

$\tilde{X}$	Median
$\bar{X}$	Mittelwert
°C	Grad Celsius
A	Altanlage (Simulation)
a*-Wert	Rot-Ton
a. m.	<i>ante mortem</i> (vor dem Tod)
Abb.	Abbildung
Ad	Adrenalin [ng/ml]
ADP	Adenosindiphosphat
Ar	Argon
ATP	Adenosintriphosphat
b*-Wert	Gelb-Ton
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
d	Tage
d. h.	das heißt
dB (A)	Dezibel (A)
DFD-Fleisch	dark, firm, dry (dunkles, festes, trockenes Fleisch)
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DTG	Doppeltreibgang
EIA	Enzymimmunoassay
ELISA	Enzyme linked immunosorbent assay
EVT	elektrischer Viehtreiber
g	Gramm
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunden
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatografie (dtsch.) high performance liquid chromatography (engl.)
i. Allg.	im Allgemeinen
i. d. R.	in der Regel
i. E.	im Einzelnen
KA	Katecholamin
kg	Kilogramm
KIT	Körperinnentemperatur [°C]
KR	Kornealreflex
L*-Wert	Fleischhelligkeit
LF	elektrische Leitfähigkeit [mS/cm]
LF ₂₀	elektrische Leitfähigkeit 20 Stunden nach der Schlachtung
LM	Lebendmasse [kg]
m	Meter
M.	<i>Muskulus</i>

m ²	Quadratmeter
MFA	Muskelfleischanteil [%]
MHD	Mindesthaltbarkeitsdatum
min	Minuten
Mio.	Millionen
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mS	Millisiemens
N	Neuanlage
N ₂	Stickstoff
NA	Noradrenalin [ng/ml]
ng	Nanogramm
NG	Nettogewicht, Schlachtgewicht [kg]
NSW	Nasenscheidewand
o.	oder
P	Irrtumswahrscheinlichkeit
<i>p. m.</i>	<i>post mortem</i> (nach dem Tod)
pH ₂₀ -Wert	pH-Wert 20 Stunden nach der Schlachtung
pH ₄₅ -Wert	pH-Wert 45 Minuten nach der Schlachtung
pH-Wert	negativer dekadischer Logarithmus der Protonenkonzentration
P _i	anorganisches Phosphat
PR	Palpebralreflex
PSE-Fleisch	pale, soft, exsudative (blasses, weiches, wässriges Fleisch)
s	Sekunden
SBT	Stichbluttemperatur [°C]
sd	Standardabweichung
se	Standardfehler
SKT	Schinkenkerntemperatur [°C]
Tab.	Tabelle
TierSchIV	Tierschutz-Schlachtverordnung
TSV	Tropfsaftverlust [%]
u.	und
u. a.	unter anderem
UT	Untersuchungstag
V.	<i>Vena</i>
v. a.	vor allem
z. B.	zum Beispiel
z. Zt.	zur Zeit

1 Aufgabenstellung

1.1 Problemstellung und Ziele des Vorhabens

Bis vor wenigen Jahren war es bei allen CO₂-Betäubungsanlagen für Schlachtschweine notwendig, die Tiere vor dem Eintrieb in die Gondeln zu vereinzeln, da sich die Gondelöffnung auf der Schmalseite der Gondeln befand. Jede Vereinzelung führt – unabhängig vom Betäubungsverfahren – regelmäßig zu einer erheblichen Stressbelastung der Tiere. Seit einiger Zeit sind CO₂-Anlagen (sog. Backloader) verfügbar bei welchen eine Gruppe von drei bis fünf Schweinen gleichzeitig über die Breitseite der Anlage in die Gondel getrieben wird. Die Zuführung der Tiere erfolgt gruppenweise über einen Treibgang seitlich neben der Anlage [CHRISTENSEN u. BARTON GADE (1997)]. Seit der Einführung dieser Anlagen ist der Zutrieb zur CO₂-Betäubung als deutlich weniger problematisch zu betrachten. Der aus Sicht des Tierschutzes unbedingt anzustrebende Austausch bestehender Altanlagen durch Backloader-Anlagen scheitert dabei leider oft an den gegebenen baulichen Voraussetzungen. Der Standort aller Betäubungsanlagen an der Schnittstelle zwischen einerseits dem Stall- und Zutriebsbereich und andererseits der Schlachtlinie ist in aller Regel baulich eng umschlossen. Bei CO₂-Betäubungseinrichtungen bestimmt zudem die Lage und Ausdehnung der (betonierten) Betäubungsgrube den Standort der Anlage. Daher kann eine Neuanlage nicht einfach um 90° gedreht am Standort der Anlage aufgestellt werden. Beim Ersatz einer CO₂-Altanlage (mit Vereinzelung der Tiere) durch eine Anlage mit gruppenweisem Eintrieb ist die Installation der Standardlösung (mit Zutrieb der Tiere von der Seite her), die bis heute ohne Alternative ist, aufgrund der beschriebenen baulichen Verhältnisse häufig nicht möglich. Dazu wäre eine Änderung des Zutriebs in der Art erforderlich, dass die Tiere nicht mehr seitlich zugetrieben und im 90°-Winkel in die Anlage gelangen, sondern der Treibgang (ähnlich wie bei den Altanlagen) frontal auf die Anlage zuläuft. Zu lösen sind dabei Fragen der tierschutzgerechten Bildung von Kleingruppen (drei Schweine pro Gondel) sowie des gesamten personellen und technischen Ablaufs des Zutriebs. Das Hauptziel des Forschungsvorhabens ist es, zu zeigen, dass das neugestaltete Zutriebssystem vom Typ „Hof“ in Kombination mit der CO₂-Betäubungsanlage vom Typ „Samson“ für bestehende Schlachtbetriebe eine praktikable Lösung ist. Die Umrüstung auf einen tierschonenderen gruppenweisen Zu- und Eintrieb in die Betäubungsanlage ohne große Baumaßnahmen an der äußeren Gebäudehülle oder an der Betäubungsgrube wäre eine Motivation für Schlachthöfe, deren räumliche und bauliche Gegebenheiten an kleinere konventionelle CO₂-Altanlagen angepasst ist, auf eine tierschutzgerechtere Variante umzurüsten.

1.2 Beschreibung des Verfahrens

Bei allen bisher in Schlachtbetrieben installierten CO₂-Anlagen mit gruppenweisem Zutrieb und gruppenweiser Betäubung von Schlachtschweinen erfolgt die Zuführung seitlich der Anlage über das Backloader-System wie in Abb. 1 dargestellt.

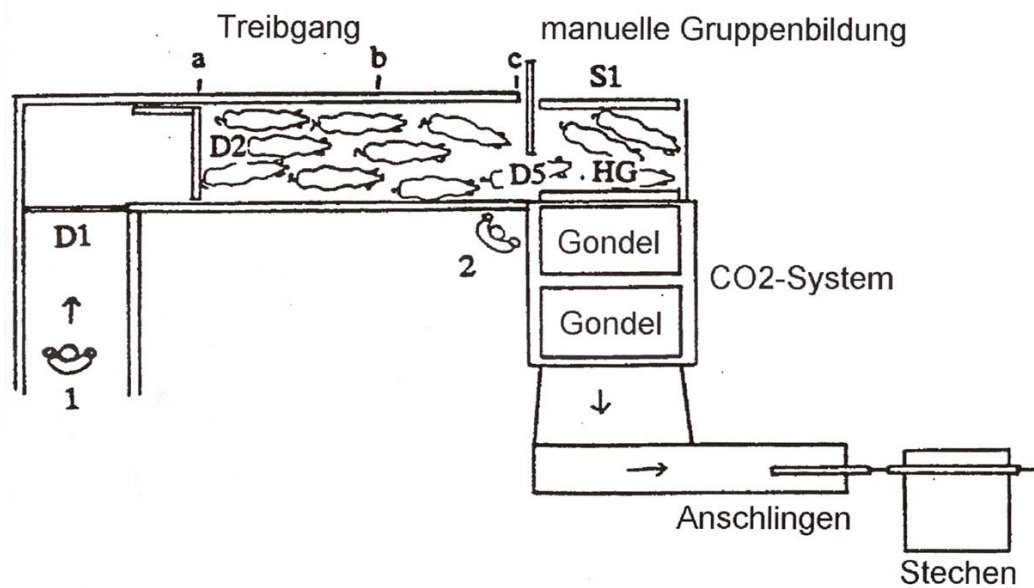


Abb. 1: seitlicher Zutrieb zu einer Backloader-Anlage (Aufsicht)

Da bei CO₂-Altanlagen der Eintrieb der Tiere über die Schmalseite der Gondeln erfolgt, führt der Treibgang direkt auf die Anlage zu, d. h. in diesen Betrieben ist ein Versetzen des Zutriebswegs seitlich neben die Anlage aus Platzgründen häufig nicht möglich. Deshalb sollte am Schlachthof des Fleischzentrum Hof die in Abb. 2 skizzierte Zutriebsvariante auf Funktionalität sowie hinsichtlich tierschützerischer und wirtschaftlicher Belange geprüft werden.

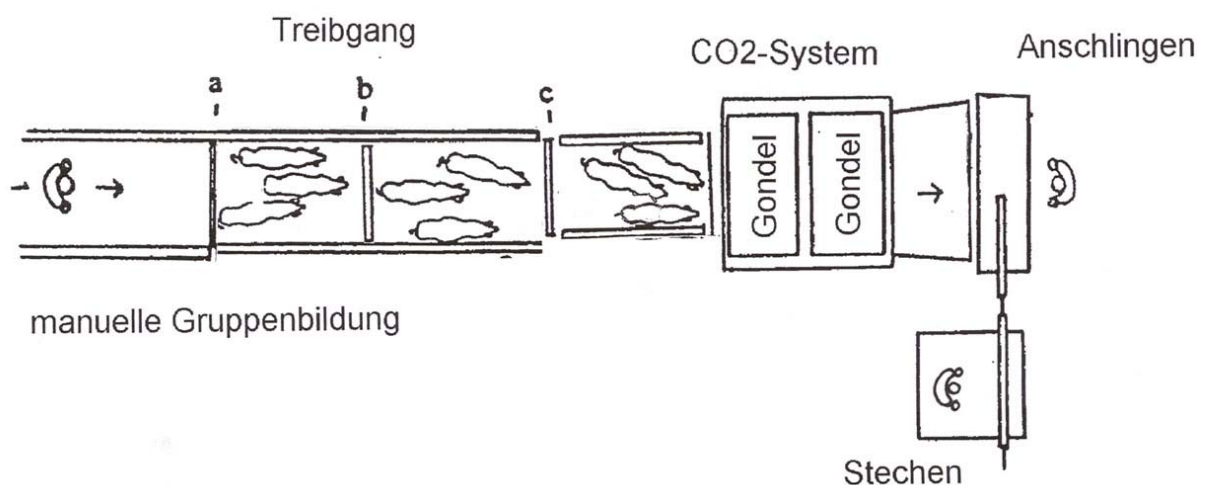


Abb. 2: Aufsicht neu gestalteter Zutrieb Typ „Hof“ und CO₂-Betäubungsanlage Typ „Samson“

Der Zutrieb zur Betäubungsanlage sollte in Tiergruppen mittels eines Treibschildes automatisch erfolgen. Die Unterteilung in Dreiergruppen erfolgt, gesteuert durch einen Mitarbeiter, im Bereich vor der Betäubungsanlage. Die Kleingruppe wird anschließend automatisch in die Gondel geleitet. Durch zusätzliche in der Literatur beschriebene Maßnahmen, wie günstige Lichtführung, einen griffigen Bodenbelag, nicht reflektierende Treibgangwände sowie Geräusch dämmende Maßnahmen, soll die Laufwilligkeit der Schweine erhöht werden [KLEIBS (1992), SCHÄFFER (1996), LAUBE *et al.* (1996), FLOß (1999)]. Ziel ist es, die Tiere ohne Anwendung von Zwangsmaßnahmen, insbesondere absolut ohne Anwendung des Elektrotreibstabes, in die Betäubungsanlage zu leiten.

Die geringere Stressbelastung der Tiere beim Zutrieb zur Betäubungsanlage sollte über eine dadurch zu erwartende Verbesserung der substanziellen Fleischqualität auch das wirtschaftliche Ergebnis der Schlachtung positiv beeinflussen. Ein geringerer Anteil von PSE-Fleisch verringert beispielsweise die Kühl- und Zerlegeverluste von Schlachtkörpern und Teilstücken beträchtlich.

2 Planung und Ablauf der Arbeiten

2.1 Planung

Durch wissenschaftliche Untersuchungen sollte geklärt werden, ob und ggf. in welchem Umfang der neue gruppenweise Zutrieb den Tierschutz nachweisbar verbessert. Dazu sollten Messungen **vor** und **nach** Implementierung des neuen Systems (Zutrieb und CO₂-Anlage) durchgeführt werden. Direkte tierschutzrelevante Untersuchungsparameter sind der Geräuschpegel im Umfeld des Treibganges und der Betäubungsanlage, Blut-Katecholamingehalte (Stresshormone) nach dem Zutrieb unmittelbar vor der Betäubungsanlage sowie Stichblut- und Schinkenkerntemperatur am Schlachtband. Bei einer Verbesserung des Tierschutzes und einer damit einhergehenden Reduktion der psychischen und physischen Belastung der Schweine sollte es auch zu einer Verbesserung indirekter tierschutzrelevanter Parameter kommen, die als Kriterien der Fleischqualität von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung sind: pH₄₅-Werte, Leitfähigkeitswerte und Tropfsaftverluste.

Nachfolgend aufgeführte Untersuchungsverfahren sollten jeweils vor und nach der Einfügung des neuen Systems durchgeführt werden:

- Das Verhalten der Tiere während des Zutriebs zur und in die Betäubungsanlage sollte mittels standardisierter Protokolle erfasst und durch Videoaufzeichnung dokumentiert werden. Damit soll die Anzahl an Schweinen, die sich im Treibweg umdrehen, zurücklaufen oder die Vorwärtsbewegung verweigern, ermittelt werden.
- Der Anteil an Treibvorgängen mit Verwendung von (belastenden) Treibhilfen (Klatsche, Stock) sollte vergleichend für das bestehende und das neue System erfasst werden.
- Der personelle Aufwand (Mannminuten) für das Vorsortieren und Treiben der Tiere sollte bezogen auf jeweils 100 zugetriebene Schweine dargestellt werden.
- Kontinuierliche Schallpegelmessungen im Zutriebsbereich dienen insbesondere der Ermittlung des Spitzenschallpegels, verursacht durch Panikschreie einzelner Tiere. Diese Schreie wirken als akustische Warnsignale für alle anderen Schweine und erhöhen die psychische Belastung enorm.

Unmittelbar vor der Betäubungseinrichtung sollte einzelnen Tieren stichprobenweise Blut entnommen werden. In diesen Proben wird dann der Gehalt an Stresshormonen bestimmt (Katecholamin-Analytik)

- Die Messung der Stichbluttemperatur parallel zur Entblutung der Schweine soll Aussagen zur Summe aus physischer und psychischer Belastung ermöglichen.

- Messungen der pH₄₅-Werte im Kotelettmuskel und/oder in der Schinkenmuskulatur ermöglichen als Standardmethoden in Verbindung mit Messungen der Schinkenkerntemperatur eine Beurteilung der Fleischqualität.
- Auch die Messung der Leitfähigkeit in der Muskulatur ermöglicht Aussagen zur Fleischqualität.
- Eine Verbesserung der substantiellen Fleischqualität in der Folge einer möglichen Verbesserung des Tierschutzes sollte sich nicht nur durch abstrakte Messwerte ausdrücken lassen, sondern auch für den Betreiber des Schlachtbetriebes unmittelbar nachvollziehbar positive wirtschaftliche Auswirkungen zeigen. Der stetig zunehmende Anteil verbraucherfertig zugeschnittener und SB-verpackter Teilstücke hat die wirtschaftliche Bedeutung des Fleischsaftverlustes in den SB-Packungen in den Vordergrund des Interesses rücken lassen, da Packungen mit übermäßigem Saftaustritt vom Verbraucher abgelehnt werden. Das Safthaltevermögen einzeln verpackter Teilstücke als Ausdruck der resultierenden Fleischqualität sollte durch Messungen des Fleischsaftverlustes in SB-Packungen bestimmt werden.

2.1.1 Arbeitsplan (in der Vorlage des Projektantrages)

Tab. 1: Arbeitsplan

Max. 6 Monate	Mind. 8 Monate	Max. 4 Monate
Bestehende CO ₂ -Anlage	CO ₂ -Neuanlage	Beide Anlagen
Einzeltier-Zutrieb	Gruppenezutrieb	
Datenerfassung Tierschutz, Fleischqualität, Personaleinsatz		Auswertung, Abschlussbericht

Siehe dazu auch die tabellarische Übersicht im Anhang 1.

2.2 Ablauf der Arbeiten (April 2007 bis Juli 2008)

Aufgrund eines verzögerten Beginns des Forschungsvorhabens und beschleunigten Umbaumaßnahmen im Schlachthof in Hof kam es zu Differenzen zwischen Arbeitsplan und tatsächlich durchgeführten Arbeiten. Zu Beginn des Forschungsvorhabens im April 2007 war der Umbau im Schlachthof von Altanlage zu Neuanlage nahezu abgeschlossen. Die nacheinander geplante Untersuchung von Altanlage mit Doppeltreibgang und Paternosteranlage und darauf folgend der Neuanlage mit neugestaltetem Zutrieb und gedrehter Kombianlage war dadurch nicht mehr möglich. Deshalb war eine Simulation der Altanlage erforderlich. Außerdem wurde die Dauer des Forschungsvorhabens von 18 auf 16 Monate reduziert. Zunächst wurden ab April / Mai Vorversuche durchgeführt, um die Machbarkeit insbesondere der Stichblutentnahme und der pH-Wertmessung zu überprüfen (Platz an der Entblutestrecke, Schlachtband ohne größere Beeinträchtigung des regulären

Arbeitsverlaufes am Schlachthof). Außerdem musste eine Möglichkeit der robusten Markierung der Schlachttiere gefunden werden, um die Rückverfolgbarkeit von Fleischproben zum Schlachttier im Zutrieb zu gewährleisten. Wegen noch vorhandener Schwierigkeiten mit und Arbeiten an der Neuanlage und Umbaumaßnahmen am Schlachtband (Erweiterung zum Erreichen von 45 statt 30 min bis zur Klassifizierung) kam es zu Verzögerungen im Forschungsplan. Die Untersuchungen zur Neuanlage und der Simulation der Altanlage wurden über den Untersuchungszeitraum gemischt vorgenommen, um vergleichbare Witterungsverhältnisse zu erzielen (Anhang 2).

Aufgrund der aufwändigen Planung einer Simulation der Altanlage erfolgten zuerst Untersuchungen zur Neuanlage. Der Anhang 3 zeigt eine Übersicht über den personellen Aufwand während der Untersuchungstage. Aus technischen Gründen wurden nicht alle Untersuchungsverfahren von vornherein mit einbezogen. Im Herbst 2007 erfolgten erste Untersuchungen zur simulierten Altanlage. Aufgrund des bereits erfolgten Umbaus der Anlage vor Beginn des Forschungsvorhabens war es nicht mehr möglich, den Urzustand mit manuellem Zutrieb im Doppeltreibgang zur Betäubungsanlage zu untersuchen. Deshalb musste über eine Simulation nachgedacht werden. Vor dem Umbau wurden die Tiere vom Treibpersonal in einen Doppeltreibgang getrieben und der Betäubung zugeführt. Hierfür war oft der Einsatz eines elektrischen Viehtreibers notwendig. Die nachträgliche Integration eines Versuchs-Doppeltreibganges in den automatischen Zutrieb war nicht möglich. Um die Belastung der Tiere durch eine Vereinzelung zu untersuchen, wurde nach Möglichkeiten der Einrichtung eines Einzeltreibganges in die Betäubungsanlage gesucht.

Die erste Variante, die Tiere bei ausgeschaltetem automatischen Zutrieb in die Betäubungsanlage zu befördern, war nicht umsetzbar, da die Treibschilder im hochgefahrenen Zustand immer noch so niedrig hängen, dass ein normalgroßer Mensch darunter nicht aufrecht stehen kann, geschweige denn Schweine treiben kann. Zudem ist der neue automatische Zutrieb mit der Betäubungsanlage gekoppelt und die Betäubungsanlage funktioniert nur, wenn auch der Zutrieb angeschaltet ist. Eine manuelle Bedienung der Betäubungsanlage kam aus sicherheitstechnischen, finanziellen und versicherungsrechtlichen Gründen nicht in Frage. Durch diese Umstände war es nicht möglich, die Tiere direkt per Hand in die Anlage zu treiben.

Die zweite Variante bestand darin, die Schweine parallel zur automatischen Zutriebsanlage zu treiben und erst direkt vor der Betäubung über eine Seitentür in die Anlage zu verbringen. Dies erwies sich ebenfalls als nicht umsetzbar, da ein zu großes Verletzungsrisiko für die Tiere bestanden hätte und auch der Schlachtablauf massiv beeinträchtigt worden wäre.

Deshalb schien nur eine dritte Variante praktikabel: Eine Gruppe von 60 Tieren sollte separat in einer Wartebucht aufgestellt werden und aus dieser dann einzelne Tiere, markiert mit

Viehzeichenstift und Schlagstempel, über einen zirka 1 m breiten, 50 m langen Personalgang in Richtung Betäubungsanlage getrieben werden (Abb. 3)



Abb. 3: Personalgang im Ruhestall

Der Personalgang liegt zwischen den Wartebuchten im Ruhestall und verläuft im rechten Winkel gerade bis zum automatischen Zutrieb. Dort sollte ein einzelnes Tier mit zwei anderen, nicht markierten Schweinen zusammengeführt und in den automatischen Zutrieb verbracht werden. Am 10.10.07 wurde erstmals diese Version der Simulation des manuellen Zutriebs verwirklicht. Im Laufe der Treibversuche für die ersten zehn Schweine stellte sich heraus, dass die Tiere teilweise nur unter starkem Einsatz der Treibhilfen oder auch gar nicht in Richtung Betäubung zu bewegen waren. Da zurücklaufende Tiere in dem langen engen Gang eine hohe Geschwindigkeit erreichten, konnte eine Gefährdung des Treibpersonals nicht ausgeschlossen werden.

Deshalb musste der simulierte Zutrieb nochmals modifiziert werden. Für die markierten Schweine wurde ein spezieller Zutriebsweg genutzt.

2.2.1 Tiere, Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden in einem kommerziellen Schlachthof mit einer Jahressschlachtleistung von ca. 154000 Stück Vieh (2007) unter Feldbedingungen statt. An fünf Tagen pro Woche werden ca. 5000 bis 5500 Schweine geschlachtet. Der Schlachthof und sein Zerlegebetrieb unterliegen dem QS-System.

Die Untersuchungen fanden an insgesamt 13 Tagen statt. Im Anhang 2 befindet sich eine Aufführung aller Untersuchungstage mit Untersuchungsparametern. Bei V1 und V2 handelt es sich um Vorversuche.

Von Juni 2007 bis März 2008 erfolgten an insgesamt neun Tagen die Untersuchungen an 1461 Mastschweinen, davon 1201 Schweine an fünf Tagen für die Überprüfung des neuen automatischen Zutriebssystems (Neuanlage, „N“) und 260 Tiere an vier Tagen für die Simulation der Altanlage (Altanlage, „A“). Im Anschluss an diese neun Untersuchungstage

(N1, N2, N3, N4, A5, A6, N7, A8, A9) wurden noch zwei weitere Tage (N10, A11) zur Überprüfung des Einflusses der Zutriebsart auf den Schallpegel im Zutriebsbereich realisiert. Die hierbei erfassten Tiere dienten ausschließlich zur Schallpegelüberprüfung. Weitere Daten im Schlachtverlauf (Fleischqualität etc.) wurden nicht erfasst bzw. waren aufgrund von betrieblichen Störungen im Schlachtablauf nicht verwertbar.

2.2.1.1 Tiere:

1461 weibliche und männlich-kastrierte Mastschweine unbekannter Herkunft und unbekanntem MHS-Genstatus wurden untersucht. Die Transportunternehmen bezogen ihre Tiere aus dem schwäbischen, fränkischen und nordrhein-westfälischen Raum. Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei den untersuchten Tieren um übliche Masthybriden der Rassen Pietrain (Pi) x Deutsche Landrasse (DL) bzw. Pi x (Deutsches Edelschwein x DL) handelt.

Auf Basis der Klassifizierungsprotokolle (Hennessy Grading Probe 4) wurden die Muskelfleischanteile der Gruppen Neu- und Altanlage miteinander verglichen. Das Schlachtgewicht betrug im Median 95,7 kg und der Muskelfleischanteil 59,7 % bei einer Ausschlachtrate von ca. 82 %.

2.2.1.2 Ruhezeiten

Aufgrund von Aufzeichnungen der Schlachthofmitarbeiter konnten die Ankunftszeit und der Zeitpunkt der Schlachtung der verschiedenen Schweinegruppen erfasst werden. Ruhezeiten wurden daraus berechnet. Da eine genaue Herkunftsbestimmung nicht möglich war, konnten keine näheren Aussagen über Art und Dauer der Transporte getroffen werden. Die normale durchschnittliche Transportdauer bewegte sich zwischen 3,5 und 4 h (Angaben des Schlachthofs). Regionale Metzgerschweine wurden in der Untersuchung nicht berücksichtigt, sodass zumeist Großtransporteure mit modernen Tiertransportern zum Einsatz kamen.

Der Ruhestall besteht aus länglichen Buchten, welche durch einzelne massive Gatter abgeteilt bzw. verkleinert werden können. Die Wände und der rutschfeste Boden sind aus massivem Beton. Die Tiere wurden mit Hilfe von Stock und Treibbrett vom Lkw getrieben und in jeweils freie Buchten aufgeteilt. Je Bucht wurden zirka 30 Tiere aufgestellt. In jeder Bucht waren zwei Nippeltränken installiert, die eine Wasseraufnahme *ad libitum* garantierten (Abb. 3). Schweine der Simulation Altanlage wurden vor der Schlachtung aus den Ruhebuchten in einen Außenstall separiert.

Die Tiere wurden am Morgen des Untersuchungstags, im Ausnahmefall schon am Vortag der Schlachtung, angeliefert.

2.2.1.3 Wetter

Die Wetterdaten des jeweiligen Untersuchungstages der Stadt Hof wurden vom Deutschen Wetterdienst oder online vom Bayerischen Rundfunk (<http://www.br-online.de/wetter->

/action/5_tage_prognose.do?regio=Mittel-/Oberfranken&plz=10685) bezogen. Berücksichtigt wurden die Temperatur und die relative Luftfeuchte, die Bewölkung, der Luftdruck, die Niederschlagsmenge und die Windgeschwindigkeit.

2.2.1.4 Stallklima

An allen Untersuchungstagen wurde das Stallklima kontinuierlich aufgezeichnet (System Almemo® 2690-8 mit Psychrometergeber (Pt 100), Ahlborn, Holzkirchen, Deutschland). Die Temperatur [°C] und die relative Luftfeuchte [%] wurden ausgewertet. Vor jedem Untersuchungstag wurde der Füllstand des Wassertanks des Psychrometers überprüft und wenn nötig korrigiert. Die Aufzeichnung der Messwerte wurde nach Anpassung des Psychrometers (zirka 5 min) begonnen.

2.2.1.5 Zutrieb und Betäubungsanlage:

Ausgangssituation Altanlage

Ursprünglich befand sich im Schlachthof ein Doppeltreibgang kombiniert mit einer Kombi-CO₂-Betäubungsanlage. Diese besaß vier Gondeln. Zwei Schweine fanden in einer Gondel Platz. Der Zutritt erfolgte über die Schmalseite der Gondel und war nur einzeln möglich. Daraus resultierend mussten die Tiere vor dem Zutritt vereinzelt werden. Dies geschah über eine dreistufige Verengung des Vorwarteraums. Die Vereinzelnung war regelmäßig nur unter Verwendung eines elektrischen Viehtreibers bei hoher Stressbelastung möglich. Aufgrund des diskontinuierlichen Zutriebs setzten sich die Tiere im Treibgang oft hin und blockierten damit den Zutrieb. Zudem verklemmten sich des Öfteren kleinere Tiere nebeneinander im Treibgang was mit einer erheblichen Lärmentwicklung einherging. Dies führte zu einer Verängstigung und Alarmierung nachfolgender Tiere sowie zu weiteren Zutriebsproblemen. Weiterhin verursachte die Lärmentwicklung eine zusätzliche Belastung der Schlachthofmitarbeiter. Abb. 4 zeigt den Treibgang zur Betäubungsanlage vor dem Umbau im Sommer 2007.



Abb. 4: Doppeltreibgang und Kombi-CO₂-Betäubungsanlage im Sommer 2005

Simulation Altanlage

Da zu Beginn des Forschungsvorhabens Umbauarbeiten schon erfolgt waren, wurde der Doppeltreibgang (DTG) simuliert:

Für die markierten Schweine wurde ein spezieller Zutriebsweg genutzt. Dieser führte durch einen Außenstall, über eine verwinkelte Engstelle (Abb. 5) zu einem zirka 6 m langen und 2,5 m breiten Gang, der in den automatischen Zutrieb mündete. Die markierten Tiere wurden einzeln unter Zuhilfenahme des elektrischen Viehtreibers durch den simulierten Einzeltreibgang verbracht. Vor dem Eintritt in den automatischen Zutrieb wurden zwei nicht zusätzlich gestresste unmarkierte Schweine hinzugefügt und so drei Schweine zusammen betäubt.



Abb. 5: Simulation Altanlage: verwinkelte Engstelle, Treiben vom Hellen ins Dunkle

Zum Treiben der Tiere wurde ein elektrischer Viehtreibstab genutzt. Jedes Tier hatte damit mindestens einen Kontakt, so wie es häufig auch vor dem Umbau im Fleischzentrum Hof nötig war. Die während des simulierten Zutriebs auf die Tiere wirkenden Belastungsfaktoren (Vereinzelung aus der Gruppe heraus, Gebrauch eines Schlagstempels und des elektrischen

Viehtreibers, Treiben vom Hellen ins Dunkle, schwer zu erkennender Treibweg, fehlende Zeit zur Orientierung) sollten sicher stellen, dass die Tiere mindestens so stark physisch und psychisch belastet wurden, wie es vor dem Umbau der Betäubungsanlage und des Zutriebs im Fleischzentrum Hof gängige Praxis war.

Für die Simulation der Altanlage waren zusätzlich drei weitere Personen nötig, nämlich zwei Treiber und eine Person, die das Verhalten der getriebenen Schweine dokumentiert. Je Untersuchungstag wurden zirka 50 bis 70 Schweine für die Simulation der Altanlage eingesetzt (A5: 50; A6: 66; A8:70; A9: 71), insgesamt 257 Tiere.

Neuanlage

Im neu gestalteten automatischen Zutriebssystem vom Typ „Hof“ erfolgte der Zutrieb zur Betäubungsanlage in Dreiergruppen mittels drei hintereinander geschalteter automatischer (hydraulischer) Treibschilder. Die Einteilung in Dreiergruppen wurde durch einen Mitarbeiter im Bereich vor der Zutriebsanlage gesteuert. Die Kleingruppe wurde anschließend automatisch geradeaus frontal in die Gondel der Betäubungsanlage geleitet (Abb. 2). Die Betäubungsanlage vom Typ „Samson“ ist im Vergleich zur alten Kombianlage um 90 ° gedreht, so dass die Tiere auf die Längsseite der Gondel treffen. Beim Einsteigen ordnen sich die Tiere seitlich ein. Die Stundenleistung der Betäubungsanlage beträgt zirka 200 Schweine. Der Boden des Ruhestalls und des Zutriebs besteht aus einem griffigen matten Bodenbelag (Beton). Der Zutriebsweg zur Betäubungseinrichtung weist eine Steigung von 6,4 ° auf (TierSchlV § 6 (2): max. 10 ° erlaubt). Die Maße des Zutriebs betragen: 1,45 m Breite bis zum 3. Treibschild, im letzten Teil des Treibgangs vor der Betäubungsanlage verbreitert sich der Treibgang auf ca. 2 m. Die Länge vom Eingang des Zutriebs bis zum 1. Treibschild beträgt 9,30 m, vom 1. Treibschild bis 2. Treibschild 5 m, vom 2. Treibschild bis zum Ende der Steigung 1,80 m. Es schließt sich ein Plateau in 0,80 m Höhe (vom Bodenniveau) von 2,5 m Länge an, welches stufenlos direkt in die Betäubungsanlage mündet (Abb. 6). Die 1,10 m hohen Treibgangwände und die automatischen Treibschilder bestehen aus einem nicht reflektierenden grauen Material (Beton bzw. Kunststoff, matt, monotone Struktur, undurchsichtig). Ein anfänglich gitterartiges 2. Treibschild wurde ausgetauscht, da sich der Sichtkontakt zwischen nachfolgenden Tieren und vorangehenden Tieren negativ auf die Laufwilligkeit der Tiere auswirkte. Der Zutrieb ist vom Ruhestall durch eine Wand räumlich abgetrennt, allerdings durchbricht der automatische Zutrieb und der Raum über ihm den Schallschutz. Die Türen sind mit durchsichtigen Kunststoffstreifen verhängen. Die Beleuchtung im Bereich von Ruhestall und Zutrieb ist durch Neonlicht gleichmäßiger Stärke gekennzeichnet. Von außen kann bei offenen Türen blendendes Sonnenlicht auf den Zutrieb fallen. Die Zuführung zum automatischen Zutrieb geschieht durch eine Person mittels Klatsche und Treibbrett. Der elektrische Viehtreibstab wurde nicht

benötigt. Der Zutrieb und die Aufteilung in Dreiergruppen wurde durch eine einzelne erfahrene Person gut bewerkstelligt.

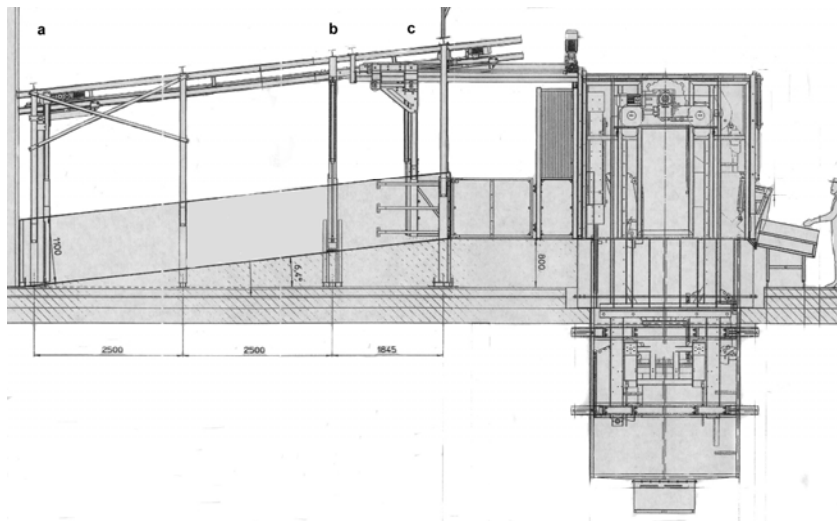


Abb. 6: Neuzutrieb Typ „Hof“ (links) und Betäubungsanlage Typ „Samson“ (rechts) in seitlicher Ansicht
a - c: hydraulische Treibschilder, links Eingang, rechts Auswurf

2.2.1.6 Verhalten beim Zutrieb und Treibhilfeneinsatz

Bei allen Untersuchungen zur Altanlage wurden Verhaltensbeobachtungen nach einem standardisiertem Protokoll festgehalten. Dazu beobachtete eine zusätzliche Person den Treibvorgang und trug in das Protokoll folgende Beobachtungen ein: Schwein läuft zurück (vergeblicher Treibversuch), Schwein dreht um, Schwein verweigert (Hinsetzen, Hinfallen, Ausrutschen), Schwein schreit und / bzw. den Treibhilfeneinsatz (Viehtreibstab). Videoaufzeichnungen wurden stichprobenartig erstellt (Digital Video Camera Recorder DCR-TRV50E, Sony Corporation, Tokio, Japan). Der automatische Zutrieb sollte ursprünglich kontinuierlich per Videoaufzeichnung festgehalten werden. Dabei wurden nur fest installierte Kameras als sinnvoll erachtet, da neben dem Zutrieb befindliche Personen das Laufverhalten der Tiere teilweise stark beeinflussten (trotz grünem Schutzanzug). Die bereits installierten Kameras zur Zutriebsüberwachung durch den Schlachthofbetreiber bzw. die amtlichen Tierärzte erfassen nur den Eingangsbereich in den automatischen Zutrieb. Weitere Installationen wurden aus aufwandstechnischen und finanziellen Gründen nicht getätigt.

Bei der Simulation der Altanlage kam als Treibhilfe ein elektrischer Viehtreibstab zur Anwendung. Die Impulsdauer des Viehtreibstabes ist auf max. 2 s beschränkt (TierSchlV § 5 (2)). Jedes Schwein hatte damit mindestens einen Kontakt, um die physische und psychische Belastung des ehemaligen Doppeltreibganges zu imitieren. Während des Zutriebs notierte ein Mitarbeiter neben dem Tierverhalten auch die Anzahl der Kontakte mit dem elektrischen Viehtreibstab. Bei den Untersuchungen zur Neuanlage kamen ausschließlich eine Klatsche oder ein Treibpaddel und ein Treibbrett zur Isolierung von

Dreiergruppen aus dem Ruhestall zur Zuführung in den automatischen Zutrieb zum Einsatz. Nachdem der Mitarbeiter die Tiere in das erste Abteil des automatischen Zutriebs verbracht hatte, wurde der weitere Zutrieb durch die hydraulischen Treibschilder übernommen. Dafür betätigte das Zutriebspersonal einen Knopf im Eingangsbereich des automatischen Zutriebs. Durch Herunter- und Vorfahren befördern die Schilder die Kleingruppe in Richtung Betäubungsanlage. Die Treibschilder sind undurchsichtig, massiv, mattgrau und an der Unterkante abgeschrägt, sodass die Tiere eher nach vorn geschoben werden und nicht eingeklemmt werden können.

Eine automatische Gegendruckhemmung behindert das weitere Herunterfahren eines Treibschildes ab 100 kg Gegendruck. Dann wird ein weiterer Versuch gestartet. Scheitert auch dieser, weil sich z. B. ein Schwein unter ein Treibschild gesetzt hat, wird der Treibversuch abgebrochen und ein Mitarbeiter muss das Problem individuell lösen. Dazu wurden die Tiere, wenn möglich, mit Hilfe eine Klatsche aufgetrieben. Wenn der weitere automatische Zutrieb für das Tier nicht zu bewältigen war, z. B. durch Kreislaufkollaps incl. Festliegen infolge des Malignen Hyperthermie-Syndroms, wurde es seitlich über eine Tür aus dem Zutriebsbereich entfernt und einer alternativen Betäubungsform (Elektrobetäubung) zugeführt. Diese Tiere wurden von den Untersuchungen ausgeschlossen.

2.2.1.7 Personaleinsatz beim Zutrieb

Die Anzahl benötigter Personen für den Zutrieb der Simulation Altanlage und dem automatischen Neuzutrieb wurde getestet und notiert. Die Schweine wurden beim Neuzutrieb abwechselnd von zwei Personen getrieben, wobei der in unseren Untersuchungen am häufigsten eingesetzte Treiber dem Profil eines älteren, erfahrenen ruhigem Treibers entspricht, wohingegen seltener auch ein jüngerer, weniger erfahrener Treiber zum Einsatz kam. Den Zutrieb der markierten Schweine bei der Altanlagensimulation wurde durch erfahrenes MRI-eigenes Personal getätigt.

2.2.1.8 Schallpegelmessungen

Schallpegelmessungen wurden im Verlaufe der Untersuchungen zur Neuanlage eingeführt. Angewendet wurde der Schallpegelmesser PCE-322A (PCE, Meschede, Deutschland) inklusive zugehöriger Software. Das Gerät wurde auf einem Stativ in einer Höhe von 1,40 m in einem Abstand von einem Meter neben dem automatischen Zutrieb so positioniert, dass es auf die Mitte des Zutriebs ausgerichtet war. Bei den Messungen wurde der Frequenzfilter A [dB (A)] verwendet. Das Gerät wurde im fast-Modus auf den zu erwartenden Bereich von 80 bis 130 dB (A) eingestellt. Die Messwerte wurden im ASCII-Format gespeichert und in EXCEL (Microsoft-Windows, Office 2003) ausgewertet. Aufzeichnungen der Messwerte wurden an folgenden Untersuchungstagen getätigt: N3, N4, N7, A8, A9, N10, A11. Aufgrund

eines Messgeräteausfalls bei der Datenspeicherung liegen für die Untersuchungstage A5 und A6 keine Messdaten vor.

2.2.1.9 Betäubung, CO₂-Konzentration und Verweilzeiten in wirksamer CO₂-Konzentration

Ausgangssituation Altanlage

Ursprünglich bestand im Schlachthof ein Doppeltreibgang kombiniert mit einer Kombi-CO₂-Betäubungsanlage (Abb. 4). Diese besaß vier Gondeln für je zwei Schweine. Der Zutritt erfolgte über die Schmalseite der Gondel und war nur einzeln möglich. Daraus resultierend mussten die Tiere vor dem Zutritt vereinzelt werden, damit sie die Gondel betreten konnten. Der CO₂-Verbrauch lag bei 350 bis 400 g pro Schwein.

Neuanlage

Die Betäubungsanlage vom Typ „Samson“ (Abb. 6) ist im Vergleich zur alten Kombianlage um 90 ° gedreht, so dass die Tiere auf die Längsseite der Gondel treffen und seitlich in diese einsteigen. Die Betäubungsanlage verfügt über vier Gondeln für je drei Schweine welche nach dem Paternosterprinzip rotieren. Der Eintrittsbereich in die Gondeln ist hell und blendfrei. Der stufenlose Boden ist aus rauem Beton. Die Anlage vermittelt einen stabilen Eindruck. Die Wände der Gondeln sind durch ein Lochmuster perforiert. Die Grundfläche (= Innenmaße) einer Gondel beträgt 2 m (Längsseite) mal 0,75 m (Breitseite), was einer Grundfläche von 1,5 m² entspricht. Die Stundenleistung der Betäubungsanlage beträgt ca. 200 Schweine. Der CO₂-Verbrauch der Anlage liegt bei ca. 680 g / Schwein. Im Jahr werden zirka 76 t CO₂ für die CO₂-Betäubung verbraucht. Am ersten und am letzten Halt vor dem Auswurf der Gondeln befinden sich etwa in Rüsselhöhe der Tiere (30 cm über dem Gondelboden) CO₂-Messsensoren. Diese messen kontinuierlich die Gaskonzentration in der Betäubungsanlage. Misst einer der beiden Sensoren eine CO₂-Konzentration von weniger als 80 %, ertönt ein akustisches und optisches Signal, das auf der Zutreiber- und Anschlingerseite wahrnehmbar ist. Die CO₂-Sollkonzentration wird durch einen Sensor am Boden der Grube gemessen. Die Sollkonzentration ist fest eingestellt und kann durch das Zutriebspersonal nicht verändert werden, ebenso die Gondelumlaufzeiten. Das Einfüllen des Gases geschieht EDV-gesteuert. Gas wird immer dann nachreguliert, wenn ein zu niedriger oder ggf. zu hoher CO₂-Druck herrscht. Beim Einfüllen des Gases in die Grube entstehen durch die Gondelbewegungen und den Eintrieb und Auswurf bis zu 10 % Abweichungen zwischen Sensor 1 und Sensor 2. Jeweils die geringere CO₂-Konzentration ist der Bezugswert. Die Aufzeichnungen der Verweilzeit und der CO₂-Konzentration wurden uns vom Schlachthof vorgelegt. Aufzeichnungen liegen zu allen Untersuchungstagen vor, mit Ausnahme vom UT A6, an welchem die Aufzeichnung der Messwerte aufgrund eines Softwarefehlers ausfiel. Eine unabhängige Messung durch die Firma Yara ergab eine

Übereinstimmung mit den Messwerten des Schlachthofes. Die Überprüfung und Kalibrierung der Sensoren geschieht viermal im Jahr durch eine Fremdfirma. Das Messprotokoll einer solchen Überprüfung vom 19. Dezember 2007 liegt vor.

Eine CO₂-Konzentrationsmessung und Verweilzeitmessung durch die Firma MPS wurde ebenfalls durchgeführt.

2.2.1.10 Entbluteintervall / „Stun-to-Stick-Intervall“

Die Zeit zwischen dem Auswurf aus der Betäubungsanlage und dem Zeitpunkt des Stechens (Hängendentblutung) wurde für das erste, zweite und dritte angeschlungene Tier mit einer Stoppuhr stichprobenartig gemessen. Die Gondeln wurden zufällig ausgewählt. Die Entblutung erfolgte mit vier Hohlmessern aus einem Messerkarussell, mit Ausnahme der markierten Probestiere, welche mit einem separaten Hohlmesser gestochen wurden. Zum Stechen des dritten Schweins ging der Stecher einmal um das Karussell herum, um die Messer der vorherigen Tiere wieder in das Karussell zu stecken und ein frisches Messer vom Karussell zu erhalten. Nach einer Entblutezeit von etwa 3 min gelangten die Tierkörper zuerst in eine Vorwaschmaschine, schließlich über einen Brühltunnel in die Enthaarungsmaschine.

2.2.1.11 Betäubungserfolg

Zur Einschätzung der Qualität der Betäubung wurden an allen Tieren direkt nach der Entblutung Reflextests durchgeführt. Überprüft wurden Palpebralreflex, Kornealreflex und Nasenscheidewandreflex. Außerdem wurde das Auftreten von regelmäßiger Atmung und Spontanbewegungen registriert. Zur Überprüfung des Palpebral- bzw. des Kornealreflexes wurde mit der Fingerkuppe eines Zeigefingers das Augenlid bzw. die Kornea berührt, was im positiven Fall durch mechanische Reizung sensibler freier Nervenendigungen zum reflektorischen Lidschluss führte. Bei positivem Palpebralreflex wurde auf die Durchführung des Kornealreflexes verzichtet. Der Nasenscheidewandreflex diente zur Überprüfung des Schmerzempfindens. Dazu wurde mit Hilfe einer Injektionsnadel (Kanüle) das *Septum nasi* mechanisch gereizt. Im Falle eines positiven Schmerzempfindens zeigt das Tier eine Abwehrbewegung.

Positive Reaktionen wurde in die Kategorien gering- (+), mittel- (++) bis hochgradig (+++) eingestuft und in einem Protokoll vermerkt (Tab. 2).

Tab. 2: Betäubungserfolg - Einstufung in drei Kategorien

	geringgradig (+)	mittelgradig (++)	hochgradig (+++)
Palpebralreflex	einmalig schwach auslösbar	wiederholt auslösbar	spontanes Blinzeln
Kornealreflex	einmalig schwach auslösbar	wiederholt auslösbar	
Nasenscheidewandreflex	einmalig schwache Bewegung von Kopf oder einer Vordergliedmaße	wiederholt auslösbare Bewegungen von Kopf und/oder einer Vordergliedmaße	massive Abwehrbewegungen wie Bewegungen des ganzen Körpers, Aufziehen an der Rohrbahn, Schütteln
Atmung	Schnappatmung: flache unregelmäßige Atmung infolge agonaler Zwerchfellkontraktionen (meist Maulatmung)	physiologische Atmung: tiefe regelmäßige Atmung, bestehend aus Inspiration und Expiration inklusive Flankenbewegungen (meist durch Nase)	---
spontane Bewegungen/Exzitationen	einmalig schwache Bewegung von Kopf, einer Vorder- oder Hintergliedmaße	wiederholte Bewegungen von Kopf und/oder einer Gliedmaße	massive Abwehrbewegungen wie Bewegungen des ganzen Körpers, Aufziehen an der Rohrbahn, Schütteln

2.2.1.12 Stichbluttemperatur

Für die Messung der Stichbluttemperatur wurde den Tieren zum Zeitpunkt der Entblutung (Hängendentblutung) Blut aus dem ersten Blutstrahl entnommen. Die Tiere wurden mit einem Schweinehohlmesser ohne Citratzuleitung und ohne Ableitungsschlauch durch einen Schlachthofmitarbeiter unter Durchtrennung der großen herznahen Gefäße (Bruststich) entblutet. Der für die Entblutung zuständige Mitarbeiter erhielt die Anweisung, jeweils das zweite angeschlungene Tier jeder Gondel bzw. jedes von uns mit Viehstift und Schlagstempel markierte Tier mit dem bereit gestellten separaten Hohlmesser zu stechen. Die Messung der Stichbluttemperatur erfolgte an allen Untersuchungstagen inklusive einem Vorversuch (N1 bis A9; V2). Insgesamt wurden 957 Schweine beprobt (ohne V2), davon 256 für die Altanlagensimulation und 701 für die Neuanlage. Mit Hilfe eines Edelstahl-Thermobechers wurde das Blut aufgefangen und sofort die Temperaturmessung unter ständigem Rühren durchgeführt. Der Messsensor des Widerstandsthermometers (Therm 2280-1, AHLBORN Mess- und Regelungstechnik GmbH, Holzkirchen, Deutschland) sollte dabei die Becherwand möglichst nicht berühren. Außerdem wurde der Sensor regelmäßig von ihm anhaftenden geronnenem Blut und Fibrin befreit. Der Sensor wurde nach der Messung in der Probe belassen, um ein Auskühlen und damit Messfehler zu vermeiden. Die darauf folgende Messung wurde mit dem jeweils zweiten Becher durchgeführt. Die

Messabstände sollten dabei möglichst gering gehalten, weshalb jeweils das zweite angeschlungene Tier jeder Gondel zur Messung herangezogen wurde.

2.2.1.13 Blutprobenentnahme für Katecholaminanalyse

Zum Zeitpunkt der Entblutung wurde neben der Entnahme von Blut zur Stichbluttemperaturmessung ein zweiter Einmalbecher aus Plastik mit Blut aus dem ersten Blutstrahl entnommen. Circa 4 ml des Blutes wurde sofort in ein EDTA-K-Blutprobenröhrchen (5 ml, 12 x 75 mm, Sarstedt Aktiengesellschaft & Co., Nümbrecht, Deutschland) dekantiert und das Röhrchen anschließend vorsichtig geschwenkt, um die Blutgerinnung zu unterbinden. Auch hier wurde jeweils das zweite angeschlungene Tier einer Gondel beprobt, um den Zeitpunkt seit der Betäubung möglichst konstant zu halten. Insgesamt wurden 540 Proben an neun Untersuchungstagen gezogen (N1 bis A9), davon 284 für die Neuanlage und 256 für die Altanlagensimulation. Innerhalb eines Vorversuches erwies sich der Zeitpunkt der Entblutung am praktikabelsten. Aufgrund der Schlachtgeschwindigkeit wurden Blutproben zur Katecholaminbestimmung nur aus jeder zweiten Gondel genommen. Die Blutprobenröhrchen wurden vor dem Versuch mit einer Nummer von 1 bis 60 (entsprechend der Reihenfolge und Anzahl der Tiere im Zutrieb) nummeriert.

Im direkten Anschluss an die Probennahme wurde das EDTA-Blut 2 min bei 6000 U/min zentrifugiert (Zentrifuge EBA 20 Hettich Zentrifugen, Typ 2002). Für eine noch größere Zellfreiheit wurde die Probe nach dem Pipettieren des Blutplasmas nochmals bei 6000 U/min für 5 min zentrifugiert (Zentrifuge für Eppendorf-Küvetten: Biofuge A, Heraeus Christ GmbH) und das Plasma wiederum in Eppendorf-Küvetten pipettiert. Aus jeder Blutprobe wurden zwei Plasmaproben gewonnen, die für eine Doppelbestimmung notwendig waren. Anschließend wurden die Plasmaproben für den Transport zum Labor in einer Kühltasche auf Eis gelagert und schließlich bei -20 °C eingefroren. Die Weiterverarbeitung geschah jeweils innerhalb der nächsten drei Monate.

2.2.1.14 Markierung der beprobten Schweine und Darstellung des Schlachtverlaufes

Ziel der Untersuchungen war, das Einzelschwein vom Zutrieb bis einschließlich der Zerlegung zu verfolgen, um eindeutige Korrelationen zwischen Zutrieb, Stressparametern und Fleischqualität zu finden. Eine eindeutige und robuste Markierungsform war erforderlich, die außerdem den hygienischen Anforderungen eines QS-qualifizierten Betriebes entspricht.

Markierung vor dem Zutrieb (Simulation Altanlage)

Die Tiere wurden vor dem Zutrieb im Ruhestall mit einem Viehstift entlang der Rückenlinie sowie einem Schlagstempel im Bereich des Schultergürtels eindeutig gekennzeichnet und zusammen mit zwei ungekennzeichneten Tieren der Betäubung zugeführt. Anhand der Markierung konnte dieses Tier gut identifiziert werden und als zweites Tier von Dreien angeschlungen und der Entblutung zugeführt werden.

Markierung vor dem Zutrieb (Neuanlage)

Die Tiere wurden nicht markiert, da es sich um Tiere des normalen Schlachtbetriebes handelte. Schweine der umliegenden Landwirte („Metzgerschweine“) wurden anhand eines typischen Stempelabdruckes sowie Angaben des Treibpersonals identifiziert und von der Untersuchung ausgeschlossen. Diese meist deutlich schwereren Tiere wurden unter anderen Transportumständen angeliefert, welchen nicht mit den normalen Bedingungen vergleichbar sind und Einfluss auf Stress- und Fleischparameter haben können.

Markierung nach der Entblutung

Die Markierung der zur Katecholaminbestimmung herangezogenen Schweine nach der Entblutung gestaltete sich schwierig. Um die Tiere während des Schlachtverlaufes bis zur Kühlung identifizieren zu können, war ein eindeutiges Kennzeichnungsmerkmal erforderlich. Insbesondere bei den Simulationsuntersuchungen war dies zwingend notwendig, da nur markierte Tiere tatsächlich per Hand in die Betäubungsanlage getrieben wurden. Zur Anwendung kam eine Kombination aus fünf verschiedenen Kabelbinderfarben und dem Stanzen der Ohren. Ein Kabelbinder (L x B: 300 x 4,8 mm, DÜWI®, Breckerfeld, Deutschland) wurde an der rechten Vordergliedmaße in Höhe des Karpalgelenkes befestigt. Die strikte Einhaltung der Farbreihenfolge schwarz, rot, gelb, blau und grün ermöglichte die Erkennung der Tierreihenfolge und lies die Erkennung von vertauschten oder fehlenden Tieren zu. Dadurch war eine gute Zuordnung der frühpostmortalen Fleischqualitätsparameter zur Blutprobe möglich. Insbesondere das zusätzliche Stanzen der Ohren mit einer speziellen Lochzange (Ausschnitt kreisförmig, ø 10 mm, H. Hauptner & Richard Herberholz GmbH & Co. KG, Solingen, Deutschland) erwies sich als nützlich. Es wurden drei Löcher im Bereich der Ohrspitze eingestanz, um eine Unterscheidung von Löchern durch Ohrmarken zu ermöglichen. So konnten auch Tiere, welche ihren Kabelbinder verloren hatten, identifiziert werden.

Die markierten Tiere gelangten nach einer zirka dreiminütigen Hängendentblutung über eine Vorwaschmaschine und eine Kondensationsbrühanlage zur Entborstung in eine Enthaarungsmaschine. Anschließend wurden die Schlachtkörper auf einem Arbeitstisch weiter bearbeitet. Es wurden manuell Augen, Klauenschuhe, knorpeliger Anteil des äußeren Gehörganges sowie Haarreste entfernt. Wurden hier Tiere vertauscht, so waren sie durch die Farbcodierung der Kabelbinder immer noch zu identifizieren. Ebenso bei dem Verlust einer Markierung, da ein fehlender Kabelbinder in der Farbreihe schnell aufgeklärt werden konnte. Weiter gelangten die Tiere über eine Abflammanlage aus dem schwarzen in den weißen Bereich der Schlachtlinie. Danach wurden Bauchorgane und Geschlinge entfernt, die Schlachtkörper längs gespalten und der amtlichen Fleischuntersuchung zugeführt. An diesem Punkt erhielten alle Schlachtkörper eine eindeutige Schlachtnummer, anhand derer später auch Muskelfleischanteil und Schlachtkörpergewicht ermittelt werden konnten. Nach

der Fleischuntersuchung und einigen weiteren Arbeitsschritten (Entfernung Abdominalfett und ZNS) gelangten die Schlachtkörperhälften zu einer Arbeitsbühne, an der Mitarbeiter des MRI pH₄₅-Wert, Schinkenkerntemperatur und die weitere Markierung für die Zerlegung vornahmen.

Markierung für die Zerlegung und Fleischproben

Während der pH₄₅-Wertmessung wurde an alle mit Kabelbinder bzw. Ohrstanze markierten Schlachtkörperhälften eine fortlaufende Nummer von 1 bis 60 vergeben. Die auf ein laminiertes Plastikschild gedruckte Nummer wurde mit Hilfe einer Rouladennadel am Rücken der rechten Schlachtkörperhälfte befestigt. Diese Markierungsform war notwendig, weil Ohren und Spitzbeine direkt nach der Klassifizierung zusammen mit den farbigen Kabelbindern entfernt wurden. Alle mit Kabelbindern markierten Tiere wurden zusammen mit ihrer zugehörigen Schlachttier- und Plastikschildnummer sowie Kabelbinderfarbe in laufender Reihenfolge notiert. Verwechselte Tiere konnten anhand ihres Farbcodes oder fehlender Markierung ermittelt werden. Jedem Tier war eine unverwechselbare Markierung anhängig, die besonders in den folgenden Kühlräumen und in der Zerlegung sehr wichtig war. Diese Nummer wurde über die gesamte Zerlegung bis in die SB-Verpackungen mitgeführt. Nach der pH₄₅-Wertmessung gelangten die Tiere zur EUROP-Klassifizierung. Im Anschluss wurden die Ohren entfernt und die Tiere wurden in die Kühlräume verteilt. Dabei wurden die Probestiere separat hintereinander auf einer Rohrbahn aufgereiht.

2.2.1.15 Messung der Schlachtbandgeschwindigkeit

Stichprobenartig wurde an mehreren Tagen die Schlachtbandgeschwindigkeit gemessen. Dazu verfolgte ein Mitarbeiter mit Stoppuhr ein markiertes Schwein von der Entblutung bis zur pH₄₅-Wert- und Schinkenkerntemperaturmessung.

2.2.1.16 pH₄₅-Wertmessung

Der pH₄₅-Wert wurde mit dem pH-Meter Portamess pH Typ 912 (Knick, Berlin, Deutschland) 40 bis 45 min *p. m.* im *M. semimembranosus* 5 cm kaudal der Beckensymphyse gemessen. Es wurden ausschließlich rechte Schlachtkörperhälften einbezogen. Bei Bedarf wurde ein Metalldorn zum Vorstechen verwendet, um die pH-Sonde (Knick-pH-Einstabmesskette SE 104) zu schonen. Aufgrund der Schlachtbandgeschwindigkeit wurde nur jede zweite bis dritte Tierkörperhälfte gemessen, da die pH-Sonde bei korrekter Messung mindestens 10 s in der Muskulatur verbleiben sollte. Es wurden alle mit Kabelbinder und Ohrstanze markierten Tiere gemessen, sowie weitere Tiere der Schlachtung. Die Messwerte wurden in einer Liste zusammen mit der Schlachtnummer vermerkt. Das pH-Meter wurde vor jeder Messreihe mithilfe einer Reinigungslösung auf Pepsinbasis (Qualilab® Proteinentferner, Art.nr. 6628360, hergestellt für Merck Eurolab GmbH, Bruchsal, Germany) gereinigt und mithilfe zweier Pufferlösungen kalibriert. Zur Anwendung kamen die Pufferlösungen Certipur® Pufferlösung pH (20 °C) = 7,01 (di-Natriumhydrogenphosphat, Kaliumdihydrogen-

phosphat, Merck KGaA Darmstadt, Germany) und Certipur® Pufferlösung pH (20 °C) = 4,00 (Citronensäure, Natriumhydroxid, Chlorwasserstoff, Merck KGaA Darmstadt, Germany). Während der Messungen am Schlachtband wurde die pH-Sonde regelmäßig mithilfe von *Aqua bidest.* und Zellstoff gereinigt. Zwischen den Untersuchungstagen lagerte die pH-Sonde in Kaliumchloridlösung (3 mol/l, Merck KGaA Darmstadt, Germany). Zur Überprüfung des genauen Messzeitpunktes verfolgte ein Mitarbeiter mit Stoppuhr ein markiertes Schwein von der Entblutung bis zur pH-Wertmessung. Insgesamt wurden an allen Untersuchungstagen Daten von 1406 Tieren erfasst, davon 209 zur Simulation Altanlage und 1197 zur Neuanlage.

2.2.1.17 Schinkenkerntemperatur

Die Schinkenkerntemperatur wurde mit der Einstichsonde Pt 1000, Typ ZU 0156 (Knick, Berlin, Deutschland) des pH-Meters Portamess pH Typ 912 (Knick, Berlin, Deutschland) 40 bis 45 min *p. m.* im Kern des *M. semimembranosus* 5 cm kaudal der Beckensymphyse gemessen. Es wurden ausschließlich rechte Schlachtkörperhälften einbezogen. Insgesamt wurden an allen Untersuchungstagen 1406 Daten erfasst, davon 209 zur Simulation Altanlage und 1197 zur Neuanlage.

2.2.1.18 Klassifizierung, Schlachtgewicht und Muskelfleischanteil

Im Anschluss an die pH-Wert- und Schinkenkerntemperaturmessung wurden die Schweinehälften gewogen und mit dem Choirometer HGP 4 (Hennessy Grading Probe 4) nach EUROP-Norm klassifiziert. Die Klassifizierungsdaten wurden uns ausgedruckt übermittelt. Aus den Klassifizierungsprotokollen wurden für jedes Schwein der Anlieferer, das Schlachtgewicht und der Muskelfleischanteil entnommen. Insgesamt wurden an allen Untersuchungstagen die Schlachtgewichte von 1415 Tieren, davon 214 zur Simulation Altanlage und 1201 zur Neuanlage erfasst und die Muskelfleischanteile von insgesamt 1413 Tieren, davon 214 zur Simulation Altanlage und 1199 zur Neuanlage. Die Differenz ist aufgrund der nicht durchgeführten Messungen bei Tieren von mehr als 120 kg zu finden. Diese Tiere flossen in weitere Untersuchungen nicht ein.

2.2.1.19 Kühlung

Zirka 18 bis 20 h wurden die Schweinehälften bei zirka 2 °C gekühlt. Die Protokolle der Kühlung wurden ausgewertet. Am Vormittag des Folgetages nach der Schlachtung gelangten die Tiere in die Zerlegung.

2.2.1.20 LF₂₀-Messung

Nach einer Kühlzeit von zirka 18 bis 20 h wurde am Folgetag vor der Zerlegung der Schlachtkörperhälften die Leitfähigkeit [mS / cm] im Zentrum des *M. longissimus dorsi* gemessen. Dazu wurden die zwei parallelen Messelektroden des Gerätes LF-Star (Ingenieurbüro Matthäus, Klaus, Deutschland) waagrecht zwischen die Dornfortsätze der

13. und 14. Rippe bis ins Zentrum des Muskelstranges vorgeschoben und der Messwert im Gerät gespeichert. Das Messgerät wurde vor Beginn des 1. Untersuchungstages durch den Hersteller gewartet und kalibriert. Vor jedem Untersuchungstag wurde das Gerät mithilfe eines beiliegenden 10 mS / cm-Messblocks kalibriert. Insgesamt wurden an den UT N1 bis A9 456 Messwerte erhoben, davon 214 zur Simulation Altanlage und 242 zur Neuanlage.

2.2.1.21 pH₂₀-Wertmessung

Direkt im Anschluss an die Leitfähigkeitsmessung wurde der pH₂₀-Wert zirka 18 bis 20 h *p. m.* im *M. semimembranosus* 5 cm kaudal der Beckensymphyse mit Hilfe des pH-Meters Portamess pH Typ 912 (Knick, Berlin, Deutschland) gemessen. Insgesamt wurden 263 Messungen erhoben, davon 213 zur Simulation Altanlage (A5, A6, A8 und A9) und 50 zur Neuanlage (N7).

2.2.1.22 Zerlegung und Entnahme und Verpackung der Fleischproben

Nach der pH₂₀-Wertmessung gelangten die nummerierten Schlachtkörperhälften in die Zerlegung. Bei zirka 5 °C wurden per Hand je drei 2 bis 3 cm dicke Scheiben des *M. longissimus dorsi* aus der Lendenregion (L 3 bis L 5) mit einem Messer vom Muskelstrang abgetrennt. Entsprechend der Nummerierung wurden die Fleischscheiben in ebenfalls nummerierte SB-Schalen gelegt. In den transparenten SB-Verpackungen (B x T x H: 19 cm x 14,5 cm x 6,5 cm) war am Boden ein saugfähiger Einleger (B x T x H: 12 cm x 8 cm x 3 mm) befestigt. Die Fleischproben wurden maschinell in geschützter Atmosphäre (80 % O₂, 20 % CO₂) bei zirka 3 °C versiegelt. Im Anschluss wurden die SB-Packungen durch den Zerlegebetrieb an das MRI geliefert. Dabei wurde der übliche Weg der Auslieferung genutzt, d. h. die Auslieferung geschah zusammen mit der gewerblichen Ware in gekühlten LKWs.

2.2.1.23 Überprüfung der Gasatmosphäre in den SB-Verpackungen

Nach Angaben der Verpackungslinie wird in den SB-Packungen maschinell über die Erzeugung eines Vakuums und das Einfüllen der Schutzgase eine Atmosphäre von 80 % O₂ und 20 % CO₂ erreicht. Zur stichprobenartigen Überprüfung der Gaskonzentration wurden zusätzlich leere SB-Packungen mit Schutzatmosphäre gefüllt. Fünf Tage nach Anlieferung der SB-Packungen wurde die Gaskonzentration der leeren SB-Packungen gemessen (n = 7). Zum Zeitpunkt des Ablaufs des MHD (8 d *p. m.*) wurden außerdem stichprobenartig einige mit Fleisch gefüllte Verpackungen auf ihre noch verbliebene Gaskonzentration untersucht (n = 54). Die Messung erfolgte mithilfe des Witt-Analysegerätes MFA III S/L O₂ und CO₂ (Witt-Gasetechnik GmbH & Co KG, Witten, Deutschland). Das Gerät wurde vor jeder Messreihe mit Prüfgas kalibriert. Für die Messung wurde ein Schaumstoffklebepunkt auf der Deckfolie befestigt und anschließend die Messsonde durch den isolierenden Klebepunkt in das Verpackungsinnere gestochen. Bei der Messung durfte die Sondenspitze das Fleisch

oder die Verpackung nicht berühren. Jede Messung wurde als Dreifachmessung durchgeführt.

2.2.1.24 Lagerung der Fleischscheiben

Nach der Verpackung wurden die Fleischscheiben bis zum vom Hersteller angegebenen MHD 8 d bei 2 °C dunkel gelagert, um den Zustand des Fleisches beim Verbraucher zu ermitteln. Nach der Lagerung erfolgten die Bestimmung des Tropfsaftverlustes, der Farbe und Fleischhelligkeit sowie die sensorische Beurteilung der Fleischscheiben.

2.2.1.25 Ermittlung des Tropfsaftverlustes

Zur Tropfsaftbestimmung wurden die gefüllten sowie eine leere SB-Packung einzeln im geschlossenen Zustand gewogen (Waage: Typ I 12000 S, Sartorius AG, Göttingen, Deutschland) und die Fleischscheiben mit einem Zellstoffpapier (Zellstoff: Multiclean®-plus Rolle, blau, dreilagig, Punkt-zu-Punkt-Prägung 100% Recycling-Material, Art. 11338-01, zetPutz®) vorsichtig abgetupft. Die abgetupften Fleischscheiben wurden ebenfalls gewogen. Daraus errechnete sich der Tropfsaftverlust (TSV) [%] mit Hilfe der Formel:

$$\begin{aligned} \text{Tropfsaft [g]} &= \text{Masse verschlossene Verpackung mit Inhalt [g]} \\ &- \text{Masse Leerverpackung [g]} \\ &- \text{Masse abgetupfte Koteletts [g]} \\ \\ \text{TSV [\%]} &= \frac{\text{Masse Tropfsaft [g]}}{(\text{Masse Tropfsaft [g]} + \text{Masse abgetupfte Koteletts [g]})} \\ &\times 100 \end{aligned}$$

Es wurden 453 SB-Verpackungen untersucht, davon 213 zur Simulation Altanlage und 240 zur Neuanlage.

2.2.1.26 L*a*b*-Werte

Zum Ablauf des MHD, d. h. acht Tage nach der Schlachtung, erfolgte die Messung der Fleischhelligkeit und Farbe (L*a*b* - Werte) mithilfe des Chroma-Meters CR-300 (Minolta, Osaka, Japan) an insgesamt 403 SB-Packungen mit jeweils drei Fleischscheiben, davon 213 Proben zur Simulation und 190 Proben zur Neuanlage. Vor jeder Messreihe wurde das Gerät gegen einen Weiß-Standard (CR-A-43) und Schwarz-Standard (geschlossene Blende) kalibriert. Durch den Untersucher wurden je SB-Packung zehn bindegewebsarme Messpunkte ausgewählt. Aus den Messwerten wurden durch das Gerät Mittelwerte berechnet. Die Messung erfolgte direkt nach der Öffnung der SB-Packung an der während der Lagerung an der Luft liegenden Oberfläche der Fleischscheiben.

2.2.1.27 Sensorik

Im Anschluss an die Messung der Fleischfarbe und Helligkeit erfolgte an zehn randomisiert ausgewählten Fleischscheiben je Untersuchungstag eine sensorische Begutachtung nach DLG-5-Punkte-Prüfschema für SB-verpacktes ungewürztes Frischfleisch. Dazu wurden die Scheiben einzeln in dicke Alufolie (Alufolie 15 µ - Qualität, Art. Nr.: AA76.1, Carl Roth GmbH + Co, Karlsruhe, Deutschland) gewickelt und die zugehörige Packungsnummer mit Permanentmarker notiert. Die Scheiben wurden in einem Kontaktgrill (Kontaktgrill S-Tronic 161, Silex Elektrogeräte GmbH, Hamburg, Deutschland) bis zu einer Kerntemperatur von zirka 75° C (Thermometer Testo 922, Testo GmbH & Co, Lenzkirch, Deutschland mit selbstgebaute Temperaturfühler) gegrillt. Die Kerntemperatur wurde durch die Einhaltung einer vorgegebenen Grillzeit nach Fleischscheibendicke, entnommen aus Zubereitungsvorschriften der DLG / CMA, erhalten.

Nach dem Grillen wurden die Fleischscheiben ausgepackt, der Rand mit einem Messer entfernt und der Rest in zirka acht Fleischstücke portioniert. Die Prüfung wurde durch fünf Personen, davon drei DLG-zertifizierte Sensoriker, durchgeführt. An insgesamt sechs Untersuchungstagen wurden je zehn Fleischscheiben untersucht, davon 40 Proben zur Simulation der Altanlage (A5, A6, A8, A9) und 20 Proben zur Neuanlage (N4, N7). Folgende Kriterien wurden überprüft: 1. Äußeres, 2. Aussehen, Farbe und Zusammensetzung, 3. Konsistenz und 4. Geruch und Geschmack.

2.2.1.28 Analytik der Katecholaminkonzentration

Die Bestimmung von Adrenalin und Noradrenalin orientierte sich an Angaben von MACHOLD u. ARNETH (2002), sowie einer Bedienungsanleitung zur HPLC der ANON. (2006): "Clinrep® Arbeitsanleitung für die Bestimmung von Katecholaminen im Plasma mittels HPLC".

Die Blutprobenentnahme wurde bereits unter 2.2.1.13 beschrieben.

Probenaufarbeitung

Die Probenaufarbeitung wurde in speziellen Probenvorbereitungssäulchen inklusive Elutiosgefäßen der Firma Recipe® (Fa. Recipe Chemicals + Instruments GmbH München, Deutschland) durchgeführt (Abb. 7). Diese Säulchen bestehen aus einem Verschlussdeckel (blau) sowie Probenraum, Membran und Kappe (weiß).



Abb. 7: Probenvorbereitungssäulchen (oben) und Elutionsgefäß (unten) (Recipe®)

In ein Probenvorbereitungssäulchen wurden 50 µl Plasma und 250 µl interner Standard pipettiert und der Deckel verschlossen.

Die Säulchen wurden mit Hilfe eines Vortexgerätes (Vortex Genie, Model K-550-GE, Scientific Industries Inc., Springfield, Massachusetts, USA) mit aufgestecktem Aufsatz (durch MACHOLD u. ARNETH (2002) für diese Probenvorbereitungssäulchen entwickelt) 10 min gemischt. In dieser Zeit isoliert das im Probenraum befindliche aktivierte Aluminiumoxid der Pufferlösung die Katecholamine aus dem Plasma (= Extraktion). Anschließend wurde an der Wand haftendes Probenmaterial nach unten auf die Membran geschüttelt. Nach Öffnung des Deckels und der Verschlusskappe diente eine 20-ml-Spritze zum Absaugen des praktisch katecholaminfreien Probenmaterials durch die im Probenvorbereitungssäulchen enthaltene Membran. Der Durchlauf wurde verworfen. Im Röhrchen verblieben die Katecholamine, der interne Standard und das Aluminiumoxid. Nach diesem Extraktionsschritt folgten drei Waschvorgänge. Dafür wurden die Säulchen dreimal mit je 1 ml Waschlösung der Firma Recipe® (Recipe Chemicals + Instruments GmbH München, Deutschland) gespült, um auch an der Säulchenwand haftende Plasmabestandteile auf die Membran zu verbringen. Die Waschlösung wurde mittels Spritze über die untere Säulchenöffnung abgesaugt und verworfen. Nach dem letzten Waschschrift erfolgt die Elution mithilfe einer Elutionslösung der Firma Recipe® (Recipe Chemicals + Instruments GmbH München, Deutschland). Dazu wurde das Probenvorbereitungssäulchen auf ein Elutionsgefäß gesteckt und mit 200 µl Elutionslösung befüllt. Nach 30 s Schütteln mittels des Vortexgerätes (IKA® Vortex Genius 3 Typ VG 3, IKA®-Werke GmbH & CO. KG, Staufen, Deutschland) und darauf folgendem Zentrifugieren für 1 min bei 2000 U / min (Sorvall RC-5B Refrigerated Superspeed Centrifuge, Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, Massachusetts, USA) wurde die Elutionslösung zusammen mit den eluierten Katecholaminen aus dem Plasma und dem internen Standard in das Elutionsgefäß zentrifugiert und die Probenaufarbeitung war

abgeschlossen. Die Menge an Elutionslösung wurde so bemessen, dass eine doppelte Bestimmung der Katecholaminkonzentrationen möglich war.

Lagerung der aufgearbeiteten Plasmaproben

Im Anschluss an die Probenaufarbeitung wurden die Proben im Kühlschrank bei 4 °C zwischengelagert. Die Analyse der aufgearbeiteten Proben wurde sofort im Anschluss, spätestens aber am Folgetag durchgeführt. Die aufgearbeiteten Proben sind nach Angaben der Fa. Recipe® bei Raumtemperatur mindestens 24 h, bei 4 °C mindestens 48 h und bei -20 °C mindestens 10 d stabil. Die Proben sollten nicht mehrmals aufgetaut und eingefroren werden.

Analyse

a) Chromatografie

Das HPLC-System besteht aus einer Pumpe, Injektor, Vorsäule, Säule, Vorratsgefäßen für mobile Phase, Gefäß für verbrauchte mobile Phase, einem elektrochemischen Detektor, einem magnetischen Aktivator der Software und einem PC mit Verarbeitungssoftware.

Genutzt wurde ein HPLC-System und ein elektrochemischer Detektor der Firma Waters (Eschborn, Deutschland). Der Säule Synergi 4µ MAX-RP 80 A (New Column 150 x 4,6 mm, Phenomenex, Aschaffenburg, Deutschland) wurde nach zirka 50 Proben eine neue Vorsäule (Security Guard Cartridge MAX-RP 4 x 3,0 mm, Phenomenex, Aschaffenburg, Deutschland) zur Entfernung von Plasmaproteinen und Verschmutzungen vorgeschaltet, was an einem Druckanstieg im System zu erkennen war. Der Detektor arbeitete mit einem Grundstrom von 0,5 nA bei einem Fluss von 1,0 ml / min.

Das mit Hilfe einer HPLC-Spritze (SGE GmbH, Griesheim, Deutschland) in die Probenschleife des Injektors (Rheodyne, Park Court, California, USA) der Pumpe injizierte Probenvolumen betrug 20 µl. Der Pumpe (Gynkotec High Precision Pump M480G) wurde zur Entlüftung der mobilen Phase ein Entgaser (Degasser, Gynkotec Dedasys DG-1310 uniflows) vorgeschaltet. Als Fließmittel diente die gleiche mobile Phase, wie sie auch durch U. Machold und W. Arneth 2002 (Sarre und Mitarbeiter, 1992) genutzt wurde:

- 0,1 M Na-Acetat (Merck, Darmstadt, Deutschland)
- 20 mM Zitronensäure (Merck, Darmstadt, Deutschland)
- 1mM 1-Octansulfonsäure Na-Salz Monohydrat (Sigma Aldrich Corporation, Saint Louis, Missouri, USA)
- 0,1mM EDTA (Merck, Darmstadt, Deutschland) und
- 1mM Dibutylamin (Sigma Aldrich Corporation, Saint Louis, Missouri, USA).

Der pH-Wert der mobilen Phase von 2,87 wurde mithilfe 85%iger Phosphorsäure (Merck, Darmstadt, Deutschland) eingestellt. Das Fließmittel wurde zusätzlich durch eine Membran gefiltert, um Verschmutzungen und vor allem Luftblasen zu entfernen (Membranfilter RC 55 MF, 0,45 µm, 50 mm VE 100, Whatman, Schleicher & Schuell, Dassel, Deutschland).

b) Kalibrierung

An jedem Messtag wurde das System mithilfe einer Standardreihe aus Noradrenalin (NA) und Adrenalin (A) kalibriert. Die fünf verschiedenen Standards wurden aus NA ((-)-Arterend Bitartrate, Sigma Aldrich Corporation, Saint Louis, Missouri, USA) und A ((-)- Epinephrine (+) Bitartrate, Sigma Aldrich Corporation, Saint Louis, Missouri, USA) über eine Stammlösung (6 mg A bzw. 10 mg NA auf 1000 ml *aqua bidest.*) und zwei Verdünnungsstufen hergestellt. Bei der ersten Verdünnung wurden 2, 6 und 8 ml der Stammlösung (A und NA) auf 10 ml (Standard 2 bis 5) bzw. 4 ml (Standard 1) auf 100 ml mit *aqua dest.* aufgefüllt. Im Anschluss wurde jeweils 1 ml der erhaltenen Lösung (0, 2, 4, 6 µg NA / l Standard, 1. Verdünnung) mit 9 ml mobiler Phase verdünnt (Standard 1 bis 3). Für die Standards 4 und 5 wurden 2 ml der 1. Verdünnungsstufe mit 6 und 8 µg NA / l mit mobiler Phase auf 10 ml aufgefüllt. Nach dem gleichen Prinzip wurde auch der interne Standard Dihydroxybenzylamin (10 ng DHBA je ml, 3,4 Dihydroxybenzylamin Hydrobromid, Sigma Aldrich Corporation, Saint Louis, Missouri, USA) hergestellt. 1 ml der Stammlösung (10 mg DHBA auf 1000 ml *aqua bidest.*) wurde auf 100 ml mit *aqua dest.* aufgefüllt. Von dieser ersten Verdünnung (0,1 µg DHBA / l) wurde anschließend 1 ml entnommen und nochmals mit 9 ml mobiler Phase verdünnt. Da eine Instabilität der Stammlösungen durch eine deutliche Rosafärbung angezeigt wird, wurden der externe und interne Standard in ausreichender Menge für die ganze Versuchsreihe hergestellt, portioniert und bei -20 °C eingefroren. Die Stammlösung wurde bei -20 °C eingefroren und die Standardlösungen jeweils frisch angesetzt.

Die Standards 1 bis 5 wurden vor der Kalibration in der gleichen Form wie die Plasmaproben aufgearbeitet. Für eine Standardisierung musste auch hier der interne Standard hinzugefügt werden. Durch dieses Vorgehen waren Fehler hinsichtlich Probenvorbereitung und Wiederfindung zwischen Proben und Standards vergleichbar.

c) Durchführung der Bestimmung

50 µl einer Probe wurden mithilfe einer 100 µl-HPLC-Spritze injiziert, wovon 20 µl in der Probenschleife des Injektors Platz fanden, der Rest wurde als Überschuss verworfen. Über einen magnetischen Auslöser (Rheodyne, Park Court, California, USA) wurde die Aufzeichnung des Probendurchlaufes gestartet. Die Auswertung der Chromatogramme und die Berechnung der Integrale erfolgten über eine Integrationssoftware (Kontron PC Integrator Version 3.90, Kontron 1992).

d) Wartung

Zwischen den Bestimmungen wurde der Detektor aus Stabilitätsgründen nicht ausgeschaltet und das System einschließlich Detektor und Analysensäule mit mobiler Phase im Kreislauf geschaltet. Die Säule wurde nach jeder Änderung oder Systemsäuberung solange mit mobiler Phase gespült, bis eine stabile Grundlinie erreicht wurde. Eine neue Säule wurde

zuerst mit Acetonitril (Rathburn Chemicals Ltd., Walkerburn, Scotland) gespült um ein sauberes Trennen der Substanzen zu erreichen. Die Vorsäule wurde zirka alle 50 Proben-durchsätze erneuert. Regelmäßig wurde das gesamte System mit Acetonitril gegengeschpült und die Leitungen, mit Ausnahme von Detektor und Säule, mit einer 1 : 3 aus *Aqua dest.* und 65%iger Salpetersäure (Riedel de Haen, Seelze, Deutschland) verdünnten Lösung passiviert. Aufgrund einer zunehmenden Auskristallisation der mobilen Phase in den Leitungen und Druckanstieg im System wurde regelmäßig mit einer auf- und absteigenden Methanol-*Aqua dest.*-Lösung gespült. Dabei war jeweils nach und vor der Umstellung von und auf mobile Phase gründlich mit *Aqua dest.* zu spülen. Die Reinigung der Arbeitselektrode des Detektors erfolgte nach Herstellerangaben mit Chromschwefelsäure. Eine Passivierung der Elektroden und die gründliche Reinigung des Systems waren aufgrund der eiweißreichen Proben und des hohen Sättigungsgrades der mobilen Phase mit Salzen in regelmäßigen Abständen zwingend notwendig.

Auswertung

Bei der Auswertung der ermittelten Integrale war zu berücksichtigen, dass sowohl Standards als auch Proben vor der Kalibration aufgearbeitet wurden. 50 µl Standard und 50 µl Plasma wurden mit 200 µl Perchlorsäure eluiert. Den Proben wurde jeweils 250 µl DHBA (interner Standard) zugefügt. Vor der eigentlichen Berechnung der Gehalte wurden die ermittelten Flächen zunächst durch Anpassung der Wiederfindung auf einen einheitlichen Wert standardisiert. Hierzu wurden der Flächenwert des internen Standards DHBS, der allen Proben in gleicher Menge und Konzentration zugesetzt wurde, auf den Wert 10 festgesetzt und die ermittelten Flächen für die Katecholamine entsprechend hochgerechnet. Bei der Kalibration wurde aus den Werten der fünf Standards die lineare Regressionsgleichung für NA und A erstellt ($y = ax + b$, y = Fläche, x = Gehalt [ng/ml], R^2 = Bestimmtheitsmaß).

2.2.1.29 Statistische Analysen

Zur Anwendung kamen die Software Excel (Office 2003, Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) und insbesondere NCSS 2004 (Kaysville, Utah, USA). Zur vergleichenden Darstellung zwischen den Untersuchungstagen und zwischen Altanlage und Neuanlage wurden die ermittelten Daten mithilfe des Programms NCSS 2004 in Form von Boxplots dargestellt. Daten wurden innerhalb von Untersuchungstagen und innerhalb der Gruppe Neuanlage und der Gruppe Altanlage auf „Homogenität“, d. h. Unterschiede mithilfe von ANOVA bzw. Kruskal-Wallis-Test untersucht. Anschließend wurden signifikante Unterschiede zwischen der Gruppen Neuanlage und Simulation Altanlage gesucht. Dazu wurde der T-Test für normalverteilte bzw. der Mann-Whitney-U-Test verwendet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Durch wissenschaftliche Untersuchungen sollte geklärt werden, ob und ggf. in welchem Umfang der neue gruppenweise Zutrieb den Tierschutz nachweisbar verbessert. Dazu wurden Messungen nach der Implementierung des neuen Zutriebs und der Betäubungsanlage (Neuanlage) und zur Simulation der Altanlage durchgeführt. Direkte tierschutzrelevante Untersuchungsparameter waren das Verhalten im Zutriebssystem, der Schallpegel im Umfeld des Treibganges, Blut-Katecholamingehalte (Stresshormone) aus dem Stichblut nach der Betäubung, sowie Stichblut- und Schinkenkerntemperatur. In Folge der Verbesserung des Tierschutzes und einer damit einhergehenden Reduktion der psychischen und physischen Belastung der Schweine wäre auch eine Verbesserung indirekter tierschutzrelevanter Parameter, die als Kriterien der Fleischqualität von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung sind, denkbar: pH₄₅-Werte, Leitfähigkeitswerte, pH₂₀-Werte, Tropfsaftverluste, Fleischfarbe und Sensorik von Fleischproben.

Die Grenzwerte für die Fleischqualität wurden folgenden Quellen entnommen: LITTMANN *et al.* (2006), VON LINGERKEN *et al.* (2007), LSZ BOXBERG (2008).

3.1 Tiere

Um die Untersuchungsergebnisse der tierschutzrelevanten Parameter und Kriterien der Fleischqualität zwischen Neuanlage und Simulation Altanlage miteinander vergleichen zu können, war ein ähnliches Tiermaterial notwendig. Aufgrund der Kenntnis, dass der Muskelfleischanteil eines Tieres mit seiner Stressempfindlichkeit positiv korreliert, wurden die Muskelfleischanteile der Gruppe Neuanlage mit der Gruppe Simulation miteinander verglichen. Die Muskelfleischanteile [%] wurden aus den EUROP-Klassifizierungsprotokollen entnommen. Da der Muskelfleischanteil zwischen den beiden Gruppen nur sehr geringgradig und damit vernachlässigbar verschieden war ($\bar{x}_N = 59,7 \%$, $\bar{x}_A = 60,2 \%$; $sd_N = 3,2$; $sd_A = 3,1$; $P < 0,05$) und mehr als 90 % der Tiere beider Gruppen der Handelsklasse E zugeordnet werden konnten, kann von einer vergleichbaren Genetik und Stressanfälligkeit ausgegangen werden. Das Schlachtgewicht der Schweine differierte ebenfalls nur geringgradig ($\bar{x}_N = 96,2 \text{ kg}$, $\bar{x}_A = 96,8 \text{ kg}$; $sd_N = 7,5$; $sd_A = 5,6$; $P < 0,001$). Es kann angenommen werden, dass sich die Tiere beider Gruppen nicht voneinander unterschieden.

3.2 Ruhezeiten

Ruhezeiten wurden aus den Aufzeichnungen der Schlachthofmitarbeiter berechnet. Tab. 3 zeigt die Ruhezeiten der „Katecholamin-Tiere“ der Gruppen Neu- und Simulation Altanlage.

Tab. 3: Ruhezeiten [h] der „Katecholamin-Tiere“ der Gruppen Neu- und Simulation Altanlage

	Neuanlage	Altanlage	Gesamt
n	242	214	456
Min	2,25	3,33	2,25
Max	18,50	20,25	20,25
$\bar{X}$	3,55	7,07	5,2
$\tilde{X}$	3,25	4,75	3,50
sd	1,52	5,93	4,57

Der Median der Ruhezeiten der Neuanlage beträgt 3,25 h, der der Simulation Altanlage 4,75 h. Die Durchführung des T-Tests und des Mann-Whitney-U-Tests ergaben einen höchstsignifikanten Unterschied zwischen den Gruppen Neu- und Simulation Altanlage ($P < 0,001$). Eine bessere Übereinstimmung der Ruhezeiten konnte aufgrund der Feldbedingungen leider nicht realisiert werden. Um eine gute Erholung der Tiere zu erreichen, haben sich Ruhezeiten von 2 bis 4 h am Besten bewährt [SACKMANN *et al.* (1988), MAHARENS *et al.* (1997)]. Die Ruhezeiten der Gruppe Neuanlage liegen im Median in diesem Bereich, die Ruhezeiten der Gruppe Simulation Altanlage liegen oberhalb von 4 h. Aufgrund des Einflusses der Ruhezeiten liegt es nahe, dass Unterschiede der Stress- und Fleischqualitätsparameter aufgrund der unterschiedlichen Ausruhezzeiten verursacht werden. Einflüsse des Zutriebs könnten so überdeckt oder vorgetäuscht werden. Deshalb wurde im Anschluss an die Untersuchungstage ein Zusammenhang zwischen Ruhezeiten und anderen Parametern (Stress und Fleischqualität) gesucht. Die Ruhezeiten wurden dafür in drei Gruppen eingeteilt: (1) Ruhezeiten kleiner 2 h, (2) 2 bis 4 h und (3) Ruhezeiten größer 4 h. Tab. 4 zeigt die Zusammenhänge zwischen den Ruhezeitgruppen und den Stress- und Fleischqualitätsparametern:

Tab. 4: Varianzen von Stress- sowie Fleischqualitätsparametern abhängig von verschiedenen Ruhezeiten: (1) kleiner 2 h (2) 2 bis 4 h, (3) größer 4 h
Unterschiede: - nicht signifikant, * ggr. signifikant, ** hochsignifikant, * höchstsignifikant**

	SBT	NA	Ad	SKT	pH ₄₅	pH ₂₀	LF ₂₀	TSV	L*	a*	b*	Sensorik
Gesamt	-	-	*	***	-	-	**	*	-	-	-	*
			3>2	3>2		DFD-Tiere in 3 !	3>2	3<2				3<2
Neuanlage	-	-	-	**	*	-	-	-	-	*	*	-
				3<2	3>2			3<2		2>3	2>3	
Altanlage	-	-	-	-	-	-	-	*	-	***	***	-
								3<2		2<3	2<3	

Wie aus Tab. 4 ersichtlich treten höchstsignifikante Zusammenhänge auf, aber innerhalb eines Parameters kommt es zwischen den Gruppen zu widersprüchlichen Aussagen. So tritt zwar insgesamt eine höhere Stichbluttemperatur bei Gruppe 3 als bei Gruppe 2 auf. Dies bestätigt sich allerdings nicht in der Gruppe Altanlage und innerhalb der Gruppe Neuanlage liegt der Sachverhalt sogar umgekehrt. Aufgrund dieser wenig signifikanten und widersprüchlichen Zusammenhänge konnte die Vermutung, dass die Ruhezeiten Ursache der Unterschiede zwischen Parametern der Neuanlage und Simulation Altanlage sind, nicht bestätigt werden.

3.3 Wetter

Die Wetterdaten des jeweiligen Untersuchungstages der Stadt Hof wurden vom Deutschen Wetterdienst oder online vom Bayerischen Rundfunk (http://www.br-online.de/wetter-/action/5_tage_prognose.do?regio=Mittel-/Oberfranken&plz=10685) bezogen. Berücksichtigt wurden die Temperatur und die relative Luftfeuchte. Daneben wurden auch die Bewölkung, der Luftdruck, die Niederschlagsmenge und die Windgeschwindigkeit erfasst.

Tab. 5 zeigt das Wetter an den Untersuchungstagen. Die Wetterdaten wurden zweimal täglich erfasst, jeweils vor- und nachmittags.

Tab. 5: Aktuelles Wetter der Stadt Hof an den Untersuchungstagen

Quelle: Deutscher Wetterdienst und http://www.br-online.de/wetter/action/5_tage_prognose.do?regio=Mittel-/Oberfranken&plz=10685

Untersuchungstag	Uhrzeit	Bewölkung	Temperatur [°C]	relative Luftfeuchte [%]	Niederschlag [l/m ²]	Luftdruck [hPa]	Wind [km/h]
N1 (18.06.2007)	07:00	bewölkt Nieselregen	14,4	98	0,1	943,7	k. A.
	14:00	sonnig	20,5	60	0	946,9	k. A.
N2 (02.07.2007)	07:08	stark bewölkt, Nieselregen	15,2	89	0,1	1009	7
	14:00	stark bewölkt, Regen	16,0	94	3,0	1009	11
N3 (16.07.2007)	07:04	sonnig	17,2	74	0	1015	4
	13:24	sonnig	29,7	42	0	1013	7
N4 (30.07.2007)	07:05	sonnig- bewölkt, Regen	8,7	92	13,3	1014	15
	13:30	stark bewölkt, teils sonnig	11,2	69	13,5	1016	22
A5 (10.10.2007)	09:27	stark bewölkt, neblig, teils sonnig	7,4	95	0	1025	7
	16:22	bewölkt, teils sonnig	12,2	62	0	1023	11

Untersuchungstag	Uhrzeit	Bewölkung	Temperatur [°C]	relative Luftfeuchte [%]	Niederschlag [l/m ²]	Luftdruck [hPa]	Wind [km/h]
A6 (28.11.2007)	08:09	bewölkt	-5,1	98	0,9	1029	2
	15:00	sonnig- bewölkt	-2,1	99	0,1	1025	7
N7 (30.01.2008)	07:18	bewölkt	0,1	98	0	1023	4
	14:04	bewölkt	2,6	100	0	1021	13
A8 (20.02.2008)	08:17	neblig-klar	-3,8	99	0	1025	7
	15:26	sonnig- bewölkt	6,4	78	0	1021	13
A9 (12.03.2008)	07:49	sonnig- bewölkt stark	6,0	98	10,1	993	15
	14:26	bewölkt, Regen, teils sonnig	4,8	88	12,8	996	33
N10 (09.04.2008)	08:14	bewölkt, kaum sonnig	2,8	90	0,1	1001	7
	15:00	stark bewölkt	5,9	96	0,9	999	9
A11 (02.06.2008)	09:30	sonnig	20,6	72	0	1013	7
	13:52	sonnig, einzelne Kumulus- wolken	25,0	50	0	1011	17

Daraus lassen sich belastende Wettereinflüsse für die Schweine herausfiltern. Insbesondere die Tage N3 und A11 waren sehr heiße Sommertage, was für die Tiere eine enorme Herz-Kreislaufbelastung und Stress darstellte. Hier kann davon ausgegangen werden, dass Abweichungen in Stress- und Fleischqualitätsparametern vor allem durch den extremen Wettereinfluss verursacht wurden. Einflüsse des Zutriebs treten hier wahrscheinlich eher in den Hintergrund. Am Tag N4 herrschte dem gegenüber eher kühles, regnerisches Wetter. Zu erkennen ist, dass die Untersuchungstage zur Neu- und Simulation Altanlage so verteilt wurden, dass beide Gruppen im Sommer und Winter stattfanden. Ziel war es, einen wetterbedingten Einfluss gleichmäßig über beide Gruppen zu verteilen.

3.4 Stallklima

An allen Untersuchungstagen wurde das Stallklima kontinuierlich im Drei-Sekunden-Takt aufgezeichnet. Der Standort des Messgerätes befand sich hinter einem Metallgatter neben einer länglichen Ruhebucht in Schnauzenhöhe der Tiere. Die Temperatur [°C] und die relative Luftfeuchte [%] wurden ausgewertet.

Abb. 8 und 9 zeigen den Verlauf von Temperatur- und relativer Luftfeuchte der Untersuchungstage. Zugrunde gelegt wurde das Zeitfenster von 9 Uhr bis 14 Uhr. Zu erkennen ist, dass Untersuchungstage zu beiden Zutriebsgruppen bei verschiedenen Witterungsbedingungen durchgeführt wurden. An Tagen zur Neuanlage herrschten überwiegend wärmere Bedingungen als an Tagen zur Simulation Altanlage.

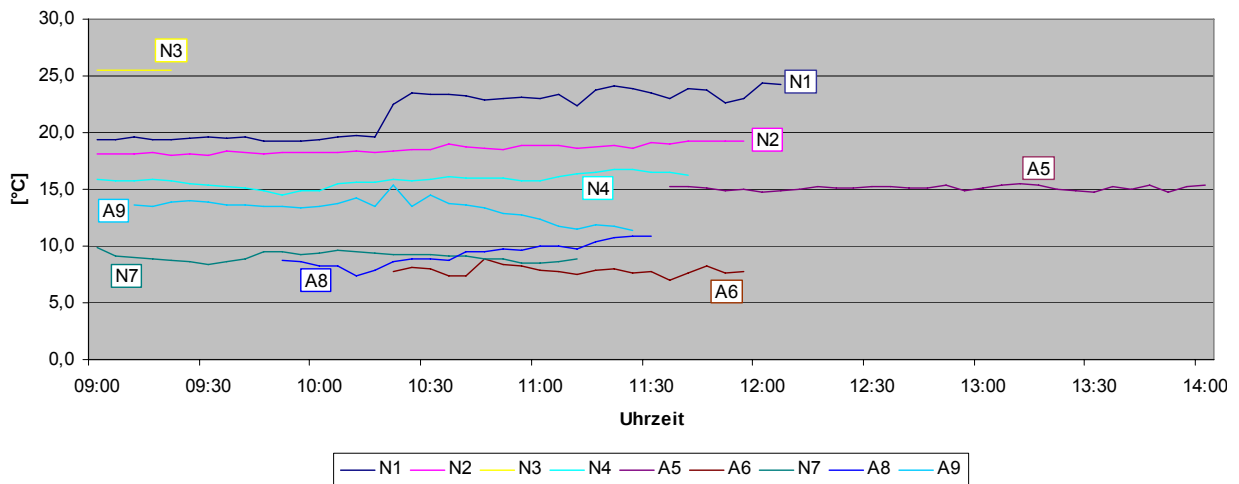


Abb. 8: Temperatur im Ruhestall [°C]

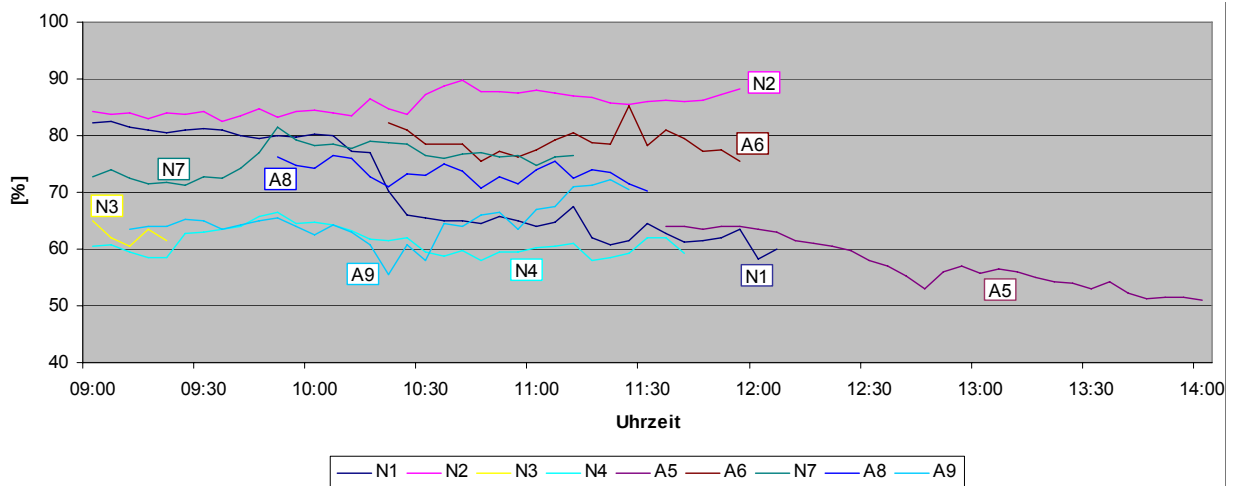


Abb. 9: relative Luftfeuchte im Ruhestall [%]

Tab. 6 zeigt die Untersuchungstage und deren Stallklima. Das Minimum, das Maximum und der Median sind dargestellt. Mit steigender Temperatur und Luftfeuchte kommt es zu einer vermehrten Herz-Kreislauf-Belastung der Tiere und damit auch zu Stress. Insbesondere bei geringer Luftbewegung führt ein Anstieg der relativen Luftfeuchte (Schwüleempfinden, Schwülefaktor = [Temperatur + zweifacher Dampfdruck]) zu erschwerten Bedingungen für die Wärmeabgabe über die Haut. Eine Abkühlung des Organismus durch Wasserverdunstung auf der Hautoberfläche setzt voraus, dass der Wasserdampf-Partialdruck auf der Haut höher ist als in der Umgebungsluft [JESSEN (2000)]. MOURA *et al.* (1997) geben an, dass die Wärmeabgabe bei höherer Luftfeuchte abhängig von der Ventilation, Abkühlungsmöglichkeiten und kühlem Trinkwasser ist. Trinkwasser stand den Tieren *ad libitum* zur Verfügung. Eine Abkühlungsmöglichkeit für die Schweine wurde über eine Kaltwasserberieselung mit feinem Wassernebel geschaffen. Diese wurde nach Bedarf eingeschaltet. Genaue Anweisungen für das Schlachthofpersonal zur Berieselung existieren nicht, wodurch es zu einer unregelmäßigen Betätigung der Anlage kam. In der Literatur wird

empfohlen, eine Berieselung ab einer Umgebungstemperatur von 10 °C mit kaltem Wasser durchzuführen. Effektiv ist eine zweimalige 10-minütige Berieselung im Abstand von 10 min zum Beginn der Ruhezeit. Zwischen 5 und 10 °C bewirkt die Berieselung keinen Effekt, unter 5 °C ist eine Berieselung kontraindiziert, da sie eine Anhebung des PSE-Fleischanteils bewirkt. Die Verwendung von warmem Wasser (25 °C) führte bei Tieren mit hohem Muskelfleischanteil ebenfalls zu einem höheren PSE-Fleischanteil [SCHÜTTE *et al.* (1996)].

Zur Schlachtreife eines Mastschweins liegt der ideale Temperaturbereich bei 18 bis 21 °C, bei einer Luftfeuchte von 50 bis 70 % [MOURA *et al.* (1997)]. Laut SCHULZE *et al.* (1965) haben Temperatur, Luftfeuchte und Luftbewegung einen entscheidenden Einfluss auf den Wärmehaushalt und das Wohlbefinden eines Organismus. Nach einer Stunde bei 28 °C bis 30 °C und einer relativen Luftfeuchte von 90 % bis 100 % stieg die Körpertemperatur um 2/10 °C und blieb dann konstant. Atem- und Herzfrequenz nahmen stetig zu. Auf trockene Wärme zeigten Schweine von 75 bis 100 kg, bei feuchter Wärme Schweine ab 100 kg die stärksten Reaktionen. Mit zunehmender Subkutanfettschicht ist die Wärmeregulation gestört. Bei 28 bis 30 °C und einer Luftfeuchte von 55 % bei unbewegter Luft stieg die Körpertemperatur der Schweine im Mittel um 0,43 °C, bei 75 bis 100 kg schweren Schweinen sogar um 0,53 °C. Demnach ist auch ein Anstieg der Stichbluttemperatur an heißen Tagen zu erwarten, so am Untersuchungstag N3. Bei hoher Temperatur wird die Wärmeableitung behindert [PLONAIT u. BICKHARDT (1988)]. Ähnliche Bedingungen herrschten am Tag N3 im Ruhestall.

Die Messung der Luftgeschwindigkeit im Ruhestall wäre eine Möglichkeit, weitere Aussagen über das Wohlbefinden der Tiere zu treffen.

Tab. 6: Stallklima im Ruhestall

Untersuchungstag	Zeitraum	Temperatur [°C]			relative Luftfeuchte [%]		
		Min	Max	Median	Min	Max	Median
N1 (18.06.07)	08:52 – 12:09	19,1	24,5	22,6	57,4	83,9	67,2
N2 (02.07.07)	08:31 – 11:58	17,8	19,5	18,4	79,2	90,6	85,6
N3 (16.07.07)	08:26 – 09:26	25,3	26,5	25,6	58,5	69,2	62,2
N4 (30.07.07)	08:36 – 11:42	14,5	17,0	15,9	56,5	68,7	61,1
A5 (10.10.07)	11:33 – 14:25	14,4	16,7	15,2	50,4	75,1	55,8
A6 (28.11.07)	10:15 – 11:58	6,6	10,3	7,8	73,8	88,4	79,1
N7 (30.01.08)	08:58 – 11:12	8,2	10,4	9,0	68,5	82,4	76,6
A8 (20.02.08)	09:49 – 11:32	7,3	12,0	9,3	56,7	79,1	73,4
A9 (12.03.08)	09:08 – 11:28	11,3	15,4	13,5	54,8	73,2	64,5

Dem gegenüber spielte auch Kältestress während einiger Untersuchungstage eine Rolle. Insbesondere an den Untersuchungstagen A5, A6, A8 und A9, als die Tiere vom Bereich des Außenstalls manuell getrieben wurden, wirkten äußere Witterungsverhältnisse auf die Tiere ein. Am Tag A8 wirkten die Schweine im Ruhestall und auch im Außenstall, vermutlich unter anderem bedingt durch die niedrigen Außentemperaturen (Tab. 5), laut und unruhig [MAYER u. HAUSER (1999)]. Hohe Luftfeuchte erhöht bei niedrigen Temperaturen die Wärmeableitung, was den Kältestress noch verstärkt. Eine Erhöhung von Stressparametern (Katecholamine) und des Schallpegels wären bei ungünstigen Witterungsbedingungen möglich [MAYER u. HAUSER (1999)]. Insbesondere bei niedrigen Umgebungstemperaturen mit nassem Untergrund erfolgt durch Wärmeleitung und Verdunstungskälte die Auskühlung der Tiere und eine Beeinflussung der Fleischqualität. Kältezittern verursacht einen Verbrauch von Muskelglykogen und damit möglicherweise eine Tendenz zu DFD-Fleisch, insbesondere bei längerer Kälteeinwirkung. Eine stressbedingte Ansäuerung des Fleisches (PSE-Fleisch) kann so nicht erfolgen.

Tab. 7 veranschaulicht die klimatischen Bedingungen im Bereich der Betäubungsanlage. Insbesondere für die Schlachthofmitarbeiter im Bereich von Auswurf und Entblutung stellen die dortigen Arbeitsbedingungen eine extreme körperliche Belastung dar. Zusätzlich zum Problem der feuchtwarmen Luft gesellt sich eine erhöhte CO₂-Konzentration in der Raumluft.

Tab. 7: Stallklima im Bereich der Betäubungsanlage

Untersuchungstag	Zeitraum	Temperatur [°C]			relative Luftfeuchte [%]		
		Min	Max	Median	Min	Max	Median
N3 (16.07.07)	11:31 – 11:44	27,8	29,3	29,0	61,4	71,6	62,6

3.5 Verhalten beim Zutrieb und Treibhilfeneinsatz

An allen Untersuchungen zur Altanlage wurden Verhaltensbeobachtungen nach einem standardisierten Protokoll festgehalten. Dazu beobachtete eine zusätzliche Person den Treibvorgang und trug in das Protokoll folgende Beobachtungen ein: Schwein läuft zurück (vergeblicher Treibversuch), Schwein dreht um, Schwein verweigert (Hinsetzen, Hinfallen, Ausrutschen), Schwein schreit. Weiterhin wurde der Treibhilfeneinsatz (Viehtreibstab) je Tier festgehalten. Die Abb. 10 bis 14 veranschaulichen diese Sachverhalte. Zu erkennen ist, dass im Verlaufe der Untersuchungen A5 bis A9 vermehrt Verhalten auftrat, welches den Zutrieb erschwerte. Die Tiere drehten sich öfter um und versuchten zurückzulaufen. Immer mehr Tiere verweigerten das Weitergehen völlig. Aufgrund dessen wurde der elektrische Viehtreiber vermehrt eingesetzt, was wiederum mit einem Anstieg der Schreie der Tiere bis zum erfolgreichen Zutrieb einherging. Die Ursache dieser vermehrt kontraproduktiven

Haltung und vermehrten Mobilität liegt wahrscheinlich auch an den vorhandenen Umgebungstemperaturen. Bei kühleren Temperaturen waren die Tiere subjektiv beurteilt viel munterer und aktiver als bei warmen Verhältnissen. An warmen Tagen waren die Tiere mit der Regulierung ihres Herz-Kreislaufsystems offensichtlich ausgelastet und mieden weiteren Stress, um einer weiteren Anhebung der Körperinnentemperatur vorzubeugen. An kühleren Tagen waren die Tiere weniger teilnahmslos und setzten sich mit ihrer Umgebung aktiv auseinander. Die Tiere waren sehr aktiv, sodass es am Tag A9 dazu kam, dass ein Tier innerhalb des automatischen Zutriebs von einer Abteilung in die Nächste sprang. Bemerkenswert ist dabei, dass die Trennwände 1,10 m hoch sind.

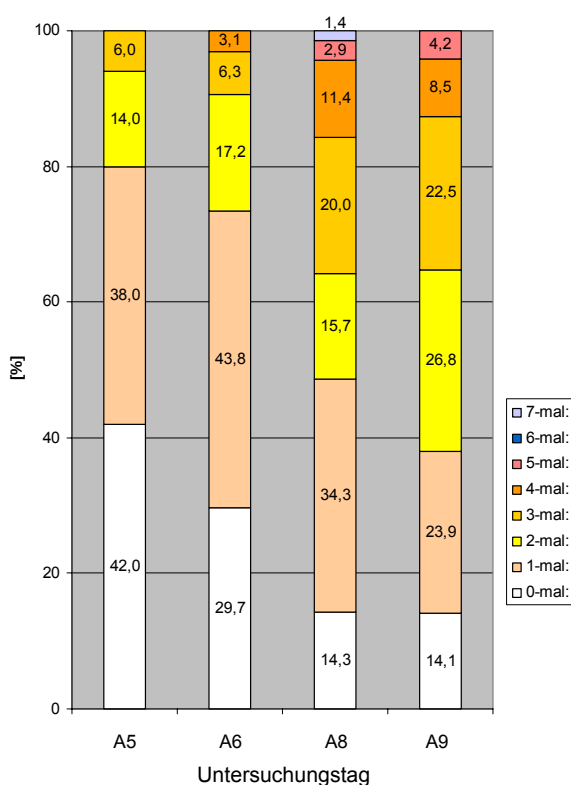


Abb. 10: prozentualer Anteil von Schweinen, die sich umdrehen (Simulation Altanlage)

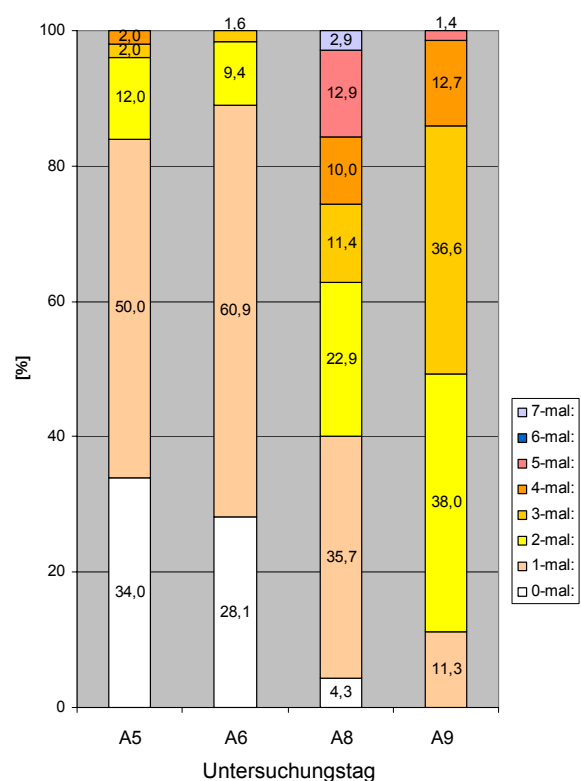


Abb. 11: prozentualer Anteil von Schweinen, die schrien (Simulation Altanlage)

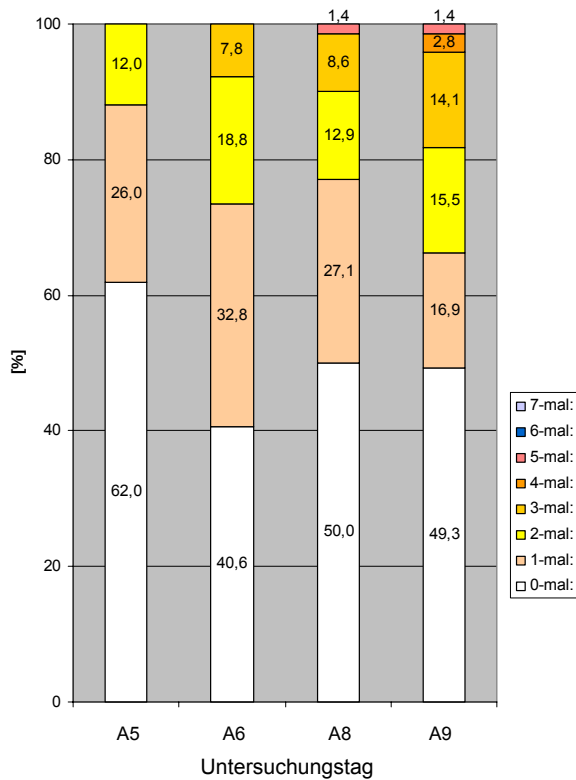


Abb. 12: prozentualer Anteil von Schweinen, die zurück liefen (Simulation Altanlage)

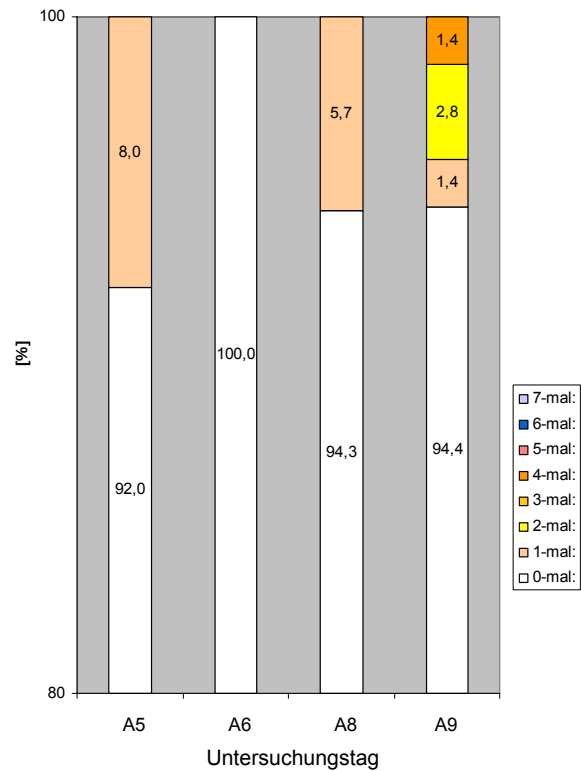


Abb. 13: prozentualer Anteil von Schweinen, die verweigerten (Simulation Altanlage)

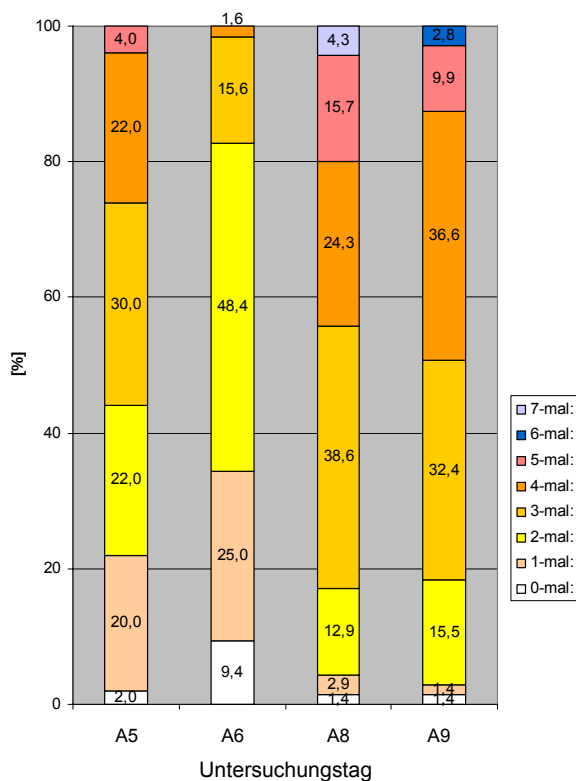


Abb.14: prozentualer Anteil Viehtreibereinsatz je Schwein (Simulation Altanlage)

Bei der stichprobenartigen Beobachtung der Tiere im Zutrieb der Neuanlage wurden kaum Verhaltensauffälligkeiten deutlich. Die Tiere gingen in den Abteilungen aktiv vorwärts, bzw. wurden zum Teil durch die Treibschilder nach vorn gedrängt. Das Vorschieben wurde von den Schweinen meist geduldet und verursachte kein vermehrtes Schreien der betroffenen Tiere. Vor Beginn der Untersuchungen wurde ein perforiertes Treibschild durch ein massives undurchsichtiges Treibschild ersetzt, da es zu längeren Orientierungszeiten der Tiere und vermehrten Fehlversuchen der Treibschilder kam. Die abgeschrägten unteren Kanten der Treibschilder vermieden ein Einklemmen der Tiere. Selten kam es dazu, dass ein Treibschild den Treibvorgang abbrechen musste, weil sich ein Tier unter ein Treibschild gesetzt hatte. Das Personal musste dann eingreifen. Tiere die offensichtlich schlecht gehfähig waren, wurden noch im Ruhestall separiert und mechanisch betäubt (Bolzenschuss).

Auffällig war, dass die Tiere schnell durch äußere Einflüsse in der Umgebung des automatischen Zutriebs abgelenkt wurden. Insbesondere neben der Zutriebsstrecke stehende Personen verzögerten trotz grünem Schutzanzug das Vorwärtsgehen der Tiere. Deshalb wurden Verhaltensbeobachtungen nur stichpunktartig durchgeführt. Die geforderte Videodokumentation wäre nur durch eine sich neben dem Zutrieb bewegend zusätzliche Person anzufertigen gewesen. Dies hätte das Verhalten der Tiere stark beeinflusst. Da beim automatischen Zutrieb selten Zutriebsprobleme auftraten und ein direkter Vergleich mit echten Verhältnissen der Altanlage nicht mehr zu realisieren war, wäre der zusätzliche hohe Zeit- und Materialaufwand für die Videodokumentation und -auswertung im Vergleich zum erwarteten Nutzen nicht zu rechtfertigen gewesen.

Auch ein direkter Lichteinfall durch eine neben dem Zutrieb gelegene Tür führte oft zu längeren Orientierungszeiten der Tiere bzw. zum Vorschieben durch die Treibschilder. Während der Untersuchungen wurde darauf geachtet, dass die betreffende Tür geschlossen wurde. Aufgrund einer enormen Wärme, Schwüle und verunreinigter Luft war dies für die Mitarbeiter im Zutriebs-, Betäubungs- und Entblutebereich, insbesondere im Sommer, nicht immer möglich.

Hinzufügend ist zu sagen, dass eine für das Vorwärtsgehen der Tiere günstige Lichtführung nicht vorhanden war, im gesamten Bereich von Ruhestall und Zutrieb leuchtete in gleichmäßiger Stärke Neonlicht. Eine ansteigende nicht blendende Lichtstärke vom Eintritt des Zutriebs bis in die Gondeln der Betäubungsanlage hinein könnte die Laufwilligkeit der Tiere positiv beeinflussen [EFSA (2004)].

3.6 Personaleinsatz beim Zutrieb

Die Simulation der Altanlage erforderte mindestens zwei Personen im Zutriebsbereich. Die Separation von drei Schweinen und die anschließende Zuführung zum automatischen Zutrieb war demgegenüber gut durch eine Person zu bewerkstelligen. Der personelle

Aufwand bei der Neuanlage ist um 100 % geringer als bei der Simulation der Altanlage. Die Schweine wurden beim Neuzutrieb an einem Untersuchungstag abwechselnd von zwei verschiedenen Personen getrieben, wobei der in unseren Untersuchungen am häufigsten eingesetzte Treiber dem Profil eines älteren, erfahrenen und ruhigen Treibers [T1] entspricht, wohingegen selten ein junger, weniger erfahrener Treiber [T2] zum Einsatz kam. Grundsätzlich wurde der Zutrieb durch den Treiber T1 ruhiger und geordneter durchgeführt, was sich auch im Verhalten der Schweine widerspiegelte. Tab. 8 veranschaulicht das Treiberprofil an verschiedenen Tagen.

Tab. 8: notwendige Treiberanzahl je Untersuchungstag und Treiberprofil
T1 = ruhig und erfahren, T2 = jung und unerfahren

Untersuchungstag	Treiberanzahl	Treiberprofil
N1 (18.06.07)	1	T1
N2 (02.07.07)	1	T2
N3 (16.07.07)	1	T1, T2, T1 abwechselnd
N4 (30.07.07)	1	T1
A5 (10.10.07)	2+1	2 MRI-P. + T1
A6 (28.11.07)	2+1	2 MRI-P. + T1
N7 (30.01.08)	1	T1, T2 abwechselnd
A8 (20.02.08)	1+1	1 MRI-P. + T1
A9 (12.03.08)	1+1	1 MRI-P. + T2

An den Untersuchungstagen zur Simulation Altanlage wurde MRI-eigenes erfahrenes Treibpersonal eingesetzt (MRI-P.). Ein bis zwei MRI-Personen lösten ein einzelnes Schwein aus der Gruppe der markierten Schweine und T1 oder T2 fügte zwei unmarkierte Schweine hinzu.

3.7 Schallpegelmessungen

Aufzeichnungen der Messwerte wurden an folgenden Untersuchungstagen getätigt: N3, N4, N7, A8, A9, N10, A11. Für die Untersuchungstage A5 und A6 liegen keine Messdaten vor. Der Tag N10 wurde aufgrund zahlreicher betrieblicher Störungen aus der Schallpegeluntersuchung ausgeklammert.

Das Gerät wurde auf einem Stativ in einer Höhe von 1,40 m in einem Abstand von einem Meter neben dem automatischen Zutrieb so positioniert, dass es auf die Mitte des Zutriebs ausgerichtet war. Eine stichprobenartige Überprüfung der Messwerte während des Schlachtvorgangs ergab für die Maschinengeräusche im Bereich des Zutriebs Schallpegel von zirka 86 bis 88 dB (A). Vereinzelt wurden maximale Schallpegel von 95 dB (A)

beobachtet. Die von den Tieren abgegeben Quiek- und Schreilaute erreichten dem gegenüber Schallpegel von mehr als 95 dB (A), das Maximum lag bei 117 dB (A). Der Anteil der Schweineschreie am gesamten Messzeitraum variierte zwischen 1 % und 5 % (Tab.9).

Tab. 9: Anteil von Schweineschreien (SP > 95 dB) am Gesamtlärm im Zutriebsbereich [%]

Untersuchungstage	N3	N4	N7	A8	A9	A11
Anteil Schallpegel > 95 dB (A) vom Gesamtlärm [%]	1,2	2,4	3,9	3,6	4,9	1,7

Abb. 15 zeigt die Verteilung der Schallpegel über die Untersuchungstage.

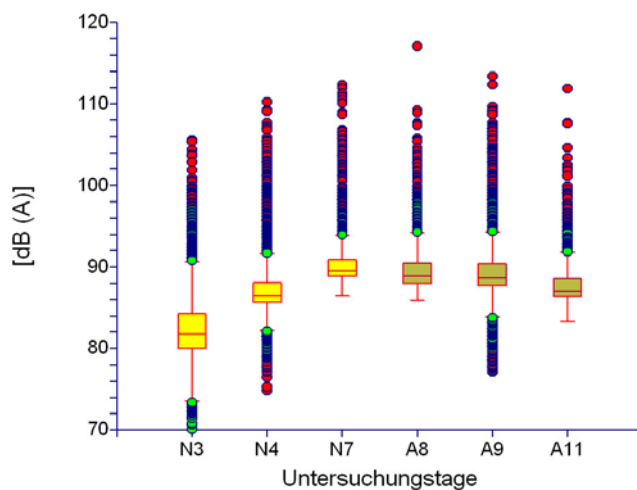


Abb. 15: Vergleich der Schallpegel [dB (A)] aller Untersuchungstage

Der Schallpegel zwischen Neu- und Altanlage ist statistisch höchstsignifikant verschieden ($\tilde{x}_N = 86,4$ dB (A); $\tilde{x}_A = 88,6$ dB (A); $P < 0,001$) (siehe Abb. 16). D. h. der Schallpegel bei der Simulation Altanlage war zirka 2 dB (A) höher als beim Zutrieb der Neuanlage. Grundsätzlich ist zu bemerken, dass eine Änderung des Schallpegels um 10 dB (A) eine subjektive Verdoppelung bzw. Halbierung des Schallpegels bedeutet.

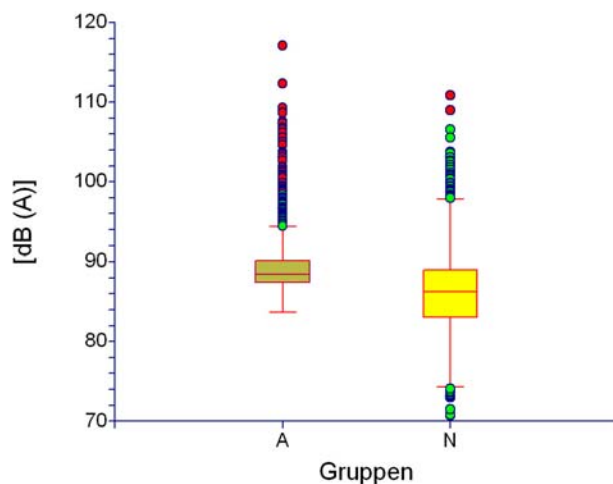


Abb. 16: Gruppenvergleich Schallpegel [dB (A)] Altanlage und Neuanlage

Eine gesteigerte Vokalisation und höhere Lautfrequenz deutet auf vermehrten Stress der Tiere hin [WHITE *et al.* (1995)]. Somit kann die Vokalisation auch als Indikator für die Tiergerechtheit des Handlings an Betäubungsanlagen genutzt werden [SCHÄFFER u. VON BORELL (2005)]. Der von GROTE *et al.* (2006) empfohlene durchschnittliche Schallpegel für die Schweinemast liegt bei maximal 85 dB (A). Der hier gemessene Schallpegel der Maschinenhintergrundgeräusche schwankte zwischen 86 und 88 dB (A). Schweineschreie erreichten Schallpegel von größer als 95 dB (A) bis zu 117 dB (A) und waren von Maschinengeräuschen der Schlachtung deutlich abgrenzbar. Bei der Schallpegelaufzeichnung stellten sich Schreie als Peaks dar. Insgesamt bewirkte der neu gestaltete Zutrieb eine deutliche Absenkung des Schallpegels von 88,6 auf 86,6 dB (A) im Vergleich zur simulierten Altanlage, was auf eine geringere Vokalisation der Tiere schließen lässt. Trotzdem lag der durchschnittliche Schallpegel auch bei der Neuanlage noch über der gegebenen Empfehlung von 85 dB (A). Schallgedämpfte Tore könnten z. B. eine Verbesserung bewirken. Arbeiten von WARRIS *et al.* (1994) konnten positive Korrelationen zwischen Vokalisation und Fleischqualität bestätigen.

3.8 Betäubung, CO₂-Konzentration und Verweilzeiten in wirksamer Gasatmosphäre

Neuanlage und Simulation Altanlage

Die Betäubungsanlage vom Typ „Samson“ ist im Vergleich zur alten Kombianlage um 90 ° gedreht, so dass die Tiere auf die Längsseite der Gondel treffen und seitlich in diese einsteigen. Der Eintrittsbereich der Betäubungsanlage in die Gondeln ist hell, blendfrei, gut einsehbar und wird von den Tieren gut überwunden. Der Boden ist rutscharm, wodurch die Tiere sicher gehen und aufstehen können. Durch den homogenen sanften Anstieg und die reizarme Gestaltung wird das Vorwärtsgen positiv beeinflusst. Störende Klappergeräusche sind kaum vorhanden, stattdessen das monotone, relativ leise Zischen der hydraulischen Treibschilder, welches die Tiere kaum erschrecken lässt. Die Betäubungsanlage verfügt über vier Gondeln für je drei Schweine, welche nach dem Paternosterprinzip rotieren. Die Perforierung der Gondelwände erlaubt eine schnelle Diffusion des Betäubungsgases in das Innere. Die Grundfläche einer Gondel beträgt 1,5 m², was einer verfügbaren Fläche pro Schwein von 0,5 m² entspricht. Laut VO (EG) 1/2005 über den Schutz von Tieren beim Transport und damit zusammenhängenden Vorgängen sollte die maximale Ladedichte für zirka 100 kg schwere Mastschweine 235 kg / m² nicht unterschreiten. Das entspricht 352,5 kg LM pro 1,5 m² Gondelfläche. Für ca. 100 kg schwere Tiere wird in einer Gondel ein Gewicht von 200 kg / m² erreicht. Das durchschnittliche Schlachtgewicht der hier untersuchten Tiere lag im Median bei 95,7 kg. Bei einer angegebenen Ausschlachtrate von ca. 81 bis 83 % betrug die Lebendmasse der Tiere durchschnittlich 116,7 kg. Für drei

Schweine á 116,7 kg pro Gondel entspricht das 350,1 kg LM pro 1,5 m² Gondelfläche. Im Durchschnitt wird die maximale Ladekapazität also nicht überschritten. Bei Schweinen von mehr als 116 kg LM sind die Gondeln trotzdem zu schmal gestaltet. Für 125 kg LM beträgt die vorhandene Körpermasse pro m² Gondel 250 kg, was die Mindestanforderungen der VO (EG) 1/2005 nicht erfüllt. In der TierSchlV existieren keine genauen Platzanforderungen, lediglich die Formulierung „die Zahl der Tiere muss dem Platzangebot angemessen sein. Die Schweine müssen ohne Einengung des Brustkorbes aufrecht und auf festem Boden stehen können, bis sie das Bewusstsein verlieren.“ Diese Forderung ist nach unseren Beobachtungen weitestgehend erfüllt. Das Eintreten in die Gondeln ging zumeist ruhig und geordnet von statten. Teilweise trat dennoch eine vermehrte Vokalisation der Tiere auf. Es liegt die Vermutung nahe, dass besonders schwerere Tiere Schwierigkeiten beim Einordnen in die Gondeln gehabt haben. Der Druck von hinten, vom letzten Treibschild, dürfte in diesen Fällen Stress und Abwehrverhalten induzieren. Als dieses letzte Treibschild noch nicht unten abgeschrägt war, kam es vermehrt zu Verletzungen der Tiere (Schwanzamputationen) oder auch zu erfolglosen Mehrfachversuchen des Treibschildes, wenn ein Tier nicht vollständig in die Gondel hinein verbracht wurde. Durch die Trägerpfosten der Altanlage war die maximale Grundfläche der Betäubungsanlage und damit auch die der Gondeln vorbestimmt. Durch die nachträgliche Abschrägung des Treibschildes ging die Zahl dieser Vorfälle auf Null zurück, was die Notwendigkeit dieser Abschrägung unterstützt. Größere Tiere sollten bereits vom Zutriebspersonal bei der Herauslösung aus der Gruppe mit etwas leichteren Tieren in Dreiergruppen zum Zutrieb befördert werden. Im Zweifelsfall ist es ratsam eher zwei statt drei Tiere in eine Gondel zu verbringen. Berücksichtigt werden muss, dass auch ein zu großes Platzangebot in einer Gondel zu Problemen führen kann. Durch die während der Einleitungsphase der CO₂-Betäubung auftretenden Exzitationen steigt bei höherer Bewegungsfreiheit die Verletzungsgefahr der Tiere. Das Risiko für erhebliche Schlachtkörperschäden (Frakturen der Schulter, Wirbelsäule etc.; Hämatome), verbunden mit ökonomischen Einbußen, würde ansteigen. Ein zu geringes Platzangebot könnte auch die Ursache der teilweise unbefriedigenden Betäubungserfolge sein (siehe Abschnitt 3.10). Einschränkungen der In- und Expiration der Atemluft verhindern die erfolgreiche Aufnahme des CO₂ in den Organismus und damit eine ausreichende Betäubungstiefe über den Zeitpunkt der Entblutung hinaus.

Die Aufzeichnungen der CO₂-Konzentration an den Untersuchungstagen konnte nur graphisch übermittelt werden. Abb. 17 zeigt exemplarisch den CO₂-Konzentrationsverlauf am UT A9 von 7 bis 16 Uhr. Die rote Kurve stellt die CO₂-Konzentration am 1. Halt, der gelbe Strich die Mindestkonzentration von 80 % CO₂ dar. Wie zu erkennen ist, nimmt der Zeitraum vom Anfluten bis zum Erreichen der notwendigen Konzentration sowie für das Abfallen der Konzentration zum Schlachtende einen nur sehr kurzen Zeitraum ein. Über den gesamten

Schlachttag liegt die CO_2 -Konzentration am 1. Halt der Gondel deutlich über 85 %. Alle anderen Untersuchungstage weisen einen ähnlichen Kurvenverlauf auf.

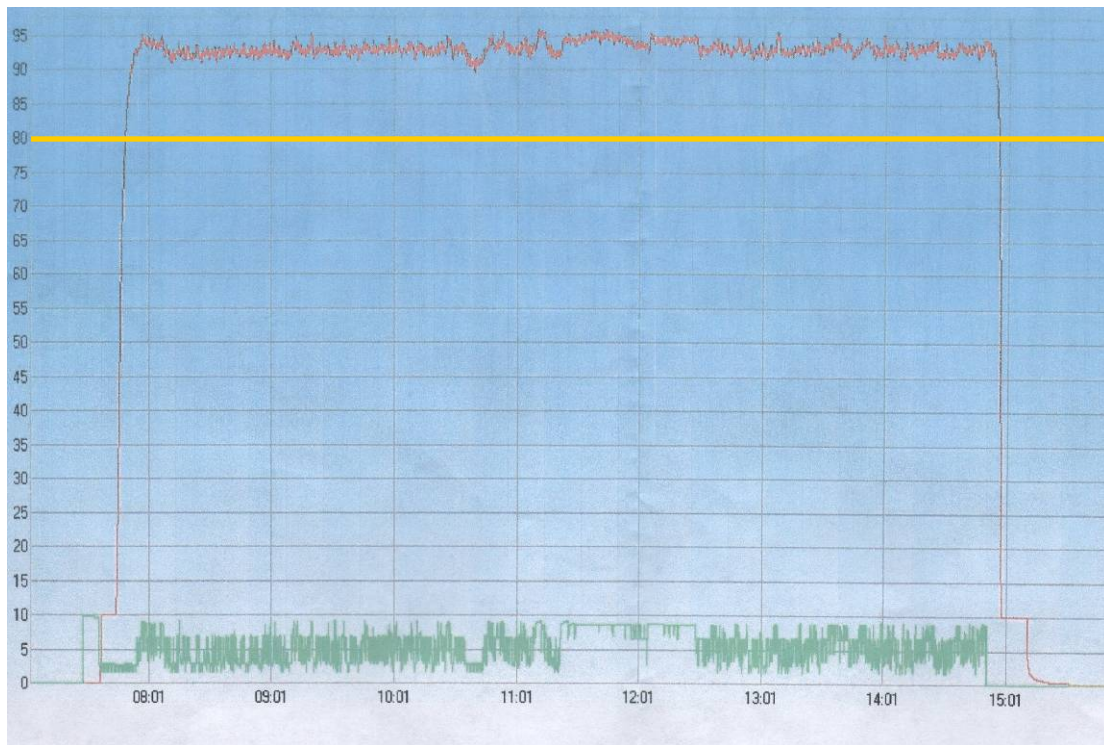


Abb. 17: CO_2 -Konzentrationsverlauf am 1. Halt am UT A9*
 x-Achse: Uhrzeit, y-Achse CO_2 -Konzentration [%]
 rot: CO_2 -Konzentration
 gelb: Mindestkonzentration von 80 % CO_2

*zur Verfügung gestellt durch Lohnschlächtere Riedl

Eine unabhängige Messung der CO_2 -Konzentration durch die Firma Yara ergab eine Übereinstimmung mit den Messwerten des Schlachthofes. Die Überprüfung und Kalibrierung der Sensoren geschieht viermal im Jahr durch eine Fremdfirma. Ein Messprotokoll dieser Firma vom Dezember 2007 gibt folgende CO_2 -Konzentrationen in der insgesamt zirka 3,75 m tiefen Betäubungsgrube an (Tab. 10):

Tab. 10: CO_2 -Konzentrationen auf verschiedenen Messhöhen in der Betäubungsgrube;
 0,0 m = Einstiegsniveau

Tiefe der Messung in der Betäubungsgrube	CO_2 -Konzentration
[m]	[%]
0,0	40 bis 60
0,2	85
0,5	90
1,0	93
2,0	95

Zu erkennen ist, dass eine ausreichende Wirkkonzentration an CO₂ schon in 20 cm Grubentiefe erreicht ist. 40 bis 60 % CO₂ auf Einstiegsniveau könnten auch die Ursache für Unruhe beim Eintritt in die Gondeln sein. Die Aversität von CO₂ wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Bei eigenen stichprobenartigen Beobachtungen des Betäubungsgrubeninneren wurde einige Male ein Aufrichten der Tiere bzw. ein Hochhalten der Schnauze beobachtet. Eine Differenzierung der Phasen vorhandenes Bewusstsein und Übergang ins Exzitationsstadium (Ausfall der Assoziationszentren, Bewusstseinsverlust) war dabei nicht möglich.

Die Verweilzeit der Gondeln in einer wirksamen Konzentration von mindestens 80 % CO₂, sowie die CO₂-Konzentration der Sensoren am 1. und letzten Halt der Gondeln wurde durch Techniker der Firma MPS überprüft und das Messprotokoll vorgelegt. Tab. 11 zeigt eine Zusammenfassung der Messergebnisse. Danach unterlagen die Schweine in der Betäubungsanlage zirka 103 s einer CO₂-Konzentration von 93 %. Die Verweilzeit in wirksamer CO₂-Konzentration darf 100 s nicht unterschreiten [TierSchIV §13 (6), Anlage 3, Teil II, 4.3]. Aufgrund eines Softwarefehlers wurden Verweilzeiten und CO₂-Konzentrationen zeitweilig falsch berechnet. Vor einer Softwareumstellung zu Beginn und nach der Korrektur dieser Einstellungen zum Ende der Untersuchungen waren die ausgegebenen Messwerte korrekt. Die Geschwindigkeit der Betäubungsanlage war davon unbeeinflusst und wurde zu keinem Zeitpunkt verändert.

Tab. 11: Verweilzeit der Gondeln in einer wirksamen Konzentration von min. 80 % CO₂
CO₂-Konzentration der Sensoren am 1. und letzten Halt der Gondeln

	Verweilzeiten [s]	CO ₂ -Konzentration [%]
n	57	59
Min	102,6	91,5
Max	177,2	95,3
$\bar{X}$	113,4	93,0
$\tilde{X}$	103,4	92,8
sd	17,8	0,9

Eine direkte Überprüfung der Verweilzeiten war nicht möglich, da das Innere der Betäubungsanlage während des Schlachtverlaufs nicht einsehbar ist. Die Zeit vom Eintreten bis zum Erreichen des 1. Haltes lag bei 18 bis 20 s. Vom Türschluss bis zum Erreichen des ersten Haltes vergingen 15 s. Laut TierSchIV muss eine Gondel den 1. Halt spätestens nach 30 s erreichen. In 20 cm Tiefe unterhalb des Einstiegsniveaus herrscht eine CO₂-Konzentration von ~ 85 %. Laut EFSA (2004) sollten die Tiere in Paternosteranlagen eine CO₂-Konzentration von mindestens 80 % innerhalb von 10 s erreichen, diese Vorgabe wird durch die hier gegebene Anlage eingehalten.

3.9 Entbluteintervall / „Stun-to-Stick-Intervall“

Das Stechen der Tiere nach der reversiblen CO₂-Betäubung mittels Durchtrennung der großen herznahen Gefäße durch Bruststich dient dem rapiden Blutverlust und damit Blutdruckabfall, was zu einer Unterversorgung des Gehirns mit Blut und schließlich zum Tod des Tieres führt [EFSA (2004)]. Die Zeit zwischen dem Auswurf aus der Betäubungsanlage und dem Zeitpunkt des Stechens (Hängendentblutung) wurde für das erste, zweite und dritte angeschlungene Tier mit einer Stoppuhr stichprobenartig gemessen. Zum Stechen des dritten Schweins ging der Stecher einmal um das Karussell herum, um die Messer der vorherigen Tiere wieder in das Karussell zu stecken, um ein frisches Messer vom Karussell zu erhalten. Deshalb wies das 3. angeschlungene Schwein eine verzögerte Entblutung im Vergleich zu den ersten beiden Tieren auf. Tab. 12 zeigt die Ergebnisse der Messungen.

Tab. 12: Entblutezeiten für das erste, zweite und dritte angeschlungene Tier einer Gondel [s]

	1. Schwein	2. Schwein	3. Schwein
Gondelanzahl	102	101	99
Min	14	19	27
Max	33	45	67
Mittelwert	18	26	39
Median	17	26	38
sd	4	5	6

Das „Stun-to-Stick“-Intervall betrug für das erste angeschlungene Schwein einer Gondel ca. 17 s, für das zweite Schwein 26 s und das letzte Schwein 38 s. Eine Genehmigung nach § 14 (1) TierSchIV lag vor.

Aus Sicht des Tierschutzes muss der Entblutung, insbesondere bei reversiblen Betäubungsverfahren wie der CO₂-Betäubung, ein besonderes Augenmerk gelten [TROEGER (2008)]. Laut TierSchIV §13 Absatz 2 in Verbindung mit Anlage 2 ist die Höchstdauer für die Entblutung nach der CO₂-Betäubung auf max. 20 s nach dem Auswurf und max. 30 s nach dem letzten Halt der Gondel vor dem Auswurf festgelegt. Konstruktionsbedingt ist diese Zeit in Betäubungsanlagen mit Gruppenbetäubung kaum einzuhalten. Aufgrund dessen besteht für den Schlachthofbetreiber die Möglichkeit, eine Ausnahmegenehmigung nach § 14 (1) TierSchIV zur Verlängerung der zulässigen Entblutezeiten zu beantragen. Der Betreiber muss dazu nachweisen können, dass alle Anforderungen nach § 13 (1) der TierSchIV erfüllt sind. Dass heißt, eine bis zum Tod anhaltende Empfindungs- und Wahrnehmungslosigkeit, bis auf den technisch bedingten unvermeidbaren Einzelfall, muss nachgewiesen werden, um Schmerzen und Leiden der Tiere zu vermeiden (Erste Verordnung zur Änderung der

TierSchIV; Beschluss des Bundesrates, BR-DS 487/99 vom 5.11.1999) [MOJE u. SCHURR (2003)].

Für ein Stun-to-Stick-Intervall von 60 bis 70 s, wie es *in praxi* bei der gruppenweisen CO₂-Betäubung vorkommt, wird durch HOLST (2001) eine Verweilzeit von mindestens 142 s vorgeschlagen. Entblutezeiten von bis zu 67 s wurden auch in unseren Untersuchungen gemessen. Dies betrifft insbesondere das letzte angeschlungene Tier einer Gondel und trat teilweise bei Störungsfällen im Zutrieb, der Betäubung oder längeren Bandstopps auf. Eine Entblutezeit von bis zu 80 s für das letzte gestochene Schwein wurde im Backloadersystem (7 bis 8 Tiere) ermittelt, ohne das Abstriche im Tierschutz gemacht werden mussten. [CHRISTENSEN 2003 aus EFSA (2004)]

3.10 Betäubungserfolg

Zur Einschätzung der Qualität der Betäubung wurden an den Untersuchungstagen N2, N3, N4, A5, A6, N7, A8 und A9 an allen Tieren während der Entblutung Reflextests durchgeführt. Überprüft wurden Palpebralreflex, Kornealreflex, und Nasenscheidewandreflex. Außerdem wurde das Auftreten von regelmäßiger Atmung und Spontanbewegungen registriert. Positive Reaktionen wurden in die Kategorien gering- (+), mittel- (++) bis hochgradig (+++) eingestuft und in einem Protokoll vermerkt (siehe Kap. 2.2.1.11). Tab. 13 zeigt die Ergebnisse der Betäubungskontrolle:

Tab. 13: Ergebnisse der Betäubungskontrolle während der Entblutung, Anteil positiv reagierender Tiere [%]

Untersuchungstage	N2	N3	N4	A5	A6	N7	A8	A9
Anzahl untersuchter Gondeln	124	137	169	56	66	53	70	81
Anzahl Schweine	370	394	504	168	198	158	210	243
Anzahl Schweine/ Gondel	~ 3	~ 2,9	~ 3	3	3	~ 3	3	3
Palpebralreflex - positiv (PR)	4,9	3,6	0,0	3,6	2,5	1,9	6,7	3,3
Palpebral - "+"	4,9	3,3	0,0	2,4	1,0	0,0	1,9	0,4
Palpebral - "++"	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,3	4,8	1,2
Palpebral - "+++"	0,0	0,3	0,0	1,2	0,5	0,6	0,0	1,6
Kornealreflex - positiv (KR)	0,8	0,0	1,2	1,2	3,5	1,3	1,0	0,8
Korneal - "+"	0,8	0,0	0,6	0,6	3,0	1,3	1,0	0,4
Korneal - "++"	0,0	0,0	0,6	0,6	0,5	0,0	0,0	0,4
Korneal - "+++"	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PR + KR positiv	5,7	3,6	1,2	4,8	6,1	3,2	7,6	4,1
NSW-Reflex - pos.	3,0	2,5	0,4	1,2	3,5	1,9	0,5	0,0
NSW "+"	1,1	2,0	0,4	1,2	2,5	1,3	0,0	0,0
NSW "++"	1,4	0,5	0,0	0,0	1,0	0,6	0,5	0,0
NSW "+++"	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bewegung - pos.	4,6	7,4	0,6	6,5	13,6	13,9	6,2	11,1
Bewegung "+"	3,3	4,8	0,0	4,2	7,6	4,4	0,0	1,2
Bewegung "++"	0,8	1,5	0,0	1,2	4,0	3,8	2,4	3,7
Bewegung "+++"	0,5	1,0	0,6	1,2	2,0	5,7	3,8	6,2
Atmung - pos.	6,0	12,4	1,4	7,7	10,6	17,1	9,0	8,2
Atmung "+" (= Schnappatmung)	6,0	12,4	0,8	7,7	10,6	17,1	9,0	8,2
Atmung "++"	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Atmung "+++"	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Untersuchungen von HOLST (2001) an Mastschweinen (210 Tiere, 90 % CO₂, 132 s totale Betäubungszeit) zeigten, dass der Kornealreflex der erste wiederkehrende Reflex (im Mittel nach 42 s) nach der Betäubung war, als Zeichen für den Übergang aus tiefster Anästhesie (nahe dem Kollaps und Tod) ins Bewusstsein. Kurz darauf folgte der Palpebralreflex (51 s). Nach durchschnittlich 68 s trat regelmäßige Atmung auf, die vom Autor als erstes Zeichen eines wiederkehrenden Bewusstseins gedeutet wurde. Exzitationen und horizontaler Nystagmus kehrten nachfolgend wieder, traten aber nicht bei allen Tieren auf. Spontanes Augenblinzeln trat nach durchschnittlichen 93 s auf und wurde zusammen mit Nystagmus als kurz bevorstehender Bewusstseinsseintritt interpretiert. Schließlich traten auch willkürliche Bewegungen von Kopf und Gliedmaßen auf, was als vollständig wiedererlangtes Bewusstsein interpretiert wurde. HOLST stellte auch fest, dass das Wiederauftreten der Reflexe, und damit auch die Betäubungstiefe großen Spannbreiten unterliegt.

Aus den Angaben von HOLST lässt sich ableiten, dass die Qualität der Betäubung während der Untersuchungstage insgesamt eher mäßig war. Wie in Tab. 13 ersichtlich, tritt der Kornealreflex (KR) selten allein, sondern meist zusammen mit dem Palpebralreflex (PR) auf. Laut EFSA (2004) ist ein positiver Kornealreflex bei max. 5 % der Tiere akzeptabel, mit der Einschränkung, dass ausschließlich der KR positiv sein darf. Sonst ist er ein erstes Zeichen für das Wiedererlangen des Bewusstseins [HOLST (1997)]. Insgesamt tritt der KR schon an drei Untersuchungstagen vergesellschaftet mit dem PR bei mehr als 5 % der Tiere auf. Ein einziges Mal wurde während der Untersuchungen spontanes Blinzeln beobachtet, was ein Zeichen einer äußerst oberflächlichen Narkose auch im klinisch-veterinärmedizinischen Bereich ist. Ein Aufwachen und Wahrnehmen der Umgebung ist hier nicht unwahrscheinlich. Differentialdiagnostisch könnte es sich auch um Exzitationen des *M. sphincter oculi* handeln. Schnappatmung, teilweise auch länger andauernd, trat an allen Tagen häufiger auf (0,8 bis 17,1 %). Kürzer andauernde Schnappatmung ist laut EFSA (2004) möglich und ein Zeichen agonaler Zwerchfellkontraktionen [ZELLER *et al.* (1987)]. Ein Zeichen einer erfolgreichen Betäubung ist weiterhin eine komplett entspannte Muskulatur [EFSA (2004)]. Exzitationen und gerichtete Bewegungen treten mit 0,6 bis 13,9 % auf, was laut HOLST (2001) ein Zeichen eines wiederkehren bzw. vorhandenen Bewusstseins ist. Eine regelmäßige Atemtätigkeit (Atmung „++“) als Zeichen eines Wiedereinsetzen des Bewusstseins [EFSA (2004)] wurde nur am Untersuchungstag N4 in 0,6 % der Fälle beobachtet. Besonders regelmäßige Atmung und ein positiver Nasenscheidewandreflex (NSW) sollten laut [EFSA (2004)] zu keinem Zeitpunkt nach erfolgreicher Betäubung nachweisbar sein. Ein positiver NSW-Reflex als Reaktion auf einen Schmerzreiz trat an allen Untersuchungstagen (außer A9) bei 0,4 bis 3,5 % der Tiere auf, selten mit heftigen Abwehrreaktionen des ganzen Körpers vergesellschaftet. Zu bemerken ist, dass die Betäubung durch das Medium CO₂ einen analgetischen Einfluss (Analgesiephase) auf den Organismus besitzt.

Schmerzwahrnehmungen können trotz Bewusstsein gedämpft bzw. verschwunden sein, weshalb in diesem Fall auch der NSW-Reflex negativ ist. Das Auftreten eines positiven NSW-Reflexes als eindeutiges Zeichen für eine Schmerzwahrnehmung macht deutlich, dass die Betäubung trotz eingehaltener CO₂-Konzentrationen und Verweilzeiten in wirksamer Gaskonzentration teilweise nicht ausreichend war und verbesserungsbedürftig ist. Eine Beeinflussung der Stresshormone durch eine unzureichende Betäubung ist wahrscheinlich und kann Zutriebseinflüsse vortäuschen bzw. maskieren.

Eine weitere Anhebung der verwendeten CO₂-Konzentration oder eine Verlängerung der Verweilzeit sind zwei Möglichkeiten, die Betäubung der Tiere zu vertiefen. Bei den hier angewendeten Konzentrationen von bereits 85 % in 20 cm Grubentiefe ist eine Anhebung der Konzentration vor allem mit einem weiteren Anstieg des CO₂-Verbrauchs gekoppelt. Die Gondelbewegungen bewirken einen schnellen CO₂-Verlust in die Umwelt. Dies führt zu einer Belastung des Personals im Zutriebsbereich, zu einer gesteigerten Umweltbelastung und zu ökonomischen Einbußen. Schon jetzt liegt der CO₂-Verbrauch der Anlage bei zirka 680 g pro Schwein. Im Jahr 2007 wurden zirka 76 t CO₂ durch diesen Schlachtbetrieb für die CO₂-Betäubung verbraucht. Der CO₂-Verbrauch der Altanlage lag im Vergleich bei 350 bis 400 g pro Schwein. Deshalb ist eine weitere Anhebung der CO₂-Konzentration kaum möglich. Eine Vertiefung der Betäubungsgrube stellt dazu eine Alternative dar. Eine Verlängerung der Verweilzeiten in wirksamer CO₂-Konzentration (> 80 %) wäre damit realisierbar.

Ein zu geringes Platzangebot und Übereinanderliegen der Tiere in den Gondeln könnte auch die Ursache der teilweise unbefriedigenden Betäubungserfolge sein. Einschränkungen der In- und Expiration der Atemluft verhindern die erfolgreiche Aufnahme des CO₂ in den Organismus und damit eine ausreichende Betäubungstiefe über den Zeitpunkt der Entblutung hinaus [CHRISTENSEN u. BARTON GADE (1997), REMIEN (2001)].

Dies könnte auch erklären, warum teilweise auch die als erste angeschlungenen und am schnellsten entbluteten Tiere Zeichen des Erwachens aus der Betäubung zeigten. Auch der Sachverhalt, dass trotz eingehaltener CO₂-Konzentration und Verweilzeiten einige Tiere scheinbar weniger gut betäubt waren, könnte mit einem höheren Ausmästungsgrad korrelieren. Eine weitere Vermutung besteht darin, dass bei ansteigender relativer Luftfeuchte in der Betäubungsgrube CO₂ in Lösung geht und Kohlensäure gebildet wird. Dieses gebundene CO₂ steht als Betäubungsgas nicht mehr zur Verfügung. Dieser Sachverhalt scheint allerdings eher unbedeutend zu sein, da die CO₂-Sensoren CO₂-Konzentrationen von > 90 % anzeigten. Untersuchungen in diese Richtung sollten vertieft werden. Einfluss auf die Betäubungseffektivität hat laut SCHÜTTE (2000) und SCHÜTTE u. BOSTELMANN (2001) auch die Vorbelastung der Tiere. Dabei beeinflussen vor allem eine starke Erregung vor der Betäubung und eine verringerte Aufnahmekapazität von CO₂ der Tiere infolge chronischer Pneumonien die Betäubung negativ. Untersuchungen durch

BUSCHULTE *et al.* (2007) widerlegen die Vermutung, dass die Ausprägung von Pneumonien Ursache unbefriedigender Betäubungsergebnisse ist. Die Autoren untersuchten in zwei Schlachtbetrieben an Mastschweinen das Auftreten von Reflexen, Blutgasparameter und das Vorhandensein von Pneumonien. Sie fanden keinen Einfluss des Lungenbefundes auf die gemessenen Blutgasparameter und Reflexe.

Tiere, die nach dem Auswurf durch Anzeichen einer ungenügenden Betäubung auffielen, wurden mittels Elektrobetäubung korrekturbetäubt. Zu beachten ist laut EFSA (2004), dass möglicherweise eine während der CO₂-Betäubung auftretende massive GABA-Ausschüttung das Potenzial besitzt, einen dauerhaften epileptischen Anfall zu verhindern. Eine Korrekturbetäubung mittels Elektrobetäubung wird daher unter Umständen als ungeeignet eingestuft. Mechanische Methoden wie der Bolzenschussapparat seien demgegenüber geeigneter. Experimentelle Untersuchungen dazu stehen noch aus.

3.11 Stichbluttemperatur

Für die Messung der Stichbluttemperatur wurde den Tieren zum Zeitpunkt der Hängendentblutung Blut aus dem ersten Blutstrahl entnommen. Die Messung der Stichbluttemperatur erfolgte an den Untersuchungstagen N1 bis A9. Insgesamt wurden 957 Schweine, davon 256 für die Altanlagensimulation und 701 für die Neuanlage, beprobt. Abb. 18 zeigt die Stichbluttemperaturen der Untersuchungstage im Vergleich:

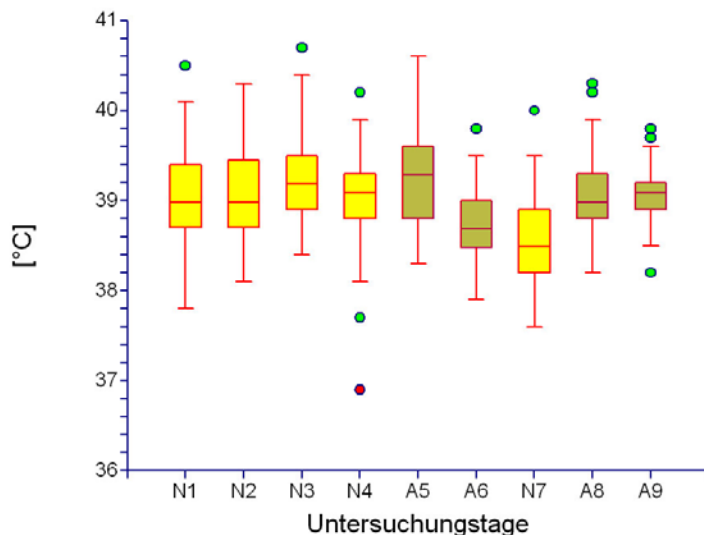


Abb. 18: Vergleich der Stichbluttemperaturen [°C] aller Untersuchungstage

Die Stichbluttemperatur entspricht der momentanen Körperinnentemperatur (KIT) des Schweins. Die physiologische KIT eines Schlachtschweins in Ruhe liegt bei zirka 38,8 °C (+/- 0,3 °C) [PLONAIT u. BICKHARDT (1988)]. Psychische und physische Stresssituationen führen aufgrund eines wenig suffizienten Herz-Kreislaufsystems in Kombination mit einer gut isolierenden dicken subkutanen Fettschicht und der fast vollständigen Unfähigkeit, Wärme

durch Schwitzen abzugeben [MOJE (2007)], schnell zu einer Erhöhung der KIT [WARRIS *et al.* (2006), TROEGER (2007)]. Abb. 19 zeigt den Gruppenvergleich zwischen Altanlage und Neuanlage.

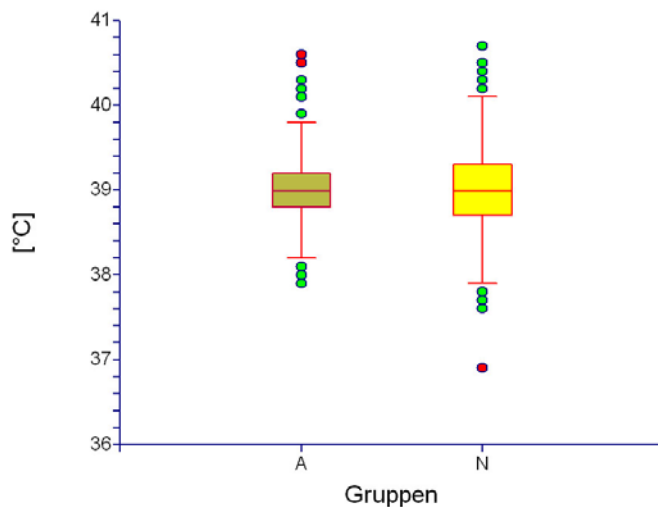


Abb. 19: Gruppenvergleich Stichbluttemperatur [°C] Altanlage und Neuanlage

Die Stichbluttemperatur zwischen Alt- und Neuanlage ist nicht signifikant verschieden ($P = 0,6$). Der Median beider Gruppen beträgt $39,0\text{ °C}$. Die Spannweite aller Messwerte reicht von $36,9\text{ °C}$ bis $40,9\text{ °C}$ ($sd_N: 0,5$, $sd_A: 0,4$). Ein Zusammenhang zwischen Stichbluttemperatur und Zutriebsvariante konnte nicht gezeigt werden. Eine stressbedingte Erhöhung der KIT ist wahrscheinlich. Eine Erhöhung der KIT findet auch im Rahmen der Betäubung statt, insbesondere starke Exzitationen verursachen durch eine erhöhte Muskelaktivität eine höhere KIT. Diese Effekte können einen Zutriebseinfluss überlagern. Die Temperaturabweichungen nach unten (bis $36,9\text{ °C}$) werden durch Fehler in der Messung, aufgrund einer hohen Schlachtgeschwindigkeit verursacht [WARRIS *et al.* (2006)]. Andere Autoren fanden ähnliche hohe Stichbluttemperaturen. Untersuchungen von MACHOLD *et al.* (2003) ergaben bei der CO_2 -Betäubung Stichbluttemperaturen von im Median $39,1\text{ °C}$ (Streubreite: $38,2$ bis $42,4\text{ °C}$). TROEGER *et al.* (2004) fanden bei der CO_2 -Betäubung Stichbluttemperaturen von im Median $39,1\text{ °C}$. Weil die KIT im laufenden Schlachtbetrieb nur schwierig zu messen ist, entwickelten WARRIS *et al.* (2006) die berührungslose Messung der Stichbluttemperatur über Infrarotthermometer (Wärmebildkamera). Diese wurde als Maß für die KIT herangezogen. Die KIT gemessen als Stichbluttemperatur korrelierte mit der Oberflächentemperatur der Ohrinnenseite ($r = 0,71$, $P < 0,001$). HAMBRECHT *et al.* (2004) untersuchten den Zutriebseinfluss zweier Stressgruppen (hoher Stress verursacht durch forciertes Treiben mittels elektrischem Viehtreiber (EVT) und Schreien der Treiber versus weniger Stress durch leisen Zutrieb ohne Anwendung des EVT) und stellten fest, dass hoher prämortaler Stress eine verminderte Fleischqualität verursacht, die Bluttemperatur dagegen bei vermehrtem Stress nicht immer erhöht war.

Die Zeitüberbrückung zwischen zwei Probetieren in einem mit warmem Wasser gefüllten Eimer erwies sich in den Vorversuchen als ungeeignet, da die gemessene Stichbluttemperatur mit der Wassertemperatur schwankte. Eine Vorrichtung zum Halten einer gleichmäßigen Temperatur um 38 bis 40 °C wäre eine sinnvolle Alternative. Während der Vorversuche wurde die Temperaturmessung auch mit dem Widerstandsthermometer Testo 110 (Testo GmbH & Co, Lenzkirch, Deutschland) und dem Infrarotthermometer Infratherm IN 15 (Impac Infrared GmbH, Frankfurt a. M., Deutschland) verglichen. Das Thermometer Testo 110, welches einen dickeren Sensor als Therm 2280-1 aufwies, erwies sich in den Messungen als geringfügig träger, wobei der Unterschied zwischen Testo 110 und Therm 2280-1 nicht statistisch signifikant war. Das Thermometer Infratherm IN 15 erwies sich für die Messung der Stichbluttemperatur als ungeeignet. Da es die Oberflächentemperatur misst, scheitert es sehr häufig an den Eigenschaften des Mediums Blut durch die schnelle Schaumbildung an der Blutoberfläche aufgrund des hohen Proteinanteils im Plasma. Ein weiteres Problem der Infrarotmesstechnik stellten spiegelnde Oberflächen dar. Der große Vorteil des schnellen Messvorgangs konnte deshalb nicht genutzt werden.

3.12 Blutprobenentnahme für Katecholaminanalyse

Zum Zeitpunkt der Entblutung wurde neben der Entnahme von Blut zur Stichbluttemperaturmessung ein zweiter Einmalbecher aus Plastik mit Blut aus dem ersten Blutstrahl entnommen.

Eine Blutentnahme zur Katecholaminbestimmung mittels Venenkatheter im Zutrieb vor der Betäubung wurde nicht durchgeführt, da das aus Gründen des Arbeitsschutzes unmöglich war. Insbesondere im automatischen Zutrieb ist der Zugang nicht zu empfehlen, da sonst die ernsthafte Gefahr der Verbringung in die Betäubungsanlage besteht. Ein Anhalten des Zutriebsmechanismus hätte indessen die Betäubung vorhergehender Schweine sowie den Schlachtablauf enorm gestört. Da so Tiere des Neuzutriebs nicht beprobt werden konnten, war dieser Zeitpunkt der Blutentnahme auch im Simulationsversuch Altanlage nicht mehr indiziert. Zur Entnahme von Blutproben mittels Kanüle z. B. aus dem Ohr [TROEGER u. WOLTERSDORF (1988)] oder der *V. cava cranialis* ist eine sichere Fixierung des Schweins nötig. Am gebräuchlichsten ist hierfür die Oberkieferschlinge. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass der durch die Fixierung verursachte Schmerz, der ausgeübte Zwang und die Mobilitätseinschränkungen die Stressparameter stark ansteigen lassen. Insbesondere die schnell reagierenden Katecholamine sind dadurch nur noch eingeschränkt zur Analyse der jeweiligen Stresssituation verwendbar [BRENNER *et al.* (1979), ROOZEN *et al.* (1995), NEUBERT *et al.* (1996)]. Bei der Blutentnahme aus dem Ohr treten vor allem Probleme

wie zu geringe Blutmenge, Verstopfung der Kanüle durch Gerinnung in der Kanüle und zu lange Entnahmedauer, was wiederum Stress verursacht, auf [MACHOLD u. ARNETH (2002)] .

3.13 Katecholaminkonzentration

Für die Bestimmung der Katecholamin-(KA)-konzentrationen wurde den Tieren zum Zeitpunkt der Hängendentblutung Blut aus dem ersten Blutstrahl entnommen. Jeweils das zweite angeschlungene Tier jeder Gondel bzw. jedes von uns mit Viehstift und Schlagstempel markierte Tier wurde beprobt, um einen konstanten zeitlichen Abstand zur Betäubung einzuhalten. Noradrenalin und Adrenalin sind sehr labile Wirkstoffe, deren enzymatische Inaktivierung durch Aufnahme in die sympathischen Nervenendigungen, die chromaffinen Zellen des Nebennierenmarks und in andere Zellen (glatte Gefäßmuskulatur, Herzmuskel, Leber) eingeleitet wird. Die biologische Halbwertszeit liegt bei 20 s bis 10 min im Blut [ALTHEN *et al.* (1977), WIESNER u. RIBBECK (2000)]. Die Einhaltung eines präzise definierten Entnahmezeitpunktes nach der Betäubung ist Voraussetzung für einen anschließenden Vergleich der ermittelten KA-Konzentrationen [TROEGER u. WOLTERSDORF (1988), SHAW u. TUME (1992), WARRIS *et al.* (1994)]. SHAW u. TUME (1992) geben Umrechnungsfaktoren zum Vergleich verschiedener Konzentrationsangaben in der Literatur an ($\text{nmol/l} = \text{pg/ml} \times 0,006$; $\text{nmol/l} = \text{ng/ml} \times 6$).

Für die Untersuchung wurden an den UT N1 bis A9 insgesamt 540 Plasmaproben ausgewertet, davon 256 Proben für die Altanlagensimulation und 284 Proben für die Neuanlage. Abb. 20 und 21 zeigen die Noradrenalin und AdrenalinKonzentrationen der Untersuchungstage im Vergleich:

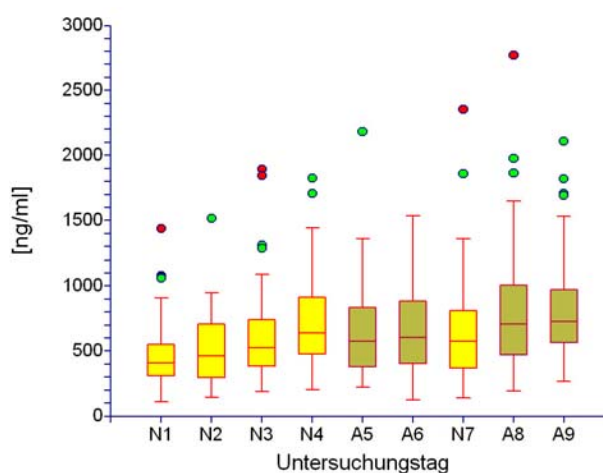


Abb. 20:
Vergleich der NoradrenalinKonzentration
[ng/ml] aller Untersuchungstage

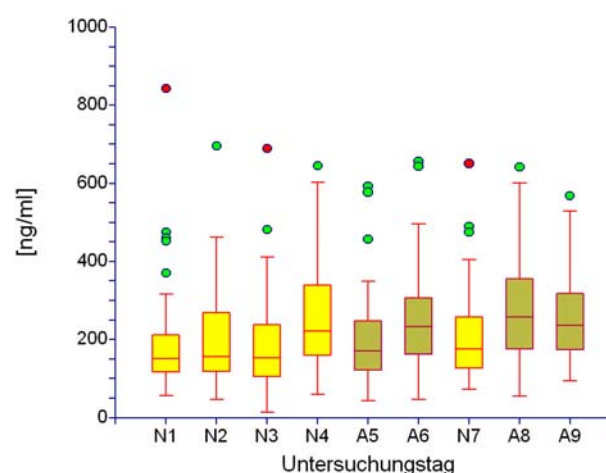


Abb. 21:
Vergleich der AdrenalinKonzentration [ng/ml]
aller Untersuchungstage

Die Analysen der Katecholamine (KA) ergaben ein Verhältnis von Noradrenalin zu Adrenalin von 3:1. Die Konzentrationen beider Hormone zeigten starke Streuungen bei verschiedenen Individuen eines Untersuchungstages. Das ermittelte Verhältnis zwischen Noradrenalin und Adrenalin von 3:1 entspricht auch dem von MACHOLD *et al.* (2003) gefundenen Verhältnis. Auch die großen Streuungen zwischen den Individuen eines Untersuchungstages wurden durch sie beschrieben, weshalb ein Rückschluss auf die Stressbelastung durch Messung bei einzelnen Tieren nicht möglich ist. Abb. 22 und 23 zeigen den Gruppenvergleich der KA-Konzentrationen zwischen Altanlagensimulation und Neuanlage.

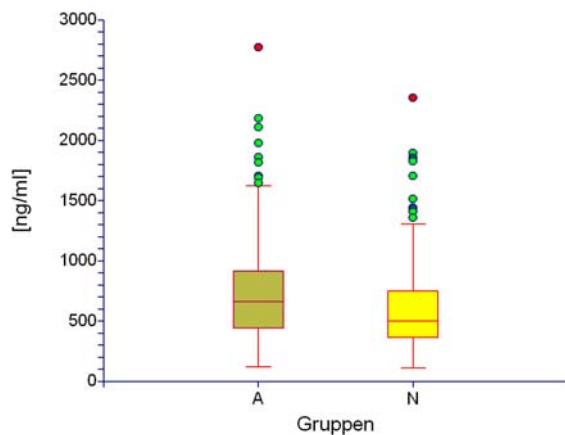


Abb. 22:
Gruppenvergleich NoradrenalinKonzentration
[ng/ml] Altanlage und Neuanlage

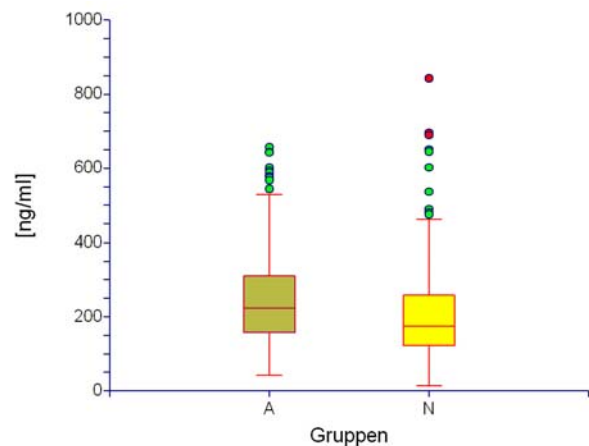


Abb. 23:
Gruppenvergleich AdrenalinKonzentration
[ng/ml] Altanlage und Neuanlage

Die Konzentrationen von Adrenalin und Noradrenalin unterschieden sich höchstsignifikant zwischen Neu- und Altanlage (Noradrenalin: $\bar{x}_N = 511$ ng/ml, $\bar{x}_A = 669$ ng/ml, $sd_N = 342,9$; $sd_A = 391,9$; $n = 540$; $P < 0,001$; Adrenalin: $\bar{x}_N = 177$ ng/ml, $\bar{x}_A = 226$ ng/ml, $sd_N = 124,3$; $sd_A = 130,7$; $n = 540$; $P < 0,001$). Im Vergleich zur simulierten Altanlage schütteten die Tiere bei der Neuanlage weniger KA aus. Eine verminderte Ausschüttung lässt Rückschlüsse auf reduzierten Stress vor der Schlachtung im neugestalteten Zutrieb zu [MACHOLD *et al.* (2003)]. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Neuanlage den Tierschutz im Vergleich zur Altanlage positiv beeinflusst. Aufgrund der reduzierten KA-Ausschüttung werden KA-getriggerte Stoffwechselprozesse weniger stark ablaufen, wodurch auch eine bessere Fleischqualität zu erwarten ist. Eine Stimulierung der anaeroben Glykolyse durch eine KA-Ausschüttung und die Erhöhung der Körperinnentemperatur steigert das Ausbildungsrisiko für PSE-Fleisch [TROEGER (2007)]. Laut einer Untersuchung von TROEGER u. WOLTERSDORF (1988) bestand eine Beziehung zwischen der betäubungsinduzierten KA-Konzentration und der Fleischbeschaffenheit. Zwischen pH₄₅-Wert und der KA-Konzentration herrschte eine

negative Korrelation. Schlachtkörper mit einer guten Fleischbeschaffenheit wiesen keine hohen KA-Konzentrationen auf.

Dem gegenüber ist nach Auffassung mehrerer Autoren der Nachweis von prämortalem Stress anhand von KA aus dem Stichblut schwierig, aufgrund einer starken Beeinflussung der KA-Konzentrationen durch die Betäubung an sich [TROEGER u. WOLTERSDORF (1988), SHAW u. TUME (1992), HAMBRECHT *et al.* (2004)]. Die Autoren SHAW u. TUME (1992) vermuten, dass der starke Anstieg der KA-Konzentration gemessen aus dem Stichblut eher durch die Betäubung als durch den Stress vor der Schlachtung verursacht wird. Besonders bei der CO₂-Betäubung kommt es zu einem vergleichsweise extremen Anstieg der Konzentration im Vergleich zu den Konzentrationen vor der Betäubung. MARAHRENS *et al.* (1997) fanden bei der Elektrobetäubung eine 500-mal höhere Adrenalinkonzentration im Stichblut als im Stall. VAN DER WAL (1972) fand eine im Vergleich von vor und nach der Elektrobetäubung 5 bis 8-mal höhere KA-Konzentration im Blut und ging von einer plötzlichen Entleerung der KA-Speicher im Nebennierenmark und peripheren Nervenendigungen ins Blut aus.

Die Bestimmung der KA-Konzentrationen erfolgt z. Zt., wie in unseren Untersuchungen, zumeist über HPLC und anschließender elektrochemischer Detektion [VON WEICKER *et al.* (1984), TROEGER u. WOLTERSDORF (1988), FERNANDEZ *et al.* (1994), MACHOLD u. ARNETH (2002)]. Neue Entwicklungen erlauben die wahrscheinlich deutlich einfachere und schnellere aber ebenso effiziente Analyse mittels ELISA [WESTERMANN *et al.* (2002)]. Kommerzielle ELISA- bzw. EIA- Testkits sind auf dem Markt erhältlich (z. B. CatCombi ELISA Kit, GenWay Biotech, Inc.; ARP American Research Products, Inc.; Rocky Mountains diagnostics) und wurden z. B. für die Analyse von KA in Lämmerblut bereits angewendet [LINARES *et al.* (2008)].

Schwankungen des Arbeitsstroms, ausgelöst u. a. durch die regelmäßige Systemreinigung, nächtliches Spülen und die mobile Phase, beeinflussten die Messergebnisse der HPLC nicht, da an jedem Messtag eine neue Eichkurve angefertigt wurde und die Messungen nur bei stabiler Grundlinie durchgeführt wurden.

3.14 Markierung der beprobten Schweine nach der Entblutung

Um die Tiere nach der Gewinnung der Blutproben auch zur Erfassung von pH₄₅-Wert und Schinkenkerntemperatur bis zur Kühlung identifizieren zu können, war ein sicheres Kennzeichnungsmerkmal erforderlich. Eine eindeutige und robuste Markierungsform war erforderlich, die außerdem den gegebenen hygienischen Anforderungen entsprach. Insbesondere bei der Altanlagensimulation war dies zwingend nötig, da nur markierte Tiere tatsächlich per Hand in die Betäubungsanlage getrieben wurden.

Mehrere Markierungsformen wurden diskutiert:

a. Einschneiden der rechten Vordergliedmaßen

Aufgrund der Kontaminationsgefahr der Schlachtkörper, insbesondere bei noch intakter Blutzirkulation, war diese Möglichkeit indiskutabel.

b. Schlagstempel auf die rechte Schulter

Die meisten Tiere wiesen schon mehrere Schlagstempelmarkierungen, verteilt über den Körper, auf. Es bestand die Gefahr, dass ein Schlagstempel später nicht mehr zu erkennen ist.

c. Stanzen der rechten Ohren

Das dreifache Stanzen der Ohrenspitzen mit einer speziellen Lochzange (Ausschnitt kreisförmig, Durchmesser 10 mm, H. Hauptner & Richard Herberholz GmbH & Co. KG, Solingen, Deutschland) hinterlässt eine unverwechselbare Markierung. Aufgrund des Auftretens von stark deformierten Ohren („Blumenkohlohren“) oder der Beschädigung der Ohren in der Entborstungsmaschine wurden diese durch das Schlachthofpersonal entfernt. Damit wurde auch die Markierung eliminiert.

d. Kabelbinder mit nummerierten Plastikplättchen an der rechten Vordergliedmaße

Einfarbige Kabelbinder mit nummerierten Kabelbindermarkierungsplättchen (Markierungsplatte für Kabelbinder, E-M-C-Direct GmbH & Co. KG, Dorsten, Deutschland), befestigt an der rechten Vordergliedmaße in Höhe des Karpalgelenkes, erlauben theoretisch eine sichere Zuordnung der einzelnen Tiere. Die Markierungsplättchen verursachten einen vergrößerten Angriffspunkt am Kabelbinder. Durch die extreme Kratzwirkung der Entborstungsmaschine wurden die Kabelbinder vermehrt abgerissen.

e. farbige Kabelbinder plus Stanzen der Ohren

Kabelbinder (L x B: 300 x 4,8 mm in den Farben schwarz, rot, gelb, blau, grün, DÜWI®, Breckerfeld, Deutschland) ohne Markierungsplättchen, befestigt an der rechten Vordergliedmaße in Höhe des Karpalgelenkes, hielten den Belastungen während des Schlachtprozesses wesentlich besser stand. Durch fünf verschiedene Farben konnte erkannt werden, wenn ein Tier seine Markierung verloren hatte. Dadurch war eine gute Zuordnung der frühpostmortalen Parameter zur Blutprobe möglich. Insbesondere die zusätzliche Markierung der Tiere über Ohrstanze (drei Löcher, ø 1 cm, in der Ohrspitze zur Unterscheidung von Löchern durch Ohrmarken) erwies sich als nützlich. So konnten auch Tiere, welche ihren Kabelbinder verloren hatten, identifiziert werden.

Die Schlachtkörper wurden nach der Entborstung auf einem Arbeitstisch vom Schlachtband abgehängt. Manuell wurden Augen, Klauenschuhe, knorpeliger Anteil des äußeren Gehörganges sowie Haarreste entfernt. Wurden hier Tiere vertauscht, so waren sie durch die Farbcodierung der Kabelbinder immer noch zu identifizieren.

3.15 Messung der Schlachtbandgeschwindigkeit

Stichprobenartig wurde an mehreren Tagen die Schlachtbandgeschwindigkeit gemessen (Tab. 14). Dazu verfolgte ein Mitarbeiter mit Stoppuhr ein markiertes Schwein von der Entblutung bis zur pH₄₅-Wert- und Schinkenkerntemperaturmessung. Der Median der UT N1 bis A9 betrug 43 min.

Tab. 14: Zeit von der Entblutung bis zur pH₄₅-Wert- und SKT-Messung

Untersuchungstag	V1	V2	N1	A6	N7	A9	N10
Zeit [min]	30	55	42	43	43	45	55

Aufgrund des rapiden Metabolismus in der Muskulatur um den Zeitpunkt 45 min *p. m.* kommt es zu einer exponentiellen pH-Wertabsenkung. Deshalb wurden die Untersuchungen im Frühjahr 2007 erst begonnen, als ein Zeitraum von 45 min bis zur Klassifizierung eingehalten wurde. Die UT V1, V2 flossen deshalb nicht ein. Am UT N10 kam es durch mehrfache Störungen im Produktionsablauf zu vielen Verzögerungen, weshalb die Messwerte dieses Tages aus der Auswertung ausgeschlossen wurden.

3.16 Schinkenkerntemperatur

Die Schinkenkerntemperatur wurde im Kern des *M. semimembranosus* gemessen. Insgesamt wurden an allen Untersuchungstagen 1406 Daten erfasst, davon 209 zur Simulation Altanlage und 1197 zur Neuanlage.

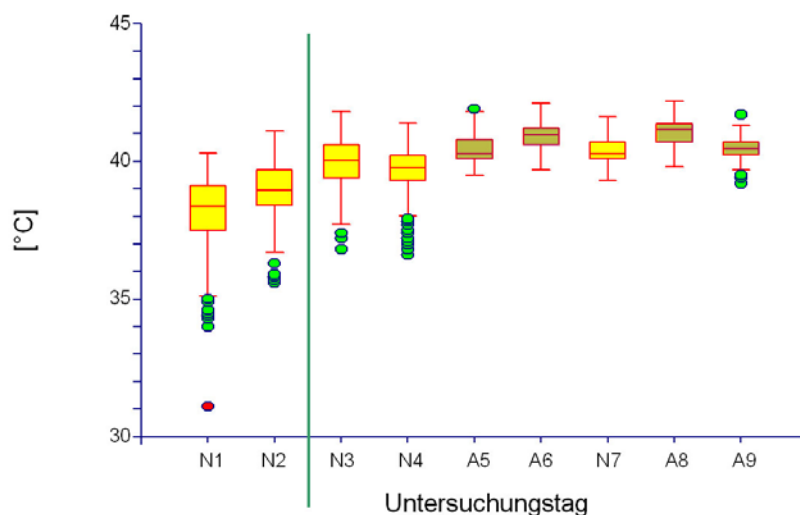


Abb. 24: Vergleich der Schinkenkerntemperatur [°C] aller Untersuchungstage

Die Messung der Schinkenkerntemperatur am Schlachtband benötigt ein hohes Maß an Schnelligkeit, Erfahrung und Übung. Die Messwerte der ersten beiden Untersuchungstage (N1 und N2) wurden deshalb von der Auswertung ausgeschlossen (siehe Abb. 24)

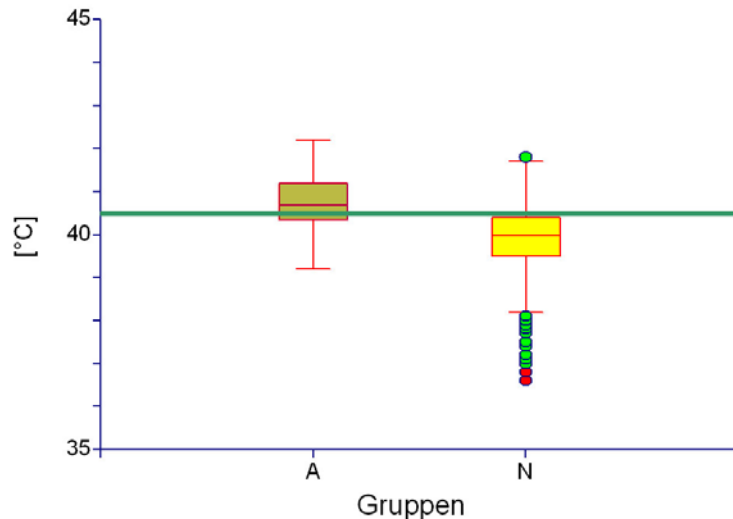


Abb. 25: Gruppenvergleich Schinkenkerntemperatur [°C] Altanlage und Neuanlage

Die Schinkenkerntemperatur erreichte ein Maximum von 42,5 °C, ein Minimum von 36,6 °C und unterschied sich höchstsignifikant zwischen Neu- und Altanlage ($\tilde{x}_N = 40,0$ °C, $\tilde{x}_A = 40,7$ °C, $n_{(N1-N2)} = 883$, $sd_N = 0,8$; $sd_A = 0,6$; $P < 0,001$).

TROEGER *et al.* (2004) fanden durchschnittliche Schinkenkerntemperaturen von 40,0 °C (Median) bei der CO₂-Betäubung. Die maximale Schinkenkerntemperatur bei der CO₂-Betäubung sollte noch unter der der Elektrobetäubung liegen und damit 45 min *p. m.* 40,5 °C nicht überschreiten (TROEGER, 2008, personal communication). Der ermittelte Median sowie die gesamte Box der Neuanlage befindet sich unterhalb dieser Grenze, der Median der Altanlage darüber (Abb. 25). Beim vermehrten anaeroben Glykogenabbau zu Laktat, wie er bei stressempfindlichen Tieren bzw. erhöhtem Stress vor der Schlachtung vorkommt, wird vermehrt Energie durch die Reaktion $ATP \rightarrow ADP + P_i$ freigesetzt. Dabei entsteht unter anderem auch thermische Energie. Deshalb werden in PSE-Muskeln vermehrt Temperaturen um die KIT eines Schweins oder sogar höher gemessen. GARRIDO u. HONIKEL (1995) fanden im Hinterviertel sogar Temperaturen von 42,5 bis 43 °C 45 bis 60 min *p. m.* Diese extrem hohen Temperaturen führen insbesondere in Verbindung mit einer schnellen pH-Wertabsenkung zu einer Schädigung und Denaturierung der Muskelzellen, zur Bildung von PSE-Fleisch. VAN DER WAL *et al.* (1999) fanden nach einer einminütigen Stresssituation direkt vor der Schlachtung unter anderem erhöhte Muskelkerntemperaturen. Die Erhöhung der Körperinnentemperatur zusammen mit weiteren stressinduzierten Faktoren steigert das Ausbildungsrisiko für PSE-Fleisch [TROEGER (2007)],

HAMBRECHT *et al.* (2004) stellten ebenfalls eine hohe Schinkenkerntemperatur bei vermehrtem prämortalem Stress fest und in der Folge eine verminderte Fleischqualität.

3.17 pH₄₅-Wertmessung

Der pH₄₅-Wert wurde im *M. semimembranosus* an rechten Schlachtkörperhälften gemessen. Insgesamt wurden an den Untersuchungstagen N1 bis A9 Daten von 1406 Tieren erfasst, davon 209 zur Simulation Altanlage und 1197 zur Neuanlage (Abb. 26).

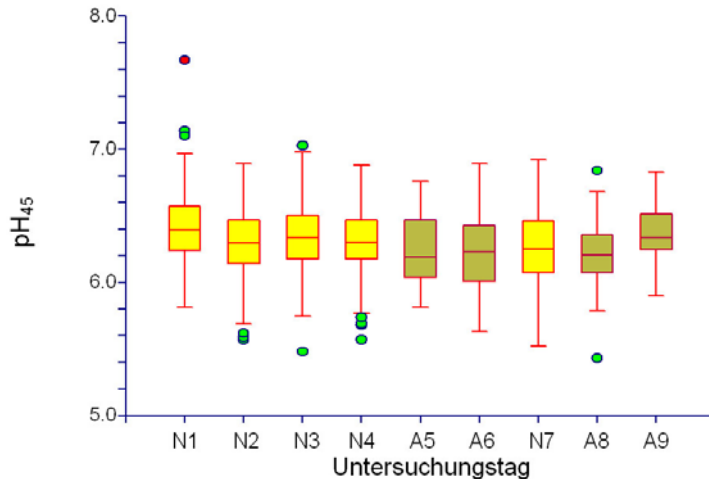


Abb. 26: Vergleich des pH₄₅-Wertes aller Untersuchungstage

Die Messung des pH₄₅-Wertes ergab höchstsignifikante Unterschiede zwischen Neu- und Altanlage ($\bar{x}_N = 6,34$, $\bar{x}_A = 6,26$; $n = 1406$; $sd_N = 0,25$; $sd_A = 0,25$; $P < 0,001$) (Abb. 27).

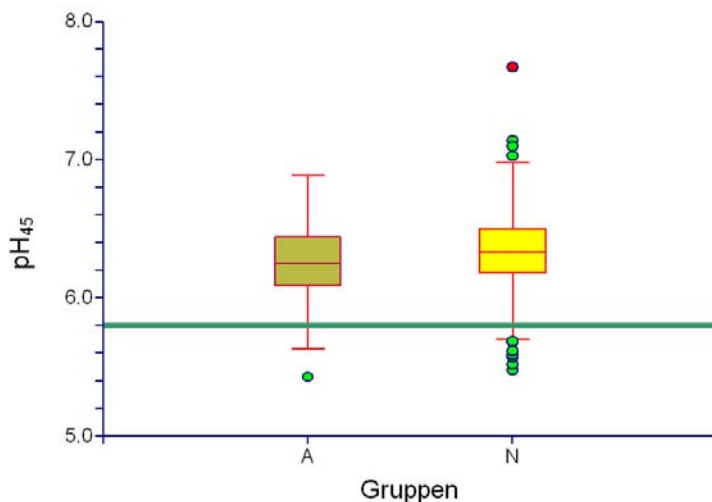


Abb. 27: Gruppenvergleich pH₄₅-Wert Altanlage und Neuanlage
grüne Linie: pH₄₅-Wert = 5,8

Der pH₄₅-Wert wird durch die Neuanlage positiv beeinflusst. Durch ein geringeres Stressaufkommen werden glykogenolytische Vorgänge mit anschließendem raschen anaerobem Metabolismus von Glukose zu Laktat vermieden und eine zu starke Säuerung des Fleisches verhindert. Insgesamt kommt es bei beiden Zutriebsformen eher selten zu einer starken pH-Wertabweichung unterhalb der Grenze zu PSE-Fleisch von 5,8 (Abb. 27). Dennoch ergaben sich nach dem neuen Zutrieb insgesamt höhere pH₄₅-Werte und damit eine bessere Fleischqualität.

VAN DER WAL *et al.* (1999) fanden nach einer einminütigen Stresssituation direkt vor der Schlachtung niedrigere pH₄₅-Werte. Stimulierung der anaeroben Glykolyse durch KA-Ausschüttung und die Erhöhung der Körperinnentemperatur steigert das Ausbildungsrisiko für PSE-Fleisch [TROEGER (2007)].

Laut einer Untersuchung von TROEGER u. WOLTERSDORF (1988) bestand eine Beziehung zwischen der betäubungsinduzierten KA-Konzentration und der Fleischbeschaffenheit. Zwischen pH₄₅-Wert und der KA-Konzentration herrschte eine negative Korrelation. Demnach bewirken hohe Konzentrationen eher eine schlechte Fleischbeschaffenheit. HAMBRECHT *et al.* (2004) stellten fest, dass hoher prämortaler Stress eine verminderte Fleischqualität verursacht. Unter anderem kam es zu einer stärkeren postmortalen pH-Wertabsenkung.

CHANNON *et al.* (2002) zeigten, dass durch ein verbessertes prämortales Handling PSE-Fleisch bei der CO₂-Betäubung weniger häufig auftrat als bei Elektrobetäubung. Die Autoren fanden in ihren Untersuchungen u. a. eine geringere pH-Wertabsenkung.

3.18 Kühlung

Zirka 18 bis 20 h wurden die Schweinehälften bei zirka 2 °C gekühlt. Am Vormittag des Folgetages nach der Schlachtung gelangten die Tiere in die Zerlegung. Die Protokolle der Kühlung wurden ausgewertet. Die Temperatur der Kühlräume betrug im Median 2,5 °C ($\bar{x}$ = 2,4 °C, Min = -0,8 °C, Max = 5,5 °C)

Eine stichprobenartige Überprüfung der Schinkenkerntemperaturen 20 h *p. m.* ergab eine durchschnittliche SKT von 5 °C.

3.19 LF₂₀-Messung

Nach einer Kühlzeit von zirka 18 bis 20 h wurde vor der Zerlegung der Schlachtkörperhälften die Leitfähigkeit [mS/cm] im Zentrum des *M. longissimus dorsi* in Höhe der 13. und 14. Rippe gemessen. Insgesamt wurden an den UT N1 bis A9 456 Messwerte erhoben, davon 214 zur Simulation Altanlage und 242 zur Neuanlage (Abb. 28)

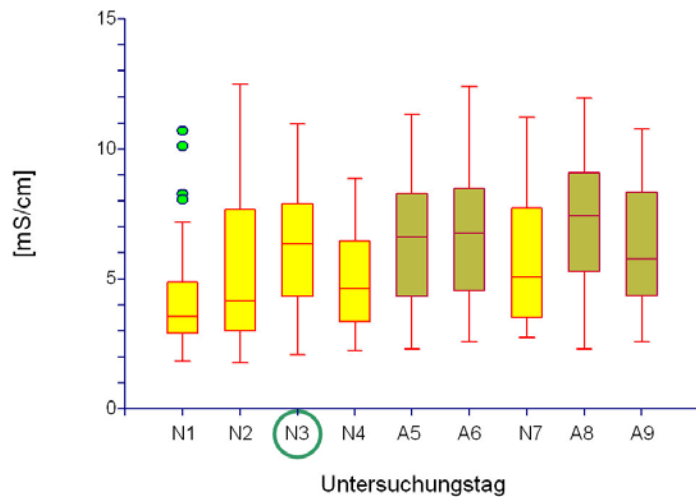


Abb. 28: Vergleich des LF_{20} -Wertes aller Untersuchungstage

Die elektrische Leitfähigkeit unterschied sich höchstsignifikant zwischen Neu- und Altanlage ($\tilde{x}_N = 4,8 \text{ mS/cm}$, $\tilde{x}_A = 6,8 \text{ mS/cm}$, $n = 456$, $sd_N = 2,4$; $sd_A = 2,4$; $P < 0,001$).

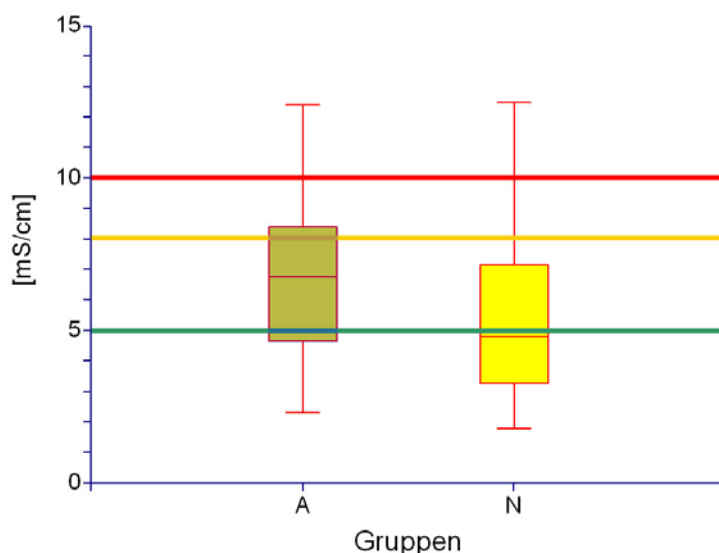


Abb. 29: Gruppenvergleich elektrische Leitfähigkeit [mS/cm] Altanlage und Neuanlage

Die elektrische Leitfähigkeit des Fleisches wurde durch die Neuanlage positiv beeinflusst. Am UT N3 traten ebenfalls höhere Messwerte auf, was mit den deutlich höheren Umgebungstemperaturen an diesem Tag zu erklären sein könnte. Günstige Leitfähigkeitswerte bewegen sich in einem Bereich von weniger als 5 mS/cm. Der Median der Neuanlage liegt unterhalb dieser Marke, wohingegen der Median der Altanlage deutlich darüber liegt. Bei beiden Zutriebsformen traten Leitfähigkeitswerte oberhalb der Grenze von 8 mS/cm zu ungünstiger Fleischqualität (PSE) auf und sogar über 10 mS/cm mit schlechter Fleischqualität (Abb. 29). Bei der Simulation Altanlage überschritten 10,3 % und bei der Neuanlage 4,1 % der Werte die Marke von 10 mS/cm. HAMBRECHT *et al.* (2004) fanden in

ihren Untersuchungen bei hohem prämortalem Stress eine verminderte Fleischqualität, die sich auch in einer erhöhten Leitfähigkeit niederschlug.

3.20 pH₂₀-Wertmessung

Im direkten Anschluss wurde an den UT A5 bis A9 der pH₂₀-Wert im *M. semimembranosus* gemessen. Insgesamt wurden 263 Messwerte erhoben, davon 213 zur Simulation Altanlage (A5, A6, A8 und A9) und 50 zur Neuanlage (N7) (Abb. 30).

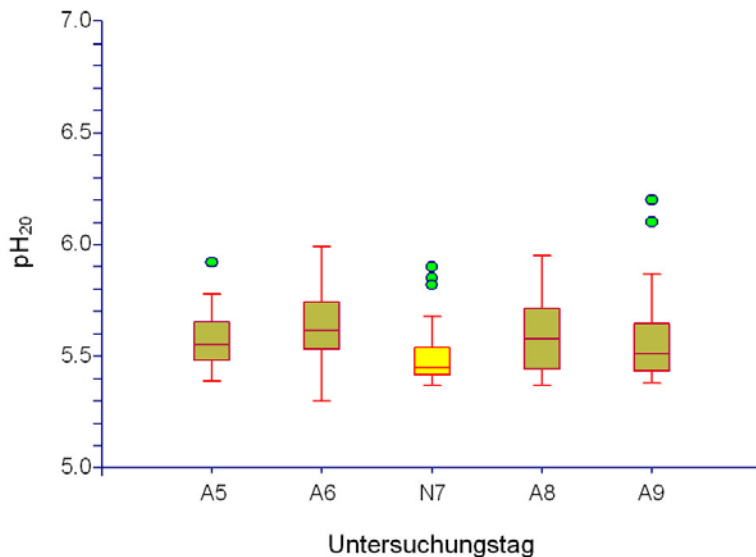


Abb. 30: Vergleich des pH₂₀-Wertes aller Untersuchungstage

Der pH₂₀-Wert unterschied sich höchstsignifikant zwischen beiden Gruppen ($\bar{x}_N = 5,45$, $\bar{x}_A = 5,57$, $n = 263$; $sd_N = 0,12$; $sd_A = 0,15$; $P < 0,001$).

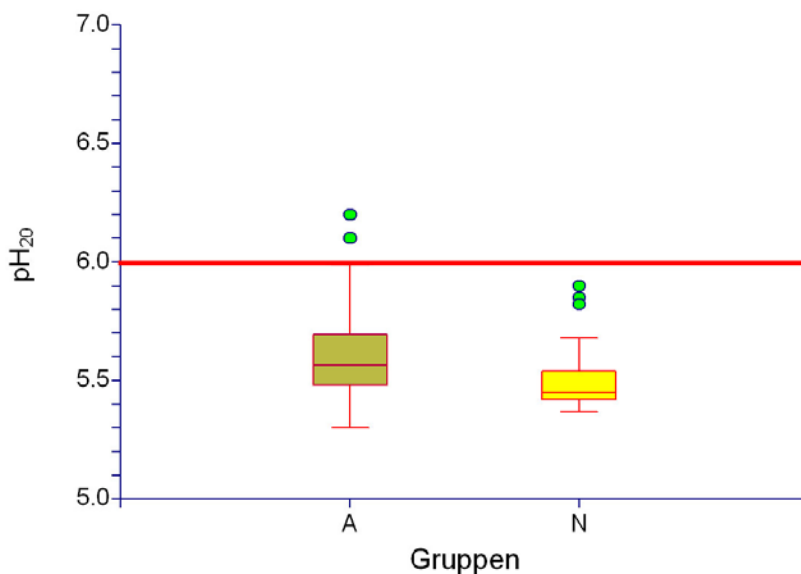


Abb. 31: Gruppenvergleich pH₂₀-Wert Altanlage und Neuanlage

Der empfohlene pH_{20} -Grenzwert von 6,0 wird während der gesamten Untersuchungstage nur von zwei Schweinen der Gruppe Altanlage überschritten (Abb. 31). Demnach waren Qualitätsabweichungen in diese Richtung bei unseren Untersuchungen sehr selten. Insgesamt tendieren Schweine der Gruppe Neuanlage zu einem geringeren pH_{20} -Wert und damit zu einer besseren Fleischqualität. HAMBRECHT *et al.* (2004) stellten fest, dass ein hohes prämortales Stressniveau eine verminderte Fleischqualität verursacht. So waren u. a. erhöhte pH_{ult} -Werte bei vermehrtem Stressaufkommen zu verzeichnen. CHANNON *et al.* (2002) zeigten, dass durch ein verbessertes prämortales Handling PSE-Fleisch bei der CO_2 -Betäubung weniger häufig auftrat als bei Elektrobetäubung. Der pH_{ult} -Wert wurde auch hier nicht beeinflusst. DFD-Fleischqualität tritt vor allem in Verbindung mit chronischem Stress durch Glykogenepletion auf. DFD-Fleisch kann aber auch nach kurzer aber ausreichend extremer/schlimmer Stresseinwirkung entstehen [WARRIS *et al.* (1994)].

3.21 Überprüfung der Gasatmosphäre in den SB-Verpackungen

Die Überprüfung der Schutzatmosphäre in den Leerverpackungen am Tag 5 und in den Probenpackungen am Tag 8 nach der Befüllung ergaben folgende O_2 / CO_2 -Konzentrationen (Tab. 15):

Tab. 15: O_2 und CO_2 -Konzentrationen in der Schutzatmosphäre der SB-Verpackungen [%]

	Leerverpackungen		Probenpackungen	
	O_2	CO_2	O_2	CO_2
n	7	7	54	54
Min	66,7	20,8	22,4	3,2
Max	72,5	22,0	70,6	19,0
$\bar{X}$	70,0	21,3	56,0	13,5
$\tilde{X}$	70,2	21,0	59,8	14,3
sd	1,8	0,4	12,2	3,8

Laut Angaben der Verpackungslinie wird in den SB-Packungen maschinell über die Erzeugung eines Vakuums und das Einfüllen der Schutzgase eine Atmosphäre von 80 % O_2 und 20 % CO_2 erreicht. Die Verteilung der Gasgemische in den Leerverpackungen drei Tage nach Befüllung lässt vermuten, dass die Verpackungen direkt nach der Befüllung eine Restluftmenge (hauptsächlich Stickstoff) enthielten oder dass die Deckfolie eine geringe Diffusion der Gase mit der Außenwelt zulässt. Insbesondere die Kontrolle der mit Fleisch bestückten Probenpackungen zeigt, dass eine Diffusion durch die Deckfolie möglich ist bzw.

auch die Metabolisierung des Sauerstoffs durch das Fleisch (Zellatmung) oder durch Mikroorganismen in Betracht kommt. Eine zusätzliche bakteriologische Untersuchung der Fleischproben hätte diesen Sachverhalt absichern können.

3.22 Ermittlung des Tropfsaftverlustes

Zum Ablauf des MHD 8 d *p. m.* wurde der Tropfsaft der Fleischproben ermittelt. An den Untersuchungstagen N1 bis A9 wurden Daten von 453 SB-Verpackungen erhoben, davon 213 zur Simulation Altanlage und 240 zur Neuanlage. (Abb. 32)

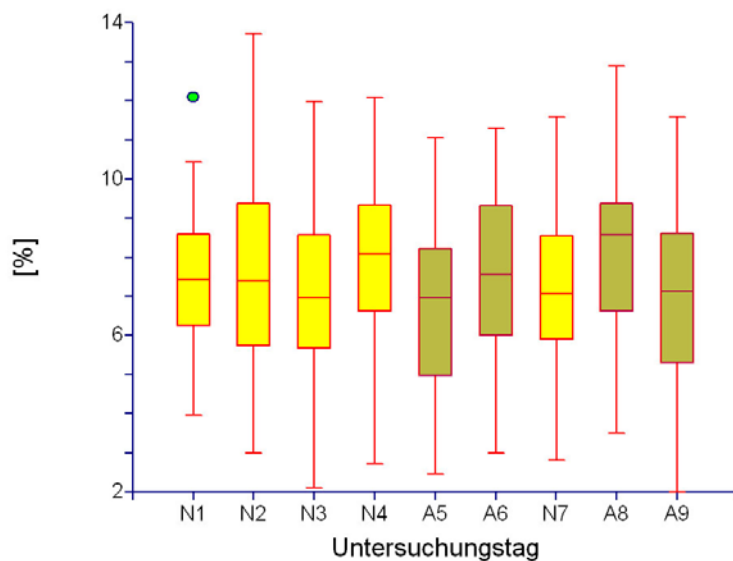


Abb. 32: Vergleich des TSV [%] aller Untersuchungstage

Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen konnte nicht gefunden werden ($\tilde{x}_N = 7,4 \%$, $\tilde{x}_A = 7,5 \%$; $n = 453$; $sd_N = 2,1$; $sd_A = 2,3$; $P = 0,99$) (Abb. 33). Anhand der Mediane kann eine Tendenz zu geringeren Tropfsaftverlusten (TSV) bei den Fleischproben der Neuanlage vermutet werden. Bei der Beurteilung der SB-Verpackungen fielen vergleichsweise mehr Packungen mit einem größeren Anteil an Tropfsaft am Schalenboden bei den UT zur Altanlage auf, wohingegen es bei den UT zur Neuanlage tendenziell weniger SB-Packungen waren.

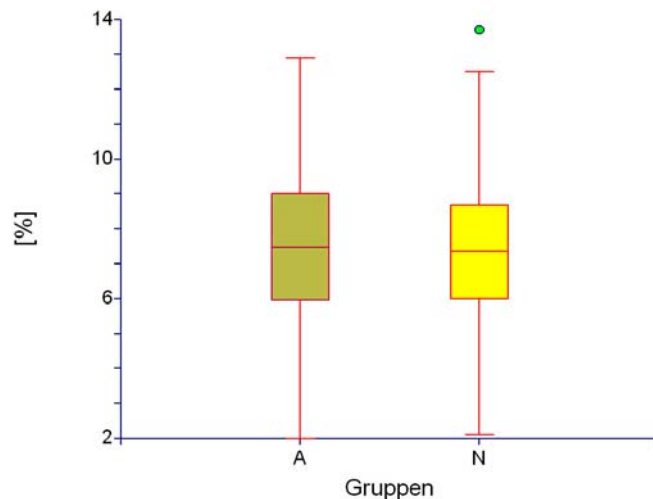


Abb. 33: Gruppenvergleich TSV [%] Altanlage und Neuanlage

Es ist zu vermuten, dass der große zeitliche Abstand von 8 d seit der Schlachtung dazu führte, dass sich mögliche frühpostmortale Unterschiede relativierten. Durch die lange Lagerungszeit kam es zu fortschreitenden „Autolyseerscheinungen“ im Fleisch im Rahmen der Fleischreifung. Zellmembranen wurden porös und Zellplasma trat aus. Plasmaproteine wurden denaturiert und damit die Wasserbindungskapazität gesenkt. Tropfsaftunterschiede, verursacht durch den Zutrieb, treten damit in den Hintergrund. Eine Untersuchung zu einem früheren Zeitpunkt, evtl. eher mittels der Beutelmethode [HONIKEL (2007b)], könnte bei weiteren Untersuchungen unterstützende Argumente liefern. WARRISS u. BROWN (1987) beschrieben den Zusammenhang zwischen pH₄₅-Wert, TSV und Reflectance. Bei einem niedrigen pH₄₅-Wert trat ein höherer TSV auf und das Fleisch war blasser. Die Beziehungen zwischen den Parametern waren biphasisch.

Andere Einflussfaktoren, wie Kühlung, Lagerung und mikrobielle Besiedlung sowie die Untersuchungsmethode können weiterhin zu erhöhtem Austritt von Zellplasma führen.

CHANNON *et al.* (2002) zeigten, dass durch ein verbessertes prämortales Handling PSE-Fleisch bei der CO₂-Betäubung weniger häufig auftrat als bei Elektrobetäubung. So fanden sie u. a. geringere Tropfsaftverluste. CHANNON *et al.* (2000) ermittelten in vergleichenden Untersuchungen zwischen tiergerechtem (geduldig, ohne EVT) und negativem (EVT) Handling PSE-Fleisch vor allen Dingen bei schlecht behandelten Tieren. Dieses Ergebnis war unabhängig von der Betäubungsmethode (Vergleich CO₂: dip lift, 90 % CO₂, 108 s ; Elektrobetäubung). Sie fanden einen geringeren TSV bei der CO₂-Betäubung (Beutelmethode nach HONIKEL (2007b)) und weniger Ekchymosen. HAMBRECHT *et al.* (2004) stellten fest, dass ein hohes prämortales Stressniveau eine verminderte Fleischqualität verursachte, so auch den Tropfsaftverlust steigerte (und auch die Leitfähigkeit). VAN DER WAL *et al.* (1999) fanden nach einer einminütigen Stresssituation direkt vor der Schlachtung auch negative Auswirkungen auf das Wasserhaltungsvermögen. BROWN *et al.* (1998) untersuchten

die Fleischqualität bei stressarmen und –reichen Handling. Es zeichnete sich ein Trend für eine bessere Fleischqualität bei tiergerecht gehandelten Schweinen ab. So war der Tropfsaftverlust geringer.

3.23 L*a*b*-Werte

Zum Ablauf des MHD 8 d *p. m.* erfolgte die Messung der Fleischhelligkeit und Fleischfarbe (L*a*b*-Werte). An den Untersuchungstagen N2 bis A9 wurden an insgesamt 403 SB-Packungen zu je drei Fleischscheiben, davon 213 Proben zur Simulation und 190 Proben zur Neuanlage, Messwerte erhoben. Die Abb. 34 bis 36 zeigen die Verteilung der L*a*b*-Werte an den Untersuchungstagen.

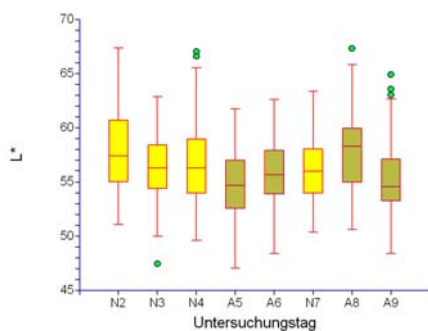


Abb. 34:
Vergleich des L*-Wertes aller Untersuchungstage

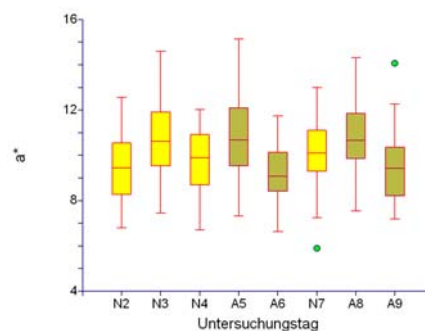


Abb. 35:
Vergleich des a*-Wertes aller Untersuchungstage

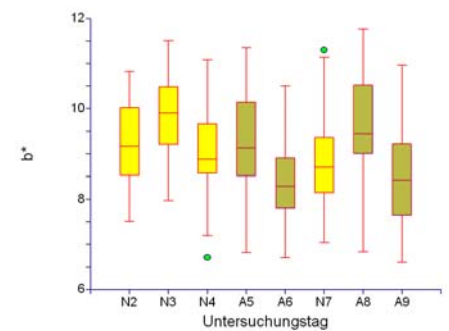


Abb. 36:
Vergleich des b*-Wertes aller Untersuchungstage

Die Abb. 37 bis 39 zeigen die L*a*b*-Werte vergleichend für die Simulation der Altanlage und die Neuanlage. Tab. 16 stellt eine Übersicht der L*a*b*-Werte dar. Hochsignifikante Unterschiede konnten nur beim b*-Wert gefunden werden. Demnach zeigten Fleischproben der Neuanlage einen ggr. stärkeren Gelbton als Fleisch der Simulation Altanlage. Für die Fleischhelligkeit (L*) und den Rot-Ton (a*) konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. HAMBRECHT *et al.* (2004) stellten fest, dass ein hohes prämortales Stressniveau eine verminderte Fleischqualität verursacht, so z. B. den L*-Wert steigert. In unseren Untersuchungen ließen sich keine Farbhelligkeitsunterschiede zeigen. Auch hier wirkte sich der relativ späte Messzeitpunkt (8 d *p. m.*) wahrscheinlich relativierend aus. Laut BLÜCHEL u. HONIKEL (2006) ist die Fleischfarbe nach Erreichen des End-pH-Wertes zu messen. Eine Messung 18 bis 20 h *p. m.* wäre möglicherweise aussagekräftiger gewesen. Für die Fragestellung, ob sich das Fleisch zum Ende des MHD für den Konsumenten noch attraktiv darstellte, war der Zeitpunkt 8 d *p. m.* notwendig. Möglicherweise beeinflusste eine geringe Wasserkondensation an der Fleischoberfläche die Messergebnisse. Die 2 bis 3 cm dicken Fleischscheiben wurden wie empfohlen unter 3 °C ohne grelle Lichteinstrahlung gelagert. Außerdem handelte es sich um quer zur Faserrichtung geschnittenes Fleisch. Zudem ist kritisch zu hinterfragen, ob eine Messung am frischen Fleischanschnitt sinnvoller gewesen wäre. Hierzu hätte das Fleisch noch zirka 30 min bis 1 h nach dem Schneiden dem

Luftsauerstoff ausgesetzt sein müssen [BLÜCHEL u. HONIKEL (2006)]. Zudem wären dazu dickere Fleischscheiben notwendig gewesen. Auch die empfohlene Mehrfachbestimmung für nicht einheitliche Fleischstrukturen (Marmorierung etc.) wurde eingehalten (Zehnfachmessung). Für die Fragestellung, ob das Fleisch für den Verbraucher in der SB-Packung bei den UT zur Neuanlage attraktiver wäre, musste die Fleischoberfläche untersucht werden.

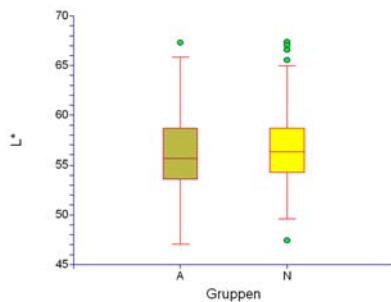


Abb. 37:
Gruppenvergleich L*-Wert
Altanlage und Neuanlage

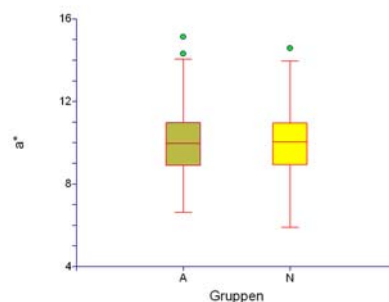


Abb. 38:
Gruppenvergleich a*-Wert
Altanlage und Neuanlage

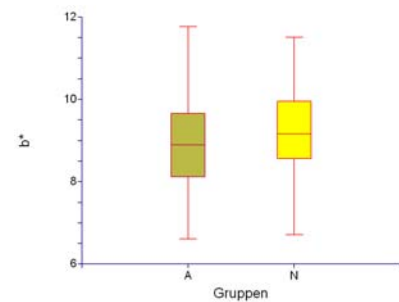


Abb. 39:
Gruppenvergleich b*-Wert
Altanlage und Neuanlage

Tab. 16: Übersicht über die L*a*b*-Werte der Neuanlage und Simulation Altanlage

	$\tilde{X}_N$	$\tilde{X}_A$	n	sd _N	sd _A	P
L*	56,4	55,7	403	3,6	3,5	0,07
a*	10,1	10,0	403	1,6	1,6	0,6
b*	9,2	8,9	403	1,0	1,6	0,002

BLÜCHEL u. HONIKEL (2006) geben für Schweinefleisch L*-Werte von 45 bis 60 an. a*- und b*-Werte gestalten sich laut der Autoren variabel, liegen aber bei den Fleischarten i. d. R. unter 10. Helligkeitsmessungen sind bei Schweinefleisch üblich und geben die sicherste Aussage [HONIKEL (2007a)]. Zum Zeitpunkt 45 min *p. m.* gilt ein L*-Wert von 50 als Grenze zwischen PSE- und Normalfleisch [HONIKEL (2007a)].

TROEGER *et al.* (2004) fanden bei ihren Untersuchungen am frischen Anschnitt des *M. longissimus dorsi* bei der CO₂-Betäubung 24 h *p. m.* ähnliche Größenrelationen. Deren mittlere Fleischhelligkeit (L*-Wert) der Kotelettmuskulatur betrug 53,7 und der mittlere Rot-Ton (a*-Wert) 8,3. Die hier ermittelten a*-Werte zeigen einen höheren Rot-Ton an. Dieser ist wahrscheinlich ein Effekt der Oxygenierung des Myoglobins in der sauerstoffreichen Schutzatmosphäre der SB-Verpackung zu Oxymyoglobin, welches röter erscheint [HONIKEL (2007a)]. Für den Verbraucher ergibt sich so zum Zeitpunkt des MHD ein relativer Frischeeindruck. DFD-Fleisch wäre als Ursache denkbar, scheidet aber aufgrund der Ergebnisse der pH-Wertmessungen aus [HONIKEL (2007a)] und besitzt meist L*-Werte unter 35 [HONIKEL (2007a)]. Durch einen stärkeren Tropfsaftverlust könnten nach Untersuchungen

von AHMED *et al.* (1990) vermehrt Muskelpigmente konzentriert worden sein, wodurch ebenfalls a^* - und b^* -Werte ansteigen würden.

Die Bedeutung des b^* -Wertes bei der Beurteilung von Schweinefleisch ist eher untergeordnet. TROEGER *et al.* (2004) fanden demgegenüber 24 h *p. m.* b^* -Werte mit einem Mittelwert von 1,0. Bei der Beurteilung des Fleisches fiel vereinzelt eine Oberfläche auf, die wie gekocht erschien. Dieses Merkmal wurde bis zu einer Tiefe von 3 mm in das Fleischinnere gefunden. Möglicherweise verursachte eine mikrobielle Besiedlung mit z. B. Laktobazillen oder enzymatische Reaktionen diese Veränderung, welche auch mit einer Vergrauung einherging. Damit könnte auch ein fast zehnfacher b^* -Wert zu erklären sein.

3.24 Sensorik

Im Anschluss an die Messung der Fleischfarbe und Helligkeit erfolgte an je zehn Fleischscheiben je Untersuchungstag eine sensorische Begutachtung nach DLG-5-Punkte-Prüfschema für SB-verpacktes ungewürztes Frischfleisch. Die Überprüfung der Sensorik wurde an sechs Untersuchungstagen bei je zehn Fleischscheiben durchgeführt, davon 40 Proben zur Simulation der Altanlage (A5, A6, A8, A9) und 20 Proben zur Neuanlage (N4, N7). Die Punkte 1. (Äußeres) und 2. (Aussehen, Farbe und Zusammensetzung) des DLG-Bogens wurden in die Beurteilung nicht mit einbezogen. Überprüft wurden die Kriterien 3. (Konsistenz) und 4. (Geruch und Geschmack). Auftretende Abweichungen der Konsistenz waren v. a. „trocken“, „zäh“, „fest“. Abweichungen in Geruch und Geschmack waren v. a. „säuerlich“, „nach Schwein“ und „metallisch“. Geschmackliche Einschränkungen der Fleischqualität waren v. a. bei Fleischproben der Tiere der Simulation Altanlage zu erwarten. Aufgrund eines höheren Stressniveaus kommt es zu einer vermehrten KA-Ausschüttung, die über eine stärkere pH_{45} -Wertabsenkung und erhöhte Schinkenkerntemperatur eine erhöhte Leitfähigkeit verursacht. Diese wird durch die Freisetzung von Zellplasma aus den denaturierten Muskelzellen verursacht. Außerdem sinkt die Wasserbindung der denaturierten Plasmaproteine und vermehrter Tropfsaft tritt aus. Aufgrund dessen entstand beim Grillen auf der einen Seite ein relativ volumenreduziertes trockenes Stück Fleisch und zum anderen sammelte sich vermehrt Fleischsaft in der Alufolienumhüllung.

**Tab. 17: Abweichungen in der Konsistenz „Trocken“
Anteil abweichender Proben [%], je Untersuchungstag n = 10**

erreichte DLG-Punkte von max. 5 Punkten	N4	N7	A5	A6	A8	A9
5	30	50	30	50	70	70
4	70	40	40	10	30	30
3		10	20	30		
2			10	10		
1						

Die Ergebnisse des UT N4 wurden in die Bewertung nicht mit einbezogen, da die Proben aus technischen Gründen zu lange gegrillt wurden und deshalb zu trocken waren. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen A und N konnten nicht gefunden werden. Auch hier stellte sich die Lagerzeit von 8 d als zu lang heraus. Extrem trockenes Fleisch (3 Punktabzüge) wurde jedoch ausschließlich bei der Gruppe Altanlagensimulation gefunden (Tab. 17). Korrelationen zwischen TSV und geschmacklich trockenem Fleisch konnten ebenfalls nicht gefunden werden. Auffällig ist, dass es sehr oft widersinnige Zusammenhänge zwischen der sensorischen Beurteilung und dem ermittelten TSV gab (siehe grau hinterlegte Felder in Tab. 18). So finden sich Proben mit einem TSV > 11 %, die keinen Punktabzug erhielten und Proben mit mehreren Punktabzügen aber ohne erhöhten TSV. Dies deutet darauf hin, dass noch weitere Faktoren außer dem TSV daran beteiligt sind, einen trockenen Fleischcharakter zu verursachen.

Tab. 18: Gegenüberstellung der sensorischen Beurteilung und des ermittelten TSV [%]

	N3		N7		A5		A6		A8		A9	
Probe	Punkt- abzug	TSV [%]	Punkt- abzug	TSV [%]	Punkt- abzug	TSV [%]	Punkt- abzug	TSV [%]	Punkt- abzug	TSV [%]	Punkt- abzug	TSV [%]
1	-1	7,8	-2	3,9	-3	7,4	-3	10,9	-1	10,9	-1	5,0
2	-1	9,5	-1	7,7	-2	5,8	-2	9,1	-1	9,2	-1	10,4
3	-1	5,9	-1	10,0	-2	10,0	-2	9,0	-1	6,5	-1	9,1
4	-1	7,5	-1	7,7	-1	7,4	-2	7,3	0	12,7	0	9,6
5	-1	8,1	-1	6,9	-1	4,8	-1	8,6	0	12,7	0	11,3
6	-1	9,1	0	8,9	-1	7,0	0	7,6	0	8,9	0	9,0
7	-1	5,2	0	4,7	-1	9,8	0	7,8	0	11,6	0	5,7
8	0	6,6	0	7,2	0	4,1	0	6,1	0	8,6	0	9,0
9	0	9,7	0	7,6	0	7,1	0	4,3	0	7,4	0	6,0
10	0	10,1	0	6,6	0	4,4	0	10,9	0	8,6	0	8,7

Auch BROWN *et al.* (1998) untersuchten die Fleischqualität bei stressarmem und -reichem Handling. Es zeichnete sich ein Trend für eine bessere Fleischqualität bei tiergerecht gehandelten Schweinen ab: u. a. war der TSV geringer. Minimaler Stress bewirkt eine bessere Fleischqualität und Sensorik. Allerdings waren auch hier die Unterschiede teilweise nicht signifikant. Die Autoren führten das auf die Simulation der kommerziellen Verhältnisse zurück. Das simulierte Stressniveau erreichte reelle Schlachthofbedingungen nicht. Andererseits war es schwierig, stressfreies Handling zu erreichen. Zusätzlich wurden sehr stresstolerante Rassen verwendet. Zudem waren die männlichen Tiere magerer und wiesen

häufiger einen abnormalen Fettgeruch auf. Das Fleisch wirkte öfter dunkler und gekocht. Der Geschmack war schlechter, zäher und die Akzeptanz war geringer.

Die Ursachen der weiteren Geschmacksabweichungen sind außerhalb der Zutriebs- bzw. Stressproblematik zu finden. Ein abnormaler schweineartiger, z. T. urinartiger Geruch des Fleisches ist auf die Einlagerung verschiedener lipophiler Substanzen im Fettgewebe zurückzuführen. Aufgrund der Tatsache, dass in Deutschland nur kastrierte männliche Tiere zur Schlachtung gelangen, spielt das geschlechtsspezifische Hormon Androstenon sicher eine untergeordnete Rolle. Vielmehr handelt es sich v. a. um die Substanz Skatol, welche im Darm der Tiere durch Mikroorganismen gebildet wird und sich dann im Fettgewebe anreichert. Mit einer Diffusion von Skatol aus der Faezes der Tiere in die Haut ist besonders bei schlechten hygienischen Haltungsbedingungen im Maststall zu rechnen. Außerdem wird der Skatolgehalt im Tierkörper auch durch den Abbau über den Leberstoffwechsel sowie die Ausscheidung über die Nieren beeinflusst, so dass auch Stoffwechselstörungen der Tiere individuelle Konzentrationen verursachen können [KÜHNE u. TROEGER (1997)]. Ein metallischer Geschmack resultiert v. a. aus einem höheren Eisengehalt im Fleisch, wie er bei einem schlechteren Ausblutungsgrad vorkommen kann. Ein säuerlicher Fleischgeschmack kann auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein. Möglich ist eine vermehrte Laktatbildung durch Mikroorganismen (Laktobazillen) sowie die Lagerung in sauerstoffangereicherter Schutzatmosphäre. Letzteres wird in diesem Zusammenhang am wahrscheinlichsten sein. Eine mikrobiologische Untersuchung der Proben könnte weitere Schlüsse zulassen. Laktobazillen könnten auch für Farbabweichungen in Richtung grau verantwortlich sein. Abweichungen in der Konsistenz des Fleisches wie „zu fest“ und „zäh“ resultieren eher aus einem höheren Bindegewebsanteil.

Das Auftreten von Blutpunkten wurde in diesem Zusammenhang mit untersucht. In beiden Gruppen kam es selten zur Ausbildung von Petechien und Ekchymosen. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl je Untersuchungstag ($n = 10$) können zu Einflüssen des Zutriebs kaum Aussagen getätigt werden. Nach Angaben des Zerlegebetriebes ist seit der Einrichtung der Neuanlage die Anzahl von Blutpunkten und anderen Schlachtkörperschäden im Vergleich zur Altanlage deutlich zurückgegangen. Möglicherweise ist die Simulation der Altanlagensituation nicht in allen Teilen geeignet, das Stressniveau der kommerziellen Altanlage nachzuvollziehen.

4 Schlussfolgerungen

Der neu gestaltete Zutrieb zur Betäubungsanlage mittels hydraulischer automatischer Treibschilder und seitlichem Eintreten auf der Längsseite der Gondeln beeinflusst den Tierschutz und die Fleischqualität signifikant positiv. Der neue Zutrieb konnte baulich und funktionell gut in den bestehenden Schlachtablauf integriert werden. Nach Angaben des Herstellers wäre eine Anpassung an andere bauliche Gegebenheiten auch um Ecken denkbar. Es konnte gezeigt werden, dass die Benutzung eines Elektrotreibstabes nicht notwendig war und der Zutrieb der Schweinegruppen zu je drei Tieren gut durch eine Person, im Vergleich zu zwei bis drei Personen bei der Altanlagensimulation, zu bewältigen ist. Das Eingreifen in den automatischen Zutrieb war im Vergleich zum vormals bestehenden Doppeleinzellaufgang nur in Ausnahmefällen notwendig. Die Tiere zeigten ein geringeres Abwehrverhalten und ein signifikant geringerer Schallpegel im Zutriebsbereich konnte nachgewiesen werden. Dieser resultiert aus einer verminderten Vokalisation der Tiere. Die Untersuchung des Stichblutes zeigte eine signifikante Reduzierung der Katecholaminausschüttung im Vergleich zur Simulation der Altanlage. Eine signifikante Reduzierung der Stichbluttemperatur konnte nicht gefunden werden. Möglicherweise wäre eine schnellere Messung mittels Infrarotmessung der Ohrtemperatur eine günstige Alternative. Des Weiteren bewirkt der einfachere Zutrieb einen motivierten Arbeitsablauf für das Personal, was durch die Verbesserung des Arbeitsklimas einem schlechteren Zutriebsmanagement entgegenwirkt. Eine Anhebung der stündlichen Schlachtzahlen wurde über die Dreier- statt Zweiergruppen im Zutrieb möglich. Die Schlachtzahlen werden durch die Kapazität des Ruhestalls, der Entblutestrecke sowie der Arbeit am Schlachtband bzw. der Kühlkapazitäten nach der Schlachtung beschränkt. Die Einführung der Neuanlage bewirkte im Vergleich zur Simulation Altanlage eine signifikante Verbesserung der Fleischqualität. So konnte ein höherer pH₄₅-Wert, eine geringere Schinkenkerntemperatur, eine geringere elektrische Leitfähigkeit sowie ein niedrigerer pH₂₀-Wert gefunden werden. Insgesamt kam es bei beiden Zutriebsvarianten kaum zur Ausbildung von DFD-Fleisch. Nach Angaben des Zerlegebetriebes kam es außerdem zu einer deutlichen Reduktion der Schlachtkörperschäden und der Muskelblutungen. Eine Absenkung des Tropfsaftverlustes, eine Optimierung der Fleischfarben ($L^*a^*b^*$) sowie eine deutliche sensorische Verbesserung konnte, wahrscheinlich aufgrund des späten Untersuchungszeitpunktes, nicht gezeigt werden. Eine frühere Untersuchung beispielsweise 2 d *p. m.* sowie die Einbeziehung einer mikrobiologischen Untersuchung wären sinnvoll gewesen.

Außerdem wurde gezeigt, dass eine weitere Absenkung der Schallpegels im Zutrieb notwendig ist. Lärmreduzierende Maßnahmen sollten ausgebaut werden (Absorber,

Schalldämmung). Eine Überprüfung des Lichtmanagements ist angezeigt. Insbesondere einfallendes Blendlicht ist zu eliminieren. Eine ansteigende Lichtstärke zur Betäubungsanlage hin würde die Laufwilligkeit der Tiere positiv beeinflussen. Konkrete Anweisungen zum Berieselungsmanagement wären sinnvoll. Die Notwendigkeit von abgeschrägten undurchsichtigen Treibgattern sowie ein Vorselektieren lafbeeinträchtigter Tiere wurden gezeigt. Aufgrund der teilweise unzureichenden Betäubung ist eine Verlängerung von Verweilzeiten in wirksamer CO₂-Konzentration zu diskutieren. Umso wichtiger ist eine effektive und strenge Nachbetäubung unzureichend betäubter Tiere. Klare Anweisungen für das Personal sind notwendig. Die Anwendung der Elektrobetäubung ist dabei evtl. zu hinterfragen. Eine Vertiefung der Betäubungsgrube zur Verlängerung der Verweilzeiten und der Reduzierung des CO₂-Verbrauchs durch Abdiffusion wird zeitnah umgesetzt. Die Anbringung von Maßnahmen zur Verbesserung des Raumklimas sollte überdacht werden. Absaugvorrichtungen von Schadgasen und CO₂ im Bereich des Auswurfs sowie eine Reduzierung der Abwärme und Feuchtigkeit der Brühanlage würden besonders im Sommer einen Beitrag zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen im Betäubungs- und Entblutebereich leisten. Das Hauptziel des Forschungsvorhabens, zu zeigen, dass das neugestaltete Zutriebssystem vom Typ „Hof“ in Kombination mit der CO₂-Betäubungsanlage vom Typ „Samson“ für bestehende Schlachtbetriebe eine praktikable Lösung ist, wurde damit erfüllt. Die Umrüstung auf einen tierschonenderen gruppenweisen Zu- und Eintrieb in die Betäubungsanlage ohne große Baumaßnahmen an der äußeren Gebäudehülle oder an der Betäubungsgrube war damit erfolgreich. Schlachthöfe, deren räumliche und bauliche Gegebenheiten an kleinere konventionelle CO₂-Altanlagen angepasst sind, könnten so motiviert werden, auf eine tierschutzgerechtere Variante umzurüsten.

Insgesamt wurden mit dem Einbau der Neuanlage Vorteile für das Tier, den Fleischproduzenten sowie den Verbraucher erreicht. Inwieweit die Simulation der Altanlage die Bedingungen des ehemaligen Doppeleinzellaufganges in allen Details wiedergibt, ist fraglich. Auch die Standardisierung der gegebenen Parameter (Auswahl der Tiere, Transport- und Ruhezeiten, Wetter, Entblutezeiten, Bandgeschwindigkeit, Kühlung, Zerlegung, Verpackung, Schutzatmosphäre) ist in praxi schwierig und nicht immer umzusetzen. Für weitere Untersuchungen der Katecholaminkonzentration ist zu prüfen, ob die Analyse mittels ELISA günstiger (Aufwand, Kosten, Kontinuität) im Vergleich zur HPLC wäre.

HAMBRECHT *et al.* (2003) fassten zusammen, dass experimentelle Bedingungen nie die Bedingungen eines kommerziellen Schlachthofs simulieren können. Das Handling ist meist „gentler“, und das Stressniveau, wie es bei der Schlachtung mehrerer Hundert Schweine pro Stunde vorkommt, kann nicht erreicht werden [BROWN *et al.* (1998)]. Untersuchungen, die unter kommerziellen Schlachtbedingungen stattfanden, haben dem gegenüber oft das

Problem, dass Prozessabläufe nicht standardisiert werden können, z. B. das genetische Material oder die Dauer von Transport und Ruhezeit im Wartestall [VELARDE *et al.* (2000)]. Zudem treten unter kommerziellen Bedingungen Schwierigkeiten auf, z. B. die einzelnen Schlachtkörper am Tag nach der Schlachtung noch zu identifizieren [WARRIS *et al.* (1994)].

5 Zusammenfassung

Untersucht wurde ein modifiziertes neuartiges Zutriebssystem (Neuanlage, „N“) im Vergleich zur Simulation eines herkömmlichen Doppeltreibgangs (Altanlage, „A“) zur CO₂-Betäubung hinsichtlich Fleischqualität und Tierschutz. Dazu wurden an elf Untersuchungstagen bei zirka 1500 Mastschweinen von Juni 2007 bis Juni 2008 Parameter zur Fleischqualität und zum Tierschutz erfasst. Folgende Parameter unterschieden sich signifikant und zeigten Vorteile der Neuanlage gegenüber der Altanlage (Tab. 19): der Schallpegel im Zutriebsbereich, die Stresshormone Noradrenalin und Adrenalin im Stichblut, der pH₄₅- und pH₂₀-Wert, die Schinkenkerntemperatur und die elektrische Leitfähigkeit. Die Untersuchung konnte zeigen, dass beim neuen automatischen Zutrieb die Verwendung des Elektrotreibstabs unnötig und der Zutrieb gut durch eine Person zu bewerkstelligen war. Untersuchungen des Tropfsaftverlustes, der Fleischfarbe und der Sensorik 8 d *p. m.* konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Neu- und Altanlage feststellen. Verbesserungsmöglichkeiten bestehen in den Bereichen Schalldämpfung, Lichtregime und Berieselungsmanagement. Das Hauptziel des Forschungsvorhabens, zu zeigen, dass das neugestaltete Zutriebssystem vom Typ „Hof“ in Kombination mit der CO₂-Betäubungsanlage vom Typ „Samson“ für bestehende Schlachtbetriebe eine praktikable Lösung ist, wurde damit erfüllt. Die Umrüstung auf einen tierschonenderen gruppenweisen Zu- und Eintrieb in die Betäubungsanlage ohne große Baumaßnahmen an der äußeren Gebäudehülle oder an der Betäubungsgrube war somit erfolgreich. Schlachthöfe, deren räumliche und bauliche Gegebenheiten an kleinere konventionelle CO₂-Altanlagen angepasst sind, könnten so motiviert werden, auf eine tierschutzgerechtere Variante umzurüsten.

Tab. 19: Vergleich Simulation Altanlage und Neuanlage

Parameter	Simulation Altanlage					Neuanlage					P
	n	$\tilde{X}$	$\bar{X}$	sd	se	n	$\tilde{X}$	$\bar{X}$	sd	se	
Schallpegel [dB (A)]	2936	88,6	89,2	2,8	0,05	5982	86,4	86,2	4,4	0,06	< 0,001
Noradrenalin [ng/ml]	256	669	737	392	24,5	284	511	599	343	20,3	< 0,001
Adrenalin [ng/ml]	256	226	252	131	8,2	284	177	208	124	7,4	< 0,001
Schinkenkerntemperatur [°C]	209	40,7	40,7	0,6	0,04	674	40,0	39,9	0,8	0,03	< 0,001
pH ₄₅ -Wert	209	6,26	6,27	0,25	0,01	1197	6,34	6,34	0,25	0,007	< 0,001
Leitfähigkeit [mS/cm]	214	6,8	6,7	2,4	0,16	242	4,8	5,3	2,4	0,15	< 0,001
pH ₂₀ -Wert	213	5,57	5,60	0,15	0,01	50	5,45	5,49	0,12	0,02	< 0,001

6 Summary

A new conveyance system (new system, “N”) to a carbon dioxide stunning unit was investigated in comparison to a typical old double file race (old system, “A”). Parameters for meat quality and animal welfare were analysed. For that purpose about 1500 fattening pigs were examined for eleven days from June 2007 up to June 2008. The following parameters showed significant differences between the new and old system (tab. 20): noise level next to the conveyance system, the catecholamines in the sticking blood, the pH₄₅- and pH₂₀-values, the deep muscle temperature of the ham and the meat conductivity. Using the new system no electric goad was necessary. One person could manage the conveyance from the waiting floor to the new conveyance system. The examination of the drip loss, the lightness, colour and the tasting of the meat 8 d *p. m.* could not show significant differences between the new and the old simulated system. The sound-absorption / noise-reduction, the lighting engineering and the irrigation system are improvable. This reflects a better meat quality and animal welfare using the new system. The main objective of this examination to improve the situation of animal welfare in slaughter plans was reached. The new group wise conveyance system and group wise stunning system could be integrated well into the slaughter line, without moving walls and costly building projects.

tab. 20: comparison of the simulated old system and the new system

parameter	simulated old system					new system					P
	n	$\tilde{X}$	$\bar{X}$	sd	se	n	$\tilde{X}$	$\bar{X}$	sd	se	
sound level [dB (A)]	2936	88,6	89,2	2,8	0,05	5982	86,4	86,2	4,4	0,06	< 0,001
noradrenalin [ng/ml]	256	669	737	392	24,5	284	511	599	343	20,3	< 0,001
adrenalin [ng/ml]	256	226	252	131	8,2	284	177	208	124	7,4	< 0,001
deep muscle temp. [°C]	209	40,7	40,7	0,6	0,04	674	40,0	39,9	0,8	0,03	< 0,001
pH ₄₅	209	6,26	6,27	0,25	0,01	1197	6,34	6,34	0,25	0,007	< 0,001
conductivity [mS/cm]	214	6,8	6,7	2,4	0,16	242	4,8	5,3	2,4	0,15	< 0,001
pH ₂₀	213	5,57	5,60	0,15	0,01	50	5,45	5,49	0,12	0,02	< 0,001

7 Literaturverzeichnis

Ahmed PO, Miller MF, Lyon CE, Vaughters HM, Reagan JO. Physical and Sensory Characteristics of Low-Fat Fresh Pork Sausage Processed with Various Levels of Added Water. *Journal of Food Science*. 1990;55(3):625-8.

Althen TG, Ono K, Topel DG. Effect of Stress Susceptibility or Stunning Method on Catecholamine Levels in Swine. *Journal of Animal Science*. 1977;44:985-9.

Anon. ClinRep® Arbeitsanleitung für die Bestimmung von Katecholaminen im Plasma mittels HPLC. Version 3.2. 10-2-2006. München, Recipe Chemicals + Instruments GmbH Labortechnik.

Blüchel E, Honikel KO. Farbe von Fleisch 13.1 Physikalische Messung der Fleischcharakteristika. In: Blüchel E, Honikel KO (Hrsg.). *Handbuch der chemischen und physikalischen Fleisch- und Fleischwarenanalyse*. Kulmbacher Reihe Band 19. BfEL Standort Kulmbach; 2006; 295-7.

Brenner K-V, Gürtler H, Ziehbarth S. Reaktion von Schweinen auf eine Fixation mittels Oberkieferschlinge anhand von klinisch-chemischen Parametern im Blut. *Monatsheft Veterinärmedizin*. 1979;34:28-31.

Brown SN, Warriss PD, Nute GR, Edwards JE, Knowles TG. Meat quality in pigs subjected to minimal preslaughter stress. *Meat Sci*. 1998;49(3):257-65.

Buschulte A, Rindermann G, Hartmann H, Fries R. Abschließende Ergebnisse aus dem Projekt "CO₂-Betäubung und Pneumonie". *Proceedings 7. Fachtagung Fleisch- und Geflügelfleischhygiene für Angehörige der Veterinärverwaltung*; 2007 Mar 1-2007 Mar 2; Berlin. 2007 p. 39-47.

Channon HA, Payne AM, Warner RD. Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Sci*. 2000 Nov;56(3):291-9.

Channon HA, Payne AM, Warner RD. Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Sci*. 2002 Jan;60(1):63-8.

Christensen L, Barton Gade P. Neue Entwicklungen beim Handling von Schweinen in Schlachtbetrieben. *Fleischwirtschaft*. 1997;77(7):604-7.

EFSA. Welfare Aspects of Animal Stunning and Killing Methods - Scientific Report of the Scientific Panel for Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of animal stunning and killing methods. EFSA European Food Safety Authority - AHAW/04-027; 2004.

Fernandez X, Meunier-Salaün M-C, Mormede P. Agonistic behaviour, plasma stress hormones, and metabolites in response to dyadic encounters in domestic pigs: Interrelationships and effect of dominance status. *Physiology & Behaviour*. 1994;56(5):841-7.

Floß M. Belastungsantwort von Schlachtschweinen in zwei unterschiedlichen Zuführungssystemen zur Elektrobetäubung [Dissertation med. vet]. Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover; 1999.

Garrido MD, Honikel K. Beziehungen zwischen Qualitätsmerkmalen von Schweinefleisch kurz nach dem Schlachten und nach Beendigung der Kühlung. Fleischwirtschaft. 1995;75(12):1437-40.

Grote D, Güttler J, Jäger K-H, Könneke K, Kuhfahl B, Maiworm K et al. Stallklimaprüfung in der landwirtschaftlichen Tierhaltung. Empfehlungen der Länderarbeitsgruppe Stallklima. 2006 Mar;10.

Hambrecht E, Eissen JJ, Nooijen RIJ, Ducro BJ, Smits CHM, den Hartog LA et al. Preslaughter stress and muscle energy largely determine pork quality at two commercial processing plants. Journal of Animal Science. 2004;82(5):1401-9.

Hambrecht E, Eissen JJ, Verstegen MWA. Effect of processing plant on pork quality. Meat Sci. 2003;64:125-31.

Holst S. Return of consciousness in slaughter pigs stunned with CO₂. Proceedings 43rd ICoMST; 1997 Jul 27-1997 Aug 1; Auckland, New Zealand. 1997.

Holst S. CO₂ stunning of pigs for slaughter. Practical guidelines for good animal welfare. Proceedings 47th International Congress of Meat Science and Technology; 2001 Aug 27-2001 Aug 31; Krakow, Poland. 2001 p. 48-54.

Honikel KO. Physikalische Messung der Farbe. In: Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken G, Troeger K (Hrsg.). Qualität von Fleisch und Fleischwaren. 2. Auflage. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag; 2007a. p. 864-8.

Honikel K. Bestimmung des Tropfsaftverlustes. In: Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken G, Troeger K (Hrsg.). Qualität von Fleisch und Fleischwaren. 2. Auflage. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag; 2007b. p. 870-2.

Jessen C. Wärmebilanz und Temperaturregulation. In: von Engelhardt W, Breves G (Hrsg.). Physiologie der Haustiere. 1. Auflage. Stuttgart: Enke im Hippokrates Verlag GmbH; 2000. p. 467-81.

Kleibs M. Das Treiben von Schlachtschweinen bei unterschiedlichen Beleuchtungsstärken bzw. Gangmaßen und die bioindikatorische Nutzung des Lauf- und Erkundungsverhaltens zur artgemäßen Gestaltung der Triftregulierung [Dissertation agr.]. Leipzig: Agrarwissenschaftliche Fakultät der Universität Leipzig; 1992.

Kühne D, Troeger K. Skatolgehalte auf Schwarten von Schweinehälften nach unterschiedlichen Brüh- und Nachbearbeitungsverfahren. Fleischwirtschaft. 1997;77(7):612-3.

Laube RB, Lippmann J, Schäffer D. Ethologische Untersuchungen zur artgerechten prämortalen Haltung und zum Tierschutz bei Schlachtschweinen. Bonn: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Referat Tierschutz; 1996.

Linares MB, Bórnez R, Vergara H. Cortisol and catecholamine levels in lambs: Effects of slaughter weight and type of stunning. Livestock Science. 2008;115:53-61.

Littmann E, Götz KU, Dodenhoff J. Schweinezucht und Schweineproduktion. Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; 2006.

LSZ Boxberg. Informationen zur Leistungsprüfung. www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/dhow/1196611/index.pdf 2008 [cited 2008 Jul 5]; Available from: URL: www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/dhow/1196611/index.pdf

Machold U, Arneth W. Bestimmung von Adrenalin und Noradrenalin im Plasma mittels HPLC. Mitteilungsblatt BAFF. 2002;41(155):33-8.

Machold U, Troeger K, Moje M. Gasbetäubung von Schweinen. Ein Vergleich von mit Kohlendioxid, Argon, einer Stickstoff-Argon-Mischung und Argon/ Kohlendioxid (2-stufig) unter Tierschutzaspekten. Fleischwirtschaft. 2003;83(10):109-14.

Marahrens M, Nowak B, Feldhusen F, Hartung J. Belastungen von Schlachtschweinen im Wartestall sowie beim Zutrieb zur Elektrobetäubung und ihre Auswirkungen auf die Fleischbeschaffenheit. Fleischwirtschaft. 1997;77(8):717-20.

Mayer C, Hauser R. Ableitung des optimalen Temperaturbereiches für Mastschweine aus dem Liegeverhalten und der Vokalisation. KTBL-Schrift. 1999;391(129):136.

Moje M. Distanzmessung der Ohrtemperatur an Schlachtschweinen. Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach. 2007;46(177):191.

Moje M, Schurr B. Betrieb einer CO₂- Backloaderanlage. Voraussetzungen für die Genehmigung nach § 14(1) Tierschutz- Schlachtverordnung. Fleischwirtschaft. 2003;83(10):122-5.

Moura DJ, Nääs IA, Silva IJO, Sevegnani KB, Corria ME. The use of Enthalpy as a Thermal Comfort Index. Proceedings 5th Intern. Livestock Environment Symp.; 1997; Bloomington, Minnesota, USA. 1997 p. 577-83.

Neubert E, Gürtler H, Vallentin G. Einfluß einer Fixation von Mastschweinen mittels Oberkieferschlinge auf das Verhalten der Plasmakonzentrationen an Catecholaminen, Cortisol, Insulin und Stoffwechselfparametern. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift. 1996;109(11/12):409-13.

Plonait H, Bickhardt K. Lehrbuch der Schweinekrankheiten. Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey; 1988.

Remien D. Gasmessungen bei der Kohlendioxidbetäubung von Schweinen in einem ausgewählten Schlachtbetrieb [Dissertation med. vet.]. Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover; 2001.

Roozen WM, Tsuma VT, Magnusson U. Effects of short-term restraint stress on plasma concentrations of catecholamines, β -endorphin, and cortisol in gilts. American Journal of Veterinary Research. 1995;56(9):1225-7.

Sackmann G, Stolle FA, Reuter G. Einfluß verschiedener Ruhephasen vor der Schlachtung auf Fleischqualitätsparameter bei Schlachtschweinen mit einer Bewertung klinischer Beurteilungsmerkmale. Fleischwirtschaft. 1988;68(3):369-75.

Schäffer D. Ethologische Untersuchungen an Schlachtschweinen zur Förderung des unbehinderten Laufens beim Austrieb aus der Vorwartebucht, während der Vereinzelung, im Einzellaufgang und beim Restrainerzutritt [Dissertation agr.]. Halle/ Saale: Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle Wittenberg; 1996.

Schäffer D, von Borell E. Vokalisation von Schlachtschweinen. Ein Indikator für die Bewertung der Tiergerechtigkeit des Handlings an Betäubungsanlagen. Fleischwirtschaft. 2005;85(9):37-44.

Schulze W, Rundfeldt H, Ferch U. Untersuchungen über den Einfluß hoher Lufttemperatur und hoher Luftfeuchtigkeit auf die Körpertemperatur, Atem- und Herzfrequenz beim Schwein. Wiener tierärztliche Monatsschrift. 1965;52:436-54.

Schütte A. Klinische Beurteilung mit CO₂ betäubter Schweine, Kontrollpunkte an der Anlage. Proceedings Herbsttagung Landesarbeitsgemeinschaft für Schlachthofwesen, Fleischhygiene und Tierschutz Bayern; 2000 Oct 26; Ingolstadt 2000.

Schütte A, Bostelmann N. Statuserhebung zur Effektivität der CO₂-Betäubung von Schlachtschweinen in der BRD gemäß der derzeit gültigen Tierschutz-Schlachtverordnung, sowie Untersuchungen über deren Beeinflussung durch externe und interne (tierspezifische) Faktoren. Bonn: Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft; 2001.

Schütte A, Mergens A, Pott U, Venthien S. Effect of different kinds of showering in lairage on physiological and meat quality parameters, taking climatic circumstances into account. Proceedings EU-Seminar New Information on Welfare and Meat Quality of Pigs related to Handling, Transport and Lairage Conditions; 1995 Jun 29-1995 Jun 30; Mariensee. Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode; 1996 p. 181-205.

Shaw FD, Tume RK. The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurement of plasma constituents--A review of recent work. Meat Sci. 1992;32(3):311-29.

Troeger K. Schweineschlachtung. In: Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken G, Troeger K (Hrsg.). Qualität von Fleisch und Fleischwaren Band 1. 2. Auflage. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag; 2007. p. 405-41.

Troeger K, Woltersdorf W. Die Messung der Stressbelastung des Schweines während der Schlachtung. Fleischwirtschaft. 1988;68(3):249-54.

Troeger K. Tiergerechtes Schlachten: Defizite und Lösungsansätze. Proceedings 4. Leipziger Tierärztekongress; 2008 Jan 17-2008 Jan 19; Leipzig. 2008 p. 652-5.

Troeger K, Machold M, Moje M, Behrschmidt M. Gasbetäubung von Schweinen. Ein Vergleich von Kohlendioxid, Argon und einer Stickstoff- Argon- Mischung bezüglich der Schlachtkörper- und Fleischqualität - 2. Ergebnisse. Fleischwirtschaft. 2004;84(11):117-21.

van der Wal PG. Einfluß der elektrischen Betäubung auf Schlachtschweine - Veränderungen im Blut. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift. 1972;79:106-8.

van der Wal PG, Engel B, Reimert HGM. The effect of stress, applied immediately before stunning, on pork quality. Meat Sci. 1999;53(2):101-6.

Velarde A, Gispert M, Faucitano L, Manteca X, Diestre A. The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and haemorrhages in pork carcasses. Meat Sci. 2000;55:309-14.

von Lengerken G, Wicke M, Fischer K. Schlacht tierwert des Schweines. In: Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken G, Troeger K (Hrsg.). Qualität von Fleisch und Fleischwaren. 2. Auflage. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag GmbH.; 2007. p. 220.

von Weicker H, Weiss M, Hack F, Hägele H, Pluto R. Plasma-Katecholaminnachweis und praktische Anwendung mit elektronischem Detektor nach HPLC. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. 1984;7:225-33.

Warris PD, Brown SN, Adams SJM, Corlett IK. Relationships between Subjective and Objective Assessments of Stress at Slaughter and Meat Quality in Pigs. Meat Sci. 1994;38:329-40.

Warris PD, Pope SJ, Brown SN, Wilkins LJ, Knowles TG. Estimating the body temperature of groups of pigs by thermal imaging. Veterinary Record. 2006 Mar 11;158:331-4.

Warriss PD, Brown SN. The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. Meat Sci. 1987;20(1):65-74.

Westermann J, Hubl W, Kaiser N, Salewski L. Simple, Rapid and Sensitive Determination of Epinephrine and Norepinephrine in Urine and Plasma by Non-competitive Enzyme Immunoassay, compared with HPLC Method. Clinical Laboratory. 2002;48:61-71.

White RG, DeShazer JA, Tressler CJ, Borchers GM, Davey S, Waninge A et al. Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anaesthetic. Journal of Animal Science. 1995;73:381-6.

Wiesner E, Ribbeck R. Lexikon der Veterinärmedizin. 4. Auflage. Stuttgart: Enke im Hippokrates Verlag GmbH; 2000.

Zeller W, Schatzmann U, Imhof A. Kohlendioxid- Betäubung von Schlachttieren. Eine Beurteilung der Tierschutzgerechtigkeit dieser Methode am Schlachtband. Fleischwirtschaft. 1987;67(12):1519-22.

Gesetze und Verordnungen

Verordnung (EG) Nr. 1/2005 des Rates

vom 22. Dezember 2004 über den Schutz von Tieren beim Transport und damit zusammenhängenden Vorgängen sowie zur
Änderung der Richtlinien 609/609/EWG und 860/860/EG und der Verordnung (EG) Nr. 1255/97

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

vom 3. März 1997 (BGBl. I S. 405), geändert durch Artikel 19 des Gesetzes vom 13. April 2006 (BGBl. I S. 855)"

Stand: Geändert durch Art. 19 G v. 13.4.2006 I 855

8 Anhang

Anhang 1: Arbeitsplan (aus der Vorlage des Projektantrages)

Monate	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Bestehende Betäubungsanlage						Betäubungsanlage im Umbau											
Erfassung des Laufverhaltens der Schweine während des Zutriebs	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Erfassung des Treibhilfeneinsatzes		X		X		X		X		X		X		X				
Videodokumentation im Zutriebsbereich	X		X		X		X		X		X		X					
<i>Videoauswertung (in KU)</i>		X		X		X		X		X		X		X	X	X		
Erfassung und Dokumentation des Personaleinsatzes im Zutriebsbereich	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Schallpegelmessungen		X		X		X		X		X		X		X				
Entnahme Blutproben für Katecholamin-Bestimmung	X		X		X		X		X		X		X					
Messung der Stichbluttemperatur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Messung pH45-Werte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Messungen Schinkenkerntemperaturen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Messungen Leitfähigkeitswerte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Entnahme und Verpackung von Teilstücken zur Bestimmung des Fleischsaftverlustes		X		X		X		X		X		X		X				
<i>Bestimmung des Fleischsaftverlustes in SB-Packungen (in KU)</i>		X		X		X		X		X		X		X				
<i>Katecholamin-Analytik (in KU)</i>		X		X		X		X		X		X		X				
<i>Datenauswertung</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Erstellung Zwischenbericht</i>							X	X	X									

Anhang 2: Untersuchungstage und erfasste Parameter

X: durchgeführt
 [X]: Messwerte des UT N10 gingen aufgrund von mehrfachen Störungen des Schlachtablaufes nicht in die Auswertung der Ergebnisse mit ein
 V: Vorversuch
 N: Neuanlage
 A: Simulation Altanlage
 * pH-Wert- und Schinkenkerntemperaturmessung auf Höhe Klassifizierung zum Zeitpunkt 30 Minuten *p. m.*
 → Bau einer Erweiterungsstrecke (um 15 min zu verzögern)

Untersuchungstag	V1	V2	N1	N2	N3	N4	A5	A6	N7	A8	A9	N10	A11
	Vorversuche		Neuanlage (nach Umbau)				Altanlage (Simulation)		Neuanlage	Altanlage (Simulation)		Neuanlage	Altanlage (Simulation)
Wetter			X	X	X	X	X	X	X	X	X	[X]	X
Ruhezeiten			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Stallklima			X	X	X	X	X	X	X	X	X	[X]	
Verhalten/ Treibhilfeneinsatz							X	X		X	X		
Personaleinsatz am Zutrieb			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Schallpegel					X	X			X	X	X	[X]	X
CO ₂ -Konzentration			X	X	X	X	X	-	X	X	X		
Verweilzeiten			X	X	X	X	X	-	X	X	X		
Stun-to-Stick-Intervall									X	X	X	X	
Betäubungserfolg				X	X	X	X	X	X	X	X		
Stichbluttemperatur		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Entnahme KA-proben		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Markierung Schwein		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Bandgeschwindigkeit	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	[X]	
Schinkenkerntemperatur	X*		X	X	X	X	X	X	X	X	X	[X]	
pH ₄₅ -Wert	X*		X	X	X	X	X	X	X	X	X	[X]	
Markierung rechte Hälfte			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Kühlbedingungen			X	X	X	X	X	X	X	X	X	[X]	
pH ₂₀ -Wert							X	X	X	X	X	[X]	

Untersuchungstag	V1	V2	N1	N2	N3	N4	A5	A6	N7	A8	A9	N10	A11
LF ₂₀ -Messung			X	X	X	X	X	X	X	X	X	[X]	
Entnahme der Fleischproben			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Tropfsaftverlust			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
L*a*b*			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Sensorik						X	X	X	X	X	X		
Schlachtgewicht			X	X	X	X	X	X	X	X	X	[X]	
Muskelfleischanteil			X	X	X	X	X	X	X	X	X	[X]	
Analytik Katecholamine		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Datenauswertung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Anhang 3: Personeller Aufwand während der Untersuchungen

Funktion/ Aufgabe	Untersuchung Neuanlage	Simulation Altanlage
Tag 1		
Treiben und Markieren	---	2
Beobachtung + Dokumentation Verhalten d. Tiere beim Treiben	---	1
Entnahme Blutproben Messung Stichbluttemperatur	1	1
Kontrolle Betäubungserfolg	1	1
Markierung Katecholaminproben-tiere	1	1
Messung pH ₄₅ und Schinkenkerntemperatur	2	2
Markierung Katecholaminproben-tiere mit Plastiknummern	1	1
Gesamt Schlachttag	6	9
Tag 2		
Messung Leitfähigkeit und Überwachung der Zerlegung	1	1
Messung pH ₂₄ und Überwachung der Zerlegung	1	1
Schneiden Rückensteaks	1	1
Einsortieren Rückensteaks in SB-Packungen	1	1
Gesamt Zerlegetag	4	4