

**Wirkung eines synthetisch
hergestellten Pheromonanalogs
(PAP)
auf das Wohlbefinden von
Mastschweinen
beim Transport zum Schlachthof**

Christophe M. Maier

Aus dem Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene
der Tierärztlichen Fakultät München
der Ludwig-Maximilian-Universität München
Vorstand: Prof. Dr. med. vet. M. Erhard

Angefertigt unter der Leitung von
Prof. Dr. med. vet. J. Unshelm
und
Prof. Dr. med. vet. M. Erhard

**Wirkung eines synthetisch hergestellten
Pheromonanalogs (PAP)
auf das Wohlbefinden von Mastschweinen
beim Transport zum Schlachthof**

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

von
Christophe M. Maier
aus
Mexiko

München 2005

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. A. Stolle

Referent: Univ.-Prof. Dr. M. H. Erhard

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. K. Heinritzi

Tag der Promotion: 11. Februar 2005

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	ii
Abbildungsverzeichnis	iii
1 Einleitung	1
2 Literatur	3
2.1 Pheromone	3
2.1.1 Chemische Kommunikation	3
2.1.2 Pheromone allgemein	4
2.1.3 Pheromone bei Säugetieren	5
2.1.3.1 Besonderheiten	5
2.1.3.2 Geruchsorgane	6
2.1.3.3 Wahrnehmung von Pheromonen	7
2.1.3.4 Syntheseorte	8
2.1.3.5 Anwendung von Pheromonen	8
2.1.4 Pheromone beim Schwein	10
2.2 Transport von Mastschweinen auf der Straße	13
2.2.1 Allgemein	13
2.2.2 Fahrzeuge	13
2.2.3 Vorbereitung der Tiere	14
2.2.4 Gruppengröße	14
2.2.5 Verladen	15

2.2.6	Ladedichte	15
2.2.7	Transportdauer	15
2.2.8	Transportbelastung und Transportverluste	16
2.2.9	Medikamentöse Behandlung	18
2.3	Aggressives Verhalten bei Schlachtschweinen	18
2.3.1	Allgemein	19
2.3.2	Beurteilung der Kämpfe anhand der Hautverletzungen	20
2.4	Schlachthof und Wartestall	21
2.5	Umgang mit Schlachtschweinen und Fleischqualität	22
2.5.1	Fleischsäuerung	22
2.5.2	Leitfähigkeit	25
2.5.3	Fleischhelligkeit	26
2.6	Belastungsindikatoren beim Schwein	27
2.6.1	Einleitung	27
2.6.2	Herzfrequenz	27
2.6.3	Cortisol	28
2.6.4	Verhalten	29
2.6.5	Körpertemperatur	30
2.6.6	Gewichtsverlust	31
2.6.7	Blutwerte	31
2.6.8	Auswirkung der Belastung auf die Muskulatur	32
3	Material und Methoden	33
3.1	Einleitung	33
3.2	Experimentelle Behandlung	33
3.2.1	Porcine appeasing pheromone (PAP)	33
3.2.2	Placebo	34
3.2.3	Blindversuch und Zufallsprinzip	34
3.2.4	Anwendung	34

3.3	Tiere	35
3.4	Transport	35
3.5	Schlachthaus	36
3.6	Probelauf	37
3.7	Erhobene Parameter	37
3.7.1	Übersicht	37
3.7.2	Meßwerte intra vitam	37
3.7.2.1	Speichelcortisol	37
3.7.2.2	Herzfrequenztelemetrie	39
3.7.2.3	Infrarot-Thermometrie	39
3.7.2.4	Gewichtsverlust	41
3.7.2.5	Zeit für das Verladen der Schweine	41
3.7.2.6	Verhaltensmerkmale	41
3.7.3	Meßwerte post mortem	42
3.7.3.1	Hautverletzungen	42
3.7.3.2	Fleischbeschaffenheit	43
3.8	Äußere Einflüsse	45
3.9	Statistische Methode	45
4	Ergebnisse	47
4.1	Äußere Einflüsse	47
4.2	Meßwerte intra vitam	48
4.2.1	Speichelcortisol	48
4.2.2	Herzfrequenztelemetrie	50
4.2.3	Infrarot-Thermometrie	51
4.2.4	Gewichtsverlust	53
4.2.5	Zeit für das Verladen der Schweine	53
4.2.6	Verhaltensmerkmale	54
4.3	Meßwerte post mortem	55

4.3.1	Hautverletzungen	55
4.3.2	Fleischbeschaffenheit	56
4.3.2.1	pH-Wert	56
4.3.2.2	Leitfähigkeit	59
4.3.2.3	Fleischhelligkeit	61
5	Diskussion	63
5.1	Meßwerte intra vitam	63
5.1.1	Speichelcortisol	63
5.1.2	Verhaltensmerkmale	64
5.1.3	Herzfrequenztelemetrie	64
5.1.4	Infrarot-Thermometrie	65
5.1.5	Gewichtsverlust	65
5.2	Meßwerte post mortem	66
5.2.1	Hautverletzungen	66
5.2.2	Fleischbeschaffenheit	66
5.3	Schlußbetrachtung	68
6	Zusammenfassung	70
7	Summary	73
8	Literaturverzeichnis	75
	Danksagung	95
	Lebenslauf	96

Tabellenverzeichnis

2.1	Stressoren beim Transport von Nutztieren (nach BUCHENAUER (1994)	17
2.2	Zusammenstellung der in der Literatur verwendeten pH-Grenzwerte (R: Rückenmuskel / M. longissimus dorsi; S: Schinkenmuskel / M. semimembranosus)	24
2.3	Zusammenstellung der in der Literatur verwendeten Leitfähigkeits- Grenzen (R: Rückenmuskel / M. longissimus dorsi; S: Schinkenmuskel / M. semimembranosus)	26
2.4	Einteilung der Fleischqualitätsklassen anhand der Fleischhelligkeit – Opto-Star-Wert (Fa. Matthäus, Pöttmes)	27
3.1	Ethogramm zur Videoauswertung	42
3.2	Bewertung der Hautverletzungen	42
4.1	Wetterdaten am Versuchsgut Osterseeon an den Versuchstagen mit Angabe der Behandlung (kalte Tage fett gedruckt)	47

Abbildungsverzeichnis

2.1	Semiochemicals (nach div. Autoren)	4
2.2	Darstellung des Flehmens beim Schwein	7
3.1	Reagenzglas mit Spritze und Wattestäbchen	38
3.2	Brustgurt: in der schwarzen Tasche befindet sich der Empfänger . . .	40
3.3	Verlauf der Herzfrequenz bei einem Schlachtschwein mit Angabe der verschiedenen Ereignisse	40
3.4	Hälfte mit Note 1	43
3.5	Von Klauen verursachte Kratzspur. Die hellen Streifen sind beim Ent- borsten entstanden.	43
4.1	Cortisolkonzentration im Speichel von Schlachtschweinen im Herkunfts- betrieb (Basalwert), unmittelbar nach dem Transport und nach 30 Minuten im Wartestall	49
4.2	Herzfrequenz beim Verladen, während des Transportes, in der ersten (Wartestall 1) und zweiten Phase (Wartestall 2) des Wartestallauf- enthaltes	50
4.3	Hauttemperatur, gemessen am Ohrgrund, vor und nach dem Trans- port, mit Angabe der Tagesmitteltemperatur, gemessen in Osterseeon	51
4.4	Hauttemperatur, gemessen am Ohrgrund, sortiert nach kalter und warmer Witterung	52
4.5	Mittlerer Gewichtsverlust der Zwölfergruppen	53
4.6	Verhalten der Zwölfergruppen in den Wartestallbuchten während 25 Minuten Dauer, folgend auf die Speichelprobenentnahme	54

4.7	Benotung der Hautverletzungen: 1: weniger als 3 / 2: 3 bis 10 / 3: 11 bis 20 / 4: mehr als 20 Verletzungen	55
4.8	pH ₁ Rückenmuskel	56
4.9	Vergleichende Darstellung der Einstufung in die Qualitätsklassen durch das Prüfmerkmal pH ₁ im Rückenmuskel	57
4.10	pH ₂₄ im Schinken- bzw. Rückenmuskel	58
4.11	elektrische Leitfähigkeit des Fleisches	59
4.12	Vergleichende Darstellung der Einstufung in die Qualitätsklassen durch das Prüfmerkmal: Leitfähigkeit 24 Stunden p.m. im Rückenmuskel (LF ₂₄ -RM)	60
4.13	Fleischhelligkeit nach 24 Stunden	61
4.14	Vergleichende Darstellung der Einstufung in die Qualitätsklassen durch das Prüfmerkmal Fleischhelligkeit	62

1 Einleitung

Bis heute stellt der Transport und das anschließende Aufstallen von Schlachtschweinen eine erhebliche Belastung der Tiere dar. Die Literatur beschreibt jedoch eine Vielzahl von Möglichkeiten um die Streßbelastung bei den Transporten so niedrig wie möglich zu halten. Diese Ansätze wurden bisher in der Praxis weitgehend übernommen. Betrachtet man jedoch die Zahl der Schweine Schlachtungen¹ in Deutschland (2003: 45,37 Mio.) und in der EU² (2003: 204,4 Mio.) und die Sterblichkeitsrate (0,4 % in Deutschland bzw. 0,02 % - 0,5 % in der EU), so erkennt man, daß die bisherigen Bemühungen zwar zu einer Verbesserung der Transportqualität führten, ein zufriedenstellendes Ergebnis aber noch nicht erzielt werden konnte.

Die Nutzung von natürlichen Pheromonen und synthetischen Pheromonanaloga durch den Menschen hat im Bereich der Haussäugetiere in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht, das gilt auch für das Hausschwein. Die Muttersau produziert während der Laktation in der Gesäugeleiste ein Pheromon, das auf juvenile und adulte Schweine eine beruhigende Wirkung hat. Das Pheromonanalog PAP (*porcine appeasing pheromone*) entspricht diesem natürlichen Botenstoff. Es ist möglich das PAP synthetisch herzustellen und es durch Versprühen zu applizieren.

In der vorliegenden Arbeit soll geprüft werden, ob das PAP auch beim Transport von Mastschweinen die beschriebene Wirkung zeigt. Zwei Gruppen von je 12 Schweinen wurden bei jedem Versuchsdurchgang der Studie zum Schlachthof transportiert (elf Transporte mit insgesamt 264 Tiere). Die Tiere wurden im Herkunftsbetrieb entweder mit PAP oder mit einem Placebo im Nackenbereich besprüht. Vier Schweine von jeder Zwölfergruppe wurden ausgelost, diesen Tieren wurden je drei Speichelproben zur Cortisolbestimmung entnommen, die Herzfrequenz und die Hauttemperatur wurden erhoben. Andere Kriterien wurden bei allen Tiere der Gruppen bestimmt: Verhaltensparameter, Gewichtsvariation vor und nach dem Transport, Fleischbeschaffenheit und Hautverletzungen. Der Versuch wurde als Placebo kontrollierte Doppelblindstudie, durchgeführt.

¹Quelle: Statistisches Bundesamt und ZMP-Schätzung

²Quelle: ZMP nach nationalen Statistiken und EUROSTAT

Ziel der Untersuchung war es, die Belastung von Mastschweinen auf ihrem Transport und ihrer Unterbringung am Schlachthof zu erfassen und zu quantifizieren. Die Ergebnisse sollten eine Aussage treffen, ob die Anwendung von PAP einen positiven Einfluß auf die erhobenen Parameter hatte. Die damit verbundene Steigerung des Wohlbefindens der Schweine würde zu einer Verbesserung der Fleischqualität führen.

2 Literatur

2.1 Pheromone

2.1.1 Chemische Kommunikation

Eine vereinfachte und allgemeine Definition für den Begriff „Kommunikation“ lautet: „das Senden eines Stimulus durch ein Individuum welches eine Reaktion bei einem Anderen hervorruft“. Die Reaktion ist entweder für den Sender, den Empfänger oder beide von Vorteil.

Die bedeutendsten Stimuli sind von chemischer (Geschmack, Geruch) und mechanischer (Tastsinn, Gehör) Natur oder durch Strahlung (Lichtempfinden, Sehen) bedingt (WILSON, 1963).

Die chemische Kommunikation ist wohl eine der primitivsten Formen der Kommunikation, schon Einzeller nutzen sie (BROSSUT, 1996). Die „Chemosensation“ gibt es bei allen Tieren und ist der verbreitetste aller Sinne. Diese Art der Kommunikation ist in bestimmten Situationen (Dunkelheit, laute Umwelt) der visuellen oder auditiven überlegen. Außerdem ist die Wirkung über weite Strecken und über einen längeren Zeitraum möglich und die Markierung ist effektiv, ohne den Absender zu gefährden (DOTY, 1986).

Der Geruchssinn ist beim Menschen durch andere Sinne zurückgedrängt und erst spät erforscht worden. Die meisten chemischen Stimuli blieben den Menschen unbekannt, weil sie nicht wahrgenommen werden konnten. Viele Verhaltensweisen von Tieren wurden als Instinkt bezeichnet, obwohl sie von der chemischen Kommunikation geprägt waren. Allmählich wurde durch die Beobachtungen von Heimtieren und bei der Jagd der Einfluß von Gerüchen festgestellt. So lockten schon im 18. Jahrhundert Schmetterlingssammler männliche Falter mit weiblichen, unbefruchteten Exemplaren. Die chemische Kommunikation wurde insbesondere bei Insekten erforscht. 1959 gelang es BUTENANDT anhand von 500 000 weiblichen Seidenspinnern (*Bombyx mori*), das Bombykol, einen Sexuallockstoff, zu isolieren. Dies war das erste bekannte Pheromon (BROSSUT, 1996; RÖHL, 2000).

Allgemein gesprochen sind Semiochemicals Stoffe, die zur Informationsübermittlung zwischen Individuen der gleichen oder unterschiedlicher Spezies dienen. Hormone, die nur innerhalb eines Organismus wirken, können ihnen gegenübergestellt werden. *Semio* ist griechisch und bedeutet Signal. Die Semiochemicals lassen sich in zwei Haupt- und mehrere Untergruppen unterteilen (siehe Abb. 2.1).

Allelochemicals sind Stoffe, die interspezifisch wirken. Wichtigste Vertreter sind Allomone und Kairomone. Allomone lösen beim Empfangsorganismus Verhaltensweisen oder Reaktionen aus, die für den Emittor von Vorteil sind. Kairomone wirken sich nachteilig für den Emittor, jedoch vorteilhaft für den Empfänger aus. So können z. B. Freßfeinde mit Hilfe dieser Stoffe ihre Beute lokalisieren (BROWN et al., 1970).

2.1.2 Pheromone allgemein

Der Begriff „Pheromone“ wurde 1959 von KARLSON und LÜSCHER eingeführt. Er wurde aus dem griechischen *pherein* (übertragen) und *hormán* (erregen) abgeleitet. Definiert wurden sie als chemische Signalstoffe, die von einem Individuum in die Außenwelt abgegeben werden und von einem anderen Individuum der gleichen Spezies empfangen werden, bei dem sie eine spezifische Reaktion (Verhaltensmuster) hervorrufen.

In den fünfziger Jahren wurde die Bedeutung der chemischen Kommunikation von Biologen erkannt und auch die mögliche Anwendung bei der Bekämpfung von Ernte-

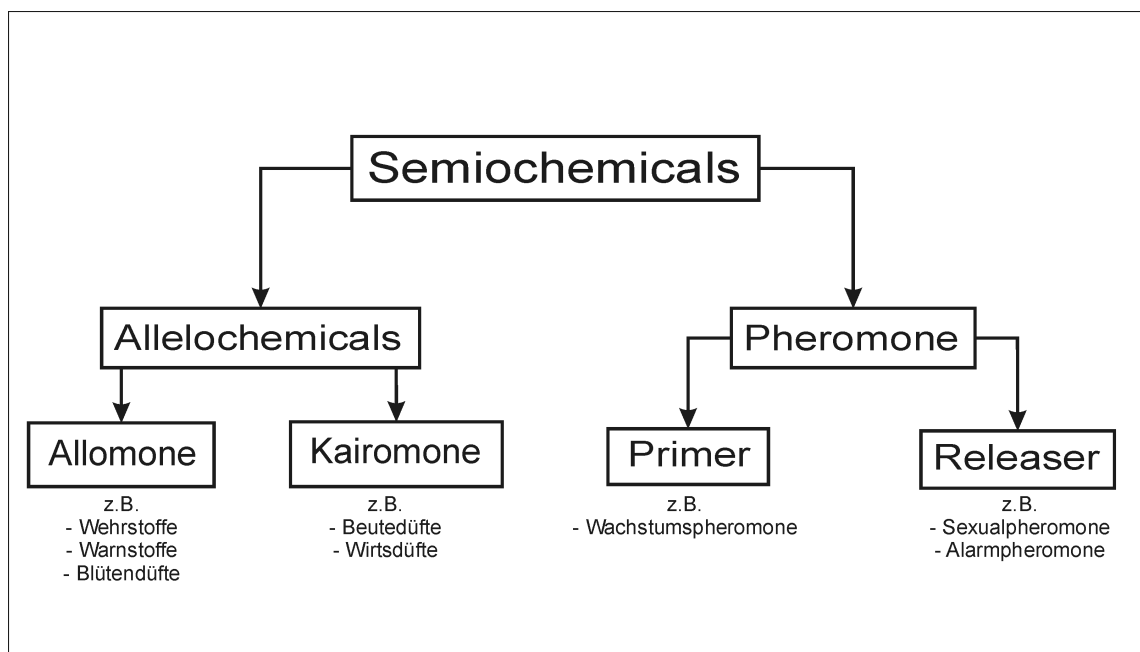


Abbildung 2.1: Semiochemicals (nach div. Autoren)

schädlingen. Es wurden beispielsweise Fallen entwickelt, in denen weibliche Sexualpheromone männliche Insekten anlocken sollten. Die erhofften Erfolge waren jedoch in der praktischen Anwendung eher ernüchternd. Der Durchbruch wurde erst durch Fortschritte in der analytischen Chemie ermöglicht. Die Entwicklung von Gaschromatographie, Massenspektrometrie und Kernspinresonanz-Spektroskopie (NMR-Spektroskopie) ermöglichte eine immer genauere Erfassung und Erkennung von immer kleineren Mengen von Untersuchungsmaterial. Diese Methoden zeigten, daß die chemische Zusammensetzung der Pheromone von viel komplexerer Natur waren als zuerst angenommen. Neben den Hauptbestandteilen des Pheromons sind meistens eine Vielzahl von anderen Stoffen in niedriger Konzentration beteiligt. Diese Erkenntnisse machten eine Ergänzung der Definition nötig. Pheromone sind demnach Substanzen **oder ein Gemisch von Substanzen**, welche Auswirkungen auf das Verhalten oder die Physiologie von Individuen der gleichen Art haben (GARBE, 1992; BROSSUT, 1996). Aufgrund der Artenvielfalt besteht die Aufgabe, bei einer begrenzten Anzahl von Substanzen die Anzahl der möglichen Varianten durch Mischungen zu erhöhen und damit die Speziespezifität zu sichern (CLAUS, 1994).

Pheromone lassen sich weiterhin in *Primer*- und *Releaser*-Pheromone unterteilen. Releaser-Pheromone initiieren beim Empfängertier eine unmittelbare Verhaltensänderung, wie z. B. Sexual- oder Alarmpheromone. Primer-Pheromone dagegen führen zu einer physiologischen Veränderung des endokrinen Systems beim Empfängertier und bewirken so eine Aktivierung der Empfangsbereitschaft für nachfolgende Signale (z. B. Wachstumspheromone) (WILSON, 1965).

Die Pheromone lassen sich nach der Art ihrer Wirkung weiter unterteilen. In der Literatur werden zahlreiche Arten von Pheromonen beschrieben: Sexualpheromone, Alarmpheromone, Brutpflegepheromone, Territorialpheromone, Aggregationspheromone, Spurpheromone, Dispersalpheromone (ERLER, 1992; BROSSUT, 1996).

Die Insektenpheromone sind mit Abstand am besten erforscht und beschrieben, aber auch die Pheromone von Säugetieren werden verstärkt untersucht. Andere Tiergruppen (Wirbellose, Fische, Amphibien, Reptilien) verwenden ebenfalls die chemische Kommunikation, die Forschung auf diesem Gebiet befindet sich aber noch im Anfangsstadium (BROSSUT, 1996).

2.1.3 Pheromone bei Säugetieren

2.1.3.1 Besonderheiten

Im Vergleich zum Insektenreich, dessen Pheromone bei unterschiedlichsten Arten chemisch identifiziert und in ihrer Wirkung eindeutig beschrieben sind, sind die Kenntnisse über die chemische Natur von Säugetierpheromonen, insbesondere bei Haustieren, eher lückenhaft.

Verhaltensreaktionen zwischen Individuen werden von einer Vielzahl von Stimuli ausgelöst. Neben den Pheromonen spielen optische, akustische und ggf. taktile Reize eine bedeutende Rolle. Hinzu kommen z.T. sehr komplexe psychische Einflüsse. Aus diesem Grunde sind aufwendige ethologische Versuchsanordnungen erforderlich, um einerseits die spezifische Wirkung von Pheromonen nachzuweisen, andererseits deren relative Bedeutung im Vergleich mit anderen Signalen zu erfassen.

Eine Unterteilung in Primer-Pheromone (Verhaltensreaktion) und Releaser-Pheromone (hormonale Reaktion) hat sich bei Säugern als wenig sinnvoll erwiesen, weil das gleiche Pheromon komplexe zentralnervale Reaktionen in Gang setzen kann, die beide Bereiche betreffen können (CLAUS, 1994).

Die ursprünglich geforderte Artspezifität der Pheromone ist nach dem heutigen Kenntnisstand einzuschränken. Bei höheren Tieren gibt es Hinweise, daß vergleichbare Mischungen bei verschiedenen Tierarten vorkommen und damit auch Effekte zwischen unterschiedlichen Spezies möglich sind, zumindest, wenn Pheromone isoliert, d.h. ohne Präsenz des Spendertieres appliziert werden. So sind die im Urin männlicher Ratten enthaltenen Pheromone nicht nur in der Lage, bei der eigenen Art die Pubertät zu beschleunigen, sondern auch bei juvenilen weiblichen Mäusen (VANDENBERGH et al., 1975). Ziegenböcke können den Zyklus von Schafen induzieren, was eindeutig auf Pheromone rückführbar ist. Sowohl Ziegenbockhaare als auch isolierte Fraktionen aus Haarextrakten rufen mit hoher Effektivität die charakteristischen Änderungen der LH-Pulsfrequenz beim Schaf hervor. Andererseits sind Pheromone vom Schafbock ohne Wirkung auf Ziegen (OVER et al., 1990).

Von dem typischen Körpergeruch jeder Tierart abgesehen ist die Möglichkeit der Erkennung eines Individuums alleine durch den Geruch experimentell belegt (MÜLLER-SCHWARZE, 1974). Die chemische Signatur von Individuen ist insbesondere bei Labornagern erforscht. Sie ist einerseits genetisch geprägt, bei Mäusen ist sie von den Histokompatibilitätsantigenen abhängig (YAMAGUCHI et al., 1981). Andererseits ist der individuelle Geruch von äußeren Einflüssen wie Ernährung und physiologische bakterielle Flora der Hautdrüsen abhängig (BROWN et al., 1990).

2.1.3.2 Geruchsorgane

Neben der Riechschleimhaut der Nasenhöhle, welche (über den I. Gehirnnerv, die Fila olfactoria – Nervi olfactorii – Bulbus olfactorius) für die Wahrnehmung von Geruchreizen verantwortlich ist, sind auch die Säugetiere mit einem *Vomeronasalorgan* (VNO oder Jakobsonsch'e Organ) ausgestattet. Obwohl dieses Organ in den meisten Fällen seinen Zugang von der Mundhöhle (Ductus nasopalatinus) aus hat, wird es zu den Geruchs- und nicht zu den Geschmacksorganen gezählt. Nur bei den Nagetieren mündet es in die Nasenhöhle (PFLUM, 1989). Das VNO ist mit

Riechschleimhaut ausgekleidet und befindet sich beidseitig direkt neben der Scheidewand unter der Nasenschleimhaut. Das röhrenförmige VNO wird von einer knorpeligen oder knöchernen, dem Vomer zugehörigen Hülle gestützt. Es endet caudal blind. Die Schleimhaut entspricht der Riechschleimhaut mit der Ausnahme, daß die Riechhärchen keine Cilienstruktur besitzen, sondern sehr lange Microvilli sind. Das Vomeronasalorgan wird durch den Nervus vomeronasalis versorgt, der zum Bulbus olfactorius accessorius zieht (NICKEL et al., 1992).

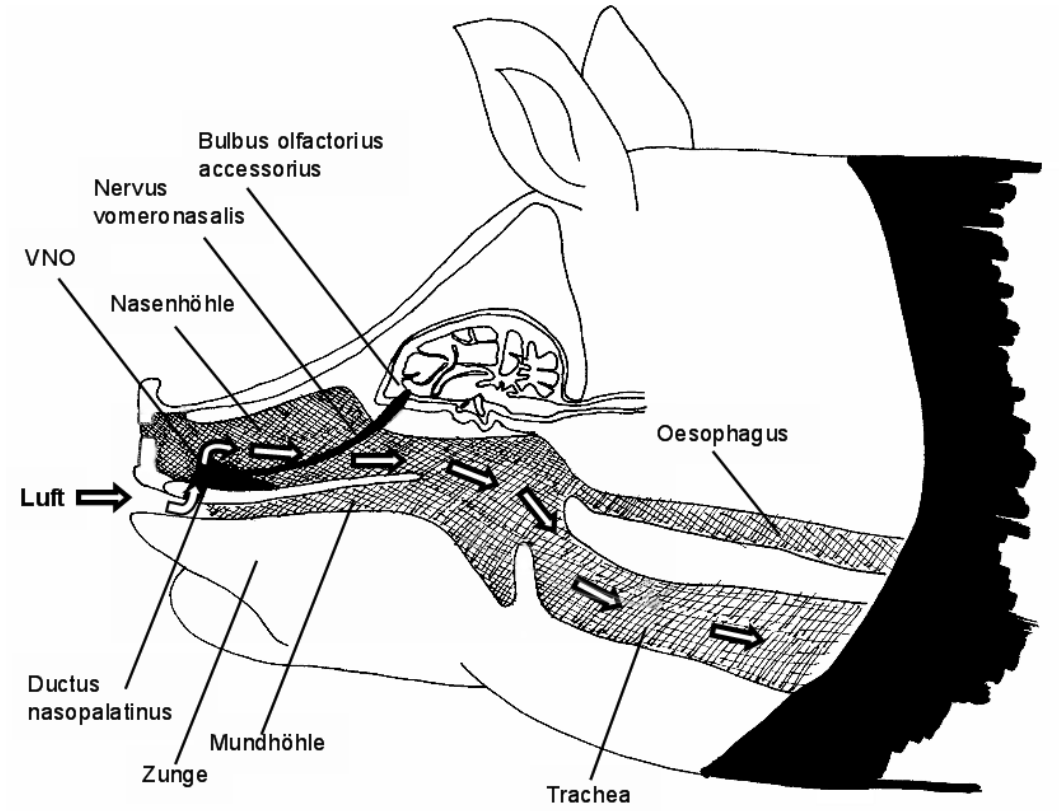


Abbildung 2.2: Darstellung des Flehmens beim Schwein

2.1.3.3 Wahrnehmung von Pheromonen

Die Rolle des VNO scheint erheblich bei den verschiedenen Säugetierarten zu variieren. Die chemische Kommunikation ist komplex und das VNO ist meistens nicht alleine an der Wahrnehmung der Pheromonmischungen beteiligt. Es spielt jedoch eindeutig eine wichtige Rolle (BROSSUT, 1996).

Es wird angenommen, daß nichtflüchtige Semiochemicals (Flüssigkeiten oder Aerosole) mit dem VNO aufgenommen, flüchtige mit dem olfaktorischen Sinn erfaßt werden (DOTY, 1986). Für Pheromone, die über die Gasphase verbreitet werden, dürfte das VNO bedeutungslos sein. So zeigen Versuche beim weiblichen Schaf, daß durch die Verödung der Riechschleimhaut mittels Zinksulfatlösung der Bockeffekt

ausbleibt (CLAUS, 1994). Bei der Entfernung des VNO bzw. Sektion des vomeronasalen Nervs, kann der Bockeffekt jedoch weiterhin beobachtet werden (COHEN-TANNOUJJI et al., 1988)

Das Zuführen der Duftmoleküle an das Vomeronasalorgan wird durch das *Flehmen* ermöglicht (Abb. 2.2). Dabei wird die Nasenhöhle durch Hochziehen der Lippen verschlossen und die Schnauze gehoben, wodurch eine typische Kopfhaltung entsteht (PFLUM, 1989; BROSSUT, 1996). Oft wird die zu untersuchende Substanz (z. B. Urin) direkt in Kontakt mit dem Vomeronasalorgan gebracht (mit der Zunge, Nasenkontakt oder wie es bei dem asiatischen Elefantenbulln zu beobachten ist, mit dem Rüssel) (BROSSUT, 1996; RASMUSSEN et al., 1982). Bei Hamstern konnte man den Urin von Weibchen färben und anschließend den Farbstoff im Vomeronasalorgan von Männchen, welche den Urin inspiziert haben, nachweisen (DOTY, 1986; BROSSUT, 1996). Bei manchen Arten, z.B. bei Hamster, Katze, Hund und Ziege wird die Flüssigkeit durch einen adrenerg gesteuerten Pumpmechanismus, in das VNO gesogen (WYSOCKI, 1979).

2.1.3.4 Syntheseorte

Die Duftdrüsen von Säugetieren sind spezialisierte Regionen der Haut. Diese Drüsen können komplexe Organe formen, die mit oder ohne Speicher, Haaren und Haarbüscheln ausgestattet sind. Es werden drei Typen von Drüsen unterschieden: merokrine (ekrine), apokrine und holokrine Drüsen (BROSSUT, 1996).

Die Lokalisation von Duftdrüsen ist bei den verschiedenen Arten sehr variabel. So befinden sich beispielsweise bei vielen Hornträgern, wie der männlichen Hirschziegenantilope (*Antilope cervicapra*), die Voraugendrüsen (Antorbitaldrüsen) am Kopf. Beim Gamsbock (*Rupicapra rupicapra*) liegen große Drüsen hinter dem Gehörn. Bei anderen bodenlebenden Arten befinden sich Drüsen häufig an den Enden der Extremitäten, das Sekret gelangt so auf die hinterlassene Spur. Zu nennen sind die Zwischenzehendrüsen (interdigitale Drüsen) vieler Paarhufer oder die „Schweißdrüsen“ an den Fußsohlen der Katze. Bei Fleischfressern sind in der Analgegend häufig Drüsen zu finden (PFLUM, 1989). Auf die Synthese und Abgabe von Pheromonen beim Schwein wird im Abschnitt 2.1.4 ausführlich eingegangen.

Außerdem werden im Urin, Kot und Speichel, Stoffe ausgeschieden, welche der chemischen Kommunikation dienen (MUGFORD und NOWELL, 1970; DOTY, 1986; BROSSUT, 1996).

2.1.3.5 Anwendung von Pheromonen

Die Nutzung von Säugetierpheromonen durch den Menschen ist noch nicht so verbreitet wie es bei den Insekten der Fall ist. Aber ihre Anwendung dürfte in vielen

Bereichen möglich sein.

Bei Wildtieren wird häufig die repellente Wirkung von Substanzen genutzt. Künstlich angebrachte Territorialpheromone bilden eine olfaktorische Barriere für Artgenossen. Ebenso werden Pflanzenfresser vom Urin und Kot ihrer Fressfeinde abgeschreckt. Dies wird zum Schutz von jungen Bäumen bei der Wiederaufforstung und an Eisenbahnstrecken genutzt („Duftzaun“).

Bei Haussäugetieren ist die Erforschung der Pheromone insbesondere im Bereich der Reproduktion, weiter fortgeschritten als bei Wildtieren. Der Einfluß von einem Schafbock auf die Fruchtbarkeit von weiblichen Schafen ist auf ein Pheromon, dessen komplexe Zusammensetzung weitgehend bekannt ist, zurückzuführen. Innerhalb einer Gruppe weiblicher Tiere, die mit den Männchen einen Familienverband bilden, bestehen zu Beginn der Paarungssaison erhebliche Unterschiede in der Ovarfunktion. Gesteuert durch die Photoperiode sind einige Tiere bereits zyklisch, während andere zwar grundsätzlich Zyklusbereitschaft zeigen, jedoch die zyklische Ovarfunktion erst allmählich aufnehmen würden. Bei Schaf (LINDSAY, 1988) und Ziege (CLAUS et al., 1985) kann so die spontane Beendigung der saisonalen Azyklie zwischen einzelnen Individuen um bis zu zwei Monate differieren. Die Synchronisation der Paarung wird durch männliche Pheromone gesichert und ist der biologische Sinn des Bockeffektes, der bei Wildschafen, aber auch bei Hausschaf und Ziege bestens belegt ist. Während bereits zyklische Tiere sofort gedeckt werden können, wird bei den verbleibenden Tieren durch Pheromone der letzte Impuls zum Einsetzen des Zyklus vermittelt, so daß nach 3-4 Tagen die Ovulation erfolgt. Der Bockeffekt läßt sich bei Hausschaf und Ziege grundsätzlich auch in Abwesenheit der Böcke, d. h. lediglich mit Pheromon-imprägniertem Material (Schaf: Vlies; Ziege: Haare aus dem Kopfbereich) auslösen. Voraussetzung ist, daß die weiblichen Tiere (wie es dem saisonalen Sozialverhalten von Wildtieren entspricht) zunächst von den Böcken getrennt werden (KNIGHT und LYNCH, 1980; CLAUS et al., 1990). Auch bei Schweinen (DU MESNIL DU BUISSON und SIGNORET, 1962), Rindern (IZARD und VANDENBERGH, 1982) und Nagern (WHITTEN, 1958) wird bei anöstrischen Weibchen der Zyklus durch männliche Pheromone induziert und synchronisiert. Diese „biologische“ Alternative zur hormonellen Behandlung wird insbesondere bei kleinen Wiederkäuern angewendet. Beschränkungen ergeben sich durch jahreszeitliche Schwankungen (SIGNORET et al., 1997).

In gleichen Maßen, jedoch für die Tierhaltung bisweilen ohne große Bedeutung, ist der modulatorische Einfluß auf die Physiologie von männlichen Artgenossen durch die weiblichen Tiere. Beobachtungen bei verschiedenen Arten belegen eine Steigerung der Hodenaktivität und des Testosteronspiegels beim Kontakt mit weiblichen Tieren. Dieser Effekt wurde beim Schafbock (SANFORD et al., 1974; GONZALEZ et al., 1988) und beim Stier beschrieben (KATONGOLE et al., 1971).

Eine weitere, für die Tierzucht wichtige Rolle von Geruchstoffen gibt es in der Mutter-Kind Bindung. Bei Schafen sind die ersten Stunden nach der Geburt entscheidend für das Wecken des Mutterinstinktes. In dieser Phase entsteht die Beziehung zwischen Muttertier und Lamm (POINDRON und LE NEINDRE, 1980). Zunächst erfolgt die Erkennung anhand des Geruches von Fruchtwasser, welches am Lamm anhaftet. Erst später kommen optische und akustische Kriterien hinzu. Die Zerstörung des Geruchsinnes stört diesen Prozess (LÉVY et al., 1983), hingegen hat das Ausschalten des VNO darauf keinen Einfluß (LÉVY et al., 1995). Bei anderen Wiederkäuern scheint es vergleichbare Mechanismen zu geben, Versuche haben dies bei Ziegen (ROMEYER et al., 1994a,b) und Rindern (LE NEINDRE und GAREL, 1976) gezeigt. Beim Pferd gibt es ebenfalls Anhaltspunkte, wonach Geruchstoffe beim Beziehungsaufbau zwischen Stute und Fohlen beteiligt sind (WOLSKI et al., 1980). Nachdem die Erkennung der Duftstoffe nicht angeboren ist, sondern erlernt werden muß, spricht man hier nicht von Pheromonen sondern von Homeochemicals: Semiochemicals, die innerhalb einer Art der Kommunikation dienen, aber im Gegensatz zu Pheromonen erlernt werden müssen (CLAUS, 1994).

Das Überleben der Jungtiere ist vom ersten überaus wichtigen Aufnehmen des Kollostrums abhängig. Die neugeborenen Tiere werden ebenfalls von Geruchstoffen zur Mutter bzw. zum Euter gelockt. Lämmer werden von Anfang an vom Geruch des Fruchtwassers angelockt, sie können dabei das Fruchtwasser der Mutter von dem fremder Schafe unterscheiden (SCHAAL et al., 1995), außerdem haben pheromonale Sekrete der inguinal Hautdrüsen eine anziehende Wirkung (ORGEUR et al., 1995) und wirken stimulierend auf Atmung sowie orale Aktivität (VINCE und WARD, 1984).

In letzter Zeit ist die beruhigende Wirkung von maternalen Pheromonen auf den Nachwuchs analysiert worden. Diese Pheromone wurden beim Schwein, Pferd, Hund und Rind genau erforscht und können synthetisch hergestellt werden. Die Zusammensetzung besteht meist aus einfachen Fettsäuren, die in exakten Verhältnissen zueinander anwesend sein müssen. Syntheseorte finden sich im Bereich des Gesäuges und variieren von einer Tierart zur anderen. Sie werden unmittelbar post-partum und so lange, bis die Jungtiere abgesetzt werden, gebildet. Diese Wirkung ist nicht nur auf Jungtiere beschränkt, sondern auch bei erwachsenen Tieren zu beobachten. Bei Kälbern und Ferkeln konnte durch diese Pheromone eine bessere Futterverwertung mit Steigerung der täglichen Gewichtszunahmen erreicht werden. Bei Hunden wird das „dog appeasing pheromon“ (DAP) bei der Behandlung von Angstzuständen oder Streß beispielsweise bei Autofahrten angewendet. Equine Pheromone werden ebenfalls bei Pferden eingesetzt, wobei das üblicherweise relativ problematische Führen von nervösen Pferden in den Hänger dadurch erleichtert werden soll (BEATA, 2001). Die zootechnische Anwendung dieser Pheromonanaloga kann in vie-

len Bereichen stattfinden und ermöglicht beispielsweise einen einfacheren Umgang mit Tieren oder eine höhere tägliche Gewichtszunahme (PAGEAT und TESSIER, 1998a).

Die Anwendung von Pheromonen hat auch Einzug in die Tiermedizin im Bereich der Verhaltenstherapie gefunden. Insbesondere bei Hunden und Katzen werden synthetische Pheromonanaloga für die Behandlung von unerwünschtem Verhalten, Verhaltenstörungen sowie für das Erreichen eines besseren Wohlbefindens erfolgreich eingesetzt (PAGEAT und GAULTIER, 2003).

2.1.4 Pheromone beim Schwein

Schweine haben einen gut entwickelten Geruchssinn (MCGLONE et al., 1986). Eine Bulbektomie hat bedeutenden Einfluß auf das Sozial- und Sexualverhalten (PARROTT et al., 1985; SOMMERVILLE und BROOM, 1998). Das Flehmen bei Schweinen ist zwar seltener als beispielsweise bei Ungulaten zu beobachten, es tritt jedoch gelegentlich auf (BEATA, 2001). Das Schwein ist eines der Haussäugetiere, dessen Pheromone schon lange genutzt werden. Die männlichen Sexualpheromone des Ebers, Androstenon (5α -Androst-16-en-3-on) und das Androstenol (5α -Androst-16-en-3 α -ol und 5α -Androst-16-en-3 β -ol) sind schon lange bekannt und sind als Spray kommerziell erhältlich. Damit läßt sich der Duldungsreflex bei der rauschenden Sau auslösen und so die Brunsterkennung erleichtern (BROSSUT, 1996). Diese Stoffe, die zu den Steroiden zählen werden in den Hoden gebildet und durch das Blutplasma im Körper verteilt. Androstenon wird als einziges im Fettgewebe gespeichert und hat den unangenehmen „Ebergeruch“ zur Folge, welcher im Fleisch von unkastrierten männlichen Schweinen zur Beeinträchtigung der Fleischqualität führt. Alle drei Steroide gelangen ebenfalls in die Speicheldrüsen in denen eine individuelle Mischung entsteht. Die Abgabe der Sexualpheromone geschieht hauptsächlich über den Speichel. Im Zusammenhang mit dem präkopulatorischen Verhalten führt der Eber ruckartige Kaubewegungen aus, die den Speichelfluß steigern und den pheromonhaltigen Speichel zu Schaum schlagen (sog. Patschen des Ebers). Das Schäumen vergrößert die Oberfläche und steigert somit die Verteilung der Pheromone. Zusätzlich können die Pheromone über die Schweißdrüsen abgegeben werden, die sich auf der gesamten Körperoberfläche befinden (CLAUS, 1994). Eberpheromone spielen bei der Regulation der Reproduktion von Schweinen eine bedeutende Rolle. Jungsauen werden früher geschlechtsreif wenn sie Kontakt zu Ebern und ihrem Geruch haben (DU MESNIL DU BUISSON und SIGNET, 1962; MALAYER et al., 1987), die Eberpräsenz hat auch einen signifikanten Einfluß auf die Länge der Uteri der Jungsauen. Diese Phänomene sind primär auf Eberpheromone zurückführbar. Dies wird dadurch deutlich, daß die Pubertätsbeschleunigung auch dann eintritt, wenn Jungsauen nur

in Nachbarschaft zu einer Box gehalten werden, die mit dem Geruch des Ebers imprägniert ist (CLAUS, 1994). Dagegen löst Eberkontakt bei Jungsauern mit ausgeschaltetem Riechvermögen keine Pubertätsbeschleunigung aus (KIRKWOOD et al., 1981). Außerdem konnte man durch Blockieren der Zugänge zum VNO von rauschenden Sauen keinen Unterschied zu Kontrolltieren feststellen. Die Wirkung der Eberpheromone ist also nicht ausschließlich vom VNO abhängig (DORRIES et al., 1997).

Neben den Funktionen von Androstenon im Sexualverhalten spielt diese Substanz auch eine Rolle beim Sozialverhalten. Das Besprühen von Ferkeln mit Androstenon reduziert die Dauer von aggressivem Verhalten um 68% und führt zu einer frühen Unterwerfung bei Kämpfen (MCGLONE et al., 1986). Es sind mindestens $0,5 \mu\text{g}$ pro Schwein nötig, um diesen Effekt zu erzielen. Der Großteil der Substanz geht jedoch in der Umwelt verloren und die Menge Androstenon, die in die Blutbahn gelangt, ist unzureichend, um einen direkten endokrinen Effekt auszulösen (MCGLONE und MORROW, 1988). Der Studie von PARROTT et al. (1985) zur Folge, wirkt Androstenon nicht dämpfend auf das Kampfverhalten von Sauen mit Ebern oder unter den Sauen selbst. MCGLONE und ZAYAN (1990) berichten hingegen von einer Minderung der Kampfbereitschaft während der Rausche. Sie fügen hinzu, Androstenon hätte außerdem keine direkte antiaggressive Wirkung: junge Schweine werden vielmehr durch den Ebergeruch allgemein eingeschüchtert und trauen sich nicht, ein Tier anzugreifen, das so riecht wie ein erwachsenes Schwein (siehe auch 2.3.1).

Androstenon ist zwar eine natürliche Substanz, es ist jedoch ein Steroid und ist wegen der Möglichkeit von Rückständen im Fleisch nicht geeignet, um die Aggressivität von Schweinen vor dem Schlachten zu unterdrücken (GRANDIN und BURNING, 1992).

Wenn Schweine sich zum ersten Mal begegnen, begutachten sie sich nach visuellen und olfaktorischen Kriterien. Das Riechen richtet sich insbesondere auf das Gesicht und die Ohren. Schweine haben eine „Augendrüse“ (functional orbital gland), welche Informationen über ihren sozialen Status gibt (EWBANK et al., 1974). Dabei geben Pheromone Auskunft über Alter, Geschlecht, physiologischen Zustand und Rang. Ist eines der Tiere dem Anderen deutlich überlegen, dann unterwirft sich der Schwächere. Ist dies nicht der Fall, kommt es zum Kampf (DOTY, 1986; MCGLONE und ZAYAN, 1990). Kämpfe werden mehrmals wiederholt, bis die Rangordnung klargestellt ist. Der Verlierer zeigt jedesmal eine Unterwerfungsgeste. Die Plasmacortisolkonzentration steigt mit der Anzahl der Kämpfe an. Im letzten Gefecht erreicht die Konzentration, einen so hohen Wert, daß das Unterwerfungspheromon über den Urin abgegeben wird (MCGLONE und ZAYAN, 1990). Durch das adrenocortikotrope Hormon (ACTH) wird Plasmacortisol freigesetzt. Im Urin von ACTH-behandelten Schweinen befindet sich ebenfalls das Unterwerfungspheromon. Wird so ein Urin auf

die Haut von anderen Tieren gestrichen, haben diese eine gesteigerte Tendenz sich zu unterwerfen. Die Dauer des submissiven Verhaltens korreliert mit der Plasmacortisolkonzentration der Schweine von denen der Urin gewonnen wurde (MCGLONE, 1984b).

Ein weiteres Pheromon von Schweinen ist beschrieben, es handelt sich um ein Alarmpheromon. Wenn ein Schwein Streß ausgesetzt wird, gibt es diese Substanz über den Urin ab. Fängt man diesen Urin auf und appliziert ihn an einer bestimmten Stelle, wird diese von anderen Schweinen gemieden (VIEUILLE-THOMAS und SIGNORET, 1992).

Die Zusammensetzung der im Abschnitt 2.1.3.5 erwähnten, beruhigend wirkenden maternalen Pheromone sind beim Schwein bekannt und sie können synthetisch hergestellt werden. Dieses Pheromon wird auch als *porcine* (Schwein) *appeasing* (beruhigend) *pheromone* bekannt und im Folgenden als „PAP“ bezeichnet. Es ist nicht bekannt, inwiefern die Wirkung über das VNO oder über den Geruchssinn stattfindet. Es wird jedoch angenommen, daß die wenig flüchtigen Fettsäuren eher das Vomeronasalorgan stimulieren (MCGLONE und ANDERSON, 2002). Zudem haben Untersuchungen von GUIRAUDIE et al. (2002, 2003) Proteine, die Komponenten von PAP binden können, im VNO von Schweinen nachgewiesen. Die Beteiligung des VNO erscheint hierdurch als sehr wahrscheinlich.

Die Anwendung von PAP bei Absatzferkeln, deren Gruppen vermischt wurden, reduziert mit hoher Signifikanz aggressives Verhalten zugunsten von neutralen Kontakten (PAGEAT und TESSIER, 1998b). Weiterhin zeichnet sich die Anwendung durch Erhöhung der täglichen Gewichtszunahmen ohne Beeinträchtigung der Futtermittelverwertung aus (PAGEAT und TESSIER, 1998a). Diese Ergebnisse konnten MCGLONE und ANDERSON (2002) bestätigen. Sie applizierten die Pheromonlösung entweder auf die Schnauze der Tiere oder auf den Futtertrog, so daß die Tiere direkten Kontakt mit der Lösung hatten. Die Wirkung auf die tägliche Gewichtszunahme war in beiden Fällen signifikant höher als bei einer Placebobehandlung. Ein Geschlechtsunterschied konnte nicht nachgewiesen werden.

PAP wurde ebenfalls bei der Bekämpfung von Streß beim Mutterschwein im Rahmen der Geburt erprobt. Eine Verbesserung des Umgangs mit den Tieren begleitete die Maßnahmen. Es konnte eine Verbesserung des Gesundheitsstatus und eine Verringerung der Ferkelverluste post partum erreicht werden (LENEVEU et al., 2002).

Menschen verfügen über einen schwachen Geruchssinn. Sie unterschätzen deshalb die Priorität dieses Sinnes im Tierreich. Es ist dringend notwendig, die Interaktionen von Geruch und Verhalten beim Schwein genauer zu erforschen. Die Beeinflussung von Aggression mittels Pheromonen ist komplex, aber möglich. Ferner könnte man bei Transport- und Schlachtvorgängen das Wohlbefinden der Tiere verbessern und damit dem Tierschutz dienen (SOMMERVILLE und BROOM, 1998).

2.2 Transport von Mastschweinen auf der Straße

2.2.1 Allgemein

Es ist heutzutage nur in Einzelfällen möglich, Schlachttiere im Erzeugerbetrieb zu schlachten. Neben der traditionellen Hausschlachtung für den Eigengebrauch gibt es Bestrebungen, mobile Schlachtstätten zu entwickeln die entweder als Kompaktanlage in einem einzigen Container bzw. Lkw untergebracht sind, oder modulare, mobile Schlachtanlagen, die aus mehreren Containern bestehen, in denen die einzelnen Schlachtschritte untergebracht sind, und am Schlachtort zusammengefügt werden. Es können über 500 Schweine pro Tag unter hohem Hygienestandard geschlachtet werden. Neben dem Vorteil der Vermeidung des Lebendtransportes und einer Verbesserung der Fleischqualität gibt es zahlreiche ungelöste Probleme, wodurch die Umsetzung dieser Technik in nächster Zukunft unwahrscheinlich gemacht wird (BRIESE, 1996). Ein Lebendtransport von Schlachttieren ist in der Regel unvermeidbar. Unter „Transport“ versteht man laut Tierschutztransportverordnung (TierSchTrV i. d. Fassung vom 11. Juni 1999), das Befördern von Tieren in einem Transportmittel einschließlich des Verladens.

2.2.2 Fahrzeuge

Als wichtigster Transportweg hat sich in Deutschland die Straße erwiesen. Mastschweine werden in einer Reihe von sehr verschiedenen Fahrzeugen transportiert. Es werden Pkw-gezogene kleine Anhänger über einfache Lkw, bis zu sehr modernen Sattelschleppern bzw. Lkw mit Anhänger eingesetzt, die drei bzw. vier Ladeebenen haben (FISCHER, 1994). Bei Ferkel- und Läufertransporten kommen Spezialfahrzeuge zum Einsatz. Diese verfügen über fünf Etagen und sind mit Nippeltränken und einer Zwangsbelüftung inklusive Notstromagregat ausgerüstet (GÖLLNITZ, 2004). Außerdem gibt es die Möglichkeit, Tiere in speziellen Containern zu befördern. Bei dieser Art des Transportes werden die Container am Vortag gebracht und die Schweine durch das Hofpersonal ohne Zeitdruck hineingetrieben. Am Transporttag wird der Container abgeholt und an den Bestimmungsort verbracht, nach dem Transport können die Container vollautomatisch gereinigt und desinfiziert werden. Der belastungsarme Umgang mit den Tieren spiegelt sich in geringen Verlusten wieder. Die Fleischqualität ist vergleichbar mit der aus einer Schlachtung im Erzeugerbetrieb. Der erfolgversprechende Containertransport scheitert jedoch an der komplizierten Organisation und an den hohen Kosten (VAN PUTTEN und ELSHOF, 1978; AUGUSTINI, 1983).

2.2.3 Vorbereitung der Tiere

Um die Transportbelastung bei Schweinen möglichst niedrig zu halten sind folgende Maßnahmen empfehlenswert: um Übelkeit, Erbrechen und Aufgasen des Magendarmtraktes, das auf Atmung und Kreislauf deprimierend wirkt, zu vermeiden, empfiehlt VAN PUTTEN (1978) das Einhalten einer Fastenzeit von 12 Stunden. VON MICKWITZ (1980), SCHÜTTE (1994) und TROEGER (1994) sind jedoch der Meinung, 12 Stunden wären ungenügend und empfehlen einen Futterentzug von 24 Stunden wobei eine ausreichende Wasserzufuhr zu gewährleisten ist. Um Auseinandersetzungen unter den Schweinen zu vermeiden, sollten keine fremden Artgenossen zusammengeführt werden, sondern die Tiere buchtenweise verladen und transportiert werden (RUSHEN, 1988b; STEGEN, 1993; VON WENZLAWOWICZ, 1994; SATHER et al., 1995) (siehe auch Abschnitt 2.3). Ein schonender Umgang mit den Tieren vom Erzeuger bis zum Schlachthof wirkt sich positiv auf Transportverluste und Fleischqualität aus (VON MICKWITZ, 1980; STEGEN, 1993; THIEMIG et al., 1997).

2.2.4 Gruppengröße

Die Gruppengröße bleibt bei allen Beförderungsmöglichkeiten mehr oder weniger einheitlich. Nach dänischen Untersuchungen sind in Gruppen von 15 Schweinen die Zahl der Rankämpfe, verglichen mit 30 und mehr Schweinen, vermindert und die Ruhezeiten sind bei 15 Schweinen länger (FISCHER, 1994). Die maximale Gruppengröße von Mastschweinen ist in Deutschland durch die Anlage 4 der TierSchTrV auf 15 beschränkt, wobei die Tiergruppen durch eine stabile Trennvorrichtung abzutrennen sind.

Entscheidende Punkte für die Festlegung von Gruppengrößen sind die Ausprägung der Rangordnung der Tiere untereinander und das physikalisch mechanische Verhalten der Tiere beim Transport (Massenträgheit bei Beschleunigung, Bremsvorgängen und Kurvenfahrt) und die damit verbundene Verletzungsgefahr (FISCHER, 1994).

2.2.5 Verladen

Mittels telemetrischer Messung mit Elektrokardiogrammen wurde festgestellt, daß beim Verladen innerhalb des Transportgeschehens die höchsten Herzfrequenz (AUGUSTINI et al., 1977a; SCHÜTTE, 1994; STEINHARDT und TIELSCHER, 1999) und Cortisolwerte im Plasma (BRADSHAW et al., 1996a) erreicht werden. Dieser Transportabschnitt wird allgemein als größte psychische sowie physische Belastung angesehen (AUGUSTINI et al., 1977a; VON MICKWITZ, 1980; WARRISS et al., 1982; BRADSHAW et al., 1996a; AUßEL, 2001; STEINHARDT, 2002). Es ist oft der Moment, in dem

über einen erfolgreichen Transportverlauf entschieden wird (FIKUART, 1997). Die Verladeeinrichtung hat folgende Mindestanforderungen zu erfüllen: für Schweine beträgt der höchste Neigungswinkel der Laderampe 20° , der höchste Abstand zwischen Boden und Verladeeinrichtung 12 cm und der höchste Abstand zwischen Verladeeinrichtung und Ladefläche 1,5 cm (Anlage 1, TierSchTrV).

Das ebenerdige Verladen oder die Benutzung einer Hebebühne, welche eine waagrechte Verladung ermöglicht, mindert die physische Belastung und hat sich als besonders günstig erwiesen (VON MICKWITZ, 1980; DEGEN, 1991; SCHÜTTE, 1994).

2.2.6 Ladedichte

Für Schweine mit 100 kg Lebendgewicht beträgt die gesetzlich festgelegte Mindestbodenfläche $0,45 \text{ m}^2$ und die maximale $0,9 \text{ m}^2$ (Anlage 4, TierSchTrV). Mit abnehmendem Platzangebot auf dem Lkw nimmt die Fleischqualität ab (niedrigere pH-Werte bzw. höhere Leitfähigkeit) (HEUKING, 1988; GERBER, 1984; VON WENZLAWOWICZ, 1994) und die Zahl von Transporttoten und Notschlachtungen nimmt zu (VON MICKWITZ et al., 1971). Viele Autoren empfehlen daher eine Bodenfläche von mindestens $0,5 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$, damit die Tiere sich ungehindert hinlegen und aufstehen können (VON MICKWITZ et al., 1971; VON MICKWITZ, 1980; DEGEN, 1991; VON WENZLAWOWICZ, 1994; IATA-Richtlinien, 1998). Bei einer Umgebungstemperatur von über 25°C ist die Fläche je Tier um 5 % zu erhöhen. Eine Unterbelegung ist ebenso zu vermeiden wie eine Überbelegung (STEGEN, 1993). Weiterhin ist zu beachten, daß Schweine im Transporter Abstand von Metallabsperrgittern halten und sich in der Mitte zusammendrängen, so daß sich dadurch die Nutzfläche verringert (MÜLLER, 1994).

2.2.7 Transportdauer

Grundsätzlich kann gesagt werden, daß mit der Dauer der Transportzeit auch das Risiko für eine tierschutzwidrige Behandlung der Tiere ansteigt (FISCHER, 1994). Erfahrungsgemäß findet aber in der Anfangsphase des Transportes die größte Belastung der Tiere statt (JANZEN, 1972; WARRISS et al., 1982; MELLER, 1992). So hat SCHÜTTE (1994) die höchsten Herzfrequenzwerte in den ersten 10 Minuten nach Fahrtbeginn gemessen, bei ruhiger Fahrt beruhigten sich die Tiere sehr schnell. Der Streß ist von der Transportdauer, Fahrstil und den Straßenverhältnissen abhängig. Außerdem kommt es in erster Linie auf die Transportqualität an und es empfiehlt sich, möglichst gut ausgebaute Straßen zu benutzen, selbst wenn sich der Transportweg etwas verlängert (AUGUSTINI et al., 1977a). Eine kurze Fahrzeit bedeutet nicht immer eine Verbesserung der pH-Werte im Fleisch (VON WENZLAWOWICZ

et al., 1996). Laut TierSchTrV sind Nutztiertransporte in Normalfahrzeugen innerhalb Deutschlands auf eine Dauer von 8 Stunden beschränkt. Auch nach einer Pause dürfen solche Transporte nicht fortgesetzt werden. Für Transporte innerhalb der Europäischen Union ist die Transportdauer von Nutztieren grundsätzlich auf höchstens acht Stunden begrenzt. Anschließend ist eine Pause von mindestens 24 Stunden vorgeschrieben, wobei die Tiere entladen, gefüttert und getränkt werden. Wenn die Tiere mit Spezialfahrzeugen befördert werden, die bestimmte Bedingungen (Einstreu, Tränkeeinrichtung, Fütterung, Zugangsmöglichkeit zu den Tieren, Trennvorrichtungen und Belüftung) erfüllen, sind auch in Deutschland Transporte von Schweinen über 30 kg bis zu 24 Stunden möglich, dies gilt auch für Ferntransporte innerhalb der Europäischen Union (Tierschutzbericht 2003). Voraussetzung ist eine ständige Versorgung mit Wasser. Nach einem solchen Transport in Spezialfahrzeugen müssen die Tiere entladen, gefüttert und getränkt werden sowie eine Ruhepause von mindestens 24 Stunden erhalten; erst dann darf der Transport in Spezialfahrzeugen fortgesetzt werden.

2.2.8 Transportbelastung und Transportverluste

Trotz all dieser Vorschriften ist der Transport eine erhebliche Belastung für die Tiere. Laut ZMP-Schätzung und statistisches Bundesamt wurden 2003 in Deutschland 45,37 Mio. Schweine geschlachtet, in der EU waren es 204,4 Mio.. In der EU werden bei Schweinetransporten Sterblichkeitsraten von 0,03 % bis 0,5 % erreicht (CHRISTENSEN et al., 1994). Nach SCHÜTTE (1994) kommen in Deutschland 0,4 % während der Transportfahrt zu Tode. Laut VON WENZLAWOWICZ (1998) sind das jährlich ca. 200 000 Schweine. In anderen europäischen Ländern wird von deutlich geringeren Verlusten berichtet. So liegt die Sterblichkeit von Schlachtschweinen auf dem Transport in Dänemark mit relativ kurzen Transportwegen bei nur 0,02 % (BARTON-GADE, 2000). Die ökonomischen Einbußen durch Verluste beim Transport von Schweinen aller Altersgruppen werden in Deutschland mit ca. 35 Millionen Euro jährlich angegeben (BOLDUAN und ROSSOW, 1993). Transportverluste sind nicht nur durch das Verenden von Tieren bedingt, auch Einbußen der Fleischqualität treten auf. In Deutschland kann man laut SCHÜTTE (1994) von einer PSE-Rate von 10 - 20 % ausgehen, das entspricht etwa 4 - 8 Millionen Schweine/Jahr. Die PSE-Rate ist jedoch nicht ausschließlich das Resultat schlechter Transportkondition und Transportbedingungen. Sowohl das Handling auf dem Schlachthof als auch der Betäubungsvorgang hinterlassen ihre Spuren in der Fleischqualität.

Die Ursachen für den Transportstreß sind sehr vielschichtig. Landwirtschaftliche Nutztiere, insbesondere die in Intensivhaltungen, werden in einer übersimplifizierten Umwelt gehalten. Beim Transport reagieren sie mit Angst oder mit Meideverhalten.

Tabelle 2.1: Stressoren beim Transport von Nutztieren (nach BUCHENAUER (1994))

emotionale Faktoren:	physikalische Faktoren:
Verlust des sozialen Umfeldes Verlust der vertrauten Umgebung Überführung in fremde Umgebung Zusammentreffen fremder Tiere Handhabung durch Fremde Einsatz von Zwangsgeräten Verringerung der Individualdistanz Verhinderung der Fluchtdistanz Verhinderung von Erkundungsverhalten Verringerung des Ausruhverhaltens	Fremde Geräusche Fahrzeugvibrationen Fahrstil Zwangskontakt mit Fahrzeugteilen Platzmangel Licht / Dunkelheit
klimatische Faktoren:	physiologische Faktoren:
Hitze Sonneneinwirkung Kälte Zugluft Luftfeuchtigkeit Sauerstoffgehalt Schadgase	Hunger Durst Erhöhung der Stresshormone Erhöhung der Atemfrequenz Erhöhung der Herzfrequenz Kreislaufüberbelastung Veränderung des Blutbildes Bindung von Abwehrkräften Erhöhung der Körpertemperatur

Zusätzlich werden körperliche Leistungen erwartet, die für ein ungeübtes Tier äußerst anstrengend sind. Weniger intensiv gehaltene Tiere haben meistens weniger Schwierigkeiten mit Transportvorgängen. Die heutigen Mastschweine haben in der Regel keine Erfahrungen außerhalb ihres Stalls machen können (VAN PUTTEN, 1978, 1992; SCHÜTTE, 1994). Wenn Mastschweine in einer reizarmen Umwelt aufwachsen, reagieren sie auf Transportbelastungen mit einer erheblich bedeutenderen Steigerung des Speichelcortisolspiegels als Mastschweine die in einer abwechslungsreichen Umgebung gehalten wurden (KLONT et al., 2001).

Die beim Transport von Nutztieren auftretenden Stressoren können in emotionale, physikalische, klimatische und physiologische Faktoren eingeteilt werden (BUCHENAUER, 1994) (siehe Tab. 2.1). Einen erheblichen Einfluß auf das Wohlbefinden der Schweine hat das Wetter (Temperatur und Luftfeuchtigkeit) (THELOE, 1975; LAMBOOY, 1983; HUNTER et al., 1994; FRAQUEZA et al., 1998; HORVATH und VISNYEI, 2000). Auf eine optimale Belüftung des Transporters ist zu achten. Eine gute Ventilation ist deshalb so wichtig, weil ängstliche Tiere mehr Wärme erzeugen als sonst

und diese Hitze nur an kältere Luft abgeben können. Als problematisch erweisen sich Standzeiten des Lkw's, wobei mangels Fahrtwind die höchsten Temperaturen erreicht werden (VAN PUTTEN, 1978; GRANDIN, 1994).

Lärm und Vibrationen sind erwiesenermaßen Auslöser von Angst bei Schweinen (STEPHENS und PERRY, 1990; PERREMANS et al., 1998). Außerdem sind Steigerung der Herzfrequenz, Blutdruckerhöhung und periphere Vasokonstriktion zu beobachten (RANDALL et al., 1994).

2.2.9 Medikamentöse Behandlung

Beim Transport von Tieren ist der Einsatz von Medikamenten denkbar, die eine Beruhigung der Tiere vor und während des Transports (= Transportsedation) bewirken. Eine Verminderung des Transportstresses würde sich somit nicht nur auf die Reduktion von Todesfällen (während oder im Anschluß an einen Transport), sondern auch auf die Verbesserung der Fleischqualität auswirken.

Als Neuroleptika kommen Chlorpromazin, Propionylpromazin und Azaperon in Betracht (BJÖRK, 1988; LÖSCHER, 1994). Ein Neuroleptikum ist ein Psychopharmakon, welches die Affektivität und Dynamik der psychischen Prozesse dämpft, ohne hypnotische und narkotisierende Wirkung zu entfalten. Aggressives Verhalten wird unter allgemeiner Beruhigung und Sedation gedämpft (WIESNER und RIBBECK, 1991). Außerdem können Medikamente aus der Gruppe der β -Blocker (β -Adrenolytika), wie das Carazolol, appliziert werden. Wirkstoffe, die weniger häufig Verwendung finden, sind Xylazin, Barbiturate, Benzodiazepine und Alkohol (Schnaps häufig in Kombination mit Azaperone)(LÖSCHER, 1994), bzw. Ethanol (BILKEI, 1989).

Aufgrund der vom Bundesgesundheitsamt festgelegten Wartezeiten von mehreren Tagen für Transportmedikamente dürfen diese Arzneimittel nur für schlachtungsunabhängige Transporte (z. B. vom Abferkelbetrieb zum Aufzuchtsbetrieb) eingesetzt werden. Der Einsatz bei Schlachtschweinen ist also verboten und deshalb nicht möglich. Zu bedenken ist, daß der Einsatz von Medikamenten mit Nebenwirkungen für das Tier und Risiken für den Anwender (Allergien, Kontamination oder Photosensibilisierung) verbunden ist.

Transportmedikation kann auch indirekt zu Risiken für das Tier führen, wenn durch die vermeintliche, mit dem Medikament verbundene Erhöhung der Transportsicherheit, die Transportbedingungen bewußt oder unbewußt verschlechtert werden (LÖSCHER, 1994).

2.3 Aggressives Verhalten bei Schlachtschweinen

2.3.1 Allgemein

Das Bestreben, eine Rangordnung herzustellen, ist beim Wildvorfahren des Hauschweines, dem Wildschwein (*Sus scrofa* L.), stark ausgeprägt (VON BEUERLE, 1975) und diese Eigenschaft ging bei der Domestikation nicht verloren. Bereits in den ersten Lebenstagen kämpfen die Ferkel um die beliebtesten Zitzen (SIGNORET, 1969; FRASER, 1978; VAN PUTTEN, 1978; GERBER, 1984). Bei größeren Ferkeln und bei Läufern ist das Kampfziel zeitweilig weniger eindeutig erkennbar; bei dieser Altersstufe hat der Kampf überwiegend spielerischen Charakter (GERBER, 1984). Die Aggressivität ist von Rasse zu Rasse unterschiedlich. Yorkshire-Schweine sind aggressiv, die trägen Duroc-Schweine sind zwar weniger aggressiv, dafür kämpfen sie mit viel Ausdauer (SIGNORET, 1969).

Die Kämpfe beginnen beim Aufeinandertreffen von fremden Schweinen. Da es meist weder einen klaren Gewinner noch einen klaren Verlierer gibt, bleibt es in der Regel nicht nur bei einem einzigen Kampf zwischen zwei Individuen. Im Durchschnitt enden 5,6 der ersten 7,6 Kämpfe unentschieden (MCGLONE, 1985a). Die ersten Kämpfe dauern besonders lang und enden meist, weil die Gegner erschöpft sind (RUSHEN und PAJOR, 1987). Die Kämpfe setzen sich fort, bis sich eine stabile Rangordnung innerhalb der Gruppe gebildet hat (GUISE und PENNY, 1989a). Bei neu zusammengesetzten Transportgruppen wurden nur vereinzelt und meist bei Stillstand des Fahrzeuges kurze Kämpfe beobachtet (LAMBOOY, 1988; LAMBOOY und ENGEL, 1991; BRADSHAW et al., 1996b). Erst nach dem Entladen erkunden die Tiere ihre neue Umgebung und nehmen Kontakt mit den Artgenossen auf. Dabei kommt es unter fremden Tieren, selten auch unter Buchtgenossen, zu Kämpfen. Diese sind besonders heftig, wenn die Gruppen bereits vor dem Transportieren zusammengestellt wurden (GUISE und PENNY, 1989b). Agonistisches Verhalten ist bei den Ebern am stärksten ausgeprägt. Sauen und Jungtiere kämpfen im Prinzip zwar auf die gleiche Weise, jedoch weniger heftig (BRUMMER, 1978; MOSS und ROBB, 1978b). Die Kampfbereitschaft wird durch Testosteroninjektionen gesteigert (RUSHEN, 1988a). Der Einfluß von Pheromonen auf Aggression und Unterwerfung wird im Abschnitt 2.1 behandelt.

Ziel der kämpfenden Schweine ist es, aus dem Schieben entweder auf den Gegner zu springen, ihm dabei in die Ohren, den Rücken oder die Hungergrube zu beißen, oder mit dem Rüssel den Gegner zu heben und umzuwerfen, um in die Bauchregion zu beißen (MCGLONE, 1985a; MCGLONE und CURTIS, 1985b; ANDERSEN et al., 2000). Schon junge Tiere kämpfen intensiv miteinander, erwachsene Tiere können sich erhebliche Wunden zufügen (BOGNER et al., 1984; RUSHEN und PAJOR, 1987).

Zu diesem physischen Streß kommt der erhebliche psychische Streß, dem die Tiere ausgesetzt sind. Diese Belastung kann zu einer Kreislaufkrise infolge Laktazidose führen. Bei disponierten Schweinen ist ein Rangordnungskampf ausreichend, um Belastungsmiopathie oder, im Extremfall, Herzinsuffizienz mit Tod durch kardiogenen Schock auszulösen (BICKHARDT, 1997). Auf die zum Teil erheblichen physiologischen Abweichungen im Muskel und die Auswirkung auf die Fleischqualität wird im Abschnitt 2.5 ausführlich eingegangen.

Die durch Kämpfe entstandenen Verluste haben dazu geführt, daß eine Vielzahl von Strategien entwickelt wurden, um dieses Problem in den Griff zu bekommen.

Aufgrund der Tatsache, daß insbesondere fremde Schweine miteinander kämpfen, um eine Rangordnung herzustellen, ist es ratsam, die Tiere beim Transport nicht umzugruppieren (MOSS und ROBB, 1978b; VON MICKWITZ, 1980; RUSHEN, 1988b; SATHER et al., 1995; BRADSHAW et al., 1996c; GEVERINK et al., 1996). Bei einem Transportversuch wurde eine deutliche Korrelation zwischen dem Vermischen von Tiergruppen und dem Cortisolspiegel im Speichel sowie dem Umgruppieren und Auftreten von aggressivem Verhalten mit Hautverletzungen festgestellt (GEVERINK et al., 1998a). Um diese Erkenntnisse in die Praxis umsetzen zu können, sollte die Aufnahmefähigkeit von Lkw-Abteil, Mast- und Wartebucht angeglichen werden, dies ist aber meistens nicht der Fall (GUISE und PENNY, 1989a).

Die Dauer der eingehaltenen Wartezeit am Schlachthof hat einen entscheidenden Einfluß auf die Anzahl der Kämpfe (siehe Abschnitt 2.4).

Die Anwesenheit eines Ebers im Wartestall verringert die Zahl und Intensität von Kämpfen. Eber unterbrechen aktiv Kämpfe, indem sie dazwischen gehen, dabei werden keine andere Schweine verletzt und es wurde kein Aufreitversuch beobachtet (GRANDIN und BURNING, 1992). Es ist jedoch nicht nur das Verhalten des Ebers, welches Kämpfe verhindert, sondern auch sein männliches Sexualpheromon „Androstenon“, welches auch synthetisch produziert wird und die Dauer von Kämpfen reduziert (MCGLONE et al., 1986; MCGLONE und MORROW, 1988; GRANDIN und BURNING, 1992) (siehe auch Abschnitt 2.1.4).

Kämpfe können durch Sedieren der Tiere unterbunden werden, z. B. mit Azaperon. Dieses ist jedoch bei Schlachttieren aufgrund der, vom Bundesgesundheitsamt vorgeschriebene Wartezeit von mehreren Tagen, nicht möglich (LÖSCHER, 1994) (siehe auch 2.2.9).

2.3.2 Beurteilung der Kämpfe anhand der Hautverletzungen

Eine deutlich sichtbare Folge der Kämpfe sind die Verletzungen der Haut. Die Beurteilung der Hautverletzungen ermöglicht es, einen Rückschluß auf die Intensität der Kämpfe zu ziehen. Dabei ist es wichtig, Verletzungen, welche beim Kämpfen entstanden sind, von anderen zu unterscheiden. Die typischen Bißverletzungen erkennt man an der kommaförmigen Spur in der Haut. Schäden, die durch gegenseitiges Kratzen mit den Klauen entstehen, sind durch zwei längere, parallelaufende rote Spuren gekennzeichnet. Diese können allerdings auch durch Fluchtverhalten im engen Raum entstehen und sind nicht immer die Folge eines Kampfes. Außerdem entstehen Verletzungen beim Kontakt mit Gegenständen wie z. B. Aussperrungen, durch Schläge und Elektrotreibgerät (Blutspots), besonders in der Regio glutea (GUISE und PENNY, 1989b; GEVERINK et al., 1996; ITP, 1996). Um während des Transportes entstandene Hautverletzungen zu beurteilen, können die Schlachtkörper begutachtet und benotet werden. Diese Methode ermöglicht eine objektive Beurteilung der Verletzungen und wird als Maß für das Wohlbefinden der Tiere und die Intensität von Kämpfen während des Transportes angesehen (GEVERINK et al., 1996). Manche Autoren benützen eine, aus fünf Farbbildern bestehende, fünfstellige Skala, die von der britischen MLC (Meat and Livestock Commission, 1985) herausgegeben wurde (WARRISS und BROWN, 1985; GUISE und PENNY, 1989a,b; SATHER et al., 1995; WEEDING et al., 1996). Andere die vierstellige, von BARTON-GADE et al. (1995) entwickelte Skala (FRAQUEZA et al., 1998; DRIESSEN und GEERS, 2000). Die vom „Institut Technique du Porc“ herausgegebene Skala ermöglicht eine objektive Beurteilung mit Ermittlung der Herkunft der Verletzungen (ITP, 1996). Auch selbstdefinierte Benotungsskalen werden angewendet (BJÖRK, 1988; PÉREZ et al., 2002). Aufgrund des hohen Testosteronspiegels haben männliche Schweine durchschnittlich mehr Hautverletzungen als weibliche (WARRISS und BROWN, 1985; RUSHEN, 1988b; GUISE und PENNY, 1989a; WARRISS et al., 1990; SATHER et al., 1995) und auch mehr als Kastrate (WARRISS und BROWN, 1985; SATHER et al., 1995).

2.4 Schlachthof und Wartestall

In der Regel werden Schlachttiere bei der Ankunft am Schlachthof nicht sofort geschlachtet. Sie werden vorübergehend in einem Wartestall untergebracht. Die Funktion eines Wartestalles ist es, zum Einen die unregelmäßigen Anlieferungen zu puffern und eine kontinuierliche Schlachtung zu ermöglichen. Zum Anderen dient er den Schweinen, sich von der Transportbelastung zu erholen (TROEGER und WOLTERSDORF, 1989). Ein sofortiges Schlachten nach der Ankunft am Schlachthof vermeidet

zwar das Kämpfen (GEVERINK et al., 1996), ungünstig ist jedoch die unzureichende Ruhezeit, welche sich negativ auf die physiologischen Vorgänge im Tierkörper auswirkt und damit auch eine Verschlechterung der Fleischqualität fördert (WARRIS et al., 1992; SANTOS et al., 1997). Eine Ruhezeit von unter 60 Minuten wirkt sich im Sinne einer Erhöhung der pH-Werte nach 24 Stunden aus (MINKUS, 2003). VON WENZLAWOWICZ (1994) und VON WENZLAWOWICZ et al. (1996) haben bei Wartezeiten von weniger als 60 Minuten bzw. zwischen 90–120 Minuten einen positiven Effekt auf die Fleischqualität im Sinne von weniger PSE-Fleisch beschrieben: durchschnittlich beginnen die Rangordnungskämpfe nach 60 Minuten. Desweiteren ist die Wartezeit nicht immer als echte Ruhezeit einstuftbar und eine Verlängerung der Wartezeit über 2 Stunden bringt keinen positiven Einfluß auf die frühpostmortale Fleischreifung. Ein Aufstallen über Nacht hat wesentlich mehr Kämpfe zur Folge, mit dem Ergebnis, daß die Fleischqualität im Sinne von DFD-Fleisch („dark, firm, dry“) gemindert wird (MOSS und ROBB, 1978b).

Um eine möglichst optimale Erholung zu erreichen, sollten die Wartebuchten folgende Eigenschaften aufweisen: lange Seitenwände, Berieselungsmöglichkeit, gruppenweise Aufstallung der Mastgruppen, Fütterung, Tränkung und ausreichende Beleuchtung (150 Lux), evtl. eine Abdeckung, um das Aufreiten zu vermeiden. Die Berieselung dient der Abkühlung und der Ablenkung der Tiere (STEGEN, 1993). Den Tieren sollte Wasser angeboten werden, um den Gewichtsverlust, der bei längeren Transporten auftritt, kompensieren zu können (WARRISS et al., 1982). Um die Tiere möglichst wenig zu belasten, ist auf die Eignung von Treibgängen, Treibhilfen und Personal zu achten. Bei der Betäubungsmethode ist darauf zu achten, daß der Tierschutz und die Fleischqualität nicht unter technischen Mängeln leiden (TROEGER, 1990).

2.5 Umgang mit Schlachtschweinen und Fleischqualität

Die Erhebung der Qualitätsmerkmale des Fleisches, bei und nach dem Schlachten, ist mittlerweile eine Routinetätigkeit an EU-Schlachthöfen. Neben der Kontrolle der Fleischqualität gibt die Beschaffenheit des Fleisches auch Hinweise auf das Wohlbefinden der Tiere vor der Schlachtung (HERTRAMPF et al., 1972; EIKELENBOOM, 1985; VON WENZLAWOWICZ, 1994; MINKUS, 2003). Die Qualität ist jedoch auch stark von den endogenen Faktoren (Genotyp, Rasse, Geschlecht und Schlachtgewicht) abhängig (VON LENGERKEN und HENNEBACH, 1980; BICKHARDT, 1997). Um die Fleischqualitätsmängel sicher zu erkennen, bedient man sich verschiedener physikalischer Meßverfahren. Bewährt hat sich das Kombinieren von mehreren Me-

thoden, um einen Schlachtkörper zu bewerten. Wichtig bei derartigen Messungen ist der Meßzeitpunkt *post mortem* (p.m.) und der Meßort (Topographie der Muskeln) (THIEMIG et al., 1997; SCHARNER, 1999).

2.5.1 Fleischsäuerung

Der Säuregrad wird mit dem pH-Wert angegeben. Er wird als der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration definiert. Der pH-Wert des lebenden Muskels liegt etwas oberhalb des Neutralpunktes (7,2). Während der *post mortem* einsetzenden Glykolyse wird das in den Muskelzellen gespeicherte Glykogen zu Laktat (Milchsäure) abgebaut, dabei werden Wasserstoffionen frei. Dadurch sinkt der pH-Wert im Normalfall in 6 – 8 Stunden auf Werte von 5,4 – 5,8. Verläuft die Glykolyse dagegen sehr schnell, und fällt der pH-Wert bereits innerhalb von 45 Minuten (pH_{45} bzw. pH_1) unter 5,8, so ist dies Ausdruck für das Vorliegen von PSE-Fleisch, das mit schlechter Wasserbindung einhergeht.

Andererseits gibt es Fälle, bei denen infolge Glykogenmangels nur eine geringe pH-Senkung im Fleisch eintritt. Bleibt der pH-Wert auch nach 24 Stunden (pH_{24} oder pHu) noch über 6,2, so liegt eindeutig DFD-Fleisch vor, das im Gegensatz zu PSE-Fleisch durch ein hohes Wasserbindungsvermögen und eine dunkle Farbe gekennzeichnet ist und eine geringe Haltbarkeit besitzt (HOFMANN, 1987). In der Tabelle 2.2 sind die pH-Grenzwerte, die in der Literatur verwendet wurden, zusammengefaßt.

Durch die alleinige Erhebung des pH_1 -Wertes ist keine Aussage über die Entstehung von DFD-Fleisch möglich (DOBRENOV, 1989). Lang anhaltender Streß vor dem Schlachten verbraucht die Glykogenreserven und führt zu DFD-Fleisch. Ein starker, kurz vor der Schlachtung, auftretender Streß führt hingegen zu erhöhter Laktatbildung welches PSE-Fleisch verursacht (MOSS und ROBB, 1978b).

Die Messung des pH-Wertes 45 Minuten und 24 Stunden p.m. zur Erfassung von Qualitätsmängeln hat inzwischen Einzug in die amtlichen Untersuchungen nach dem Fleischhygienegesetz (FlHG in der Fassung vom 30. Juni 2003) gehalten und ist in der allgemeinen Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Untersuchungen nach dem Fleischhygienegesetz, Kap.III Ziff. 6.2 (AVVFlHG in der Fassung vom 19. Februar 2002), beschrieben. Die Methode wird dadurch einheitlich angewandt, das heißt: Meßstelle, -zeitpunkt, -ort und Methode sind vorgeschrieben. Die Bedeutung des pH-Wertes im Fleisch beruht auf der Tatsache, daß er wichtige Qualitätsfaktoren des Fleisches, wie Farbe, Zartheit, Geschmack, Wasserbindungsvermögen (wichtig für die Fleischverarbeitung) und Haltbarkeit maßgebend beeinflusst (AUGUSTINI et al., 1977b; HOFMANN, 1987). Neben diesen wirtschaftlich bedeutenden Kriterien gibt er auch Hinweise auf die exogenen Einflußfaktoren

(Fahrzeit, Ruhezeit, Ladedichte, Umgang mit den Tieren, Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit) die vor der Schlachtung stattgefunden haben und ist damit ein Indikator für Vorbelastung, Wohlbefinden und Gesundheit der Schlachtschweine (BROOM und JOHNSON, 1993; GRANDIN, 1994; WARRISS et al., 1994; VON WENZLAWOWICZ, 1994; VON WENZLAWOWICZ et al., 1996).

Tabelle 2.2: Zusammenstellung der in der Literatur verwendeten pH-Grenzwerte (R: Rückenmuskel / *M. longissimus dorsi*; S: Schinkenmuskel / *M. semimembranosus*)

Quelle	Meß-zeit	Meß-ort	Fleischqualitätseintufung				
			sehr gut	gut	fraglich	PSE DFD	
SCHEPER, 1978	pH ₁	R/S		7,0 - 6,2	6,2 - 5,8	< 5,8	
REUTER, 1982	pH ₁	R		5,8 - 6,4		< 5,6	> 6,5
		S		6,0 - 6,5		< 5,8	> 6,6
	pH ₂₄	R		5,4 - 5,8			> 6,4
		S		5,4 - 6,0			> 6,4
SACK et al. 1987	pH ₁	R/S		≥ 6,2	5,8 - 6,2	≤ 5,8	
ROTH, 1987	pH ₁	R		≥ 5,8	5,61 - 5,79	≤ 5,6	
GRESHAKE et al., 1988	pH ₁			≥ 5,8	5,61 - 5,79	≤ 5,6	
HÖLSCHER, 1988	pH ₁			> 5,8		< 5,6	
REUL, 1988	pH ₁	R		≥ 5,8	5,61 - 5,79	≤ 5,6	
FISCHER U. ALPS, 1988	pH ₁	R		≥ 5,8		≤ 5,6	
THÖLKING U. BRENNER, 1990	pH ₁	R		≥ 5,8		≤ 5,8	
MATZKE U. HOLZER, 1989	pH ₁	R/S		≥ 5,8	5,6 - 5,8	≤ 5,6	
VON WENZ-LAWOWICZ, 1994	pH ₁	R		> 6,2	5,6 - 6,2	< 5,6	
		S		> 6,2	5,8 - 6,2	< 5,8	
BLT-Grub ¹ , 2000	pH ₁	R	> 6,0	5,81 - 6,00	5,60 - 5,80	< 5,6	
	pH ₂₄	S			6,0 - 6,2		> 6,2
AVVFIHG, 2002	pH ₁	R				≤ 5,6	
		S				≤ 5,8	
	pH ₂₄	R/S					≥ 6,2

¹BLT-Grub: Bayerische Landesanstalt für Tierzucht - Grub

2.5.2 Leitfähigkeit

Eine weitere Methode, um PSE-Fleisch zu erkennen, bietet die Messung der elektrischen Leitfähigkeit (LF) im Muskel. Sie wird in Milli-Siemens pro Zentimeter (mS/cm) angegeben. Für Routinemessungen am Schlachtband mit dem Ziel der allgemeinen Einschätzung der Fleischqualität ist die Leitfähigkeitsmessung ein praktisches Verfahren, sofern nicht zu früh nach der Schlachtung gemessen wird (THÖLKING und BRENNER, 1990). Um Qualitätsabweichungen im Sinne von PSE zu erkennen, ist die Messung nach mindestens 120 Minuten (THÖLKING und BRENNER, 1990; THIEMIG et al., 1997) oder 24 Stunden p.m. geeignet (BICKHARDT, 1997; BEUTLING und SEIFERT, 2002). Die Tabelle 2.3 gibt die Grenzwerte der LF an, die zur Bildung von Fleischqualitätsklassen verwendet werden.

Tabelle 2.3: Zusammenstellung der in der Literatur verwendeten Leitfähigkeits-Grenzen (R: Rückenmuskel / M. longissimus dorsi; S: Schinkenmuskel / M. semimembranosus)

Quelle	Meßzeit (Min.)	Meßort	Fleischqualitätseintufung			
			sehr gut	gut	fraglich	PSE
REUL ET AL., 1984	40			$\leq 5,0$	5,01 - 8,9	$\geq 9,0$
	50			$\leq 5,0$	5,51 - 10,49	$\geq 9,0$
	60			$\leq 6,0$	6,01 - 10,99	$\geq 11,0$
SCHMITTEN, 1984	40	R/S		$\leq 4,3$	4,31 - 8,29	$\geq 8,3$
	50			$\leq 4,8$	4,81 - 9,79	$\geq 9,8$
	60			$\leq 5,3$	5,31 - 10,29	$\geq 10,3$
	24h			$\leq 7,3$	7,31 - 9,79	$\geq 9,8$
FELDHUSEN et al., 1987	40 - 50	R/S		$\leq 5,0$		$\geq 7,0$
SACK ET AL., 1987	45			$\leq 3,2$	3,21 - 6,97	$\geq 6,98$
ROTH, 1987	40	R		$\leq 5,0$	5,01 - 8,99	$\geq 9,0$
	50			$\leq 5,5$	5,51 - 10,49	$\geq 10,5$
	60			$\leq 6,0$	6,01 - 10,99	$\geq 11,0$
	24h			$\leq 8,0$	8,01 - 10,45	$\geq 10,5$
REUL, 1988	40			$\leq 4,3$	4,31 - 8,29	$\geq 8,3$
GRESHAKE et al., 1988	45	R		$\leq 4,6$	4,61 - 9,26	$\geq 9,3$
	24h			$\leq 7,8$	7,81 - 9,79	$\geq 9,8$
SCHMITTEN et al., 1989	40	R		$\leq 4,3$	4,31 - 8,29	$\geq 8,3$
	45			$\leq 4,5$	4,51 - 8,99	$\geq 9,0$
STUMPE et al., 1990	50	R		$\leq 4,8$	4,81 - 9,79	$\geq 9,8$
VON WENZLA- WOWICZ, 1994	42	R/S		$< 4,3$	4,30 - 8,30	$> 8,3$
BLT-Grub, 2000	24h	R	$< 7,5$	7,5 - 9,0	9,1 - 10,0	$> 10,0$

2.5.3 Fleischhelligkeit

Die Muskelfleischfarbe wird im Allgemeinen subjektiv visuell im Rahmen der Fleischuntersuchung ermittelt. Um die Farbe objektiv zu messen und die Meßergebnisse vergleichbar zu machen, finden Farbmeßgeräte Anwendung. Das Fleisch im crania-

len Bereich des *M. longissimus dorsi* (5. und 6. Brustwirbel) ist heller als im caudalen Bereich (3. und 4. Lendenwirbel). Im 24 Stunden-Verlauf erfährt das Fleisch eine Aufhellung, es gewinnt an Rotanteil und verliert an Gelbanteil (MUCK, 1999). Die Messung nach 40 Minuten p.m. ist nicht aussagekräftig (VON WENZLAWOWICZ et al., 1996). Nach 120 Minuten (THÖLKING und BRENNER, 1990; THIEMIG et al., 1997) bzw. 24 Stunden ist es hingegen möglich, PSE-Fleisch sicher zu erkennen (BICKHARDT, 1997).

Untersuchungen haben ergeben, daß Schlachtschweine mit erhöhter Atemfrequenz, Körpertemperatur und Pulsfrequenz abweichende postmortale Helligkeitswerte aufwiesen, welche auf eine schlechtere Fleischqualität schließen ließen (HERTRAMPF et al., 1972).

Tabelle 2.4: Einteilung der Fleischqualitätsklassen anhand der Fleischhelligkeit – Opto-Star-Wert (Fa. Matthäus, Pöttmes)

Quelle	Meß-zeit	Meß-ort	Fleischqualitätseintufung				
			sehr gut	gut	fraglich	PSE	DFD-Verdacht
BLT-Grub 2000	24h	R	66-80	61-65	55-60	< 55	> 80

2.6 Belastungsindikatoren beim Schwein

2.6.1 Einleitung

Das Einwirken eines Stressors bewirkt neben möglichen Verhaltensänderungen, physiologische und biochemische Vorgänge, um die Homöostase aufrecht zu erhalten oder wiederherzustellen. Diese vom zentralen Nervensystem initiierten und koordinierten Prozesse finden auf verschiedenen Ebenen statt. Anhand humoraler, biochemischer und physikalischer Indikatoren wie Plasmahormon- und Mediatorkonzentrationen, Stoffwechselmetaboliten, Herz-, Atemfrequenz sowie der Körpertemperatur ist das Ausmaß der Belastungen meßbar.

Eine Voraussetzung für eine geeignete Untersuchung bzw. Probenentnahme ist dadurch gekennzeichnet, daß sie selbst keinen oder nur einen möglichst geringen Belastungsfaktor darstellt (MARAHERNS, 1994).

2.6.2 Herzfrequenz

Unter Herzfrequenz versteht man die Schlagfrequenz des Herzens. Sie wird in Schlägen pro Minute (S/Min.) angegeben und ist mit einem Herzfrequenzmesser relativ einfach und genau zu erfassen. Sie steigt bei Erregung und Muskelarbeit an und ist somit ein geeigneter Parameter, um Belastungen bei Tieren bzw. Schweinen zu beurteilen (AUGUSTINI et al., 1977a; VAN PUTTEN und ELSHOF, 1978; BROOM und JOHNSON, 1993; VILLÉ et al., 1993; MARAHRENS, 1994; SCHÜTTE, 1994; BROOM, 1996; COCKRAM et al., 1996; PERREMANS et al., 1997; GRIGOR et al., 1998; STEINHARDT, 2002).

Tonusänderungen im vegetativen Nervensystem zeigen über Sympathicus und Vagus direkte Auswirkungen auf das Herz-Kreislauf-System. Aber auch durch erhöhten Sauerstoffbedarf bei motorischer Aktivität und durch erhöhten Energieumsatz in physischen und psychischen Belastungssituationen steigt die Herzleistung an. Mit Hilfe weiterer physiologischer Untersuchungsparameter und dem Verhalten der Tiere können die Daten unverzerrt interpretiert werden (MARAHRENS, 1994; HANSEN und VON BORELL, 1996). Insbesondere kurzfristige Erregungen sind anhand der Herzfrequenz gut nachweisbar. Darüber hinaus hat man eine genaue Auskunft über den Zeitpunkt der Belastung (STEPHENS und PERRY, 1990).

Bei einem Mastschwein von etwa 100 kg beträgt die Herzfrequenz in Ruhe 138 ± 21 S/Min. (VAN PUTTEN und ELSHOF, 1978), es werden auch Werte von 80–100 S/Min. angegeben (BICKHARDT, 1997). Unter Belastung, zum Beispiel auf dem Laufband, werden Werte von 180–270 S/Min., bei Anbindestreß 100–200 S/Min. (BICKHARDT, 1997), beim Verladen 180–240 S/Min. (AUGUSTINI et al., 1977a) und beim Transport 100–130 S/Min. (SCHÜTTE, 1994) registriert.

Es gibt verschiedene Messmethoden, um die Herzfrequenz bei Schweinen zu bestimmen. Die Auskultation ist meist ungeeignet, da eine kontinuierliche Messung mit Datenspeicherung erwünscht wird. Neben invasiven Techniken, die darin bestehen, am sedierten Tier fünf Elektroden zu implantieren und sie an ein Elektrokardiogramm (EKG) anzuschließen (VILLÉ et al., 1993; PERREMANS et al., 1997; DE JONG et al., 1998), gibt es manipulationsfrei anwendbare und nichtinvasive Techniken zur Messung der Herzfrequenz an freilaufenden Tieren. Ein Beispiel sind die Polar Meßgeräte (Polar Electro Oy, Finland). Sie wurden ursprünglich für die Sportmedizin entwickelt und arbeiten nach dem EKG-Prinzip mit einer Ableitung. Hierbei wird die R-Zacke des EKG registriert. Die Elektroden sind in einem Gurt integriert, der um den Brustkorb herum angelegt wird (MARAHRENS, 1994). Ihre Anwendung beim Schwein hat sich vielfach bewährt (MARCHAND et al., 1995; HANSEN und VON BORELL, 1996; ROBERT et al., 1997).

Das Schwein hat ein relativ kleines Herz von ca. 0,3% des Körpergewichts. Dies wird durch starke Kontraktivität des Myokards und einen relativ hohen Blutdruck

kompensiert (BICKHARDT, 1997).

2.6.3 Cortisol

Während der Belastung (z. B. Transport) werden Stresshormone der adrenalen Axis freigesetzt, insbesondere die Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin. Bei länger einwirkenden Stressoren wird das Adrenocorticotrope Hormon (ACTH) im Hypophysenvorderlappen ausgeschüttet, dann die Glucocorticoide Cortisol und Corticosteron in der Nebenniere (Zona fasciculata). Als Maß für psychischen Stress eignet sich besonders die Bestimmung der Glucocorticoide, weil sie über einen längeren Zeitraum im Plasma, Urin oder Speichel nachweisbar sind (WARRIS et al., 1992; BROOM und JOHNSON, 1993). Um die Transportbelastung zu bewerten, ist die Cortisolmessung eine geeignete Methode (BRADSHAW et al., 1996a,b; KOLB und SEEHAWER, 2000a; KLONT et al., 2001).

Im Speichel ist nur das freie, ungebundene Cortisol vorhanden, im Plasma ist Cortisol zum Teil frei, zum anderen an Proteinen gebunden. Die Speichelkonzentration korreliert besonders mit der Konzentration an ungebundenem Plasmacortisol (PARROTT et al., 1989). Die Cortisolkonzentration im Speichel korreliert jedoch auch mit der gesamten Cortisolkonzentration im Plasma und ist daher ein geeigneter Indikator für die Plasmakonzentration der Tiere und somit für das Ausmaß an psychischem Stress (PARROTT et al., 1989; COOK et al., 1996). Die Messung des Speichelcortisols ist unabhängig von der Speichelflußrate (SCHÖNREITER, 1996; SCHÖNREITER et al., 1999). Der Vorteil der Speichelentnahme, im Vergleich zur Blutentnahme, ist die wenig-invasive Vorgehensweise (BROOM und JOHNSON, 1993; QUISSELL, 1993; LEBELT et al., 1996). Die Speichelproben lassen sich außerdem einfach konservieren, beispielsweise kann menschlicher Speichel mehrere Tage bei Raumtemperatur ohne Beeinträchtigung gelagert werden (COOK et al., 1996).

Die Cortisolwerte im Speichel sind einem circadianen Rhythmus ausgesetzt, bei jungen Schweinen schwanken die Cortisolwerte um 64 % innerhalb eines Tages (EKKEKEL et al., 1995). In der Literatur findet man verschiedene Angaben über den Rhythmus: EKKEKEL et al. (1995) beschreiben eine höchste Konzentration mittags und die niedrigste um Mitternacht, in einer späteren Studie beschreiben EKKEKEL et al. (1997) einen Höhepunkt am Morgen und einen Tiefpunkt abends. RUIS et al. (1997) beschreiben in einer umfassenden Studie ebenfalls einen Peak am Mittag und haben einen signifikanten Einfluß von Alter, Geschlecht, Zeitpunkt vom Stressor und Wochentag festgestellt. Ferner ist die Speichelcortisolkonzentration individuell variabel. Das Erscheinen eines circaseptanen Rhythmus wird in der Chronobiologie jedoch als Artefakt bewertet (TUREK, 1994).

2.6.4 Verhalten

Das Beobachten von Tierverhalten kann zusätzlich wertvolle Informationen liefern. Gibt es beispielsweise dauernd Kämpfe in einer Schweinegruppe, dann muß mangelndes Wohlbefinden angenommen werden (BRUMMER, 1978). Die Erhebung von Verhaltensbeobachtungen ist außerdem nötig, um eine differenzierte Beurteilung von anderen Parametern, beispielsweise der Herzfrequenz, zu ermöglichen (MARAARENS, 1994; HANSEN und VON BORELL, 1996) (vgl. Abschnitt 2.6.2).

Bei Transportversuchen berücksichtigt man insbesondere die Körperhaltung der Tiere (Liege-, Steh- oder Sitzverhalten) (LAMBOOY, 1988; BRADSHAW et al., 1996a,b; COCKRAM et al., 1996; PERREMANS et al., 1997), bei Schweinen kann das Schwitzen im Bereich der Rüsselscheibe als Belastungsparameter einbezogen werden (HEUKING, 1988). Als Zeichen für Reisekrankheit gelten Erbrechen, Kauen, Schaum vor dem Maul, Luftschnüffeln oder Stehen (BRADSHAW et al., 1996c). Während des Transportes treten jedoch verhältnismäßig wenig auffällige Verhaltensweisen auf, meistens liegen die Schweine (WARRISS et al., 1982; LAMBOOY und ENGEL, 1991; BRADSHAW et al., 1996b), aggressives Verhalten wird selten beobachtet (LAMBOOY, 1988; LAMBOOY und ENGEL, 1991).

Erst nach dem Abladen und Unterbringen im Wartestall des Schlachthofes beginnen die Rangordnungskämpfe unter fremden Schweinen (LAMBOOY, 1988; RUSHEN, 1988b; FRAQUEZA et al., 1998) (vgl. Abschnitt 2.3). Im Wartestall ist ebenfalls die Beobachtung der Körperhaltung ein aussagekräftiger Parameter (MOSS, 1978a). Zusätzlich können folgende Verhaltensmuster beobachtet werden: Explorationsgehen, Schnüffeln, Wandlecken, Sexualverhalten, Besteigen, Beißen und Schieben (GUISE und PENNY, 1989b; FRAQUEZA et al., 1998).

Das Verwenden von Videoaufnahmen bei ethologischen Untersuchungen ermöglicht eine genaue Erfassung und Analyse des Verhaltens der Tiere. Eine einfache und objektive Methode, um das Verhalten von Tiergruppen zu quantifizieren, gibt das „scan sampling“. Eine gesamte Gruppe von Versuchsobjekten wird in regelmäßigen Zeitabständen beobachtet, dabei zeichnet man das Verhalten eines jeden einzelnen Individuums auf. Zumeist können nur wenige Parameter untersucht werden. Die gewonnenen Daten sind dann statistisch auswertbar (MARTIN und BATESON, 1993). Die Erfassung und Auswertung von komplexen Verhaltensweisen kann mit einem computergestützten Analysesystem erleichtert werden (MCGLONE et al., 1984a; HOY, 1998).

2.6.5 Körpertemperatur

Ein wesentliches Kennzeichen der Säugetiere ist die Fähigkeit, ihre Körpertemperatur innerhalb von bestimmten Grenzen zu regeln (*homoiotherme* Tiere). Bei steigender Umgebungstemperatur setzen Maßnahmen gegen Überhitzung (Schwitzen, Hecheln, periphere Vasodilatation und spezielle Verhaltensweisen) ein. Bei sinkender Umgebungstemperatur werden Strategien gegen Unterkühlung (periphere Vasokonstriktion, Kältezittern, Piloarreaktion, Verbrennen von Fettreserven und spezielle Verhaltensweisen) eingeleitet. Die Temperaturregulation hat im Organismus höchste Priorität, wobei das Hauptbestreben darin liegt, die Temperatur im ZNS aufrecht zu erhalten. Dadurch bleibt die Körperkerntemperatur über eine hohe Bandbreite thermisch veränderlicher Umweltbedingungen stabil. Das gilt nicht für die periphere Temperatur (PFLUM, 1989). Eine erhöhte Hauttemperatur ist ein erprobter Parameter zur Erkennung von Transportmängeln (REINHART, 1980).

Die Körpertemperatur wird ebenfalls als physiologischer Maßstab zur Einschätzung der Belastung herangezogen (VON MICKWITZ et al., 1971; STEINHARDT et al., 1976; AUGUSTINI et al., 1977a; BROOM und JOHNSON, 1993; SANTOS et al., 1997). Bei psychischer Belastung wird, über Aktivierung des vegetativen Nervensystems und des Neuro-Endokriniums gesteuert, Energie zur Erhöhung des Muskeltonus bereitgestellt. Dadurch bereitet sich der Organismus vor, auf einwirkende Stressoren kurzfristig, mit Anpassung oder Flucht, zu reagieren. Dabei steigt die Körpertemperatur der Tiere, auch bei fehlender Muskelaktivität, an (MARAARENS, 1994).

Die berührungslose Messung der Hauttemperatur mit Hilfe der Infrarot-Thermometrie ermöglicht die Erhebung dieses wichtigen physiologischen Parameters ohne die Tiere zu stören (REINHART, 1980).

Die Körpertemperatur wird durch die Umgebungstemperatur, die Luftgeschwindigkeit (REINHART, 1980) und bei Transporten durch die Ladedichte beeinflusst (AUGUSTINI et al., 1977a).

2.6.6 Gewichtsverlust

Bei gleicher Fütterung haben transportierte Schweine einen größeren Gewichtsverlust als Tiere aus einer nicht transportierten Kontrollgruppe. Bei kurzen Strecken (unter 1 Stunde) sind die Verluste insbesondere durch verstärkte Kot- und Urinausscheidung bedingt. Dabei sind keine signifikanten Verluste beim Schlachtgewicht zu verzeichnen. Bei längeren Transporten (6 Stunden) kommt eine unzureichende Wasseraufnahme bei starken Flüssigkeitsverlusten hinzu, die eine Minderung des Schlachtgewichtes verursacht. Eine Stunde freien Zugangs zur Tränke im Wartestall ist nicht ausreichend, um den gesamten Wasserverlust zu kompensieren (WARRISS et al., 1982). Dehydration wird zusätzlich durch die transportbedingt gesteiger-

te Stoffwechselrate und erhöhte respiratorische Aktivität gefördert (BECKER et al., 1989).

WARRISS et al. (1982) haben bei einstündigem Transport einen Lebendgewichtsverlust von 0,6 % und bei 6 Stunden von 2,3 %, ermittelt. WARRISS et al. (1990) berichten von 1,8 % bei einstündigem Transport und von 2,6 % Verlust bei 4 Stunden. Bei langen Transporten (29 Stunden) berichtet LAMBOOY (1983, 1988) von Verlusten zwischen 5,0 % bei getränkten und 5,9 % bei nicht getränkten Schweinen. Beim Fasten von mehr als 24 Stunden kam es bei Schweinen zu einem Gewichtsverlust der Leber. Es gab jedoch keinen Unterschied zwischen Tieren die transportiert wurden und welchen die nicht transportiert wurden (BECKER et al., 1989).

2.6.7 Blutwerte

Neben den geschilderten Parametern gibt es noch andere Möglichkeiten, um den Schweregrad der Belastung zu erfassen. Die Bestimmung von Blutwerten wird hierzu oft herangezogen. Die Blutentnahme selbst ist beim Schwein allerdings mit erheblichem Streß verbunden. Es besteht die Gefahr, daß gerade die für diese Untersuchungen herangezogenen Parameter durch den Blutentnahmevergung beeinflusst werden. Durch das Setzen eines Verweilkatheters lassen sich derartige Auswirkungen weitgehend einschränken. Dieses gelingt nicht, wenn die Tiere dennoch fixiert werden müssen. Eine fixationslose Blutentnahme ist nur durch einen Probennehmer, an den die Tiere gewöhnt sind, und nur in kontrollierten Untersuchungssituationen möglich. Auf Tiertransporten fehlen diese Voraussetzungen in der Regel. (MARAHRENS, 1994). Eine weitere Möglichkeit, um Blut zu gewinnen, ist beim Ausbluten während des Schlachtprozesses gegeben (WARRISS und BROWN, 1985; WARRIS et al., 1992; AUßEL, 2001).

Aus den gewonnenen Blutproben geben folgende Werte Auskunft über Intensität und Art der Belastung: bei Muskelanstrengung oder -schädigung kommt es zu einem Anstieg von Laktat, CK und LDH. Durch psychische Belastung bedingt, steigen die Plasmakonzentrationen von Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol (BROOM und JOHNSON, 1993). Weitere Werte geben zusätzlich Informationen über die Verfassung der Tiere nach einer Belastung, beispielsweise werden die Konzentrationen der Schilddrüsenhormone (T3 und T4), ACTH, GOT, Glukose, β -Endorphine und Harnstoff bestimmt (GERBER, 1984; KOLB und SEEHAWER, 2000a). Außerdem kann bei der hämatologischen Untersuchung eine Bestimmung des Hämatokrit-Wertes und des weißen Blutbildes erfolgen (HEUKING, 1988; BECKER et al., 1989).

2.6.8 Auswirkung der Belastung auf die Muskulatur

Durch die akute Belastungsmyopathie (= Porcine stress syndrome oder PSS) sind in Deutschland 0,5 % Transportverluste bedingt. Unter dem Begriff „Belastungsmyopathie“ versteht man eine abnorm beschleunigte Glykolyse und Laktatbildung in der weißen Skelettmuskulatur, die auf einer erblichen Disposition, der sogenannten Streßanfälligkeit, beruhen und durch physische und psychische Belastungssituationen ausgelöst werden. Sie ist in der Regel klinisch latent (latente Belastungsmyopathie) und manifestiert sich erst nach dem Schlachten als PSE oder als DFD (siehe 2.5). Durch starke und ungewohnte Belastungen (z. B. Transport, Fixation, Deckakt, Geburt) wird die akute Belastungsmyopathie mit metabolischer Azidose, Herz- und Kreislaufinsuffizienz und eventuell plötzlichem Verenden ausgelöst. In einigen Fällen wird das Krankheitsbild von lokalen Muskelnekrosen nach Belastung geprägt (akute Rückennekrose). Der Begriff Belastungsmyopathie umfaßt auch Krankheitsbezeichnungen, die spezielle Erscheinungen desselben pathologischen Prinzips beschreiben, wie: Transporttod, plötzlicher Tod, Transportermüdung, Transportmuskeldeneration, Porcine stress syndrome, Watery porc sowie Myopathie exsudative et dépigmentaire. Es sind besonders fleischreiche Rassen betroffen. Die Heritabilität für PSE liegt bei $h^2 = 0,3$. Es besteht eine negative genetische Korrelation zwischen Fleischfülle und Fleischqualität (TOPEL und HALLBERG, 1985; BICKHARDT, 1997). Hier wird jedoch seit einigen Jahren züchterisch entgegengelenkt. Es gibt mehrere Möglichkeiten, stresslabile Schweine zu erkennen um sie dann aus der Zucht herausnehmen zu können (EIKELENBOOM, 1985; GRANDIN, 1994; KOLB und SEEHAWER, 2000a). Die Fütterung von Antioxidantien wie Selen, Vitamine A, D₃, E und Ascorbinsäure kann die Bewältigung der Transportbelastung unterstützen und hat positive Auswirkungen auf die Tiergesundheit nach dem Transport (KOLB und SEEHAWER, 2000b).

3 Material und Methoden

3.1 Einleitung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Einfluß eines neuartigen Präparates (*porcine appeasing pheromone* = PAP), welches dem natürlichen Pheromon der laktierenden Muttersau entspricht, auf das Wohlbefinden von Schlachtschweinen beim Transport zum Schlachthof und deren Unterbringung nach der Ankunft zu überprüfen. Zu diesem Zweck wurde das Ausmaß der Belastung anhand physiologischer und ethologischer Parameter untersucht. Die Tiere wurden entweder mit PAP oder mit einer identischen Lösung ohne Wirkstoff (Placebo) behandelt. Welche Lösung jeweils zum Einsatz kam, war dem Untersuchenden bis zum Ende der Studie nicht bekannt. Die Studie wurde als Doppel-blind-Studie angelegt.

3.2 Experimentelle Behandlung

Um die Wirksamkeit von PAP zu überprüfen wurden folgende Lösungen hergestellt:

3.2.1 Porcine appeasing pheromone (PAP)

- Wirkstoff PAP
- Handelsform 500-ml-Flaschen mit Sprühmechanismus
- Darreichungsform Mikroemulsion
- Aufbewahrung Umgebungstemperatur
- Hersteller Sanofi Santé Nutrition Animale, Z.I. La Ballastière (SSNA)
- Dosierung 6 ml pro Tier (3 Pumpenstöße à 2 ml)

- Dauer der Anwendung einmalige Applikation
- Anwendung Besprühen der Haut im Nackenbereich
- Wartezeit keine

3.2.2 Placebo

- Wirkstoff keiner
- Handelsform 500-ml-Flaschen mit Sprühmechanismus
- Darreichungsform Mikroemulsion
- Aufbewahrung Umgebungstemperatur
- Hersteller Sanofi Santé Nutrition Animale, Z.I. La Ballastière (SSNA)
- Dosierung 6 ml pro Tier (3 Pumpenstöße à 2 ml)
- Dauer der Anwendung einmalige Applikation
- Anwendung Besprühen der Haut im Nackenbereich
- Wartezeit keine

Die aufgesprühte Mikroemulsion verdunstet durch die Körperwärme, wird über die Atemluft inhaliert oder durch direkten Kontakt beim Schnüffeln aufgenommen.

3.2.3 Blindversuch und Zufallsprinzip

Der Versuch wurde als eine Placebo-kontrollierte Doppelblindstudie durchgeführt. Zu Beginn der Versuchsreihe erhielt der Untersuchende eine Anzahl von durchnummerierten Flaschen, die entweder das PAP oder das Placebo enthielten. Eine Flasche war jeweils für den entsprechenden Versuchstag (ein Transport) vorgesehen. Somit stimmten Numerierung und Versuchstag überein, d.h. die Flasche mit der Nr.1 war für den ersten Untersuchungsgang bestimmt u.s.w.. Der entsprechende Inhalt wurde von SSNA (Sanofi) nach dem Zufallsprinzip gewählt und war dem Untersuchenden nicht bekannt.

Nach Beendigung der 11 Transportversuche unterteilte SSNA die durchnummerierten Flaschen in die jeweiligen Gruppen A oder B.

Erst nach Abschluß der statistischen Auswertungen wurde die Zuordnung der Codes A und B mit PAP bzw. Placebo bekannt gegeben.

3.2.4 Anwendung

Jedes Tier wurde am Tag des Transportes, vor dem Versuch, im Stall besprüht und gleichzeitig mit einem Viehstift markiert. Es wurden jeweils 6 ml (entspricht 3 Pumpenstößen) auf die Haut im Halsbereich aufgesprüht. Für jeden Transport war eine

der unter 3.2.3 beschriebenen Flaschen bestimmt. Eine Kontamination der Kontrollgruppe durch eine vorige PAP-Behandlung war ausgeschlossen, da die Transporte mindestens sieben Tage auseinander lagen und jedesmal eine gründliche Reinigung und Desinfektion des Transporters, der Waagen, Stallungen und Treibgänge stattfand.

3.3 Tiere

Bei den Versuchstieren handelte es sich ausschließlich um männliche, kastrierte Schweine. Die Tiere waren stressresistente Hybriden (Genotyp: NN) der Rassen Piétrain (Pi) × deutsches Edelschwein (DE) mit einem durchschnittlichem Lebendgewicht von $102 \pm 10,6$ kg.

Alle 264 Tiere stammten aus dem staatlichen Versuchsgut Osterseeon und wurden in diesem Betrieb gemästet. Von der Abferkelbuchte bis zur Endmast kam es zur mehrmaligen Umstallung. In der Endmastphase standen sie auf Vollspaltenboden und wurden durch eine rationierte, vollautomatische Fütterung versorgt. Wasser stand immer zur freien Verfügung.

Bisher hatte kein Tier Erfahrungen mit Transporten gesammelt.

Zehn Tage vor dem Transport wurden die Versuchsschweine in zwei Buchten von jeweils zwölf Tieren untergebracht. Meistens konnte man die Zwölfergruppen durch Herausnehmen einiger Tiere aus einer größeren Gruppe formen.

Beim Zusammenstellen der Gruppen hatte der Betriebsleiter darauf zu achten, daß sich die Tiere in gutem gesundheitlichen Zustand befanden.

Die Schweine wurden mindestens 20 Stunden vor dem Transport zum letzten Mal gefüttert, Wasser stand ihnen ad libitum zur Verfügung.

An den Versuchstagen wurden die zwei Zwölfergruppen, immer von den gleichen Personen, zur Verladeeinrichtung, die gleichzeitig als Waage diente, getrieben und anschließend verladen.

3.4 Transport

An allen 11 Versuchstagen wurde der Transporter von der gleichen Person gefahren. Die Strecke vom Versuchsgut Osterseeon zum Schlachthaus Grub blieb immer dieselbe und die äußeren Bedingungen (Tageszeit, Verkehr, Ampeln, Straßenverhältnisse) blieben ebenfalls vergleichbar. Die Strecke führte über einen gut befestigten Feldweg, eine Bundesstraße, eine Autobahn, durch eine Kleinstadt und ein Dorf. Die

Fahrt dauerte im Durchschnitt 45 Minuten.

Alle Fahrten wurden mit dem Lkw der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht e.V. Grub durchgeführt. Es handelte sich um ein Transporter der Firma MAN, Typ L 2000 / F mit einem zulässigen Gesamtgewicht von maximal 7,5 Tonnen.

Der Laderaum mit 11,25 m² Gesamtfläche konnte mittels eines Gatters in zwei Abteile getrennt werden, die mit je einer Zwölfergruppe belegt wurden. Das entspricht einer Ladedichte von 0,46 m² pro 100 kg Lebendgewicht. Der Boden wurde großzügig mit Stroh ausgelegt.

Die Laderampe war zugleich die hintere Wand des Laderaumes. Für das Be- und Entladen konnte man diese herunterklappen und an den Seiten Geländer herausfahren, die ein Hinunterfallen der Tiere verhüteten. Die Rampe war schwarz angestrichen und bestand aus geriffeltem Metall mit Querstegen, die ein Ausrutschen verhinderten. Beim Beladen in Osterseeon betrug der Neigungswinkel der Rampe etwa 18° und beim Entladen am Schlachthaus Grub etwa 15°. Der Abstand zwischen Rampe und Boden maß maximal 10 cm.

Das Klima im Laderaum wurde, je nach Wetterbedingungen, durch Öffnen und Schließen von Belüftungsklappen reguliert. Die Fenster befanden sich an der Frontseite und jeweils in einer oberen und unteren Reihe an den Seitenwänden. Insgesamt hatten die Fenster eine Fläche von 2,73 m². Die höchsten Temperaturen wurden im Sommer bei Stillstand des Fahrzeuges vor dem Entladen erreicht. Deshalb wurde auf eine möglichst kurze Wartezeit geachtet.

3.5 Schlachthaus

Das Schlachthaus der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht e.V. Grub ist eine kleinere Anlage mit einer maximalen Schlachtleistung von etwa 180 Schweinen pro Tag. Neben den Tieren, die von der Leistungs-Prüfungs-Anstalt stammen, werden auch „externe“ Tiere geschlachtet.

Nach dem Entladen der Schweine wurde die Lebenduntersuchung durch den amtlichen Tierarzt durchgeführt. Dann wurden die Tiere auf die Waage getrieben und gewogen, anschließend kamen sie in den Wartestall. Die Buchten im Wartestall konnten maximal sechs Tiere aufnehmen und waren mit einem mit Wasser gefüllten Trog ausgestattet. Auf das Einschalten der Sprinkleranlage wurde verzichtet, um ein Abwaschen der aufgespritzten Behandlungslösung zu verhindern. Der Zeitpunkt des Schlachtens konnte bestimmt werden, somit blieb die Wartezeit bei allen Versuchstagen annähernd gleich.

Die Schweine wurden anschließend buchtenweise durch einen Käfigeinzeltreibgang der Elektrobetäubung zugeführt.

3.6 Probelauf

Bevor der eigentliche Versuch mit den elf Untersuchungsgängen stattfand, wurde ein Probelauf durchgeführt. Dabei wurden ebenfalls 24 Schweine von Osterseeon nach Grub transportiert und dort geschlachtet. Eine Behandlung stand damals noch nicht zur Verfügung. Die erhobenen Parameter waren bis auf die Herzfrequenz die gleichen wie beim eigentlichen Versuch, lediglich die Zeitpunkte der Beprobungen waren verschieden.

3.7 Erhobene Parameter

3.7.1 Übersicht

Bei jeder der elf Untersuchungsgänge wurden vier Schweine von jeder Zwölfergruppe ausgelost, um Speichelcortisol, Herzfrequenz und Hauttemperatur zu messen. Die Kriterien: Verhaltensparameter, Gewicht, Fleischqualität und Hautverletzungen wurden bei allen 24 Tieren pro Gruppe begutachtet.

3.7.2 Meßwerte *intra vitam*

3.7.2.1 Speichelcortisol

Von jeder Zwölfergruppe wurden vier Tieren drei Speichelproben mit Wattestäbchen (Hartmann, München) entnommen. Die erste in der Bucht am Ausgangsort in Osterseeon um den 0-Wert zu ermitteln. Die zweite im Lkw, unmittelbar nach der Ankunft am Schlachthof und die dritte nach etwa 30 Minuten im Wartestall.

Um die Tiere bei der Entnahme möglichst wenig zu beunruhigen, wurden sie zwei Tage zuvor an die Speichelentnahme gewöhnt. Somit konnte am Versuchstag eine relativ streßfreie Probenentnahme durchgeführt werden.

Die Speichelgewinnung erfolgte über das Einschieben von ein bis zwei Wattestäbchen in die Backentasche. Durch leichtes Drehen und Bewegen wurden die Schweine zum Kauen animiert und der Speichelfluß verstärkt. Als die Watte gut durchtränkt war, wurden die Stäbchen in 5 ml Spritzen (deren Kolben entfernt worden waren), die je in einem Reagenzglas steckten (siehe Abb. 3.1), geschoben. Die Reagenzgläser wurden in einer Kühlbox auf Eis gelagert.

Am selben Tag wurden die Röhrchen 10 Minuten bei 1°C und 2000 U/Min. (Umdrehungen pro Minute) zentrifugiert, so daß sich der Speichel in dem Röhrchen

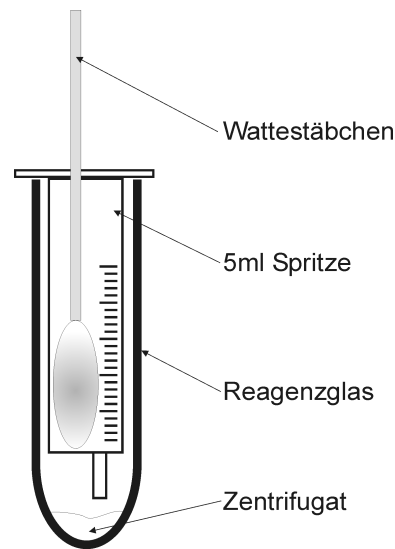


Abbildung 3.1: Reagenzglas mit Spritze und Wattestäbchen

ansammelte. Daraufhin wurden $100\ \mu\text{l}$ in ein kleines Gefäß pipettiert. Die $100\ \mu\text{l}$ und der Rest wurden bei -80°C eingefroren. Bei dieser Temperatur können die Proben mindestens ein Jahr aufbewahrt werden. Später wurde durch einen RIA (Radioimmunoassay) mit der von LEBELT et al. (1996) beschriebenen Methode die Cortisolkonzentration gemessen: die radioimmunologische Bestimmung erfolgte in zwei Aufbereitungsschritten. Als erstes wurden die $100\ \mu\text{l}$ der Probe, auf Eis gelagert, aufgetaut und ihnen $900\ \mu\text{l}$ Ethanol zugesetzt. Nach anschließender gründlicher Durchmischung wurden die Proben zentrifugiert (10 Minuten, 4°C , $2500\ \text{U/Min.}$). Vom Überstand wurde ein Doppelansatz mit je $200\ \mu\text{l}$ in Micronic[®]-tubes (Micronic B.V., Lelystad/NL) pipettiert. Danach wurden die Proben unter Stickstoffbegasung im Wasserbad (37°C) 40 Minuten getrocknet. Alle Pipettierarbeiten wurden auf Eis durchgeführt. Abschließend wurden die Tubes verschlossen, eingeschweißt und bei -20°C eingelagert.

Der zweite Schritt erfolgte nach 8 Wochen. Der aufgetauten Probe wurden $200\ \mu\text{l}$ eines $0,05\ \text{M}$ Phosphatpuffers (pH 7,4) zugesetzt und anschließend acht Sekunden durchmischt. $100\ \mu\text{l}$ Antiserum (Fa. Steranti, Boldon/GB) wurden hinzugegeben und erneut gut durchmischt. Diese Proben wurden nun vier Stunden bei 23°C , in geschlossener Plastikummhüllung, in die feuchte Tücher eingelegt sind, inkubiert. Dann wurden $100\ \mu\text{l}$ Tracer (^{125}I -markiertes Cortisol, IM 129/01, Fa. Amersham, Buckinghamshire/GB) zugegeben, die Proben kurz durchmischt und erneut in die oben beschriebene Plastikummhüllung weitere 18 Stunden bei 4°C inkubiert. Danach wurde der auf Eis gelegten Probe $100\ \mu\text{l}$ Anti-Antiserum (Sac-Cell, Fa. IDS LTD, Boldon/GB) zugegeben, durchmischt und noch einmal in feuchter Umgebung bei 23°C eine Stunde inkubiert. Schließlich wurden die Proben zehn Minuten bei 4°C mit $3000\ \text{U/Min.}$ zentrifugiert und der klare Überstand vollständig abgesaugt. Die Ra-

dioaktivität wurde nun in einem Gammazähler (1470 WizardTM, Fa. WALLAC, Turku/FIN) mittels Rechenprogramm über eine Standardkurve ermittelt.

Der Intraassay-Variabilitationskoeffizient wurde durch zehnmahlige Messung desselben Speichelpools bestimmt. Die Präzision dieses Assay beträgt 9,9 %.

Alle Proben wurden zur Vermeidung einer Interassayvariabilität in einem einzigen Assay bestimmt. Proben aus dem Speichelpool wurden auf Standards mit 32 ng und 64 ng Cortisol gegeben und durchlaufen das gesamte Extraktions- und Nachweisverfahren. Die gefundene Wiederfindungsrate beträgt $88,5 \pm 1,3\%$.

3.7.2.2 Herzfrequenztelemetrie

Bei vier Tieren jeder Zwölfergruppe wurde die Herzfrequenz (HF) vom Wiegen in Osterseeon bis unmittelbar vor der Elektrobetäubung am Schlachthof kontinuierlich erfaßt.

Zum Einsatz kamen Geräte der Firma Polar Electro: vier Polar[®] Sport Tester und vier Polar[®] Accurex plus, mit dem für den Menschen entwickelten Brustgurt (Sender). Die Geräte bestehen aus einem Sender mit zwei Elektroden und einem Empfänger (Monitor), der in Form und Größe einer Armbanduhr entspricht und die Herzfrequenz sowie die Uhrzeit im 15-Sekundentakt aufzeichnet.

Um eine optimale Übertragung der elektrischen Reize zu gewährleisten, wurde Gel auf die Elektroden aufgetragen. Eine Elektrode befand sich auf dem Brustbein, die andere seitlich am linken Brustkorb. Über den Brustgurt wurde ein 10 cm breiter elastischer Gurt (ein aus dem Pferdesport stammender, sogenannter Deckengurt) gelegt, der mit einer angenähten Tasche versehen war. In dieser Tasche befand sich der Empfänger, geschützt von einer Kunststoffhülle (Abb. 3.2).

Als problematisch erwies sich die erhebliche mechanische Belastung, die auf die Gurte wirkte. Durch Kontakt der Schweine untereinander oder mit Gegenständen, kam es des öfteren zum Verrutschen der Elektroden. Beim Umgang mit den Tieren (Treiben, Proben entnehmen) wurde zwar der Sitz der Gurte kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert, trotzdem kam es immer wieder zu Messausfällen oder unlogischen Werten, die eliminiert werden mußten.

Die gewonnenen Daten wurden daraufhin über eine Schnittstelle (Polar Interface PlusTM) auf den PC übertragen und anhand der Polar Advisor SoftwareTM, Version 1.10.021, eingesehen. Die Daten wurden in ein Tabellenkalkulationsprogramm übertragen und ausgewertet (Abb. 3.3). Die Herzfrequenzmittelwerte wurden für folgende Zeitabschnitte errechnet: Beladen, Transport und Wartestall.



Abbildung 3.2: Brustgurt: in der schwarzen Tasche befindet sich der Empfänger

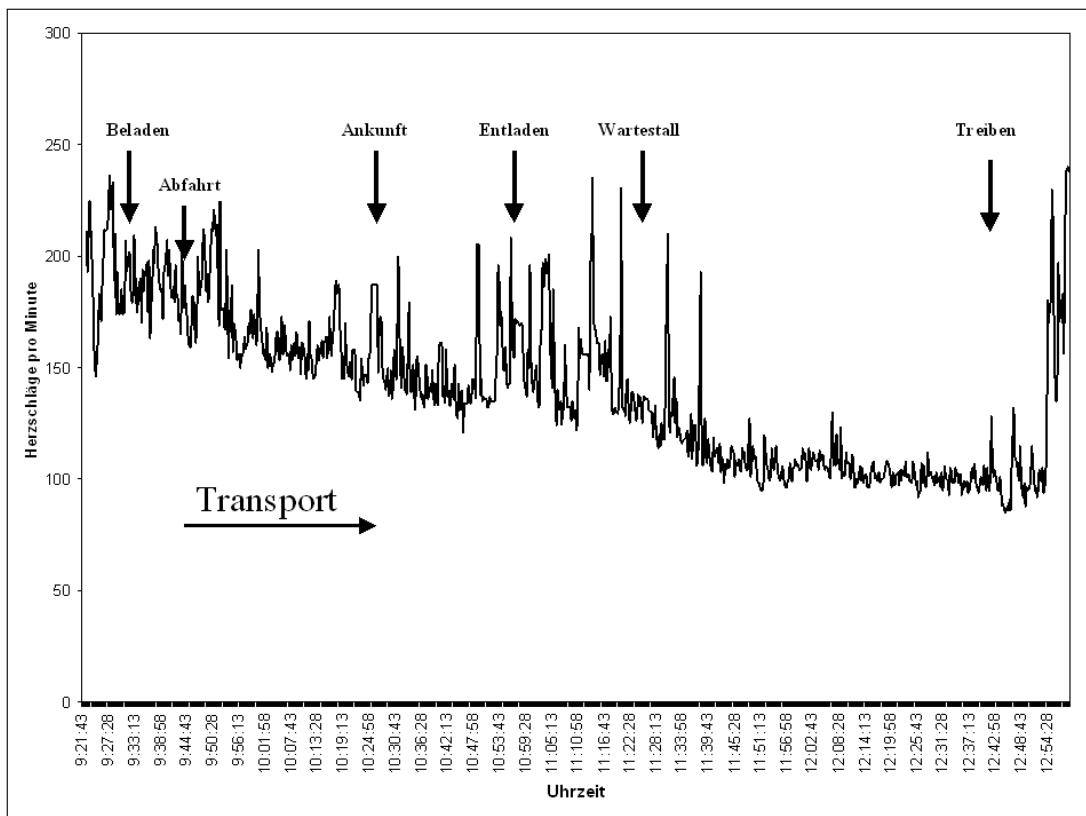


Abbildung 3.3: Verlauf der Herzfrequenz bei einem Schlachtschwein mit Angabe der verschiedenen Ereignisse

3.7.2.3 Infrarot-Thermometrie

Mittels eines Infrarot-Strahlungsdetektors (KT17, Fa. Heimann) wurde eine berührungslose Temperaturmessung der Haut am rechten und linken Ohrgrund durchgeführt (jeweils drei Messungen und Bildung des arithmetischen Mittelwertes bei vier Tieren jeder Zwölfergruppe). Im Abstand von bis zu einem Meter kann, innerhalb einer Sekunde, die Hauttemperatur mit einer Meßgenauigkeit von $\pm 0,75^{\circ}\text{C}$ erhoben werden. Die Messungen fanden vor dem Beladen und nach dem Transport (vor dem Entladen) statt. Die Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit der Umgebung wurden ebenfalls gemessen.

3.7.2.4 Gewichtsverlust

Das Gesamtgewicht jeder Zwölfergruppe wurde vor dem Beladen und nach dem Entladen ermittelt, um einen möglichen Gewichtsverlust zu berechnen. Aufgrund der begrenzten Kapazität der Waagen mußten die Gruppen in mehreren Teilmessungen gewogen werden.

3.7.2.5 Zeit für das Verladen der Schweine

Die benötigte Zeit, um die Tiere von der Waage in den Transporter zu treiben und die Zeit, um die Schweine zu entladen, wurde mit einer Stoppuhr gemessen.

3.7.2.6 Verhaltensmerkmale

Wie unter 3.5 bereits beschrieben, waren die Schweine im Wartestall des Schlachthofes in Buchten mit einem Fassungsvermögen von je sechs Tieren, untergebracht. Die zwei Zwölfergruppen mußten nach dem Entladen geteilt werden und es entstanden vier Sechsergruppen, die durch ein Gitter getrennt waren.

Anhand von zwei Videoanlagen wurden alle vier Buchten in VHS-Qualität aufgenommen. Die Verhaltensanalyse erfolgte anhand der Videoaufzeichnungen. Es wurde ein Abschnitt von 25 Minuten analysiert. Der Abschnitt wurde kurz nach der Speichelentnahme gewählt. Die Rahmenbedingungen blieben vergleichbar, Störungen gab es zwar durch das normale Treiben auf dem Schlachthof, diese blieben aber aufgrund der geringen Schlachtzahlen relativ niedrig.

Als Analysemethode wurde das „scan sampling“, kombiniert mit „instantaneous sampling“ gewählt: Das Video wurde alle 30 Sekunden angehalten und die Position aller Tiere am Standbild erfaßt. Vermerkt wurde das Liege-, Sitz- oder Stehverhalten eines Tieres. Kam es gerade zu einem Lagewechsel, so wurde die angestrebte Position aufgezeichnet. Eine Beschreibung der Verhaltensweisen ist in Tabelle 3.1, ersichtlich.

Das Berücksichtigen von anderen Verhaltensmerkmalen wie Kampf-, Erkundungs- oder Trinkverhalten, erwies sich aufgrund des seltenen Auftretens und ungenauen Erkennens als nicht sinnvoll.

Tabelle 3.1: Ethogramm zur Videoauswertung

Verhaltensweise	Beschreibung
Stehverhalten	Das Tier befindet sich in stehender Körperposition
Sitzverhalten	Das Tier sitzt mit aufgestellten Vordergliedmaßen auf seinen Hinterbacken
Liegeverhalten	Das Tier befindet sich in Brustbauch- oder Seitenlage

3.7.3 Meßwerte post mortem

3.7.3.1 Hautverletzungen

Die Verletzungen der Haut wurden bewertet. Die Tierkörperhälften wurden nach dem Schlachten, Brühen und Entborsten im Hängen einzeln begutachtet und anhand der Tabelle 3.2 mit dem Verletzungsgrad 1 bis 4 bewertet. Die Note für ein Tier ergab sich aus dem Mittelwert der rechten und linken Seite (Abb. 3.4).

Es wurden nur Verletzungen berücksichtigt, welche durch Kratzen mit den Klauen (Abb. 3.5) und durch Beißen entstanden sind. Schäden, die beim Treiben, durch Abwehrbewegungen der Tiere im Käfigeinzeltreibgang vor der Elektrobetäubung oder post mortem beim Entborsten entstanden sind, wurden nicht berücksichtigt. Das Erkennen von Kratzspuren, die von Klauen verursacht wurden, ist durch die typischen längeren und parallel verlaufenden Spuren möglich. Bisse wurden an den typischen kommaförmigen und kurzen Spuren erkannt. Die Intensität der Verletzung wurde nicht berücksichtigt.

Tabelle 3.2: Bewertung der Hautverletzungen

Anzahl der Kratz- oder Bißverletzungen	Bewertung
< 3	1
3 – 10	2
11 – 20	3
> 20	4



Abbildung 3.4: Hälfte mit Note 1



Abbildung 3.5: Von Klauen verursachte Kratzspur. Die hellen Streifen sind beim Entborsten entstanden.

3.7.3.2 Fleischbeschaffenheit

Alle Messungen wurden routinemäßig durch das Schlachthofpersonal durchgeführt.

(1) pH-Wert

Die pH-Werte wurden mit dem Gerät „pH-Star“ von Matthäus nach folgender Methode elektrometrisch gemessen:

- pH₁-Rückenmuskel

Die Messung erfolgte 35-45 Minuten p.m., möglichst immer zum gleichen Zeitpunkt. Die Messung wurde an der Hälfte durchgeführt, an deren Hinterbein das Tier zuerst aufgehängt wurde.

Die Messung erfolgte durch ein 4 cm tiefes Einstechen der Elektrode zwischen die Dornfortsätze des 13. und 14. Brustwirbels im M. longissimus dorsi. Vor der Messung wurde die Temperatur der Schlachthälfte an der

Einstichstelle gemessen und das pH-Gerät eingestellt.

- pH₂₄-Schinkenmuskel

Die Messung wurde 24 Stunden p.m. \pm 4 Stunden am Schinkenmuskel (4–6 cm oberhalb der Symphysis pelvis, 2–3 cm seitlich im M. semimembranosus) zweimal durchgeführt und der Mittelwert errechnet.

- pH₂₄-Rückenmuskel

Die Messung wurde 24 Stunden p.m. \pm 4 Stunden am Rückenmuskelschnitt dorsal, ventral und zentral durchgeführt.

Fleisch von guter Qualität hat pH₁-Werte (Rückenmuskel) von mindestens 6,2. Bei Werten zwischen 5,6 und 6,2 liegt ein PSE-Verdacht vor und ein pH₁ von weniger als 5,6 ist ein eindeutiger Beweis für das Vorliegen von PSE-Fleisch (VON WENZLAWOWICZ, 1994; VON WENZLAWOWICZ et al., 1996).

Bei den Messungen nach 24 Stunden sind Werte von 6,0 bis 6,2 als DFD-Verdacht, Werte über 6,2 als eindeutiges Vorliegen von DFD-Fleisch zu bewerten.

(2) Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit wurde mit dem Gerät „LF-Star“ von Matthäus nach folgender Methode gemessen:

- LF₂₄-Schinkenmuskel (LF₂₄-S)

Die Messung wurde 24 Stunden p.m. am Schinkenmuskel (4–6 cm oberhalb der Symphysis pelvis, 2–3 cm seitlich im M. semimembranosus) durchgeführt.

- LF₂₄-Rückenmuskel (LF₂₄-RM)

Die Messung erfolgte 24 Stunden p.m. durch ein 6 cm tiefes Einstechen der Elektrode zwischen die Dornfortsätze des 14. und 15. Brustwirbels im M. longissimus dorsi.

Sehr gutes Fleisch ist durch LF₂₄-RM von weniger als 7,5 ms/cm gekennzeichnet, Werte von 7,5 bis 9,0 gelten als normal. Fleisch mit Werten von 9,1 bis maximal 10,0 sind als PSE-verdächtig einzustufen und bei Werten von über 10,0 liegt eindeutig PSE-Fleisch vor.

Die Aussagekraft von LF₂₄-S hinsichtlich pH-Abfall und Auftreten von PSE ist der von LF₂₄-RM unterlegen.

(3) Fleischhelligkeit

Die Fleischhelligkeit wurde mit dem Gerät „Opto-Star“ von Matthäus nach folgender Methode gemessen:

- OPTO-Wert

Der Rückenmuskelanschnitt wurde 24 Stunden p.m. an der hängenden Hälfte vorgenommen, indem ein senkrecht zur Wirbelsäule verlaufender Planschnitt zwischen dem 13. und 14. Brustwirbelkörper erfolgte. Vor der Messung am Rückenmuskelanschnitt wurde die Feuchtigkeit auf der Fleischfläche mit dem Messer abgestrichen. Es erfolgte eine Doppelmessung, woraus der Mittelwert errechnet wurde.

Das Ergebnis der Messung wird in Punkten angegeben, wobei eine normale Fleischbeschaffenheit einem Wert zwischen 61 und 65 Punkten entspricht. Sehr gutes Fleisch liegt bei 66 bis 80 Punkten. Eindeutig um PSE-Fleisch handelt es sich bei Werten unter 55 Punkten, dagegen legen 55 bis 60 Punkte einen PSE-Verdacht nahe. Bei einer Fleischhelligkeit von 81 bis 85 Punkten besteht der Verdacht, daß es sich um DFD-Fleisch handelt. Werte über 85 Punkten sind eindeutige Hinweise auf diese Veränderung des Fleisches.

3.8 Äußere Einflüsse

Die Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Lkw wurden mit einem Thermohygrometer (Solopack, Fa. Solomat - Saarbrücken) kontinuierlich elektronisch erhoben und aufgezeichnet. Am Ende des Transportes konnten die minimalen, maximalen und durchschnittlichen Werte bezüglich der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit abgelesen werden.

Zusätzlich wurden die von drei lokalen Wetterstationen (Osterseeon, Grub und Haar) erhobenen Meßwerte für die Versuchstage abgefragt. Erfasst wurde die mittlere Lufttemperatur in 200 cm und in 20 cm Höhe, die relative Luftfeuchtigkeit in 200 cm, die mittlere Windgeschwindigkeit in 250 cm Höhe sowie der Niederschlag innerhalb von 24 Stunden.

3.9 Statistische Methode

Die Aufbereitung der Daten erfolgte mithilfe des Computer-Programms Microsoft Excel[®] 2000 (Fa. Microsoft, Redmond, WA, USA). Mithilfe des SAS[®] 6.12-Pro-

gramm wurden die arithmetischen Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen (s), Minima und Maxima, sowie Anzahl der Messungen (n) aus den Ergebnistabellen berechnet.

Die Unterschiede in Abhängigkeit von der Behandlung wurden mithilfe des SAS® 6.12-Programm statistisch ausgewertet. Die Daten waren normal verteilt und der Vergleich der Daten wurde anhand des t -Tests durchgeführt.

Als statistische Einheit galt beim Gewichtsverlust und Verhalten die Zwölfergruppe, bei allen anderen Parametern war es das Einzeltier.

Als statistisch signifikant wird eine Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner als 5% ($p \leq 0,05$) bezeichnet.

4 Ergebnisse

4.1 Äußere Einflüsse

Die Transportversuchsreihe fand in den Monaten Februar bis November 2000 statt. Bei den Behandlungen mit PAP herrschte eine durchschnittliche Temperatur von 8°C und bei den Kontrollgruppen lag diese bei 11,2°C. Diese Temperaturdifferenz ist nicht signifikant.

Es können zwei deutliche Temperaturbereiche definiert werden, bei denen die Transporte stattgefunden haben: Einer in der kalten Jahreszeit mit einem Tiefstwert von 2,7°C, einem Höchstwert von 7,7°C und einem Mittel von 4,6°C.

Der zweite Temperaturbereich liegt mit minimal 11,0°C, maximal 19,4°C und einem Durchschnitt von 15,5°C in der warmen Jahreszeit. So konnten die 11 Versuchstage

Tabelle 4.1: Wetterdaten am Versuchsgut Osterseeon an den Versuchstagen mit Angabe der Behandlung (kalte Tage fett gedruckt)

Versuchstag	Datum	Behandlung	Lufttemp. (°C)	rel. Feuchte (%)
1	28. Februar	Placebo	5,2	68,1
2	20. März	PAP	2,7	78,2
3	27. März	PAP	3,2	97,9
4	10. April	Placebo	7,7	76,5
5	25. April	Placebo	11,0	81,7
6	5. Juni	Placebo	19,4	72,8
7	31. Juli	PAP	17,4	78,0
8	11. September	PAP	16,1	83,2
9	2. Oktober	Placebo	12,5	98,5
10	6. November	PAP	5,5	86,8
11	20. November	PAP	3,3	96,1
	Mittelwert	(kalt)	4,6 ± 1,9	83,9 ± 11,7
	Mittelwert	(warm)	15,3 ± 3,5	82,8 ± 9,6

wie folgt eingeteilt werden. Tag 1, 2, 3, 4, 10 und 11 als kalte; 5, 6, 7, 8 und 9 als warme Tage.

4.2 Meßwerte *intra vitam*

4.2.1 Speichelcortisol

In Abb. 4.1 sind die Mittelwerte aller Speichelcortisolmessungen wiedergegeben. Die Ausschüttungslatenz von Cortisol kann bis zu 15 Minuten betragen. Dadurch werden akut einwirkende Stressoren in der unmittelbar nach der Einwirkung entnommenen Speichelprobe nicht erfaßt (AUßEL, 2001).

Beim Basalwert gab es keinen deutlichen Unterschied zwischen den zwei Behandlungsgruppen PAP oder Placebo ($p=0,12$).

Nach dem Transport sind die Speichelcortisolkonzentrationen im Vergleich zum Basalwert um ca. das Dreifache gestiegen. Die Tiere der PAP-Behandlung ($n=38$) hatten einen „relativen“ Ruhewert von $\bar{x} = 6,17 \pm 3,42$ nmol/l und erreichten nach dem Transport ($n=40$) einen durchschnittlichen Wert von $\bar{x} = 19,15 \pm 7,26$ nmol/l. Die Kontrollgruppen ($n=47$) hatten eine Ausgangskonzentration von $\bar{x} = 7,40 \pm 3,72$ nmol/l und erreichten nach dem Transport ($n=46$) eine signifikant ($p=0,02$) höhere Speichelcortisolkonzentration von $\bar{x} = 22,55 \pm 6,40$ nmol/l als die PAP-Gruppen.

Nach 30 Minuten Aufenthalt im Wartestall konnte eine sehr große Streuung der Meßwerte festgestellt werden. Die PAP-Gruppe ($n=39$) hatte eine mittlere Konzentration von $\bar{x} = 22,48 \pm 15,17$ nmol/l und somit einen höheren Wert als bei der vorherigen Entnahme. Die Kontrollgruppen ($n=46$) hatten einen Mittelwert von $\bar{x} = 18,97 \pm 15,47$ nmol/l, der niedriger lag als bei der Entnahme nach dem Transport. Ein Unterschied bei der zuletzt genannten Messung kann statistisch nicht gesichert werden.

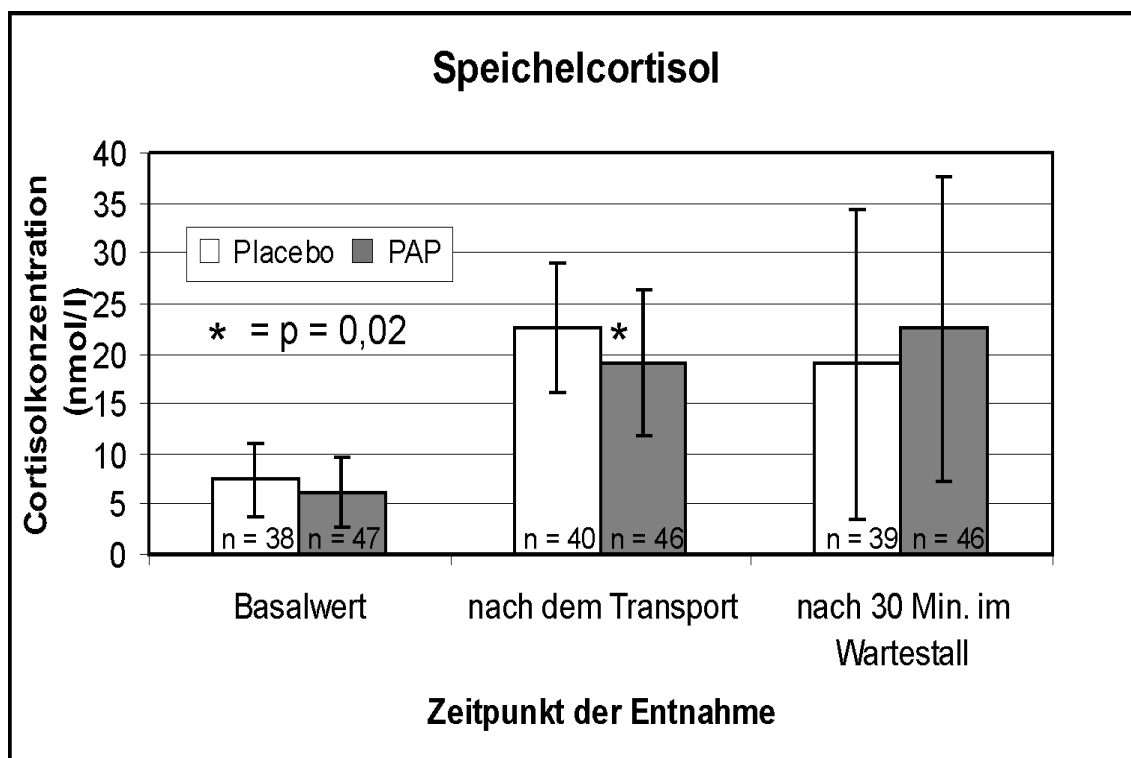


Abbildung 4.1: Cortisolkonzentration im Speichel von Schlachtschweinen im Herkunftsbetrieb (Basalwert), unmittelbar nach dem Transport und nach 30 Minuten im Wartestall

4.2.2 Herzfrequenztelemetrie

In der Abb. 4.2 sind die Mittelwerte der gemessenen Herzfrequenzen für die entsprechenden Phasen des Versuches wiedergegeben.

Die höchsten Werte wurden beim Verladen erreicht, die PAP-Gruppen ($n=46$) hatten hier eine mittlere Herzfrequenz von $\bar{x} = 170 \pm 20$ S/Min. und die Kontrollgruppen $\bar{x} = 173 \pm 22$ S/Min. ($n=38$). In der Transportphase sank die Herzfrequenz auf $\bar{x} = 151 \pm 18$ S/Min. für die PAP-Gruppe ($n=37$) und $\bar{x} = 148 \pm 17$ S/Min. bei den Kontrollgruppen ($n=38$). Als sich die Tiere der PAP-Behandlung im Wartestall befanden, beruhigte sich die Herzfrequenz in dem ersten Wartestallabschnitt auf $\bar{x} = 141 \pm 20$ S/Min. ($n=33$) und im zweiten auf durchschnittlich $\bar{x} = 118 \pm 20$ S/Min. ($n=38$). Diese abnehmende Tendenz gab es bei der Kontrollbehandlung auch, es wurden zunächst Mittelwerte von $\bar{x} = 139 \pm 22$ S/Min. ($n=29$) und später $\bar{x} = 120 \pm 20$ S/Min. ($n=28$) im Wartestall gemessen. Im Wartestall sank die Herzfrequenz auf Minimalwerte von durchschnittlich 93,4 S/Min. bei den PAP-Gruppen, bzw. 95,8 S/Min. bei den Kontrollgruppen. Die Unterschiede zwischen beiden Gruppen können allesamt als statistisch nicht signifikant gewertet werden.

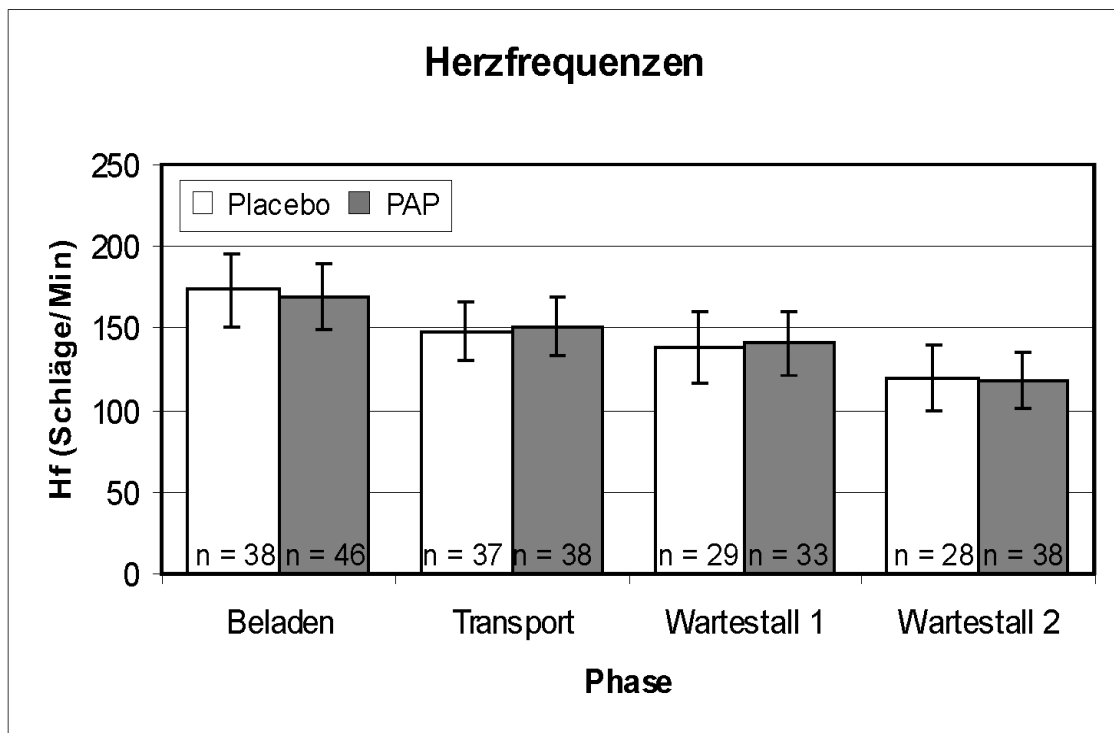


Abbildung 4.2: Herzfrequenz beim Verladen, während des Transportes, in der ersten (Wartestall 1) und zweiten Phase (Wartestall 2) des Wartestallaufenthaltes

4.2.3 Infrarot-Thermometrie

In der Abb. 4.3 sind die Messungen der Hauttemperatur graphisch dargestellt. Bei der Erhebung der Hauttemperatur sind die äußeren Einflüsse, insbesondere die Umgebungstemperatur, von entscheidender Bedeutung. Im Durchschnitt lag die von der Wetterstation Osterseeon gemeldete Lufttemperatur für die PAP-Gruppen ($n=5$ Tage) bei $\bar{x} = 8,0 \pm 6,8^\circ\text{C}$ und bei den Kontrollgruppen ($n=6$ Tage) bei $\bar{x} = 11,2 \pm 5,4^\circ\text{C}$ (siehe Tabelle 4.1). Somit wurden die zweit genannten Gruppen bei etwas höheren Temperaturen transportiert. Die Ausgangsmessung der Hauttemperatur ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Versuchsgruppen: $\bar{x} = 29,87 \pm 2,2^\circ\text{C}$ bei der PAP- bzw. $\bar{x} = 31,55 \pm 2,3^\circ\text{C}$ bei der Kontrollbehandlung. Die Hauttemperatur nach dem Transport ist bei der PAP-Behandlung um $\bar{x} = 4,10^\circ\text{C}$ auf $\bar{x} = 33,94 \pm 3,2^\circ\text{C}$ und bei und bei der Kontrolle um $\bar{x} = 4,92^\circ\text{C}$ auf $\bar{x} = 36,47 \pm 2,1^\circ\text{C}$ gestiegen, hierbei ist kein deutlicher Unterschied aufgetreten.

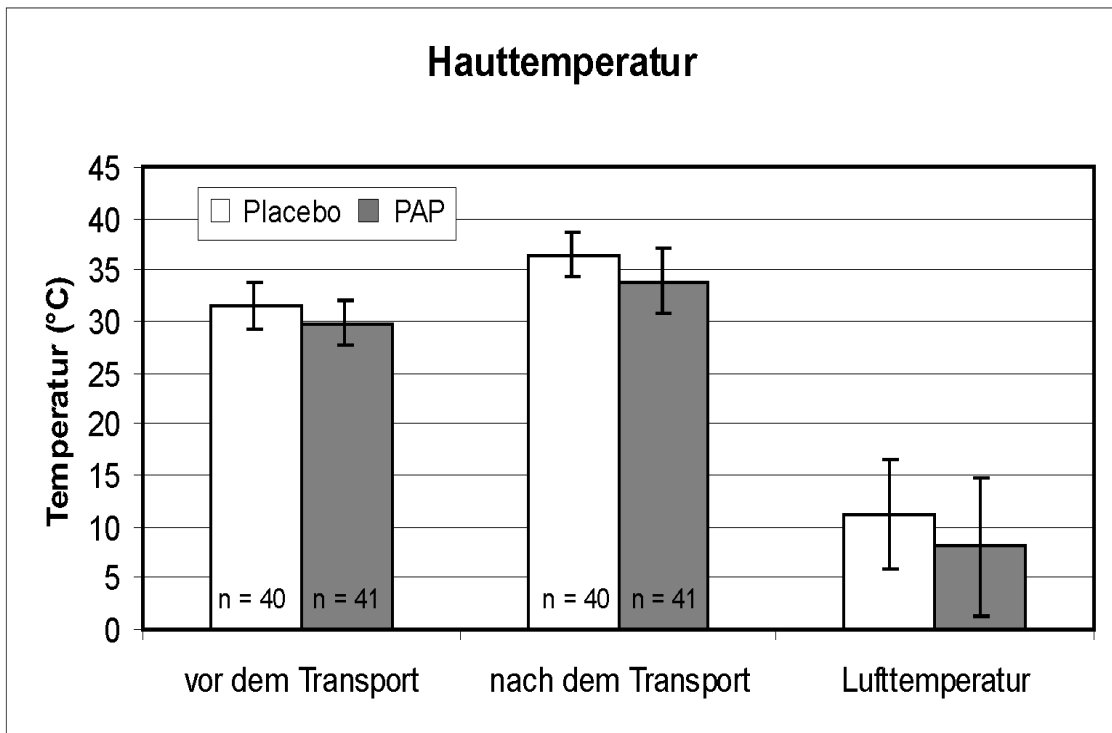


Abbildung 4.3: Hauttemperatur, gemessen am Ohrgrund, vor und nach dem Transport, mit Angabe der Tagesmitteltemperatur, gemessen in Osterseeon

Betrachtet man jedoch die Tagesmitteltemperatur stellt sich ein deutlicher Einfluß dieser auf die Meßwerte, dar (Abb. 4.4). Die Hauttemperatur ist an kalten Tagen signifikant ($p < 0,01$) niedriger ($\bar{x} = 29,33 \pm 1,74^\circ\text{C}$ vor und $\bar{x} = 33,77 \pm 2,46^\circ\text{C}$ nach dem Transport, $n=47$ Tiere) als an warmen Tagen ($\bar{x} = 32,77 \pm 1,57^\circ\text{C}$ vor und $\bar{x} = 37,35 \pm 2,34^\circ\text{C}$ nach dem Transport, $n=32$ Tiere). Der durchschnittliche Anstieg der Hauttemperatur nach dem Transport ist jedoch fast identisch ($\bar{x} = 4,47 \pm 2,5^\circ\text{C}$ an kalten und $\bar{x} = 4,58 \pm 1,9^\circ\text{C}$ an warmen Tagen). Ein weiterer Vergleich von PAP und Kontrollbehandlung sortiert nach warmen oder kalten Tagen scheitert am zu geringen Datenumfang.

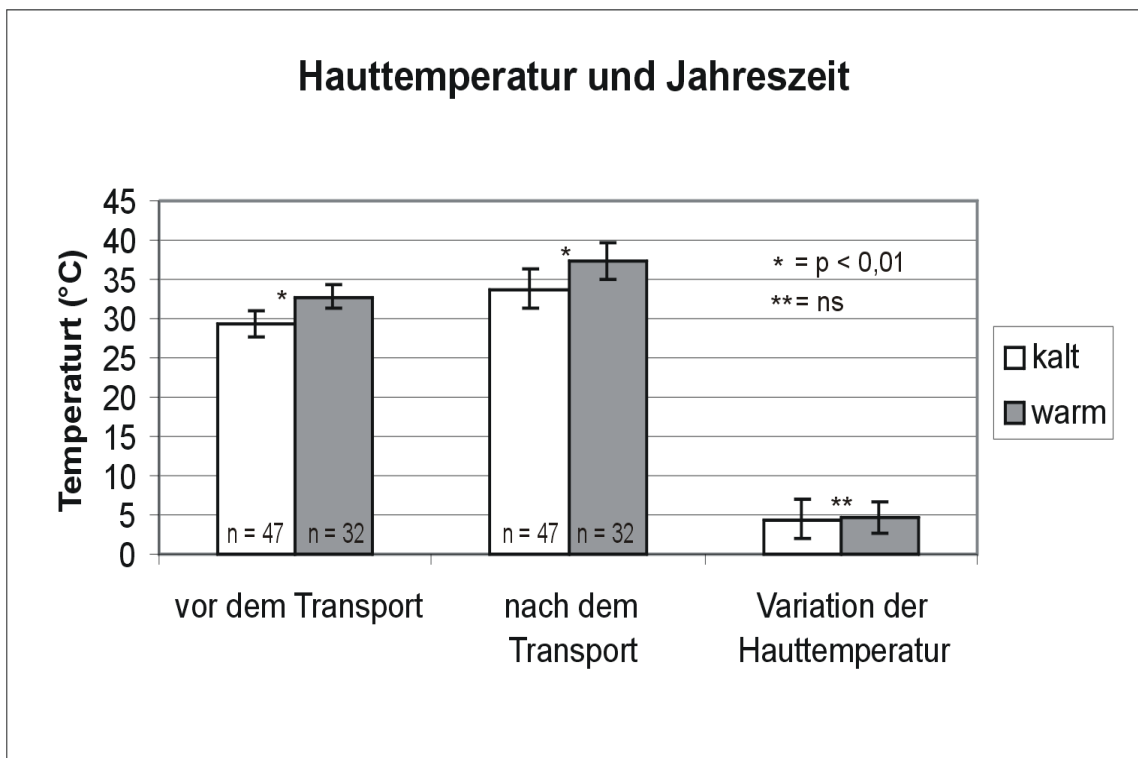


Abbildung 4.4: Hauttemperatur, gemessen am Ohrgrund, sortiert nach kalter und warmer Witterung

4.2.4 Gewichtsverlust

Der durchschnittliche Gewichtsverlust pro Zwölfergruppe beim Transport ist in Abb. 4.5 dargestellt.

Die PAP-Gruppen ($n=12$ Zwölfergruppen) hatten einen Gewichtsverlust von $\bar{x} = 9,7 \pm 5,9$ kg, das entspricht einem Verlust von $0,77 \pm 0,47\%$ des Ausgangsgewichtes. Die Kontrollgruppen ($n=10$ Zwölfergruppen) hatten einen Gewichtsverlust von $\bar{x} = 11,8 \pm 5,8$ kg, das entspricht $0,94 \pm 0,46\%$ des Körpergewichtes vor dem Transport. Ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Gruppen ist bei diesem Parameter nicht festzustellen.

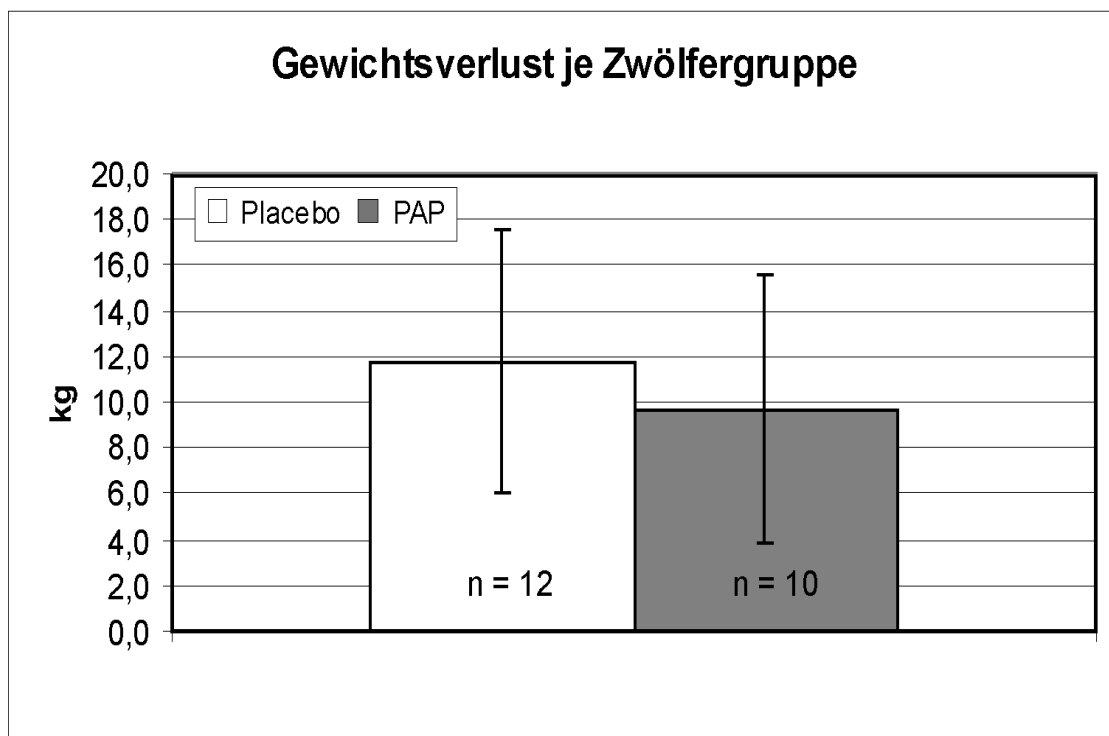


Abbildung 4.5: Mittlerer Gewichtsverlust der Zwölfergruppen

4.2.5 Zeit für das Verladen der Schweine

Die benötigte Zeit für das Be- und Entladen schwankt zwischen den Zwölfergruppen erheblich. Zum Beispiel dauerte am gleichen Tag das Beladen der ersten Zwölfergruppe 3:38 Minuten. Für die zweite wurde, bei gleichen Bedingungen, eine Zeit von 23:27 Minuten benötigt, weil sich einzelne Tiere weigerten, den Lkw zu betreten. Aus diesem Grunde kam es immer wieder zu erheblichen Verzögerungen beim Beladen der Tiere.

Auf eine Auswertung dieser Daten wurde verzichtet, da das Verhalten von wenigen Individuen die Messungen erheblich verzerrt hätten.

4.2.6 Verhaltensmerkmale

Das Balkendiagramm in Abb. 4.6 gibt die durchschnittliche Anzahl der jeweiligen beobachteten Haltungen der Tiere einer Zwölfergruppe wieder. Untersucht wurde ein fünfundzwanzigminütiger Abschnitt im Wartestall, kurz nach der Speichelprobenentnahme.

Die ungleiche Anzahl von Beobachtungen der Gruppen zwischen PAP- und Kontrollgruppen ist durch technische Probleme mit den Videoanlagen bedingt.

Am häufigsten ist das Verhaltensmerkmal „Stehverhalten“ aufgetreten: pro Zwölfergruppe standen $\bar{x} = 6,69 \pm 2,1$ Schweine der PAP-Gruppen ($n=12$), bei den Kontrollgruppen ($n=6$) waren es $\bar{x} = 5,62 \pm 2,9$. Als zweithäufigste Verhaltensweise trat „Liegeverhalten“ auf: $\bar{x} = 2,73 \pm 1,7$ Tiere der PAP- und $\bar{x} = 3,80 \pm 2,1$ Tiere der Kontrollgruppen lagen. Etwas seltener als „Liegeverhalten“ konnte das „Sitzverhalten“ beobachtet werden, es saßen durchschnittlich $\bar{x} = 2,58 \pm 1,8$ bzw. $\bar{x} = 1,99 \pm 1,0$ Tiere der PAP- resp. Kontrollgruppen. Es konnte kein relevanter Unterschied zwischen den behandelten und unbehandelten Tieren festgestellt werden.

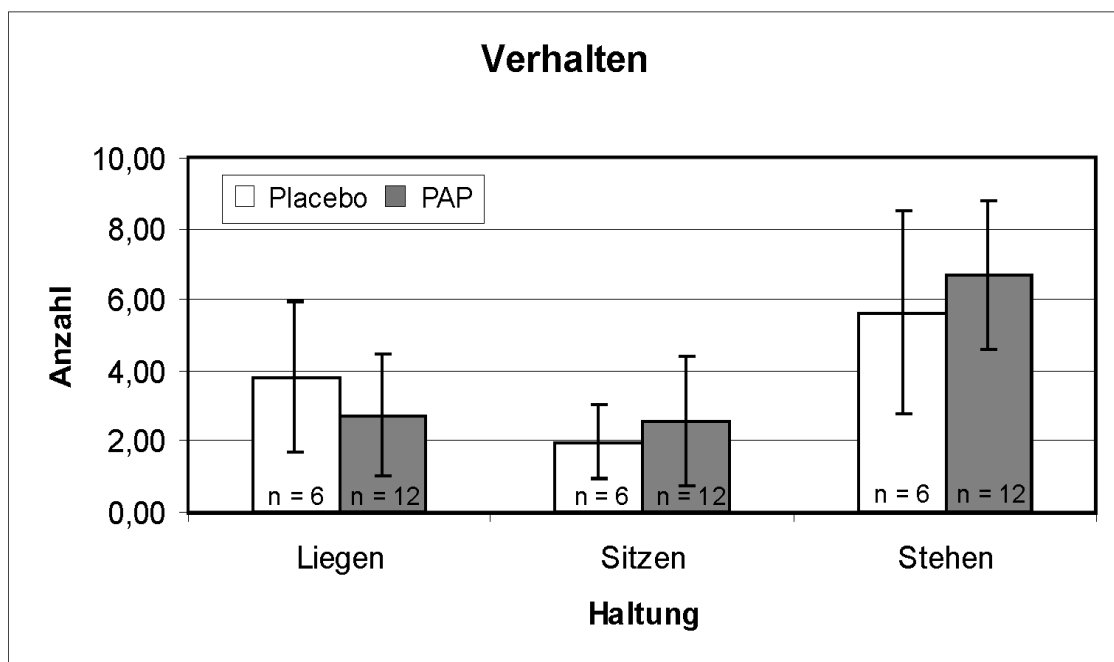


Abbildung 4.6: Verhalten der Zwölfergruppen in den Wartestallbuchten während 25 Minuten Dauer, folgend auf die Speichelprobenentnahme

4.3 Meßwerte post mortem

4.3.1 Hautverletzungen

In Abb. 4.7 sind die Mittelwerte der Noten, welche die Schlachthälften am Band bekommen haben, graphisch dargestellt. Je kleiner die Note, umso weniger Kratzer oder Bißverletzungen wies das jeweilige Schwein auf.

Da eine Zusammenführung der Tiere mindestens 10 Tage vor dem Versuchstag erfolgte, gab es nur sehr wenige Verletzungen vor dem Transport. Diese konnten vernachlässigt werden.

Am Schlachtband konnten hauptsächlich Kratzer, die durch Klauen verursacht wurden, beobachtet werden. Bißverletzungen waren so gut wie nie vorhanden. Die Schweine, welche der PAP-Behandlung unterzogen wurden ($n=140$), hatten eine durchschnittliche Note von $\bar{x} = 2,04 \pm 0,49$. Diejenigen, die eine Kontrollbehandlung bekamen ($n=120$), wurden im Durchschnitt mit $\bar{x} = 2,01 \pm 0,49$ benotet. Der Unterschied ist nicht signifikant.

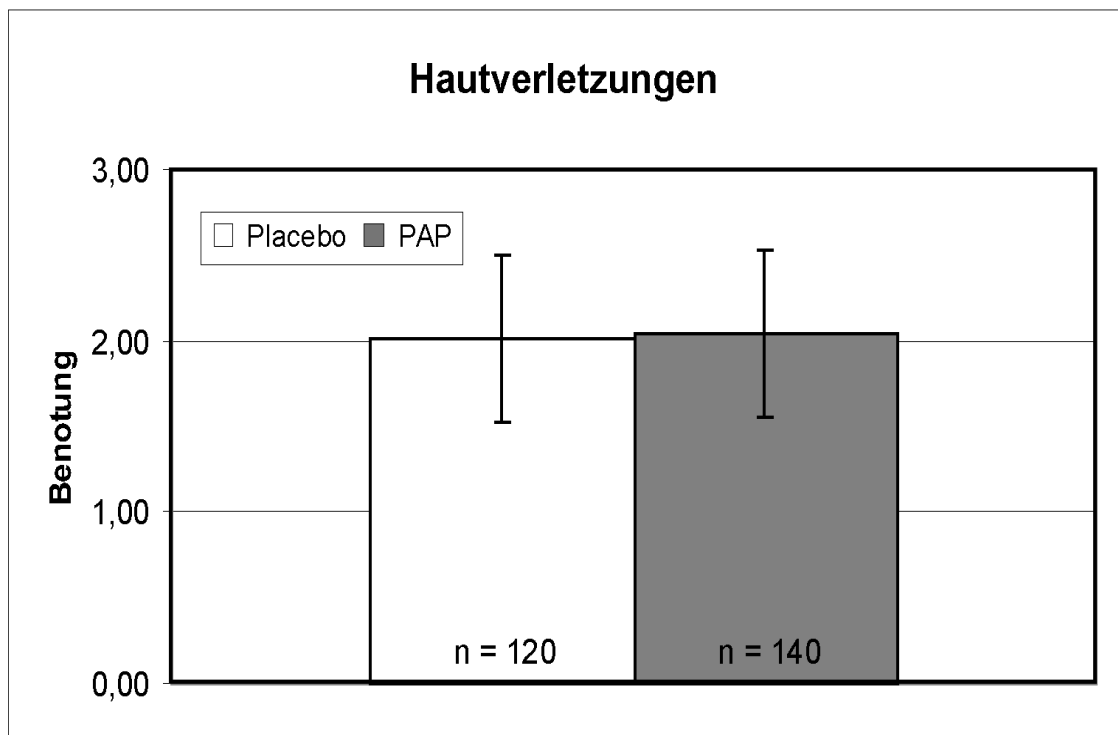


Abbildung 4.7: Benotung der Hautverletzungen: 1: weniger als 3 / 2: 3 bis 10 / 3: 11 bis 20 / 4: mehr als 20 Verletzungen

4.3.2 Fleischbeschaffenheit

4.3.2.1 pH-Wert

Die nach der Schlachtung einsetzende Fleischsäuerung wurde anhand zweier Meßzeitpunkte kontrolliert.

In Abb. 4.8 sind die Werte der Messung nach 45 Minuten im Rückenmuskel dargestellt. Die Schweine der PAP-Gruppen ($n=140$) wiesen im Durchschnitt einen pH_1 von $\bar{x} = 6,26 \pm 0,29$. Somit hatten sie einen signifikant höheren Wert ($p < 0,01$) als die Kontrollgruppen ($n=118$) mit einem pH_1 von $\bar{x} = 6,13 \pm 0,22$. Die Fleischsäuerung der Kontrollgruppen ist demnach schneller eingetreten.

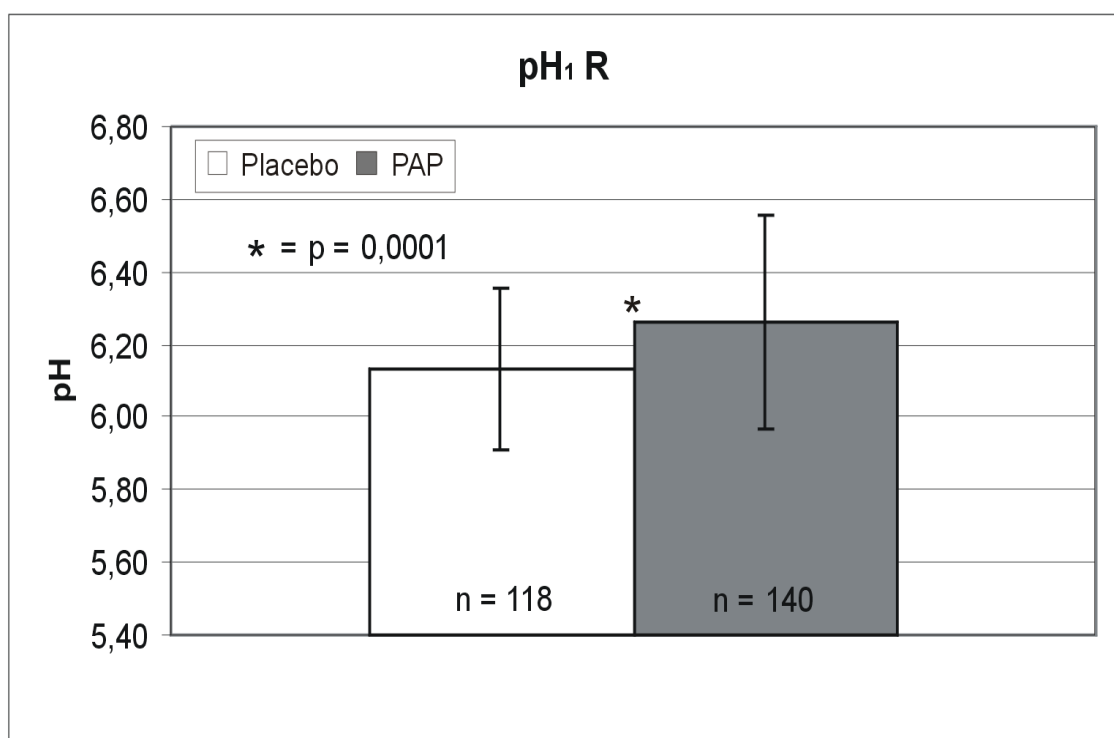


Abbildung 4.8: pH_1 Rückenmuskel

Anhand des pH_1 -Wertes kann man die Tiere in Fleischqualitätsklassen einteilen. Eine Übersicht über diese Einteilung gibt Abb. 4.9. Der Anteil an Schlachtkörper mit der Eigenschaft „gute Fleischqualität“ lag in den PAP-Gruppen ($n=140$) bei 52,9%, „PSE-Verdacht“ wurde in 46,4% ausgesprochen und „PSE-Fleisch“ lag bei 0,7% eindeutig vor. In den Kontrollgruppen ($n=118$) konnte man 26,3% der Schlachtkörper zur Klasse „gute Fleischqualität“ zuordnen, 72,9% als „PSE-Verdacht“ und 0,85% eindeutig als „PSE-Fleisch“ charakterisieren.

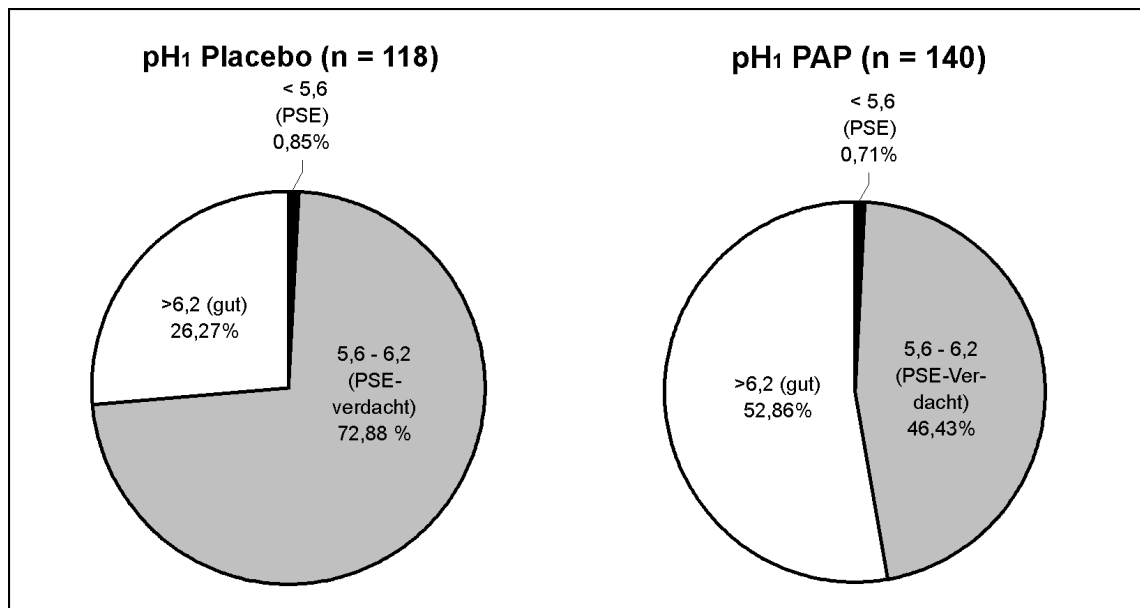


Abbildung 4.9: Vergleichende Darstellung der Einstufung in die Qualitätsklassen durch das Prüfmerkmal pH_1 im Rückenmuskel

Abb. 4.10 gibt die pH-Werte im Rückenmuskel (R=*M. longissimus dorsi*) und Schinkenmuskel (S=*M. semimembranosus*) nach 24 Stunden wieder. Der pH₂₄ von den Tieren mit PAP-Behandlung (n=131) lag im Rückenmuskel bei durchschnittlich $\bar{x} = 5,44 \pm 0,09$ und im Schinkenmuskel bei $\bar{x} = 5,53 \pm 0,12$. Die Tierkörper der Kontrollgruppen (n=131) hatten einen pH₂₄ von $\bar{x} = 5,45 \pm 0,10$ im Rückenmuskel und $\bar{x} = 5,56 \pm 0,16$ im Schinkenmuskel. Es ist bei dieser Messung kein deutlicher Einfluß der Anwendung von PAP oder Placebo festzustellen.

Die Einstufung in Fleischqualitätsklassen mittels des pH₂₄-Rückenmuskel ergibt einen Schlachtkörper im Bereich „DFD-Verdacht“ (pH von 6,0 bis 6,2) bei den PAP-Gruppen und ebenfalls einen Schlachtkörper im Bereich „DFD-Verdacht“ bei den Kontrollgruppen. Alle anderen Schlachtkörper konnten als „gut“ eingestuft werden, „DFD-Fleisch“ (pH>6,2) lag in keinem Fall vor.

Bei der Einteilung anhand des pH₂₄-Schinken, konnte nur ein Tierkörper der PAP-Gruppen in die Klasse „DFD-Verdacht“ (pH von 6,0 bis 6,2) eingeordnet werden, bei den Kontrollgruppen waren es drei. Die restlichen Schlachtkörper waren alle als unverdächtig einzuordnen (pH>6,2). Laut diesem Prüfmerkmal gab es kein „DFD-Fleisch“.

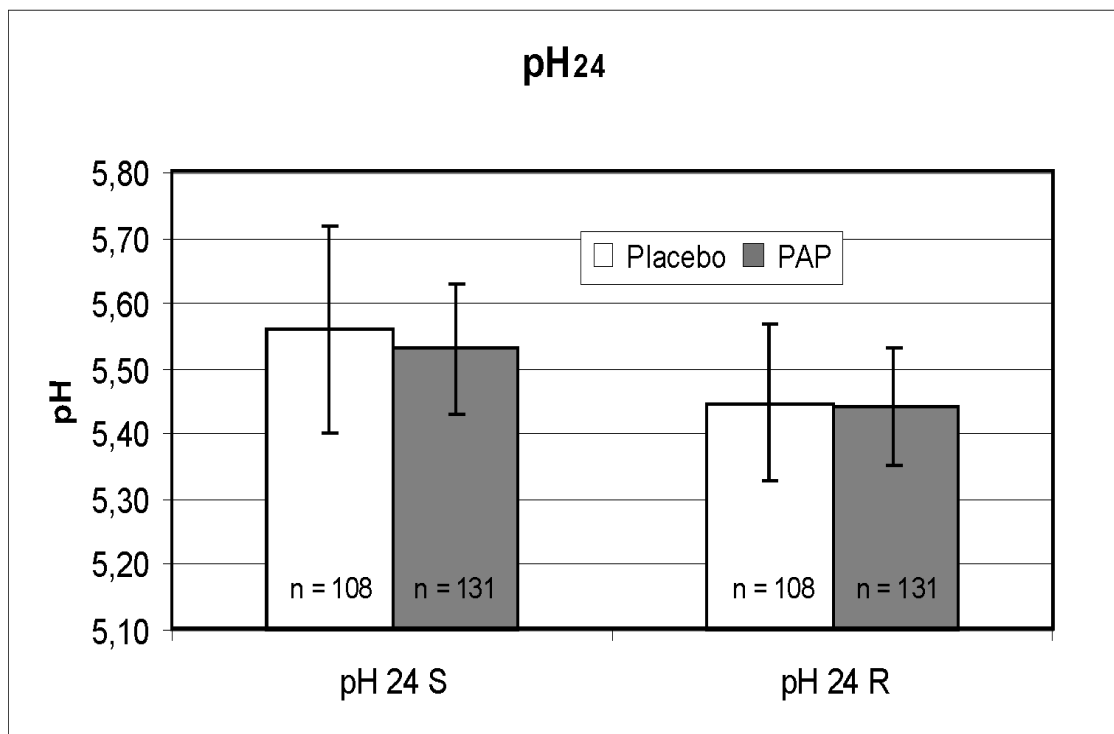


Abbildung 4.10: pH₂₄ im Schinken- bzw. Rückenmuskel

4.3.2.2 Leitfähigkeit

Abb. 4.11 zeigt die Mittelwerte der elektrischen Leitfähigkeit im Rückenmuskel (*M. longissimus dorsi*) und im Schinkenmuskel (*M. semimembranosus*) aller Tiere 24 Stunden p.m.. Die gemessenen Werte lagen bei den PAP-Gruppen ($n=128$) durchschnittlich bei $\bar{x} = 7,25 \pm 2,84$ mS/cm im Schinkenmuskel und $\bar{x} = 6,32 \pm 1,83$ mS/cm im Rückenmuskel. Die Kontrollgruppen ($n=110$) wiesen Werte von $\bar{x} = 7,49 \pm 3,31$ mS/cm im Schinken und $\bar{x} = 7,22 \pm 2,39$ mS/cm im Rückenmuskel, auf. Die Werte im Rückenmuskel lagen bei den PAP-Gruppen mit 0,9 mS/cm signifikant ($p < 0,01$) niedriger als bei den Kontrollgruppen.

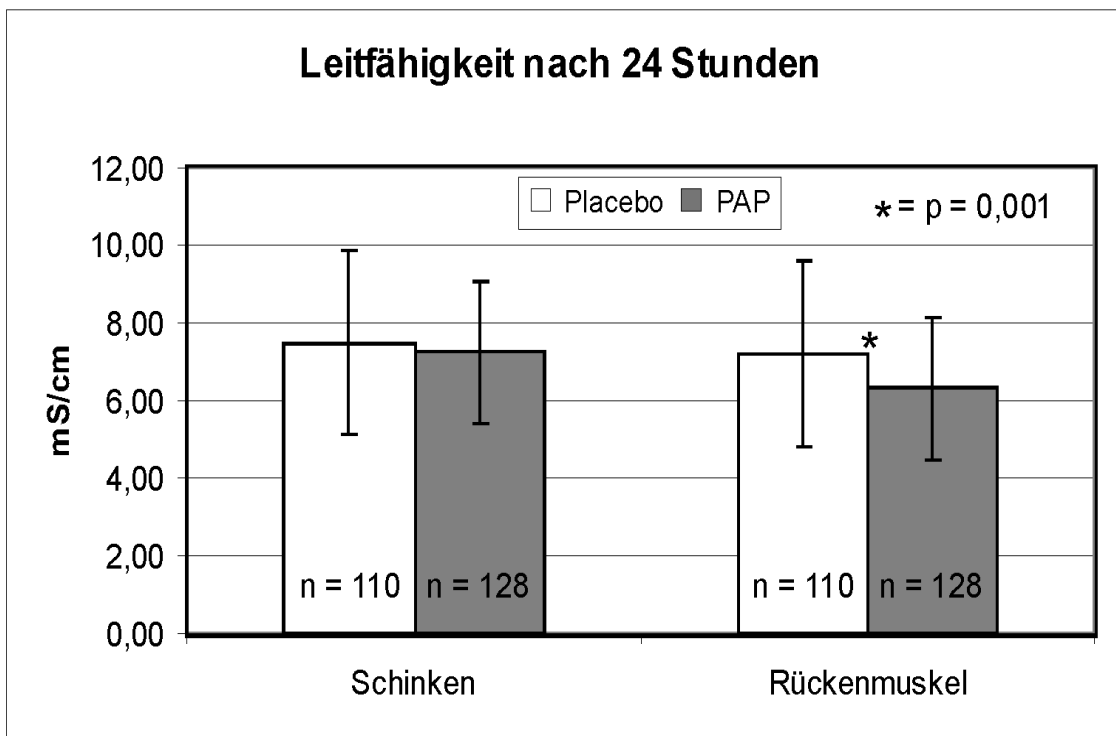


Abbildung 4.11: elektrische Leitfähigkeit des Fleisches

Die Einteilung in Fleischqualitätsklassen mit Hilfe der Leitfähigkeit ergibt bei den Werten des Rückenmuskels eine Verteilung, die in Abb. 4.12 dargestellt ist.

Der Anteil an „PSE-Fleisch“ lag bei den PAP-Gruppen mit 4,7% niedriger als bei den Kontrollgruppen mit 12,7%. „PSE-Verdacht“ lag bei den PAP-Gruppen zu 4,7% und bei den Kontrollgruppen zu 10,0% vor. 14,8% der Schlachtkörper der PAP-Gruppen konnten der Klasse „normales Fleisch“ zugeordnet werden, bei den Kontrollgruppen waren es 22,7%. Übrig blieben 75,8% bei den PAP-Gruppen und 54,6% bei den Kontrollgruppen, die als „sehr gut“ beurteilt werden konnten.

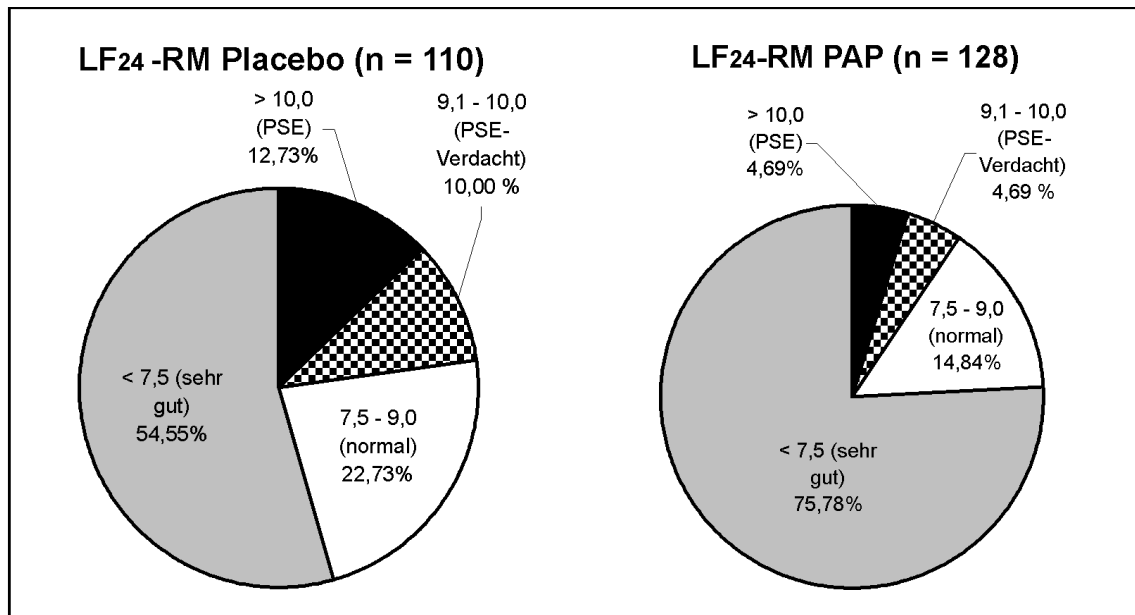


Abbildung 4.12: Vergleichende Darstellung der Einstufung in die Qualitätsklassen durch das Prüfmerkmal: Leitfähigkeit 24 Stunden p.m. im Rückenmuskel (LF₂₄-RM)

4.3.2.3 Fleischhelligkeit

Die Abb. 4.13 gibt die mittleren Werte der Fleischhelligkeitsmessung wieder. Die Ergebnisse unterschieden sich bei den PAP-Gruppen ($n=129$) mit einem Farbwert von $\bar{x} = 67,6 \pm 7,6$ nicht wesentlich von den Kontrollgruppen ($n=108$), bei denen $\bar{x} = 65,8 \pm 8,7$ gemessen wurden.

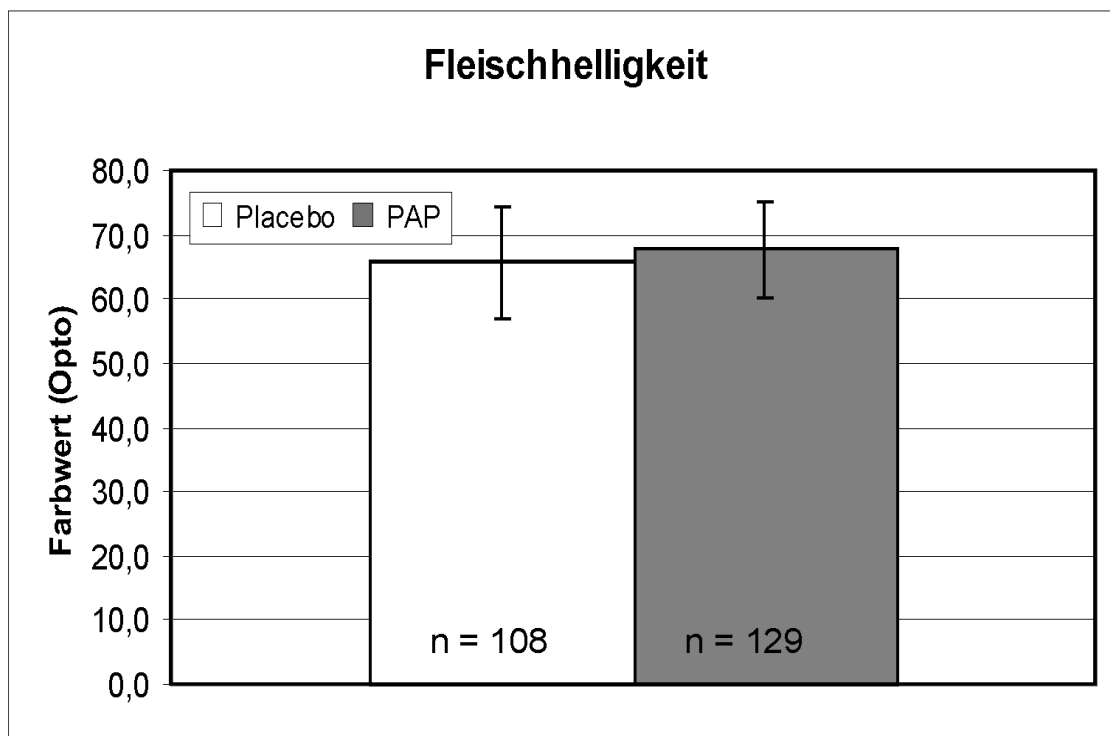


Abbildung 4.13: Fleischhelligkeit nach 24 Stunden

Die Kreisdiagramme in Abb. 4.14 stellen die Anteile der Schlachtkörper in den erzielten Fleischqualitätsklassen dar, anhand des Fleischhelligkeitswertes eingestuft. Die Schlachtkörper der PAP-Gruppen wiesen 5,4 % „PSE-Fleisch“, 10,9 % „PSE-Verdacht“, 20,9 % „normales Fleisch“, 58,9 % „sehr gutes Fleisch“, 3,1 % „DFD-Verdacht“ und 0,8 % „DFD-Fleisch“ auf.

Die Tierkörper der Kontrollgruppen konnten zu 8,3 % in die Klassen „PSE-Fleisch“, 11,1 % in „PSE-Verdacht“, 36,1 % in „normales Fleisch“, 36,1 % in „sehr gut“, 6,5 % in „DFD-Verdacht“ und 1,9 % in die Klasse „DFD-Fleisch“ eingestuft werden.

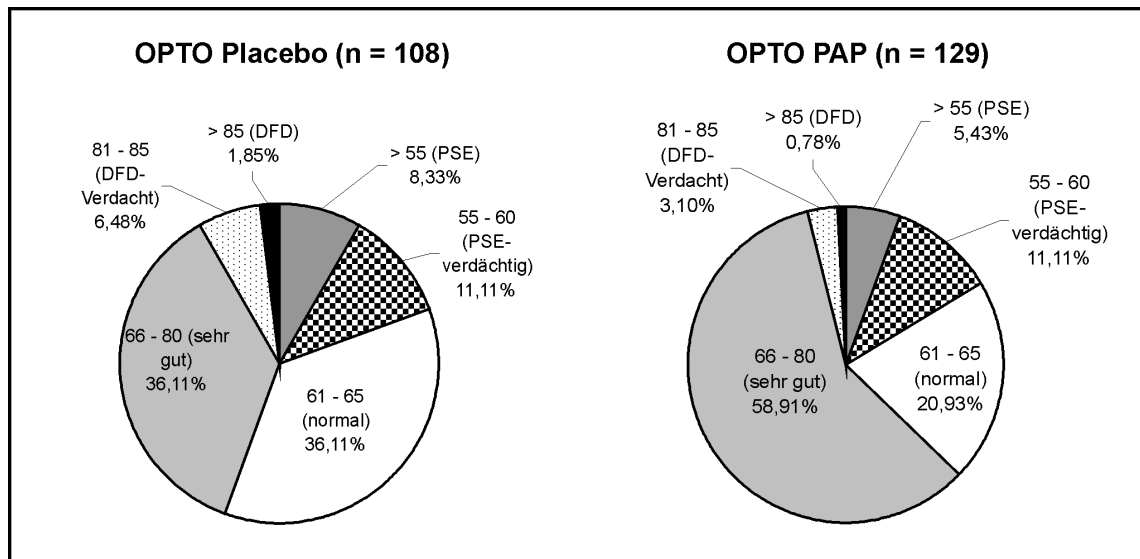


Abbildung 4.14: Vergleichende Darstellung der Einstufung in die Qualitätsklassen durch das Prüfmerkmal Fleischhelligkeit

5 Diskussion

Zielsetzung der Untersuchung war eine Verbesserung des Wohlbefindens von Schlachtschweinen durch Anwendung von PAP. In diesem Sinne werden auch die Ergebnisse diskutiert.

Der Versuch wurde als Feldversuch durchgeführt, es ist trotzdem gelungen möglichst viele Parameter (Hilfpersonen, Strecke, Fahrzeit, Zeitplan und Lkw) relativ konstant zu gestalten. Naturgemäß nicht kontrollierbar waren die Wetterbedingungen.

5.1 Meßwerte *intra vitam*

5.1.1 Speichelcortisol

Die Ausgangskonzentration von Speichelcortisol war bei beiden Versuchsgruppen nahezu identisch (Abb. 4.1). Eine einheitliche Ausgangslage war demnach vorhanden. Nach dem Transport sind die Meßwerte deutlich gestiegen. Der Anstieg der Werte spiegelt die erhebliche Belastung, denen die Tiere ausgesetzt wurden, wider. Ein Anstieg des Speichelcortisols ist mit einer Steigerung des Plasmacortisolspiegels gekoppelt. Streß bewirkt eine gesteigerte Ausschüttung des Adrenocorticotropen Hormons (ACTH) im Hypophysenvorderlappen. Dies wirkt sich auf eine stärkere Freisetzung von Cortisol in der Zona fasciculata der Nebenniere aus und es kommt somit zu einer höheren Cortisolkonzentration in Blut und Speichel (PARROTT et al., 1989; COOK et al., 1996). Das Maß der Ausschüttung von Cortisol kann zur Bewertung der Transportbelastung herangezogen werden (BRADSHAW et al., 1996a,b; KOLB und SEEHAWER, 2000a). Nach dem Transport haben die Tiere der PAP-Gruppen einen signifikant niedrigeren Speichelcortisolspiegel als die Kontrollgruppe. Dies deutet darauf, daß vermutlich bei den PAP-Gruppen eine bessere Verarbeitung des Transportstress erfolgte.

Die Messung im Wartestall ist wenig aufschlußreich, die Werte sind weit gestreut und eine Tendenz ist bei keiner der Versuchsgruppen zu erkennen. Selbst bei Tieren eines

gleichen Transportes gibt es keine einheitliche Tendenz. Einen Einfluß von Jahreszeit oder Wetter ist auch nicht erkennbar. Möglicherweise kann man dieses Phänomen mit den großen individuellen Unterschieden im Verlauf der Kortisolkonzentration, welche beim Schwein beschrieben sind, erklären (KOLB und SEEHAWER, 2000a). Das Nachlassen des Pheromoneffektes, das Verdunsten der applizierten Lösungen beziehungsweise die unterschiedliche individuelle Anpassungsfähigkeit an eine neue Umgebung (Wartestall) könnten ebenfalls von Bedeutung sein.

5.1.2 Verhaltensmerkmale

An Hand der Videobeobachtungen im Wartestall ist kein Unterschied zwischen den PAP-Gruppen und den Kontrollgruppen erkennbar. Das häufigste Verhalten war bei beiden Gruppen das „Stehverhalten“. Die Interpretation dieses Merkmales erfordert die Berücksichtigung der äußeren Faktoren. Vermehrtes Liegen kann Ausdruck für Wohlbefinden sein: die Tiere fühlen sich wohl, akzeptierten die Stallungen und legen sich hin. Wenn viele Schweine liegen, bedeutet es aber nicht immer eine Verbesserung der Bedingungen, es kann auch Ausdruck von Erschöpfung sein. Warme Witterung trägt zusätzlich dazu bei, daß die Tiere durch Hinlegen versuchen, Hitze an den Boden abzugeben (FRAQUEZA et al., 1998). Wenn man die Ergebnisse nicht nach Behandlung, sondern nach kalten oder warmen Tagen unterteilt, so kommt dieses deutlich hervor. An warmen Tagen lagen 5 Tiere und an kalten Tagen waren es im Schnitt 2 von 12 ($p=0,02$).

Das Fehlen von Kämpfen in der untersuchten Population ist auf das gemeinsame Transportieren von Buchtgenossen zurückzuführen. Das entspricht zwar den allgemeinen Empfehlungen (VON WENZLAWOWICZ, 1994; SATHER et al., 1995; GEVERINK et al., 1998b), nicht aber der gängigen Praxis (GUISE und PENNY, 1989a).

5.1.3 Herzfrequenztelemetrie

Die Auswertung der Herzfrequenzmessungen hat keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen ergeben. Die höchsten Werte konnten beim Verladen gemessen werden, das stimmt mit den Beobachtungen von zahlreichen Autoren überein (AUGUSTINI et al., 1977a; SCHÜTTE, 1994; STEINHARDT und TIELSCHER, 1999). Anschließend ging die Frequenz zurück bis die Werte im zweiten Abschnitt des Wartestallaufenthaltes durchschnittlich 118-120 S/Min. erreichten. Diese Werte liegen oberhalb des Normbereiches für Schweine dieser Gewichtsklasse (80 - 100 S/Min.) (BICKHARDT, 1997), was darauf zurückgeführt werden könnte, daß sich die Tiere nach dem Transport in einer für sie fremden Umgebung befanden und teilweise mit Explorationsverhalten beschäftigt waren. Betrachtet man dagegen die

Minimalwerte (PAP-Gruppen: $\bar{x} = 93,4$ S/Min.; Kontrollgruppen $\bar{x} = 95,8$ S/Min.), liegen diese in dem oben genannten Normbereich.

Problematisch beim Parameter „Herzfrequenz“ ist die Tatsache, daß sowohl körperliche Aktivität als auch psychischer Streß einen Anstieg dieser Werte bewirken (MA-RAHRENS, 1994; HANSEN und VON BORELL, 1996). Eine Erholung zwischen den Phasen von körperlicher Anstrengung (Be-, Entladen und verschiedene Umtriebsvorgänge) konnte nicht immer gewährleistet werden, da erstens die Zeit fehlte und zweitens die Schweine durch die Veränderung ihrer Umweltbedingungen verängstigt waren und nicht immer bereit waren, sich auszuruhen. Für die relativ untrainierten Schweine waren die ungewöhnlichen körperlichen Anforderungen durch den Transport und die damit verbundenen Zwänge erheblich. Es ist anzunehmen, daß die Herzfrequenz vor allem durch die Muskelarbeit und weniger durch die psychische Belastung hervorgerufen wurde.

PAP hat demnach u.U. keinen Einfluß auf die Folgen der physischen Belastung womit der fehlende Einfluß auf die Herzfrequenz erklärbar wäre.

5.1.4 Infrarot-Thermometrie

Obwohl bei den Kontrollgruppen die mittlere Tagestemperatur höher war, gab es keinen erheblichen Unterschied zwischen den Ausgangswerten beider Versuchsgruppen. Auch bei der zweiten Messung konnte kein Unterschied festgestellt werden. Die durchschnittliche Temperatur zwischen der ersten und der zweiten Messung ist ebenfalls gleichermaßen angestiegen.

Der Einfluß der äußeren Klimaeinflüsse wird deutlich, wenn man die Ergebnisse nicht nach Behandlung, sondern nach kalten und warmen Tagen einteilt und analysiert (siehe Abschnitt 4.1). Die Hauttemperatur ist an kalten Tagen signifikant ($p < 0,01$) niedriger als an warmen Tagen. An kalten sowie an warmen Tagen blieb der Anstieg der Hauttemperatur nach dem Transport annähernd gleich.

Einerseits sind durch die Hauttemperaturmessungen keine Rückschlüsse auf eine Verbesserung der Transportbedingungen durch die PAP-Behandlung möglich. Andererseits kann hierdurch angenommen werden, daß die Verdunstung der applizierten Lösungen durch Körperwärme bei allen Tieren über den gesamten Versuchszeitraum, gleichermaßen stattgefunden hat. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß die Verdunstung der Lösungen in der warmen Jahreszeit stärker stattfand als in der kalten. Ein weiterer Vergleich von PAP und Kontrollbehandlung sortiert nach warmen oder kalten Tagen wäre deswegen interessant. Dadurch könnte gewährleistet werden, daß alle Tiere der selben Behandlungsgruppe von einer gleichen Wirkstoffkonzentration umgeben waren. Diese Untersuchung scheidet am zu geringen Datenumfang.

5.1.5 Gewichtsverlust

Der Gewichtsverlust beim Transportversuch liegt etwas unter den Werten von anderen Studien mit einer Transportzeit von einer Stunde (WARRISS et al., 1982, 1990). Nachdem in diesem Versuch der Transport durchschnittlich 45 Minuten dauerte, sind die etwas niedrigeren Werte nicht ungewöhnlich.

Bei einem kurzen Transport ist mit einem überwiegenden Gewichtsverlust durch Ausscheiden von Exkrementen zu rechnen (WARRISS et al., 1982). Ein Einfluß der Behandlung auf den Gewichtsverlust ist nicht erkennbar gewesen.

5.2 Meßwerte post mortem

5.2.1 Hautverletzungen

Die Erhebung dieses Parameters ist vor allem geeignet, um einen Einblick auf das Ausmaß von Kämpfen zu gewinnen (GEVERINK et al., 1996). Nachdem die Tiere bei dieser Versuchsanordnung mindestens zehn Tage zusammen in den endgültigen Transportgruppen gehalten und die Gruppen nicht vermischt wurden, hat es so gut wie keine Kämpfe gegeben. Das Ausmaß an Verletzungen gibt aufgrund der Entstehungsweise (vor allem durch Fluchtversuch über andere Tiere hinweg auf engem Raum) lediglich einen eingeschränkten Einblick auf die Transportbedingungen. Die relativ guten Benotungen der beiden Gruppen deuten auf ein seltenes Vorkommen solcher Ereignisse hin. Ein Unterschied zwischen den beiden Versuchsgruppen war nicht erkennbar.

Eine Behandlung mit PAP hat bei anderen Versuchsanordnungen eine Wirkung auf die Reduzierung von aggressivem Verhalten bei Ferkeln gezeigt (PAGEAT und TESSIER, 1998a,b; MCGLONE und ANDERSON, 2002). Möglicherweise wäre beim gleichen Versuch, jedoch mit dem in der Praxis üblichen Vermischen von Transportgruppen (GUISE und PENNY, 1989a), die antiaggressive Wirkung von PAP deutlicher zur Geltung gekommen.

5.2.2 Fleischbeschaffenheit

Eine sichere Beurteilung der Fleischqualität ist letztendlich nur durch das Kombinieren von verschiedenen Meßparametern wie pH-Wert, Leitfähigkeit, Fleischhelligkeit oder anderen möglich (THIEMIG et al., 1997; SCHARNER, 1999).

Eine übergreifende Betrachtung der in dieser Studie erhobenen Parameter läßt folgende Schlüsse zu: die geeigneten Meßwerte, um PSE-Fleisch zu diagnostizieren

(pH_1 , Leitfähigkeit und Fleischhelligkeit), deuten darauf hin, daß die Fleischqualität der PAP-Gruppen besser ist, als die der Kontrollgruppen. Offensichtliches PSE-Fleisch Vorkommen ist zwar nur in Einzelfällen aufgetreten, die Einstufung in die Qualitätsklasse „PSE-Verdacht“ ist aber bei den Kontrollgruppen weitaus häufiger vorgekommen (Klassifizierung laut pH_1 : 73 % bei der Kontrollgruppe im Vergleich zu 53 % bei der PAP-Gruppe; laut $\text{LF}_{24}\text{-RM}$: 10 % bei der Kontrollgruppe und 5 % bei der PAP-Gruppe). Im gleichen Maße unterscheidet sich die Einstufung von Schlachtkörpern in Abhängigkeit von der Behandlung in die Qualitätsklasse „sehr gut“ (Einteilung nach $\text{LF}_{24}\text{-RM}$: 55 % in der Kontrollgruppe und 76 % in der PAP-Gruppe bzw. anhand der Fleischhelligkeit 36 % in der Kontrollgruppe im Vergleich zu 59 % in der PAP-Gruppe) oder „gut“ (26 % in der Kontrollgruppe und 46 % in der PAP-Gruppe). Bei den Parametern pH_1 und $\text{LF}_{24}\text{-RM}$ unterscheiden sich die Mittelwerte der PAP-Gruppen im Sinne einer besseren Fleischqualität ebenfalls signifikant von denen der Kontrollgruppe.

Die Prüfmerkmale, mit denen DFD-Fleisch erkannt werden kann (pH_{24} und Fleischhelligkeit), sprechen nicht so eindeutig für einen Unterschied zwischen den zwei Behandlungen. Die Mittelwerte dieser Parameter unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander.

Bei der Einteilung in Qualitätsklassen nach dem Prüfmerkmal Fleischhelligkeit sind prozentual mehr Tierkörper der Kontrollgruppen in die Qualitätsklassen „DFD“ und „DFD-Verdacht“ eingestuft worden als bei der PAP-Gruppe (8 % bei der Kontrollgruppe und 4 % bei der PAP-Gruppe).

Bei der Entstehung von Fleischbeschaffenheitsabweichungen ist erstens zwischen, lang anhaltenden Streß vor dem Schlachten, wobei die Glykogenreserven verbraucht werden und dadurch DFD-Fleisch entsteht und zweitens, starker, kurz vor der Schlachtung auftretender Streß welcher zu erhöhter Laktatbildung führt und PSE-Fleisch verursacht (MOSS und ROBB, 1978b; WENDT et al., 2000). Die Ergebnisse der hier durchgeführten Fleischqualitätsprüfung sprechen für ein Streßgeschehen welches kurz vor der Schlachtung aufgetreten ist, sprich beim Transport- und Schlachtvorgang. Durch die Belastung ist im Muskel eine verstärkte anaerobe Glykolyse aufgetreten und das dabei entstandene Laktat hat zu einer schnelleren Fleischreifung geführt. Diese Beobachtung gilt insbesondere für die Kontrollgruppe, welche durchschnittlich einen niedrigeren pH_1 -Wert und eine Höhere LF_{24} als die PAP-Gruppe aufwies. Eine bessere Fleischbeschaffenheit ist Ausdruck für ein weniger starkes Auftreten von Streß bei den Tieren der PAP-Gruppen.

Die hier vorgenommene Einteilung in Fleischqualitätsklassen könnte Ansatz zur Kritik geben. Zwar ist der Grenzwert von pH_1 , ab dem man eindeutig von „PSE-Fleisch“ spricht, für den jeweiligen Muskel (M. longissimus dorsi: $\leq 5,6$ und M. semimembranosus: $\leq 5,8$) recht einheitlich definiert, sie sind sogar gesetzlich festgelegt (AVV-

FlHG vom 19. Februar 2002). Für die Einteilung in die Klassen „PSE-Verdacht“, „normal“, „gut“ und „sehr gut“ gibt es in der Literatur verschiedene Empfehlungen (siehe Tabellen 2.2, 2.3 und 2.4). Für diese Studie (zumindest was LF₂₄-RM, Fleischhelligkeit und pH₂₄ angeht) wurde die Einteilung der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht e.V. Grub und der Leistungs-Prüfungs-Anstalt Grub (LPA-Grub), die mit den Empfehlungen anderer deutscher Leistungs-Prüfungs-Anstalten (z.B. die Landesanstalt für Schweinezucht Forchheim) übereinstimmen, verwendet. Für die Einteilung der Klassen nach pH₁ sind die Werte der umfassenden Studie von VON WENZLAWOWICZ (1994) übernommen worden.

Die Feststellung der wirtschaftlichen Bedeutung dieser Studie erweist sich als schwierig. Durch die bessere Fleischbeschaffenheit könnte man einen positiven Effekt hinsichtlich der Vermarktung des Fleisches erwarten. Das ist jedoch zur Zeit in Deutschland nicht der Fall. Das Handelsklassenschema mit den Handelsklassen E, U, R, O, P, ist ausschließlich aufgrund des Muskelfleischanteils definiert. Der Handelswert kann damit aber nicht zufriedenstellend beschrieben werden. Es haben sich deshalb dafür spezielle Bewertungsverfahren am Markt etabliert, die mit dem Begriff „Preismasken“ umschrieben werden. Basis für den Preis ist vorwiegend der Muskelfleischanteil. Die Messung der Fleischbeschaffenheitsmerkmale (pH, LF, Fleischhelligkeit) hat keine wirkliche ökonomische Bedeutung solange die gesetzlichen Grenzwerte nicht überschritten werden. In diesem Fall wird der Schlachtkörper dann als untauglich bewertet.

5.3 Schlußbetrachtung

Die vorliegenden Ergebnisse deuten auf einen positiven Einfluß durch die PAP-Behandlung hin. Bei den Meßwerten *intra vitam* ist insbesondere der Verlauf der Speichelcortisolkonzentration während des Transportes, ein Hinweis auf eine Reduzierung der Belastung. Ob man dabei von besserem Wohlbefinden sprechen kann, ist jedoch fraglich. Der Anstieg um etwa das Dreifache des Basalwertes bei der PAP-Behandlung ist zweifellos ein Zeichen für eine erhebliche Beeinträchtigung des Wohlbefindens. Der Begriff „bessere Stressbewältigung“ könnte hier besser zutreffen.

Die anderen Parameter lassen keine Rückschlüsse zu. Bei der Hauttemperatur könnte ein größerer Datenumfang bei gleicher Witterung möglicherweise genauere Auskunft geben. Die körperliche Belastung der Tiere, welche entscheidend für die Herzfrequenzsteigerung war, könnte durch ebenerdiges Be- und Entladen und Optimierung der Treibgänge vermindert werden, somit hätte die psychische Komponente eine größere Bedeutung.

Die Parameter *post mortem* bekräftigen die positive Wirkung von PAP. Es ist eine

Verbesserung der Fleischqualität im Vergleich zur Kontrollbehandlung nachweisbar. Dieser Punkt ist für die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von PAP sicherlich von Vorteil, es ist aber auch vom tierschützerischen Aspekt her vorteilhaft: diese Qualitätssteigerung kann auf eine bessere Bewältigung der Ereignisse, die vor dem Schlachten stattgefunden haben, zurückgeführt werden.

Eine Verminderung der Hautverletzungen und somit eine antiaggressive Wirkung von PAP konnte bei diesem Versuchsaufbau nicht nachgewiesen werden, weil die Tiere buchtenweise transportiert wurden und somit keine Rangordnungskämpfe stattgefunden haben. Dieser antiaggressive Effekt müßte durch Vermischen von Transportgruppen, so wie es in der Praxis oft vorkommt, in einem anderen Versuch geprüft werden. **Hierin könnte die Stärke von PAP liegen.**

Weiterführende Untersuchungen könnten Auskunft über die genaue Wirkungsweise in Hinsicht auf Aufnahme, Pharmakokinetik und Endokrinologie von PAP liefern. Des Weiteren würde der Einsatz einer „elektronischen Nase“ (ein Gerät, mit dem im Feldversuch die Konzentration von PAP im Bereich der Tiere gemessen werden kann) eine Überprüfung über das Vorhandensein des Pheromons oder nicht, ermöglichen. Die Verdunstung wird von der Witterung in hohem Maße beeinflusst.

Durch die Behandlung der Umgebung (Transporter, Wartestall) könnte man Wirkstoffverluste durch Verdunstung und somit ein mögliches Nachlassen der Wirkung von PAP, vermeiden. Noch zuverlässiger wäre der Einsatz eines elektrischen Zerstäubers der eine genau einstellbare Menge der Lösungen an die Umgebung abgibt.

Die Anwendung von PAP sollte auf alle Fälle als zusätzliche Maßnahme zu den üblichen Empfehlungen angesehen werden. Eine optimale Wirkung von PAP ist nur bei möglichst günstigen Transportbedingungen zu erwarten. PAP kann nur die allgemeine Stimmungslage der Tiere beeinflussen, eine übermäßige Belastung führt zu gesteigerten Streß bei den Tieren wodurch die Wirkung von PAP überlagert wird.

6 Zusammenfassung

Trotz zahlreicher Versuche die Belastungen während des Transportes von Schlachtschweinen zu reduzieren, liegen die Verluste auf Grund des Transportstresses in der EU bei 0,03 bis 0,5 % und in Deutschland bei 0,4 % verstorbener Tiere sowie bei einer PSE-Rate von 10 bis 20 %. Natürlicherweise wird von der Muttersau über Drüsen der Gesäugeleiste ein Pheromon sezerniert, welches einen beruhigenden und stressreduzierenden Effekt auf Ferkel aber auch adulte Tiere hat. In dieser Placebo kontrollierten Doppel-blind-Studie sollte eine mögliche stress- und aggressionsreduzierende Wirkung des synthetisch hergestellten „porcine appeasing pheromone (PAP)“ (SSNA Sanofi Santé Nutrition Animale) bei Schlachtschweinen während des Transportes sowie dadurch bedingt eine mögliche Verbesserung der Fleischqualität geprüft werden. Die Beobachtungen erfolgten an 11 Gruppen von jeweils 24 Schweinen (n=264 Schweine der Rasse Pi×DL) mit einem Körpergewicht von $102 \pm 10,6$ kg. Jede Gruppe wurde in einem Tiertransporter auf jeweils der gleichen Route mit dem gleichen Fahrer für ca. 40 bis 45 Minuten vom Mäster zum Schlachthof transportiert. Vor und nach dem Transport wurden verschiedene Parameter erhoben. Für den Versuch erhielten 5 Gruppen (n=120 Tiere) vor dem Transport 6 ml des PAP's als Spray auf die Nackenhaut und 6 Gruppen (n=144 Tiere) erhielten an der gleichen Stelle ein Placebo. Am lebenden Tier wurde Cortisol im Speichel bei 8 Tieren/Gruppe bestimmt (1. Basalwert beim Mäster, 2. nach dem Transport, 3. 30 Minuten nach Ankunft im Schlachthof in der Wartebucht). Weiterhin erfolgten Verhaltensbeobachtungen mittels Video in der Wartebucht für 25 Minuten (scan-sampling alle 30 sec), es wurde die Herzfrequenz mittels Polar[®] Sport Tester bei 8 Tieren/Gruppe gemessen und die Körperoberflächentemperatur mittels Infrarot-Thermometrie sowie das Körpergewicht bestimmt. Post mortem wurde der pH₁ und pH₂₄, die Leitfähigkeit im Schinken und im Kotelett 24 h nach der Schlachtung bestimmt und der Schlachtkörper auf Verletzungen auf Grund von Auseinandersetzungen untersucht. Zusätzlich wurden ausserhalb und im Transporter Luftfeuchte und Umgebungstemperatur bestimmt. Die Ergebnisse weisen auf eine deutliche stressor- bzw. transportinduzierte Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse (HPA) bei allen Tieren. Im Speichel von allen Schweinen ist ein eindeutiger Anstieg der Cor-

tisolkonzentration nach dem Transport im Vergleich zum Basalwert messbar, wobei die mit dem Pheromon behandelten Tiere eine signifikant niedrigere Cortisolkonzentration ($p=0,02$) im Speichel aufwiesen, im Vergleich zu den mit Placebo behandelten Tieren (Placebo $22,55 \pm 6,4$ nmol/l, Pheromon $19,15 \pm 7,26$ nmol/l). Die Auswertung der Herzfrequenzmessungen jedoch ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den zwei Versuchsgruppen. Die höchsten Werte konnten beim Verladen gemessen werden (170-173 S/min.), anschliessend ging die Frequenz allmählich zurück bis sie im zweiten Abschnitt des Wartestallaufenthaltes durchschnittlich einen Wert von 118-120 S/min. erreichte. Die hohen Werte lassen auf eine starke Belastung der Tiere schliessen. Die Erhebung der Hauttemperatur am Ohrgrund ergab ebenfalls keinen Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der PAP-Gruppe. Die Ausgangstemperatur war zwar von der Umgebungstemperatur und somit vom Wetter abhängig, dennoch blieb der Anstieg der Temperatur beim Transport bei kalter sowie warmer Witterung nahezu gleich ($4,5 \pm 2,5$ °C an kalten und $4,6 \pm 1,9$ °C an warmen Tagen). Auch bei den Parametern Gewichtsverlust und Verhalten konnte kein Unterschied zwischen den PAP- und Kontrollgruppen festgestellt werden. An den Schlachtkörpern waren nur wenige leichte Verletzungen zu erkennen, die sich auf beide Gruppen gleich verteilten. Dies kann darauf zurückgeführt werden, daß die Tiere buchtenweise, ohne Vermischen der Gruppen transportiert wurden. Hingegen kann bei den Fleischqualitätsmerkmalen ein vermutlicher Einfluss der PAP-Applikation festgestellt werden. Der pH_1 im M. longissimus dorsi der Pheromon-Tiere ist 45 Minuten nach der Schlachtung signifikant höher ($p<0,01$; Placebo $\text{pH}_1=6,13 \pm 0,22$; Pheromon $\text{pH}_1=6,26 \pm 0,29$) sowie die Leitfähigkeit im M. longissimus dorsi 24 h post mortem signifikant niedriger ($p<0,01$; Placebo LF= $7,22 \pm 2,39$ mS/cm; Pheromon LF= $6,32 \pm 1,83$ mS/cm). Auch die Bildung von Qualitätsklassen anhand der Fleischbeschaffenheitsmerkmale deuten auf eine Verbesserung der Fleischqualität durch die Applikation von PAP. Bei den Placebogruppen konnte ein prozentual höheren Anteil von Schlachtkörpern in den Klassen „PSE-Verdacht“ und „DFD-Verdacht“ ermittelt werden. Gleichermassen gab es einen höheren Schlachtkörperanteil in den Klassen „sehr gut“ und „gut“ bei der PAP-Gruppe. Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß das „porcine appeasing pheromone“ den physiologischen und körperlichen Status von Schweinen während des Transportes im Sinne einer Stressreduktion beeinflusst. Dieser stressreduzierende Effekt ist an den signifikant niedrigeren Cortisolkonzentrationen im Speichel der PAP-Tiere nach dem Transport erkennbar. Ob PAP auch einen beruhigenden Effekt hat, ist an Hand vorliegender Ergebnisse eher auszuschliessen. Weiterhin führt die stressreduzierende Wirkung des „porcine appeasing pheromone“ zu einer reduzierten Glycogenolyse im Muskel und damit einer verminderten Muskelsäuerung, welches sich in dem signifikant höheren pH_1 und der signifikant niedrigeren Leitfähigkeit im M. longissimus dorsi ausdrückt. Die Anwendung von PAP ist an Hand vorliegender Ergebnisse geeignet das Wohlbefinden

der Schweine während des Transportes zu verbessern, den Stress zu reduzieren und zusätzlich dadurch die Fleischqualität der Schlachtkörper zu verbessern. In weiteren Untersuchungen sollten Modifikationen hinsichtlich der Applikationsdauer und der Applikationsorte (Wartebucht, Raumspray) untersucht werden.

7 Summary

The effect of a synthetically produced pheromone (PAP) on the well-being of pigs during transport to the slaughter house

Even though numerous attempts to reduce stress during the transport of slaughter pigs, the losses due to transportation induced stress are between 0.03 % and 0.5 % in the EU and 0.4 % in Germany. PSE is seen in 10 to 20 % of the animals. A naturally occurring pheromone is secreted by the mammary glands of the sow, which have a calming and stress reducing effect on the piglets as well as on adult pigs. In this placebo controlled double blind study, the possible stress and aggression reducing potential of the synthetically produced ‘Porcine Appeasing Pheromone (PAP)’ (SSNA Sanofi Santé Nutrition Animale) was examined in slaughter pigs during their transport to the slaughter house and the possibility of improved meat quality. Eleven groups, each containing 24 pigs (n=264 Pigs; Breed Pi×DL) weighing 102 ± 10.6 kg were observed. Each group was transported in a livestock trailer, traveling the same route with the same driver for 40 to 45 minutes from the finishing barn to the slaughterhouse. Before and after the pigs were transported, a number of parameters were recorded. For the experiment, 6 ml of the PAP was sprayed along the back of the neck in five of the groups (n=150 pigs) while in the other six groups (n=144 pigs) a placebo was applied the same way. The cortisol level in the saliva of the live animals was determined in eight animals of each group (1. base level at the finishing barn, 2. after transport, 3. 30 minutes after arriving at the slaughter house in a holding pen). The animals behavior was also observed using video surveillance in the holding pen for 25 minutes (scan sampling every 30 seconds). The heart rates of eight animals per group were recorded using a Polar[®] sport tester; the surface body temperature was measured using infrared thermography and the animals were weighed. Post mortem, the pH₁ and pH₂₄, the ability to conduct in the ham and in the loin were determined and the carcasses were examined for injuries due to fighting. In addition, the air humidity and ambient air temperature on the outside and inside of the livestock trailer was measured. The results show a definite stress- or transport-induced activation of the hypothalamic-hypophyseal-adrenal axis (HPA) in all animals. A significant increase of the cortisol levels were evident in the saliva

samples taken from all the pigs after transport versus the base level samples taken in the finishing barn. The animals treated with the pheromone had a significantly lower saliva cortisol concentration ($p=0.02$) compared to the pigs who were given the placebo (placebo 22.55 ± 6.4 nmol/l, pheromone 19.15 ± 7.26 nmol/l). Analyzing the heart rates revealed no significant difference between the two groups. The highest heart rates were reached during loading (170-173 bpm) and the rate slowly decreased to 118-120 bpm while in the holding pen. The severe strain the animals are under becomes evident when one looks at the high heart rates. The body temperature taken at the base of the ear also showed no significant difference between the control and PAP group. The base temperature, although dependent on the ambient air temperature and weather conditions, remained steady in its increase during transport on cold or warm days (4.5 ± 2.5 °C on cold and 4.6 ± 1.9 °C on warm days). Even the parameters weight loss and behavior showed no differences between the PAP group and the control group. The carcasses had few minor injuries, which were evenly spread between both groups. This can be attributed to the fact that the groups were transported individually by pens without mixing unfamiliar animals. On the other hand, the measurement pertaining to the quality of the meat did show a possible influence by the application of the PAP. The pH_1 in the longissimus dorsi muscle of the pheromone treated pigs is significantly higher 45 minutes after slaughter ($p<0.01$; placebo $\text{pH}_1=6.13 \pm 0.22$; pheromone $\text{pH}_1=6.26 \pm 0.29$) as well as the electric conductivity of the same muscle is significantly lower 24 hours post mortem ($p<0.01$; placebo electric conductivity= 7.22 ± 2.39 mS/cm; pheromone electric conductivity= 6.32 ± 1.83 mS/cm). An improvement in meat quality is also seen in the PAP-treated animals, which is based on defined meat properties for quality control. The placebo group had a higher percentage of animals under suspicion of having PSE or DFD meat. At the same time, greater carcass meat values and quality ratings of very good and good were seen in the PAP-treated pigs. The results of this study seem to point in the direction that ‘Porcine Appeasing Pheromone’ influences the physiological and physical state of pigs during transport in form of a stress reducer. This stress reducing effect is recognizable in the significantly lower saliva cortisol levels of the PAP animals after transport. A possible calming effect of PAP is probably not significant based on this data. Additionally, the stress reducing effect of the ‘Porcine Appeasing Pheromone’ leads to a reduced glycogenolysis in the muscle tissue and with that a lower muscle acidity which leads to a significantly higher pH_1 and a significantly lower electric conductivity of the longissimus dorsi muscle. The use of PAP, based on the results of this study, is an acceptable method to improve the well being of the pigs during transport, to reduce stress and additionally improve the quality of the meat. Further study is needed to examine and modify the duration and place (holding pen, room spray) of the PAP application.

8 Literaturverzeichnis

- Andersen, I.L.; Andenæs, H.; Bøe, K.E.; Jensen, P.; Bakken, M. (2000):**
The effects of weight asymmetry and resource distribution on aggression in groups of unacquainted pigs.
Appl. Anim. Behav. Sci. **68**: 107–120
- Augustini, C.; Fischer, K.; Schön, L. (1977a):** Auswirkungen unterschiedlicher Transportbelastungen auf intra vitam und post mortem erfaßbare Parameter beim Schwein.
Fleischwirtsch. **57**: 2037–2043
- Augustini, C.; Fischer, K.; Schön, L. (1977b):** Welche Informationen können unmittelbar vor der Schlachtung erhobene physiologische Meßwerte über die zu erwartende Fleischbeschaffenheit geben?
Fleischwirtsch. **57**: 1028–1033
- Augustini, C. (1983):** Ursachen unerwünschter Fleischbeschaffenheit beim Schwein.
Fleischwirtsch. **63**: 297–307
- Außel, M. (2001):** Belastung von Schlachtschweinen in zwei Zuführungssystemen zur Elektrobetäubung und die Auswirkungen auf das Wohlbefinden,
Tierärztliche Hochschule Hannover, Diss. med. vet., Fachbereich Tiermedizin
- AVVFIHG:** Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Untersuchungen nach dem Fleischhygienegesetz und dem Geflügelfleischhygienegesetz. Banz. Nr. 44a 19. Februar 2002
- Barton-Gade, P.A.; Warriss, P.D.; Brown, S.N.; Lambooi, B. (1995):**
Methods of assessing meat quality.
Proceedings of the EU seminar ‘New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling, transport and lairage conditions’. June 29–30, 1995.
Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 166. Mariensee, Germany.

- Barton-Gade, P. (2000):** The effect of different stocking densities during transport on pig welfare.
46th International Congress of Meat Sci. and Technol., Buenos Aires. S. 134–135
- Beata, C. (2001):** Appeasing Pheromones in Mammals. 26th WSAVA congress proceedings; Vancouver, British Columbia, Canada August 8 - 11.
- Becker, B.A.; Mayes, H.F.; Hahn, G.L.; Nienaber, J.A.; Jesse, G.W.; Anderson, M.E.; Heymann, H.; Hedrick, H.B. (1989):** Effect of fasting and transportation on various physiological parameters and meat quality of slaughter hogs.
J. Anim. Sci. **67**: 334–341
- Beuerle, W. von. (1975):** Freilanduntersuchungen zum Kampf- und Sexualverhalten des europäischen Wildschweines (*Sus scrofa* L.).
Z.Tierpsychol. **39**: 211–258
- Beutling, D.; Seifert, G. (2002):** Vorhersagesicherheit frühpostmortalen Messwerte bei Abweichungen der Fleischqualität 1. pH- Wert und Leitfähigkeitswert 45 min post mortem in Beziehung zum End-pH-Wert im Musculus longissimus dorsi von Schlachtschweinen.
Fleischwirtsch. **82**: 81–84
- Bickhardt, K. (1997):** Erbliche und angeborene Störungen. In: **Plonait, H.** (Hrsg.): Lehrbuch der Schweinekrankheiten. 2. Aufl. Parey Buchverlag, S. 241–251
- Bilkei, P.G. (1989):** Influence of ethyl alcohol on the transport losses in pigs.
Magyar Allatorvosok Lapja **44**: 725–728
- Björk, A.K.K. (1988):** Effects of amperozide on fighting behaviour and its consequences on performance in pigs.
Proceedings of the International Congress on Applied Ethology in Farm Animals, Skara. S. 282–292
- Bogner, H.; Grauvogl, A.; Andreae, U. (1984):** Verhalten Landwirtschaftlicher Nutztiere. Ulmer, Tierschutzbücherei, S. 278–281
- Bolduan, G.; Rossow, N. (1993):** Transportstreß beim Schwein.
Deutsche Geflügelw. Schweineprod. **45**: 14–16
- Bradshaw, R.H.; Parrott, R.F.; Forsling, M.L.; Goode, J.A.; Lloyd, D.M.; Rodway, R.G.; Broom, D.M. (1996a):** Stress and travel sickness in pigs: effects of road transport on plasma concentrations of cortisol, beta-endorphin and lysine vasopressin.
Anim. Sci. **63**: 507–516

- Bradshaw, R.H.; Hall, S.J.G.; Broom, D.M. (1996b):** Behavioural and cortisol response of pigs and sheep during transport.
Vet. Rec. **138**: 233–234
- Bradshaw, R.H.; Parrott, R.F.; Goode, J.A.; Lloyd, D.M.; Rodway, R.G.; Broom, D.M. (1996c):** Behavioural and hormonal responses of pigs during transport: effect of mixing and duration of journey.
Anim. Sci. **62**: 547–554
- Briese, A. (1996):** Mobile Schlachtstätten.
Dtsch. tierärztl. Wschr. **103**: 58–62
- Broom, D.M.; Johnson, K.G. (1993):** Stress and animal welfare. London, New York : Chapman & Hall, ISBN 0412395800
- Broom, D.M. (1996):** How well do farm animals cope with their environment during transport?
Fleischwirtsch. **76**: 279–281
- Brossut, R. (1996):** PHÉROMONES – La communication chimique chez les animaux. CNRS-Editions, ISBN 2-271-05301-3
- Brown, W.L.; Eisner, T.; Whittaker, R.H. (1970):** Allomones and Kairomones: Transspecific chemical messengers.
Bioscience **20**: 21–22
- Brown, R.E.; Roser, B.; Singh, P.B. (1990):** The MHC and individual odours in rats. In: **Macdonald, D.W. (Hrsg.); Müller-Schwarze, D. (Hrsg.); Natyniczuk, S.E. (Hrsg.):** Chemical signals in Vertebrates. Oxford : University Press, S. 228–243
- Brummer, H. (1978):** Schwein – Sozialverhalten. In: **Sambraus, H.H. (Hrsg.):** Nutztierethologie: das Verhalten Landwirtschaftlicher Nutztiere: Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis S. 171–174
- Buchenauer, D. (1994):** Verhaltensbeobachtungen beim Transport von Schafen. Hygiene und Tierschutz beim Tiertransport; DVG-Tagung, Hannover 8-9 März 1994. S. 206–214
- Christensen, L.; Barton-Gade, P.; Blaabjerg, L. (1994):** Investigation of transport conditions in participating countries in the EEC. Project PL 920262.
- Claus, R.; Schopper, D.; Thume, O. (1985):** Evidence for different types of seasonal anoestrus in the dairy goat as revealed by progesterone determination in milk fat.
Livestock Prod. Sci. **13**: 71–77

- Claus, R.; Over, R.; Dehnhard, M. (1990):** Effect of male odour on LH-secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrus goats.
Anim. Reprod. Sci **22**: 27–38
- Claus, R. (1994):** Pheromone. In: **Döcke, F.** (Hrsg.): *Veterinärmedizinische Endokrinologie*. Gustav Fischer Verlag - Jena, Stuttgart, S. 691–712
- Cockram, M.S.; Kent, J.E.; Goddard, P.J.; Waran, N.K.; McGilp, I.M.; Jackson, R.E.; Mugwanga, G.M.; Prytherch, S. (1996):** Effect of space allowance during transport on the behavioural and physiological responses of lambs during and after transport.
Anim. Sci. **62**: 461–477
- Cohen-Tannoudji, J.; Lavenet, C.; Locatelli, A.; Tillet, Y.; Signoret, J.P. (1988):** Noninvolvement of the accessory olfactory system in the LH response of anoestrous ewes to male odour.
J. Reprod. Fert. **86**: 135–144
- Cook, N.J.; Schaefer, A.L.; Lepage, P.; Morgan Jones, S. (1996):** Salivary vs. serum cortisol for the assessment of adrenal activity in swine.
Can. J. Anim. Sci. **76**: 329–335
- Degen, H. (1991):** Tiertransporte und Tierschutz.
Dtsch. tierärztl. Wschr. **98**: 24–26
- Dobrenov, B. (1989):** Studies on DFD and PSE pig meat in Australia – state of Queensland.
Fleischwirtsch. **69**: 869–874
- Dorries, K.M.; Adkins-Regan, E.; B.P., Halpern. (1997):** Sensitivity and behavioral responses to the pheromone androstenone are not mediated by the vomeronasal organ in domestic pigs.
Brain. Behav. Evol. **49**: 53–62
- Doty, R.L. (1986):** Odor-guided behavior in mammals.
Experiencia **42**: 257–271
- Driessen, B.; Geers, R.:** Stress during transport and quality of pork. An european view. I Conferência Virtual Internacional sobre Qualidade de Carne Suína. 16. Nov. - 16. Dez. 2000
<http://www.cnpsa.embrapa.br/pork/indice.en.html>
- Eikelenboom, G. (1985):** Ways to improve meat quality in pigs.
Proceeding of commission on animal management and health and commission on pig production joint session, Halkidiki, Greece 30. sept. – 5. oct. 1985;
EAAP Publication **33**: 68–79

- Ekkel, E.D.; Dieleman, S.J.; Schouten, W.G.; Portela, A.; Cornélissen, G.; Tielen, M.J.M.; Halberg, F. (1995):** The circadian rhythm of cortisol in the saliva of young pigs.
Physiol. Behav. **60**: 985–989
- Ekkel, E.D.; Savenije, B.; Schouten, W.G.P.; Wiegant, V.M.; Tielen, M.J.M. (1997):** The effects of mixing on behavior and circadian parameters of salivary cortisol in pigs.
Physiol. Behav. **62**: 181–184
- Erler, J. (1992):** Untersuchungen mit Pheromonen. Ein Beitrag zum Problem der chemischen Kommunikation bei Insekten.
Erlangen-Nürnberg, Friedrich-Alexander Universität, Diss.
- Ewbank, R.; Meese, G.B.; Cox, J.L. (1974):** Individual recognition and the dominance hierarchy in the domesticated pig. The role of sight.
Anim. Behav. **22**: 473
- Feldhusen, F.; Neumann-Fuhrmann, D.; Wenzel, S. (1987):** Die Leitfähigkeit als Parameter der Fleischbeschaffenheit.
Fleischwirtsch. **67**: 455–460
- Fikuart, K. (1997):** Tiertransporte. In: **Sambraus, H.H.** (Hrsg.); **Steiger, A.** (Hrsg.): Das Buch vom Tierschutz. Enke, S. 496–509
- Fischer, K.; Alps, H. (1988):** Elektrische Leitfähigkeit und Verzehrsqualität von Scheinefleisch.
Mitteilungsbl. BAFF Kulmbach **27**: 7918–7925
- Fischer, G. (1994):** Ämtstierärztliche Untersuchung der Tiere sowie Feststellung der Voraussetzungen für den Grenzüberschreitenden Transport – einschließlich Versorgung der Tiere auf dem Transport – Ferkel und Läufer.
Hygiene und Tierschutz beim Tiertransport; DVG-Tagung, Hannover 8-9 März 1994. S. 185–191
- FlHG:** Fleischhygienegesetz. BGBl. I S. 1243 30. Juni 2003
- Fraser, D. (1978):** Observation on the behavioural development of suckling and early-weaned piglets during the first six weeks after birth.
Anim. Behav. **26**: 22–30
- Fraqueza, M.J.; Roseiro, L.C.; Almeida, J.; Matias, E.; Santos, C.; Randall, J.M. (1998):** Effects of lairage temperature and holding time on pig behaviour and on carcass and meat quality.
Appl. Anim. Behav. Sci. **60**: 317–330

- Garbe, W. (1992):** Synthese von Pheromonen und Pheromonanaloga.
Erlangen-Nürnberg, Friedrich-Alexander Universität, Diss.
- Gerber, H-D. (1984):** Lkw-Transport von Schlachtschweinen bei unterschiedlichen Ladedichten – 0,33 qm und 0,43 qm pro 100 kg Lebendgewicht – (Enzym-, Fleisch-, Pankreas- und Myokarduntersuchungen),
Freie Universität Berlin, Diss. med. vet., Fachbereich Tiermedizin
- Geverink, N.A.; Engel, B.; Lambooy, E.; Wiegant, V.M. (1996):** Observation on behaviour and skin damage of slaughter pigs and treatment during lairage.
Appl. Anim. Behav. Sci. **50**: 1–13
- Geverink, N.A.; Bradshaw, R.H.; Lamboij, E.; Wiegant, V.M.; Broom, D.M. (1998a):** Effects of simulated lairage conditions on the physiology and behavior of pigs.
Vet. Rec. **143**: 241–244
- Geverink, A.; Kappers, A.; Burgwal, J.A. van de; Lamboij, E.; Blokhuis, H.J.; Wiegant, V.M. (1998b):** Effects of Regular Moving and Handling on the Behavioral and Physiological Responses of Pigs to Preslaughter Treatment and Consequences for Subsequent Meat Quality.
J. Anim. Sci. **76**: 2080–2085
- Göllnitz, K. (2004):** Untersuchungen zum Mikroklima auf einem Spezialfahrzeug zum Ferkeltransport in Beziehung zu Tierschutz und Tiergesundheit,
Tierärztliche Hochschule Hannover, Diss. med. vet., Fachbereich Tiermedizin
- Gonzalez, R.; Poindron, P.; Signoret, J.P. (1988):** Temporal variation in LH and testosterone responses of rams after the introduction of oestrous females during the breeding season.
J. Reprod. Fertil. **83**: 201–208
- Grandin, T.; Burning, J. (1992):** Boar presence reduces fighting in mixed slaughter-weight pigs.
Appl. Anim. Behav. Sci. **33**: 273–276
- Grandin, T. (1994):** Methods to reduce PSE and bloodsplash.
Allen D. Leman Swine Conference. Veterinary Outreach Programs, University of Minnesota **21**: 206–209
- Greshake, F.; Schmitten, F.; Shepers, K.H. (1988):** Untersuchungen zur Bestimmung des Tropfsaftverlustes von Schweinefleisch und dessen Zusammenhänge zu anderen Fleischqualitätskriterien.
Fleischwirtsch. **68**: 765–769

- Grigor, P.N.; Goddard, P.J.; Littlewood, C.A.; Macdonald, A.J. (1998):**
The behavioural and physiological reactions of farmed red deer to transport: effects of road type and journey time.
Appl. Anim. Behav. Sci. **56**: 263–279
- Guise, H.J.; Penny, R.H.C. (1989a):** Factors influencing the welfare and carcass and meat quality of pigs/ 2. Mixing unfamiliar pigs.
Anim. Prod. **49**: 517–521
- Guise, H.J.; Penny, R.H.C. (1989b):** Factors influencing the welfare and carcass and meat quality of pigs/ 1. The effects of stocking density in transport and the use of electric goads.
Anim. Prod. **49**: 511–515
- Guiraudie, G.; Cain, A.H.; Malosse, C.; Pageat, P.; Nagnan-Le Meillour, P. (2002):** Role of the vomeronasal organ in the detection of pig appeasing compounds. International Society of Chemical Ecology 19th Annual Meeting University of Hamburg, Germany August 3. - 7. 2002. S. 58
- Guiraudie, G.; Pageat, P.; Cain, A.H.; Madec, I.; Meillour, P.N. (2003):**
Functional characterization of olfactory binding proteins for appeasing compounds and molecular cloning in the vomeronasal organ of pre-pubertal pigs.
Chem. Senses **28**: 609–619
- Hansen, S.; Borell, E. von. (1996):** Measuring heart rate variability in group-housed pigs.
Paper presented at „Measuring Behavior’96“, International Workshop on Methods and Techniques in Behavioral Research, 16-18 October, Utrecht, The Netherlands.
- Hertrampf, B.; Mickwitz, G. von; Müller-Prasuhn, W.; Heeschen, U. (1972):** Die Körpertemperatur, Atemfrequenz und Pulsperiodendauer vor und nach Belastung als mögliche Hinweise auf die zu erwartende Schlachtkörperqualität beim Schwein (beurteilt anhand des Fleischhelligkeitswertes = „Göfo-Wert“).
Dtsch. tierärztl. Wschr. **79**: 249–250
- Heuking, L. (1988):** Die Beurteilung des Verhaltens von Schlachtschweinen bei Lkw-Transporten in Abhängigkeit von der Ladedichte (0,33 m² und 0,43 m² / 100 kg Lebendgewicht) mit Berücksichtigung des Blutbildes, der Herzfrequenz und der Körpertemperatur zur Erfassung tierschutzwidriger Transportbedingungen,
Freie Universität Berlin, Diss. med. vet., Fachbereich Tiermedizin
- Hofmann, K. (1987):** Der pH-Wert – Ein Qualitätskriterium für Fleisch.
Fleischwirtsch. **67**: 557–562

- Hölscher, T. (1988):** Bestimmung des pH-Wertes am Schlachtband.
Schweineproduzent **9, 10:** 125–128
- Horvath, G.; Visnyei, L. (2000):** Tierschutz beim Tiertransport in Ungarn.
Dtsch. tierärztl. Wschr. **107:** 43–48
- Hoy, St. (1998):** Anwendung der computergestützten Verhaltensauswertung in der Nutztierethologie mit Hilfe des OBSERVER/Video-Tape-Analysis-Systems.
Tierärztl. Umsch. **53:** 606–613
- Hunter, E.J.; Weeding, C.M.; Guise, H.J.; Abbott, T.A.; Penny, R.H.C. (1994):** The effect of season and stocking density on pig welfare during transport.
Appl. Anim. Behav. Sci. **41:** 269
- IATA–Richtlinien, 1998** – Bekanntmachung der deutschen Übersetzung der 24. Auflage der IATA–Richtlinien für den Transport von lebenden Tieren. Vom 10. Februar 1998 BAnz. Nr. 151 a, 200/23
- ITP, (1996):** Notation des hématomes sur couenne – porcs vivants ou carcasses.
Institut Technique du Porc (ITP) 1996
- Izard, M.K.; Vandenberg, J.G. (1982):** The effect of bull urine on puberty and calving date in crossbred beef heifers.
J. Anim. Sci. **55:** 1160–1168
- Janzen, R. (1972):** Ursachen und Bekämpfungsmöglichkeiten von Transportverlusten.
Schweine-Zucht Schweine-Mast **20:** 44–46
- Jong, I.C. de; Sgoifo, A.E.; Lambooi, E.; Korte, S.M.; Koolhaas, J.M.; Blokhuis, H.J.:** Bioelectric measurement of the ECG in growing pigs: effects of social stress on heart rate, heart rate variability and occurrence of cardiac arrhythmias. (1998) Paper presented at „Measuring Behavior’98“, 2nd International Workshop on Methods and Techniques in Behavioral Research, 16-18 October, Utrecht, The Netherlands
- Karlson, P.; Lüscher, M. (1959):** ‘Pheromones’: a new term for a class of biologically active substances.
Nature **183:** 55–56
- Katongole, C.B.; Naftolin, F.; Short, R.V. (1971):** Relationship between blood levels of luteinizing hormone, and testosterone in bulls and the effect of sexual stimulation.
J. Endocrinol. **50:** 457–466

- Kirkwood, R.N.; Forbes, J.M.; Hughes, P.E. (1981):** Influence of boar contact on attainment of puberty in gilts after removal of the olfactory bulbs.
J Reprod Fertil. **61**: 193–196
- Klont, R.E.; Hulsegge, B.; Hoving-Bolink, A.H.; Gerritzen, M.A.; Kurt, E.; Winkelman-Goedhart, H.A.; Jong, I.C. de; Kranen, R.W. (2001):** Relationships between behavioral and meat quality characteristics of pigs raised under barren and enriched housing conditions.
J. Anim. Sci. **79**: 2835–2843
- Knight, T.W.; Lynch, P.R. (1980):** Source of ram pheromones that stimulate ovulation in the ewe.
Anim. Reprod. Sci. **3**: 133–136
- Kolb, E.; Seehawer, J. (2000a):** Belastungen bei Schweinen; 1.Mitteilung: Formen und Auswirkungen (Übersichtsreferat).
Tierärztl. Umsch. **56**: 6–15
- Kolb, E.; Seehawer, J. (2000b):** Belastungen bei Schweinen; 2. Mitteilung: Beeinflussung durch Vitaminverabreichung.
Tierärztl. Umsch. **56**: 90–96
- Lambooy, E. (1983):** Watering pigs during road transport through Europe.
Fleischwirtsch. **63**: 1456–1458
- Lambooy, E. (1988):** Road transport of pigs over a long distance: some aspects of behaviour, temperature and humidity during transport and some effects of the last two factors.
Anim. Prod. **46**: 257–263
- Lambooy, E.; Engel, B. (1991):** Transport of slaughter pigs by truck over a long distance: some aspects of loading density and ventilation.
Livestock Production **28**: 163–174
- Lebelt, D.; Schönreiter, S.; Zanella, A.J. (1996):** Salivary cortisol in stallions: the relationship with plasma levels, daytime profile and change in response to semen collection.
Pferdeheilkunde **12**: 411–414
- Lengerken, G. von; Hennebach, H. (1980):** Einfluß endogener und exogener Faktoren auf den pH-Wert-Verlauf in der Kotelett- und Schinkenmuskulatur von Schweinen (I) und (II).
Fleisch **34**: 16–19 und 37–39

- Leneuve, P.; Briand, Y.; Spennick, H.; Ridremont, B.; Pommier, P. (2002):** Domestication faults and farrowing disorders: testing the use of suilence®.
IPVS 2002, 2-5 juin, Ames (USA). S. 505
- Le Neindre, P.; Garel, J.P. (1976):** Existence d'une période sensible pour l'établissement du comportement maternel de la vache après la mise-bas.
Biol. Behav. **1**: 217–221
- Lévy, F.; Poindron, P.; Le Neindre, P. (1983):** Attraction and repulsion by amniotic fluids and their olfactory control in the ewe around parturition.
Physiol. Behav. **31**: 687–692
- Lévy, F.; Locatelli, A.; Piketty, V.; Tillet, Y.; Poindron, P. (1995):** Involvement of the main but not the accessory olfactory system in maternal behavior of primiparous and multiparous ewes.
Physiol. Behav. **57**: 97–104
- Lindsay, D.R. (1988):** Reproductive behaviour in survival: a comparison between wild and domestic sheep.
Aust. J. Biol. Sci. **41**: 97–102
- Löscher, W. (1994):** Einsatz von Medikamenten beim Tiertransport.
Hygiene und Tierschutz beim Tiertransport; DVG-Tagung, Hannover 8-9 März 1994. S. 104–114
- Malayer, J.R.; Kelly, D.T.; Diekam, M.A.; Brandt, K.E.; Sutton, A.L.; Long, G.G.; Jones, D.D. (1987):** Influence of manure gases on puberty in gilts.
J. Anim. Sci. **64**: 1476–1483
- Marahrens, M. (1994):** Methoden für physiologische Untersuchungen an Tieren auf dem Transport.
Hygiene und Tierschutz beim Tiertransport; DVG-Tagung, Hannover 8-9 März 1994. S. 60–71
- Marchand, J.N.; Mendl, M.T.; Rudd, A.R.; Broom, D.M. (1995):** The effect of agonistic interactions on the heart rate of group-housed sows.
Appl. Anim. Behav. Sci. **45**: 49–56
- Martin, P.; Bateson, P. (1993):** Measuring Behaviour: An introductory guide. 2nd edition. Cambridge/UK : Cambridge University Press,
- Matzke, P.; Holzer, A. (1989):** Untersuchungen zur Verteilung von PSE- und DFD-Fleisch in Schweinehälften.
Schweine-Zucht Schweine-Mast **37**: 405–408

- McGlone, J.J.; Miller, E.A.; Hayden, S.L. (1984a):** A description of micro- and mainframe-computer programs to summarize frequency, duration and sequences of behavior.
Appl. Anim. Behav. Sci. **13**: 219–226
- McGlone, J.J. (1984b):** Olfactory cues and pig agonistic behavior: evidence for a submissive pheromone.
Physiol. Behav. **34**: 195–198
- McGlone, J. (1985a):** A quantitative ethogram of aggressive and submissive behaviors in recently regrouped pigs.
J. Anim. Sci. **61**: 559–565
- McGlone, J.; Curtis, S.E. (1985b):** Behavior and performance of weanling pigs in pens equipped with hide areas.
J. Anim. Sci. **60**: 20–24
- McGlone, J.J.; Stansbury, W.F.; Tribble, L.F. (1986):** Aerosolized 5 α -androst-16-en-3-one reduced agonistic behavior and temporarily improved performance of growing pigs.
J. Anim. Sci. **63**: 679–684
- McGlone, J.J.; Morrow, J.L. (1988):** Reduction of pig agonistic behavior by androstenone.
J. Anim. Sci. **66**: 880–884
- McGlone, J.; Zayan, R. (1990):** Olfactory signals that modulate pig aggressive and submissive behavior. In: **Dantzer, R.** (Hrsg.): *Social stress in domestic animals* S. 86–109
- McGlone, J.J.; Anderson, D.L. (2002):** Synthetic maternal pheromone stimulates feeding behavior and weight gain in weaned pigs.
J. Anim. Sci. **80**: 3179–3183
- Meller, Z. (1992):** The effect of stress caused by transport on meat quality in pigs.
Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olsteniensis, Zootechnica. **35**: 91–99
- du Mesnil du Buisson, F.; Signoret, J.P. (1962):** Influences de facteurs externes sur le déclenchement de la puberté chez la truie.
Ann. Zootech. **11**: 53–59

- Mickwitz, G. von; Meyer, K.; Grund, H.; Vogel, L.; Klawitter, H.-J.; Kobbe, U.; Stütze, K.-P. (1971):** Der Einfluß unterschiedlicher Transportbedingungen auf Belastungsreaktionen und die Höhe der Transportverluste bei Schlachtschweintransporten.
Tierärztl. Umsch. **26**: 524–536
- Mickwitz, G. von. (1980):** Transport von Schweinen. In: **Schulze, W.** (Hrsg.); **Bickhardt, K.** (Hrsg.); **Bollwahn, W.** (Hrsg.); **Mickwitz, G. von** (Hrsg.); **Plonait, H.** (Hrsg.): Klinik der Schweinekrankheiten. Hannover : Verlag M. & H. Schaper Hannover, S. 433–439
- Minkus, D. (2003):** Untersuchungen zum Zusammenhang von Lungengesundheit und postmortaler Fleischreifung beim Schwein anhand der pH-Werterfassung (pH₁ und pH₂₄) und der Messung der Schinkenkerntemperatur, mit besonderer Berücksichtigung der Umgebungsvariablen Ladedichte, Äquivalenttemperatur, Fahrdauer und Ruhezeit,
Freie Universität Berlin, Diss. med. vet., Fachbereich Tiermedizin
- Moss, B.W. (1978a):** Some observations on the activity and aggressive behaviour of pigs when penned prior to slaughter.
Appl. Anim. Ethol. **4**: 323–339
- Moss, B.W.; Robb, J.D. (1978b):** The effect of preslaughter lairage on serum thyroxine and cortisol levels at slaughter, and meat quality of boars, hogs and gilts.
J. Sci. Food Agric. **29**: 689–696
- Muck, C. (1999):** Ergebnisse der Farbmessung an Schweinefleisch.
Dtsch. tierärztl. Wschr. **106**: 119
- Mugford, R.A.; Nowell, N.W. (1970):** Pheromones and their effect on aggression in mice.
Nature **226**, Nr. 6: 967–968
- Müller-Schwarze, D. (1974):** Olfactory recognition of species groups, individuals and physiological states among mammals. In: **Birch, M.C.** (Hrsg.): Pheromones. North Holland, Amsterdam, London, S. 316–326
- Müller, W. (1994):** Technische Anforderungen an einen Tierschutzgerechten Tiertransport.
Hygiene und Tierschutz beim Tiertransport; DVG-Tagung, Hannover 8-9 März 1994. S. 72–84
- Nickel, R.; Schummer, A.; Seiferle, E. (1992):** Lehrbuch der Anatomie der Haustiere – Band IV. 3. Auflage. Berlin und Hamburg : Paul Parey, S. 403-404

- Orgeur, P.; Nowak, R.; Schaal, B. (1995):** Le lien d'attachement entre l'agneau et la brebis : premières recherches sur les mécanismes de mise en place. Implications pour le bien-être néonatal. In: **Picard, M. (Hrsg.); Porter, R.H. (Hrsg.); Signoret, J.P. (Hrsg.):** Comportement et bien-être animal. Paris : INRA, S. 47–59
- Over, R.; Cohen-Tannoudji, J.; Claus, M.; Signoret, J.P. (1990):** Effect of pheromones from male goats on LH secretion in anestrus ewes. *Physiol. Behav.* **48:** 665–668
- Pageat, P.; Tessier, Y. (1998a):** Can a pig pheromone analogue improve daily weight gain and food conversion efficiency in post-weanlings? *Congr. Internat. Pig Vet. Soc., Birmingham, UK.* S. 401
- Pageat, P.; Tessier, Y. (1998b):** Usefulness of a porcine pheromone analogue in the reduction of aggressions between weanlings on penning; behavior study. *Congr. Internat. Pig Vet. Soc., Birmingham, UK.* S. 413
- Pageat, P.; Gaultier, E. (2003):** Current research in canine and feline pheromones. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* **33:** 187–211
- Parrott, R.F.; Booth, W.D.; Baldwin, B.A. (1985):** Aggression during sexual encounters between hormone-treated gonadectomized pigs in the presence or absence of boar pheromone. *Aggress. Behav.* **11:** 245
- Parrott, R.F.; Misson, B.H.; Baldwin, B.A. (1989):** Salivary cortisol in pigs following adrenocorticotrophic hormone stimulation: comparison with plasma levels. *Br. vet. J.* **145:** 362–366
- Perremans, S.; Randall, J.M.; Rombouts, G.; Duchateau, W.; Geers, R. (1997):** Welfare monitoring of piglets in relation to transport. *Proceedings of the 9th International Congress in Animal Hygiene; ISAH '97; Helsinki, Finland 17 – 21 August 1997* **1:** 388–391
- Perremans, S.; Randall, J.M.; Allegaert, L.; Stiles, M.A.; Rombouts, G.; Geers, R. (1998):** Influence of vertical vibration on heart rate of pigs. *J. Anim. Sci.* **76:** 416–420
- Pérez, M.P.; Palacio, J.; Santolaria, M.P.; Aceña, M.C. del; Chacón, G.; Verde, M.T.; Calvo, J.H.; Zaragoza, M.P.; Gascón, M.; García-Belenguer, S. (2002):** Influence of lairage time on some welfare and meat quality parameters in pigs. *Vet. Res.* **33:** 239–250

- Pflum, W. (1989):** Biologie der Säugetiere. Berlin und Hamburg : Paul Parey,
- Poindron, P.; Le Neindre, P. (1980):** Endocrine and sensory regulation of maternal behavior in the ewe.
Adv. Study Behav. **11**: 75–119
- Putten, G. van; Elshof, W.J. (1978):** Observations on the effect of transport on the wellbeing and lean quality of slaughter pigs.
Anim. Regul. Stud. **1**: 247–271
- Putten, G. van. (1978):** Tiertransport. In: **Sambraus, H.H. (Hrsg.); Brummer, H. (Hrsg.):** Nutztierethologie: das Verhalten Landwirtschaftlicher Nutztiere: eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis. 1. Aufl. Berlin, Hamburg : Parey Buchverlag, S. 277–279
- Putten, G. van. (1992):** Tiergerechte Schweinehaltung.
Züchtungskunde **64**: 209–216
- Quissell, D.O. (1993):** Steroid hormone analysis in human saliva.
Ann. N.Y. Acad. Sci. 1993 Sep 20 **694**: 143–145
- Randall, J.M.; Duggan, J.A.; Alani, M.A. (1994):** Influence of motion and vibration on animals.
Hygiene und Tierschutz beim Tiertransport; DVG-Tagung, Hannover 8-9 März 1994. S. 34–46
- Rasmussen, C.E.; Schmidt, M.J.; Henneous, R.; Groves, D.; Daves, G.D. (1982):** Asian bull elephants: Flehmenlike response to extractable components in female elephant estrous urine.
Science **217**: 159–162
- Reinhart, E. (1980):** Untersuchungen über die Einsatzmöglichkeiten der Infrarot-Thermometrie in der Rinder und Schweinehaltung. München, Ludwig-Maximilians-Univ. München, Diss., Fachbereich Veterinärmedizin
- Reuter, G. (1982):** Verfahren zur Erkennung von Fleischqualitätsabweichungen bei Schlachtkörpern.
Fleischwirtsch. **62**: 1153–1160
- Reul, U.; Scheper, K.H.; Festerling, A.; Schmitten, F. (1984):** Untersuchungen zum postmortalen Verlauf der Leitfähigkeit im Schweinefleisch.
Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde e.V. am 26./27. September 1984 in Göttingen.

- Reul, U. (1988):** Untersuchung über die Eignung der Leifähigkeitsmessung zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein.
Bonn, Arbeiten Inst. Tierzuchtwiss. der Rheinischen Friedrich- Wilhelms-Universität. **80**
- Robert, S.; Rushen, J.; Farmer, C. (1997):** Both energy content and bulk of food affect stereotypic behaviour, heart rate and feeding motivation of female pigs.
Appl. Anim. Behav. Sci. **54**: 161–171
- Röhl, I. (2000):** Isolierung und Identifizierung von Sexualpheromonen des marinen Polychaeten *Platynereis dumerilii* (Annelida, Polychaeta),
Carl-von-Ossietzky Universität, Diss., Fachbereich Chemie
- Romeyer, A.; Poindron, P.; Orgeur, P. (1994a):** Olfaction mediates the establishment of selective bonding in goats.
Physiol. Behav. **56**: 693–700
- Romeyer, A.; Poindron, P.; Porter, R.H.; Lévy, F.; Orgeur, P. (1994b):** Establishment of maternal bonding and its mediation by vaginocervical stimulation in goats.
Physiol. Behav. **55**: 395–400
- Roth, E.M. (1987):** Untersuchungen über die Eignung frühpostmortalen Methoden zur Bestimmung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein in der Schachtkette und zur Anwendung in der Selektion,
Bonn, Diss., Fachbereich Agrar Wiss.
- Ruis, M.A.W.; Te Brake, J.H.A.; Engel, B.; Ekkel, E.D.; Buist, W.G.; Blokhuis, H.J.; Koolhaas, J.M. (1997):** The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: effects of age, gender, and stress.
Physiol. Behav. **62**: 623–630
- Rushen, J.; Pajor, E. (1987):** Offence and defence in fights between young pigs (*Sus scrofa*).
Aggress. Behav. **13**: 329–346
- Rushen, J. (1988a):** Social recognition, social dominance and the motivation of fighting by pigs.
Proceedings of the International Congress on Applied Ethology in Farm Animals, Skara. S. 135–143

- Rushen, J. (1988b):** Why do young unacquainted pigs fight, and how can we stop them?
Proceedings of the International Congress on Applied Ethology in Farm Animals, Skara. S. 382–383
- Sack, E.; Branscheid, W.; Oster, A.; Fewson, D. (1987):** Zur Erfassung von PSE-Kriterien bei Schweinehälften am Schlachtband.
Mitteilungsbl. BAFF Kulmbach **96**: 7410–7414
- Sanford, L.M.; Palmer, W.M.; Howland, B.E. (1974):** Influence of sexual activity on serum levels of LH and testosterone in the ram.
Can. J. Anim. Sci. **54**: 579–585
- Santos, C.; Almeida, J.M.; Matias, E.; Fraqueza, M.J.; Roseiro, C.; Sardina, L. (1997):** Influence of lairage environmental conditions and resting time on meat quality in pigs.
Meat Sci. **45**: 253–262
- Sather, A.P.; Jones, S.D.M.; Squires, E.J.; Schaefer, A.L.; Robertson, W.M.; Tong, A.K.W.; Zawadski, S. (1995):** Antemortem handling effects on the behaviour, carcass yield and meat quality of market weight entire male pigs.
Can. J. Anim. Sci. **75**: 45–56
- Schaal, B.; Orgeur, P.; Arnould, C. (1995):** Olfactory preferences in newborn lambs : Possible influence of prenatal experience.
Behaviour **132**: 351–365
- Scharner, E. (1999):** Chemisch-physikalische Eigenschaften als Qualitätsmerkmale.
Dtsch. tierärztl. Wschr. **106**: 1190
- Scheper, J. (1978):** Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch - genetische und umweltbedingte Einflüsse.
Fleischwirtsch. **52**: 203
- Schmitt, F. (1984):** Arbeitsanleitung zur Messung der Leitfähigkeit im Kotelett und Schinken mit dem Leitfähigkeitsmeßgerät „LF Digi 550“ „LF 191“ und „LST/F-Elektrode der Firma WTW. Institut für Tierzuchtwiss., Bonn.
- Schmitt, F.; Stork, F.J.; Schepers, K.H. (1989):** Eignung der FOM-Reflexionswertmessung zur Ermittlung der Fleischbeschaffenheit beim Schwein in der Schatkette.
Schweine-Zucht Schweine-Mast **37**: 77–80

- Schönreiter, S. (1996):** Bestimmung der Kortisolkonzentrationen im Speichel als tierschutzrelevante Alternative zur Messung des Kortisolspiegels aus dem Blut von Saugferkeln.,
Ludwig–Maximilians–Univ. München, Diss. med. vet., Fachbereich Tiermedizin
- Schönreiter, S.; Huber, H.; Lohmüller, V.; Zanella, A.J.; Unshelm, J.; Henke, J.; Erhardt, W. (1999):** Speichelcortisol als Stressparameter bei Saugferkeln.
Tierärztl. Prax. **27**: 175–179
- Schütte, A. (1994):** Transporttauglichkeit von Schweinen.
Hygiene und Tierschutz beim Tiertransport; DVG-Tagung, Hannover 8-9 März 1994. S. 83–98
- Signoret, J.P. (1969):** Agonistisches Verhalten. In: **Porzig, E. (Hrsg.); Tembrock, G. (Hrsg.); Engelmann, C. (Hrsg.); Signoret, J.P. (Hrsg.); Czakó, J. (Hrsg.):** Das Verhalten Landwirtschaftlicher Nutztiere. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, S. 289–293
- Signoret, J.P.; Lévy, F.; Nowak, R.; Orgeur, P.; Schaal, B. (1997):** Le rôle de l'odorat dans les relations interindividuelles des animaux d'élevage.
INRA Prod. Anim. **31**: 339–348
- Sommerville, B.A.; Broom, D.M. (1998):** Olfactory awareness.
Appl. Anim. Behav. Sci. **57**: 269–286
- Stegen, D. (1993):** Tierschutzgerechte Behandlung von Schlachttieren.
Dtsch. tierärztl. Wschr. **100**: 57–61
- Steinhardt, M.; Bünger, U.; Lyhs, L.; Löwe, G. (1976):** Pathophysiologische Aspekte der Transportbelastung beim Schwein. 6. Mitt.: Pathophysiologischer Mechanismus, Transporttod als generalisierte Funktionsstörung.
Monatsh. Veterinärmed. **31**: 655–659
- Steinhardt, M.; Tielscher, H.-H. (1999):** Reaktionen von am Tränkeautomaten aufgezogenen Milchrindkälbern am Ende der Milchernährungsperiode auf Transportbelastung – Säure-Basen-Status, metabolische und hormonelle Variablen und Herzschlagfrequenz.
Tierärztl. Umsch. **54**: 610–617
- Steinhardt, M. (2002):** Reaktionen von Jungtieren aus der Mutterkuhhaltung auf Transport mit Straßenfahrzeugen – Wiederholte Untersuchungen vor und nach der permanenten Trennung der Jungtiere von den Muttertieren.
Dtsch. tierärztl. Wschr. **109**: 239–245

- Stephens, D.B.; Perry, G.C. (1990):** The effects of restraint, handling, simulated and real transport in the pig (with reference to man and other species). *Appl. Anim. Behav. Sci.* **28**: 41–55
- Stumpe, A.; Schmitten, F.; Schepers, K.H. (1990):** Zusammenhänge zwischen sensorischen und technologischen Qualitätseigenschaften des Schweinefleisches. *Fleischwirtsch.* **70**: 195–199
- Theloe, G. (1975):** Schweineverluste auf dem Transport und in den Schlachthöfen. *Fleisch* **30**: 484–488
- Thiemig, F.; Buhr, H.; Oelker, P. (1997):** Zur Problematik der PSE-Bestimmung bei Schweinefleisch. *Fleischwirtsch.* **77**: 229–234
- Thölking, L.; Brenner, K.V. (1990):** Vergleich der Aussagekraft von Methoden zur Messung der Fleischbeschaffenheit bei Schweinen am Schlachtband. *Schweine-Zucht Schweine-Mast* **38**: 11–14
- TierSchTrV:** Verordnung zum Schutz von Tieren beim Transport (Tierschutztransportverordnung). BGBl. I 11. Juni 1999
- Tierschutzbericht (2003):** Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
- Topel, D.G.; Hallberg, J.W. (1985):** Stress-susceptibility with particular emphasis on carcass quality and health. Proceeding of commission on animal management and health and commission on pig production joint session, Halkidiki, Greece 30. sept. – 5. oct. 1985; *EAAP Publication* **33**: 49–59
- Troeger, K.; Woltersdorf, W. (1989):** Measuring stress in pigs during slaughter. *Fleischwirtsch.* **69**: 373–376
- Troeger, K. (1990):** Schlachten: Tierschutz und Fleischqualität Gegenwärtige Praxis – Welche Forderungen sind zu stellen? *Fleischwirtsch.* **70**: 266–272
- Troeger, K. (1994):** Der Umgang mit Transporttieren durch das Personal und die Folgen für die Produktqualität. *Hygiene und Tierschutz beim Tiertransport; DVG-Tagung, Hannover 8-9 März 1994.* S. 99–103
- Turek, F.W. (1994):** Circadian Rhythms. *Rec. Prog. Horm. Res.* **49**: 49–90

- Vandenbergh, J.G.; Whitsett, J.M.; Lombardi, J.R. (1975):** Partial isolation of a pheromone accelerating puberty in female mice.
J. Reprod. Fert. **43**: 515–523
- Vieuille-Thomas, C.; Signoret, J.P. (1992):** Pheromonal transmission of an aversive experience in the domestic pig.
J. Chem. Ecol. **18**: 1551–1557
- Villé, H.; Bertels, S.; Geers, R.; Janssens, S.; Goedseels, V.; Parduyns, G.; Bael, J. van; Goossens, K.; Bosschaerts, L.; Ley, J. de; Heylen, L. (1993):** Electrocardiogram parameters of piglets during housing, handling and transport.
Anim. Prod. **56**: 211–216
- Vince, M.A.; Ward, T.M. (1984):** The responsiveness of newly born Clun-Forest lambs to odour sources in the ewe.
Behaviour **89**: 117–127
- Warriss, P.D.; Dudley, C.P.; Brown, S.N. (1982):** Reduction of carcass yield in transported pigs.
J. Sci. Food Agric. **34**: 351–356
- Warriss, P.D.; Brown, S.N. (1985):** The physiological responses to fighting in pigs and the consequences for meat quality.
J. Sci. Food Agric. **36**: 87–92
- Warriss, P.D.; Brown, S.N.; Bevis, E.A.; Kestin, S.C. (1990):** The influence of pre-slaughter transport and lairage on meat quality in pigs of two genotypes.
Anim. Prod. **50**: 165–172
- Warriss, P.D.; Brown, S.N.; Edwards, J.E.; Anil, M.H.; Fordham, D.P. (1992):** Time in lairage needed by pigs to recover from the stress of transport.
Vet. Rec. **131**: 194–196
- Warriss, P.D.; Brown, S.N.; Adams, S.J.M.; Corlett, I.K. (1994):** Relationships between subjective and objective assessments of stress at slaughter and meat quality in pigs.
Meat Sci. **38**: 329–340
- Weeding, C.M.; Hunter, W.J.; Guise, H.J.; Hunter, R.H.C. (1996):** The effect of ease of handling on the welfare of slaughter pigs.
Appl. Anim. Behav. Sci. **50**: 79

- Wenzlawowicz, M. von. (1994):** Vergleichende Untersuchungen zur Fleischqualität beim Schwein mit Hilfe der pH-, Leitfähigkeits- und Farbhelligkeitsmessung (42-45 Minuten p.m.) mit besonderer Berücksichtigung von Vorbelastungen, des Schalchtewichts und des Magerfleischanteils, Freie Universität Berlin, Diss. med. vet., Fachbereich Tiermedizin
- Wenzlawowicz, M. von; Holleben, K. von; Mickwitz, G. von. (1996):** Fleischqualität beim Schwein. Vergleichende Untersuchungen unter Berücksichtigung von Vorbelastungen, Schlachtgewicht und Magerfleischanteil. *Fleischwirtsch.* **76**: 301–307
- Wenzlawowicz, M. von. (1998):** Entwicklung in der Schweinezucht - Der Einfluß von Qualitätsstandards. *Tierärztl. Umsch.* **53**: 122–129
- Wendt, M.; Bickhardt, K.; Herzog, A.; Fischer, A.; Fischer, A.; Martens, H.; Richter, Th. (2000):** Belastungsmypathie des Schweines und PSE-Fleisch: Klinik, Pathogenese, Ätiologie und tierschutzrechtliche Aspekte. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* **113**: 173–190
- Whitten, W.K. (1958):** Modification of the oestrus cycle of the mouse by external stimuli associated with the male. *J. Endocrinol* **17**: 307–313
- Wiesner, E.; Ribbeck, R. (1991):** Wörterbuch der Tiermedizin. 3. Aufl. Gustav Fischer Verlag Jena – Stuttgart,
- Wilson, E.O. (1963):** Pheromones. *Sci. Am.* **208**: 100–114
- Wilson, E.O. (1965):** Chemical communication in the social insects. *Science* **149**: 1064–1071
- Wolski, T.R.; Houpt, K.A.; Aronson, R. (1980):** The role of the senses in mare-foal recognition. *Appl. Anim. Ethol.* **6**: 121–138
- Wysocki, C.F. (1979):** Neurobehavioral evidence for the involvement of the vomeronasal system in mammalian reproduction. *Neurosci. Biobehav.* **5**: 301–341
- Yamaguchi, M.; Yamazaki, K.; Beauchamp, G.K; Bard, J.; Thomas, Z.; Boyse, E.A. (1981):** Distinctive urinary odors governed by the major histocompatibility locus in the mouse. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **78**: 5817– 5820

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bedanken bei

Herrn Prof. Dr. J. Unshelm vom Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene der LMU-München für die Überlassung des Themas, sowie seine Unterstützung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. M. Erhard für die Übernahme und weitere Betreuung.

Frau Dr. C. Wöhr für die jederzeit gewährte Unterstützung, die wertvollen Anregungen, kritischen Hinweise und die Unterstützung bei der Schriftlegung dieser Dissertation.

Herrn Herrman Kuchler für seine wertvolle, tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung des Versuches.

Frau Nicole Bucher für die fachkundige Hilfe bei der Auswertung der Speichelproben mit dem RIA.

Herrn Dr. Hollwich und der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht e.V. in Grub für die Durchführung der Schlachtung und der damit verbundenen Untersuchungen.

Den Mitarbeitern des staatlichen Versuchsguts Osterseeon, die mir bei der Durchführung des Versuches sehr behilflich waren.

Herrn Prof. Dr. Dr. K. Osterkorn und besonders Herrn J. Stanglmeier für ihre freundliche Betreuung bei der statistischen Auswertung des umfangreichen Datenmaterials.

Und nicht zuletzt auch bei meiner Familie und Freunden für den jederzeitigen Rückhalt den ich bekommen habe.

Lebenslauf

Name: Christophe Michael Maier
Geburtsdatum: 26. Januar 1973
Geburtsort: Mexiko, Mexiko City
Eltern: Françoise Maier, geb. Maurice
Alfred Maier
Familienstand: ledig

Schulbildung:

1979 - 1982 Französische Schule Mexiko City
1982 - 1985 Französische Schule München
1985 - 1991 Europäische Schule München
Abschluß: europäische Abiturprüfung 1991

Hochschulausbildung:

1991 - 1998 Studium der Tiermedizin
Ludwig-Maximilians-Universität, München
Approbation: 19. Februar 1998
Promotion: Beginn 1998 der vorliegenden Dissertation
am Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde,
und Tierhygiene der Ludwig-Maximilians-
Universität München

Beruflicher Werdegang:

1998 - 2002 Vertretung und Mitarbeit
in Tierarztpraxen
seit 2002 Angestellt in einer
Gemischtpraxis in Neuburg an der Donau