

Tierärztliche Hochschule Hannover

**Ermittlung des statischen Platzbedarfs von Mastschweinen
und Schlachtsauen als Grundlage für ein tiergerechtes
Platzangebot beim Transport**

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Grades einer Doktorin der Veterinärmedizin
-Doctor medicinae veterinariae-
(Dr. med. vet.)

vorgelegt von
Heidi Arndt
Nordhorn

Hannover 2021

Wissenschaftliche Betreuung: Prof. Dr. Nicole Kemper
Institut für Tierhygiene, Tierschutz und
Nutztierethologie
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

1. Gutachter: Prof. Dr. med. vet. Nicole Kemper
2. Gutachter: Prof. Dr. med. vet. Michael Wendt

Tag der mündlichen wissenschaftlichen Aussprache: 05.05.2021

Die Untersuchungen zu dieser Dissertation wurde finanziell unterstützt durch die Tönnies Forschung.

Die Autorin war assoziierte Promovierende des interdisziplinären Promotionsprogrammes "Animal Welfare in Intensive Livestock Production Systems – Tierhaltung im Spannungsfeld von Tierwohl, Ökonomie und Gesellschaft".

Jeder Weg beginnt mit einem ersten Schritt

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Publikationen	4
2.1. "Do pigs have adequate space in animal transportation vehicles? - Planimetric measurement of the floor area covered by finishing pigs in various body positions"	4
2.2. "Planimetric determination of the static space of cull sows as the first step towards a recommendation of loading densities for cull sows during road transportation in the European Union"	6
3. Diskussion	8
3.1. Der statische Platzbedarf als Ausgangspunkt für die Bemessung eines tiergerechten Platzangebotes	9
3.1. Die präzise Ermittlung des statischen Platzbedarfs	10
3.2. Evaluierung aktueller gesetzlicher Vorgaben zum Platzangebot für Schweine beim Transport auf Grundlage des statischen Platzbedarfs	12
4. Fazit	15
5. Zusammenfassung	17
6. Summary	19
7. Literaturverzeichnis	21

1. Einleitung

Ausgehend von den westlichen Industrieländern, in denen der gesellschaftliche, fachliche und politische Anspruch an die Tiergerechtigkeit landwirtschaftlicher Nutztierhaltung seit Jahren stark ansteigt, hat die Wahrnehmung des Tierschutzes weltweit an Bedeutung gewonnen (IFC, 2014; Fraser, 2014). Im Zuge dieser Entwicklung werden auch kommerzielle Tiertransporte und insbesondere das Platzangebot für die Tiere auf den Transportfahrzeugen regelmäßig öffentlich kritisiert. Vanhonacker et al. (2009, 2010a) stellten im Rahmen von Bürgerbefragungen in Belgien zum Thema Tierschutz fest, dass das Platzangebot für Nutztiere als essentieller Tierschutzindikator wahrgenommen wird. Außerdem zeigten Umfragen mit Hilfe von Fragebögen und Fokusgruppengespräche, dass die letzte Phase im Leben von Tieren und in Verbindung damit die Fragestellung, wie Tiere transportiert werden, besondere Beachtung in der Bevölkerung findet (Vanhonacker et al. 2009; 2010b). Trotz des verhältnismäßig kurzen Zeitraums von Transportsituationen im Leben von Tieren, erscheint diese Aufmerksamkeit gerechtfertigt. Transporte werden aus wissenschaftlicher Sicht ebenfalls als besonders kritische Phase für die Gesundheit und das Wohlbefinden von Tieren eingeschätzt (EFSA, 2009).

Die Auswirkungen von LKW-Transporten auf Mastschweine unter gängigen kommerziellen Bedingungen wurden bereits ausführlich untersucht. Beim Auf- und Abladen der Tiere sowie während der Fahrt, eventueller Zwischenhalte und Wartezeiten sind Schweine konzentriert multiplen potentiell Stress auslösenden Umwelteinflüssen wie beispielsweise wechselnden Temperatur-, Licht- und Bodenverhältnissen, unbekanntem Geräuschen und Erschütterungen oder der Begegnung mit unbekanntem Menschen sowie anderen Schweinen ausgesetzt (Broom, 1996; Warris, 1998a; Fazio und Ferlazzo, 2003; EFSA, 2011). Die Effekte dieser potentiellen extrinsischen Stressoren können kumulieren (Ritter et al., 2009). Wird die physische oder mentale Belastbarkeit eines Schweines überschritten, können pathophysiologische Beeinträchtigungen wie starke Erregung, Distress, Angst, Schmerzen, schwerwiegende Erschöpfungszustände, Dehydratation,

Verletzungen oder der Tod des Tieres die Folge sein (von Wenzlawowicz et al., 1994; Warris, 1998b; Fazio und Ferlazzo, 2003; Sutherland et al., 2009; Voslarova, 2016; Thodberg et al., 2019). Das Platzangebot oder die Ladedichte wird, neben den klimatischen Bedingungen im Laderaum, der Transportdauer, der Fahrweise, der Versorgung der Tiere mit Wasser oder der Art und Intensität des Umganges mit den Tieren als besonders einflussstarker Risikofaktor beschrieben (Ritter et al., 2006; Ritter et al., 2007; EFSA, 2009; Pilcher et al., 2011; OIE, 2019; Rioja-Lang et al., 2019). Ein zu geringes Platzangebot kann, aufgrund mangelnder Ausweich- und Ruhemöglichkeiten, zu Rastlosigkeit und Erschöpfung, Stürzen und, insbesondere in Verbindung mit Umgruppierungen, zu aggressiven Interaktionen zwischen den Schweinen führen (Lambooy und Engel, 1991; Ritter et al., 2007). Bei mangelnder Belüftung kann sich der Laderaum durch die Abgabe von Körperwärme der Schweine auch bei geringen Außentemperaturen stark aufheizen (Xiong et al., 2015). Unter kommerziellen Transportbedingungen ist eine nachteilige Wirkung einer Erhöhung des Platzangebotes ebenfalls möglich, da diese die Aktivität der Tiere und dadurch Unruhe oder Aggressionen fördern kann und die Tiere in Kurven oder bei schlechter Fahrbahnbeschaffenheit Schwierigkeiten haben, das Gleichgewicht zu halten (Gade und Christensen, 1998).

Viele Studien kommen zu dem Schluss, dass negative Konsequenzen für Schweine beim Transport minimiert werden können, wenn ihnen so viel Platz zur Verfügung gestellt wird, dass die Tiere während der Fahrt entspannt liegen können. Diese Mindestanforderung hat in die meisten internationalen Empfehlungen und Rechtsvorschriften zum Schutz von Tieren beim Transport Einzug genommen (EFSA, 2011; OIE, 2019; VO (EG) Nr. 1/2005; TierSchTrV; BEK Nr. 26). Darüberhinausgehende konkrete Empfehlungen oder Zahlenwerte für ein optimales Bodenflächenangebot variieren in wissenschaftlichen Empfehlungen hingegen zum Teil deutlich. Die meisten Studien vergleichen verschiedene Ladedichten und bewerten anhand von tierbasierten Indikatoren, welche dieser Ladedichten unter den jeweils gegebenen Transportbedingungen die am wenigsten schwerwiegenden Folgen für die Schweine hat (Gade und Christensen, 1998; Warris et al., 1998; Ritter et al., 2006; Chai et al., 2010). Selten wird der tatsächlich physisch von Schweinen

benötigte Raum thematisiert oder die darüberhinausgehenden platzbestimmenden Bedürfnisse der Tiere beleuchtet. Studien, die sich mit dem Transport von Schlachtsauen beschäftigen, gibt es nur wenige. Diese unklare Studienlage mag ein Grund sein, warum konkrete Zahlenwerte, d.h. konkrete Ladedichten auch rechtlich bisher nur selten verankert sind. Stevenson et al. (2014) schlussfolgerten aus einem großangelegten Vergleich internationaler Tierschutzvorschriften und Empfehlungen, dass die europäische Gesetzgebung zum Schutz von Nutztieren beim Transport die umfassendste der Welt ist. Dementsprechend wird sie auch global als normativer Tierschutzstandard wahrgenommen. Dennoch regelt die europäische Tierschutztransportverordnung VO (EG) Nr. 1/2005 das Platzangebot für die häufigste Transportform von Schweinen, den Straßentransport, nur oberflächlich. Für Schweinen „mit einem Gewicht von ungefähr 100 kg“ ist eine maximale Ladedichte von 235 kg/m^2 vorgeschrieben VO (EG) Nr. 1/2005. Diese Angabe basiert auf einer Empfehlung aus den 1980er Jahren (Lambooy et al., 1985). Es ist fraglich, ob diese Vorgaben dem seither gestiegenen Anspruch an die Tiergerechtigkeit im Umgang mit Nutztieren nach wie vor entsprechen und für Mastschweine heutiger Rassen mit einem üblicherweise deutlich höheren Endmastgewicht ausreichen. Die europäische Tierschutztransportverordnung nennt keine speziellen Bodenflächenvorgaben für Schlachtsauen beim Straßentransport (VO (EG) Nr. 1/2005). Im dänischen und deutschen Recht gibt es konkrete Vorgaben für das Bodenflächenangebot, die auch auf Sauen anwendbar sind. Die höchste Gewichtsangabe, für die ein konkretes Mindestplatzangebot definiert wurde, liegt bei 250 kg in der dänischen und $> 120 \text{ kg}$ in der deutschen Gesetzgebung (TierSchTrV; BEK Nr. 26). Sauen moderner Genetik können deutlich höhere Gewichte erreichen.

Ziel dieser Arbeit ist es, den physischen (statischen) Platzbedarf von heutzutage gehaltenen Mastschweinen und Sauen zu ermitteln und davon ausgehend, unter Einbeziehung von Erkenntnissen über platzfordernde Bedürfnisse von Schweinen, einen Beitrag zur Diskussion der Tiergerechtigkeit aktueller europäischer Vorgaben und zukünftiger tiergerechter Platzbedarfsbemessung für Mastschweine und Schlachtsauen beim Transport zu leisten.

2. Publikationen

Die folgenden Artikel wurden in Online Journalen mit Begutachtungsverfahren und offenem Zugang publiziert und können dort eingesehen werden.

2.1. "Do pigs have adequate space in animal transportation vehicles? - Planimetric measurement of the floor area covered by finishing pigs in various body positions"

Heidi Arndt, Nina Volkmann, Birgit Spindler, Jörg Hartung, Nicole Kemper

Publiziert am 10. Januar 2019

Front Vet Sci. 2019 Jan 10;5:330.

doi: 10.3389/fvets.2018.00330.

Zusammenfassung

- Der individuelle physische Bodenflächenbedarf (statischer Platzbedarf, static space) von insgesamt 232 Mastschweinen einer modernen Genetik wurden im letzten Fünftel der Mastperiode mit Hilfe der KobaPlan-Methode (Briese und Hartung, 2009) ermittelt. Der Versuchsaufbau der bis dato vornehmlich an Geflügel erprobten Methode zur computergestützten, kontrastbasierten planimetrischen Auswertung zweidimensionaler Bilder wurde für die Anwendung an Mastschweinen angepasst.
- Es wurden 1.583 Aufsicht-Fotografien individueller Mastschweine in bis zu dreizehn verschiedenen Körperhaltungen je Tier (zehn Körperhaltungen stehender Tiere mit unterschiedlicher Kopfhaltung und drei unterschiedliche Körperhaltungen liegender Schweine) analysiert.
- Das ermittelte Körpergewicht der Schweine lag bei 109,01 (+/- 11,45) kg. Das Endmastgewicht heutiger Mastschweine liegt damit über dem Gewicht, das der aktuell geltenden europäischen Rechtsprechung zugrunde liegt.
- Für liegende Tiere wurde ein statistisch signifikant höherer Bodenflächenbedarf ermittelt als für stehende Tiere. Die geringste Bodenfläche mit $0,288 \pm 0,026 \text{ m}^2$ benötigte ein durchschnittliches aufrechtstehendes Schwein mit zum Boden gesenktem Kopf. Der höchste Wert lag bei $0,335 \pm 0,030 \text{ m}^2$ und wurde für ein

durchschnittliches Tier ermittelt, das den Kopf über die Rückenlinie angehoben zur Seite gerichtet trug. Mit durchschnittlich $0,486 \pm 0,040 \text{ m}^2$ benötigten Schweine, die in vollständig entspannter Seitenlage lagen, am meisten Bodenfläche. Der höchste Wert ($0,578 \text{ m}^2$) wurde für ein Schwein mit einem Körpergewicht von 131 kg in vollständig entspannter Seitenlage ermittelt.

- Der Körperumfang der Tiere hing statistisch signifikant von dem Körpergewicht der Tiere ab. Eine Platzbedarfsbemessung in Abhängigkeit vom Körpergewicht wurde empfohlen.
- Der ermittelte statische Bodenflächenbedarf von Mastschweinen wurde mit den Ergebnissen aus Flächenbedarfsberechnungen mit allometrischen Formeln aus der Literatur (Petherick und Philips, 2009) verglichen. Für 12 der 13 untersuchten Körperpositionen waren die mit den Formeln berechneten Werte statistisch signifikant höher als die gemessenen Werte. Für Schweine in Bauch-Brust-Lage mit angezogenen Hinterbeinen lag der berechnete Wert unterhalb des gemessenen Bodenflächenbedarfs.
- Der durchschnittliche statische Bodenflächenbedarf eines individuellen Mastschweines wurde mit dem nach europäischem Recht (VO (EG) Nr. 1/2005) vorgeschriebenen Mindestplatzangebot verglichen. Für Schweine in 12 der 13 untersuchten Körperpositionen konnte eine freibleibende Bodenfläche („free space“) ermittelt werden. Diese betrug zwischen $0,012 \text{ m}^2$ und $0,177 \text{ m}^2$. Für ein durchschnittliches Mastschwein in vollständig entspannter Seitenlage überschritt der ermittelte durchschnittliche statische Bodenflächenbedarf das nach europäischem Recht vorgeschriebene Mindestplatzangebot um $0,028 \text{ m}^2$.

2.2. “Planimetric determination of the static space of cull sows as the first step towards a recommendation of loading densities for cull sows during road transportation in the European Union”

Heidi Arndt, Birgit Spindler, Stephanie Hohmeier, Jörg Hartung, Nicole Kemper

Publiziert am 31. Dezember 2020

Agriculture 2021, 11(1), 20.

doi: 10.3390/agriculture11010020

Zusammenfassung

- Es existieren nur wenige wissenschaftliche Studien, die sich mit dem Transport von Schlachtsauen beschäftigen. Die wenigen Arbeiten, die Transportbedingungen für Schlachtsauen untersuchen, beschreiben identische Risikofaktoren wie sie in Studien über Mastschweine benannt werden, bemängeln aber das Fehlen an spezifischen wissenschaftlichen Erkenntnissen zu diesen Faktoren. Sie legen nahe, dass Sauen aufgrund etwaiger Vorbelastungen unter einem größeren Risiko stehen, durch Transporte Einschränkungen ihrer Gesundheit oder ihres Wohlbefindens zu erleiden.
- Die europäische Tierschutztransportverordnung nennt keine speziellen Bodenflächenvorgaben für Schlachtsauen beim Straßentransport. Im dänischen und deutschen Recht gibt es konkrete Vorgaben für das Bodenflächenangebot, die auch auf Sauen anwendbar sind. Die höchste Gewichtsangabe für die ein konkretes Mindestplatzangebot definiert wurde, liegt bei 250 kg in der dänischen und > 120 kg in der deutschen Gesetzgebung (TierSchTrV; BEK Nr. 26).
- In dieser Studie wurden der individuelle physische Bodenflächenbedarf (statischer Platzbedarf, static space) von insgesamt 100 Schlachtsauen ($235,8 \pm 28,6$ kg, Min: 187,5 kg, Max: 310,0 kg) einer heutzutage häufig gehaltenen Genetik mit Hilfe der computergestützten, kontrastbasierten planimetrischen Methode KobaPlan (Briese und Hartung, 2009) ermittelt. Der für Mastschweine in der vorangegangenen Studie angepasste Versuchsaufbau wurde für Sauen nur leicht verändert.

- Es wurden 193 individuelle Aufsicht-Fotografien individueller Sauen in bis zu vier verschiedenen zuvor definierten Körperhaltungen (stehend mit erhobenem oder gesenktem Kopf, liegend in Bauch-Brust-Lage oder Seitenlage) analysiert.
- Der ermittelte statische Bodenflächenbedarf war für liegende Tiere statistisch signifikant höher als für stehende Tiere.
- Der Körperumfang der Tiere hing außerdem statistisch signifikant von dem Körpergewicht der Tiere ab. Eine Platzbedarfsbemessung in Abhängigkeit vom Körpergewicht wurde empfohlen.
- Eine durchschnittliche Sau bedeckte etwa 0,42 bis 0,47 m² Bodenfläche im Stehen und bis zu 0,63 m² im Liegen. Die größte gemessene Fläche betrug 0,72 m² für eine Sau in Bauch-Brust-Lage mit einem Gewicht von 293,5 kg.
- Die Ergebnisse wurden mit deutschen (DE) und dänischen (DÄ) gesetzlichen Mindestplatzvorgaben sowie mit verschiedenen Empfehlungen aus der aktuellen Literatur verglichen. Die niedrigste verglichene Ladedichte von 179 kg/m² stammt aus einer Untersuchung (G) von Gerritzen et al. (2013). Die durchschnittlich größte freibleibende Bodenfläche mit 0,28 m² (DE), 0,35 m² (DÄ) und 0,98 m² (G) wurde für stehende Sauen mit gesenktem Kopf ermittelt. Die geringste ermittelte freibleibende Fläche betrug mit 0,07 m² (DE) für ein durchschnittliches Schwein in Bauch-Brust-Lage und 0,15 m² (DÄ) und 0,54 m² (G) für die einzige in Seitenlage vermessene Sau. Für die Sau mit dem maximal gemessenen statischen Bodenflächenbedarf verblieb in Bauch-Brustlage kein freier Raum beim Vergleich mit DE. Sie benötigte 0,01 m² mehr statische Bodenfläche. Verglichen mit DÄ blieben ihr 0,25 m² und im Vergleich mit G 0,68 m² freie Fläche.

3. Diskussion

Aus praktischen und ökonomischen Erwägungen ist eine temporäre Begrenzung der raumfordernden Bedürfnisse von Schweinen in Transportsituationen nachvollziehbar. In welchem Maße diese Einschränkung eines Schweines als tiergerecht verstanden werden kann, hängt einerseits von dem zugrunde gelegten Bewertungsrahmen, der die Bedeutung des Begriffes der Tiergerechtheit prägt, und andererseits von dem tatsächlichen Platzbedarf des Tieres ab. Zur Bewertung des Wohlbefindens von Tieren in menschlicher Obhut werden bis heute häufig die auf Brambell (1965) zurückgehenden „Fünf Freiheiten“ herangezogen. In ihrer ursprünglichen Form gestehen diese einem Tier die Freiheiten zu, sich hinzulegen und aufzustehen, sich herumzudrehen, sich selber zu „pflegen“ und seine Glieder zu strecken. Als aktuelles Leitprinzip für die Begutachtung von Tierwohl wird von der Weltorganisation für Tiergesundheit (OIE, 2019) das von Webster (2016) erweiterte Konzept der Fünf Freiheiten anerkannt, welches die Freiheit von Hunger, Durst und Fehlernährung, die Freiheit von Unbehagen, die Freiheit von Schmerz, Verletzung und Krankheit, die Freiheit von Angst und Leiden und die Freiheit zum Ausleben normalen Verhaltens umfasst. Aber auch dieses Konzept ist einigen Autoren nicht weitreichend genug. McCulloch (2013) stellt fest, dass das Konzept der fünf Freiheiten nicht ausreicht, um das Tierschutzniveau im ethischen Sinne zu bewerten. Knierim (2002) beschreibt, dass Wohlbefinden nicht nur als „das Fehlen von Schmerzen, Leiden oder körperlichen Schäden“ definiert werden kann, sondern außerdem umfasst, inwiefern ein erfolgreicher Umgang mit der Umwelt möglich ist.

Vor diesem Hintergrund wirken die meisten wissenschaftlichen Ansätze zur Bewertung der Tiergerechtheit des Platzangebotes für Schweine beim Transport nicht weitreichend genug. Die meisten Studien beruhen auf Vergleichen der Auswirkungen verschiedener Ladedichten auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der transportierten Schweine. Anhand von tierbasierten Indikatoren wie Todesfällen, sichtbaren Verletzungen oder Veränderungen der Atem- oder Herzfrequenz der Tiere, des pH- oder des Cortisol-Wertes im Blut oder der Fleischqualität nach der Schlachtung, wird das Maß an negativen Konsequenzen auf die Tiere bestimmt

(Lambooy 1985; Ritter et al., 2006; Gispert et al., 2000; Sutherland et al., 2009; Chai, 2010). Die Autoren können aufgrund solcher Untersuchungen nur bedingt allgemeingültige Empfehlungen aussprechen. Sie beschreiben, welche der getesteten Ladedichte unter den jeweils gegebenen Transportbedingungen, im Vergleich mit den anderen getesteten Ladedichten, die am wenigsten schwerwiegenden Folgen hat. Beispielsweise fanden Pereira et al. (2015) in Untersuchungen, die zwischen Juli und September in Brasilien durchgeführt wurden, bei einer Ladedichte von 251 kg/m^2 weniger „physiologische Schäden“ oder „offensichtlich dichtebedingte Verletzungen“ als bei einer Ladedichte von 236 kg/m^2 und 275 kg/m^2 . Die auf diese Weise ermittelten „optimaleren“ Ladedichten variieren zum Teil deutlich, was mit unterschiedlichen Transportbedingungen (z.B. Handling, Klima, Transportdauer, Fahrweise, Umgruppierungen), den untersuchten Tieren (z.B. Rasse, Resilienz durch vorangegangene Haltungsumstände) oder der Methodik (z.B. untersuchte Indikatoren) zusammenhängen kann.

3.1. Der statische Platzbedarf als Ausgangspunkt für die Bemessung eines tiergerechten Platzangebotes

In beiden publizierten Untersuchungen wurde als Ausgangspunkt für die Evaluierung von rechtlichen Grundlagen und wissenschaftlichen Empfehlungen zum Platzangebot beim Transport von Mastschweine und Schlachtsauen der statische Bodenflächenbedarf bestimmt. Dieser Ansatz beruht auf der Überlegung, dass der Platzbedarf von Tieren in verschiedene Mess- und Schätzgrößen unterteilt werden kann. Dabei ist der statische Mindestplatzbedarf derjenige, der rein körperlich benötigt wird. Petherick (1981), Pastorelli et al. (2006) und Curtis (1989) bezeichneten die physisch benötigte Bodenfläche als „static space“ (statischen Raum), McGlone und Pond (2003) verwenden die Bezeichnung „used space“ (belegter Raum). In dieser Arbeit werden die Begriffe „statischer Platzbedarf“ oder „statischer Bodenflächenbedarf“ verwendet.

In einem zweiten Schritt können zusätzliche Mess- oder Schätzwerte für alle raumfordernden Bedürfnisse der Tiere ergänzt werden, die ihnen abhängig von der Fragestellung und dem Bewertungsrahmen zugestanden werden sollen. Hierzu

existieren bereits vereinzelte Ansätze. Ein sehr offen definierter Terminus ist der „free space“ (freier Raum), worunter nach McGlone und Pond (2003) der gesamte Raumbedarf subsumiert wird, der für die Ausübung von „arteigenen raumgreifenden Verhaltensweisen“ benötigt wird. Andere Autoren schlagen enger definierte Begriffe wie den „dynamic space“ (dynamischer Raum), der nicht ortsverändernde Bewegungen miteinbezieht oder den „social space“ oder den „social interaction space“ für soziale Interaktionen vor oder definieren essentielle Raumanforderungen, beispielsweise für die Wahrung einer Individualdistanz zwischen den Tieren, das Aufstehen und Ablegen oder das Erreichen einer Tränke ohne konkrete Begrifflichkeiten hierfür einzuführen (Petherick, 1983; Pastorelli et al., 2006; Petherick und Philips, 2009)

3.1. Die präzise Ermittlung des statischen Platzbedarfs

Mit den im Rahmen dieser Arbeit veröffentlichten Untersuchungen wurden sehr präzise Daten zum statischen Platzbedarf von Mastschweinen und Schlachtsauen aktueller Genetik ermittelt. Bisher liegen in der wissenschaftlichen Literatur nur wenige vergleichbare Daten vor. Diese sind häufig nicht sehr präzise erfasst worden oder beruhen auf vergleichsweise alten Messungen. Einige Studien beschreiben biometrische Daten von Schweinekörpern (Länge, Höhe, Breite), die mit Hilfe von Maßbändern oder Messstäben und Messschiebern ermittelt wurden (Brandl und Jorgensen, 1996; McGlone et al., 2004; Mousten et al., 2011). Auf der Basis entsprechender Daten aus den 1980er Jahren wurden allometrische Formeln entwickelt, mit deren Hilfe der statische Bodenflächenbedarf („static space“) gewichtsabhängig kalkuliert werden kann (Petherick und Baxter, 1981; Petherick, 1983; Petherick, 2007). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit legen nahe, dass mit allometrischen Formeln der statische Platzbedarf von Schweinen bisher nicht ausreichend präzise bestimmt werden kann, um das Platzangebot in Transportsituationen zu evaluieren. Petherick und Philips (2009) empfehlen für die Kalkulation des statischen Platzbedarfs eines Schweines in Bauch-Brust-Lage die gleiche Formel anzuwenden wie für ein stehendes Schwein. In der vorliegenden Arbeit wurde hingegen gezeigt, dass der Bodenflächenbedarf von Schweinen in diesen beiden Körperpositionen nicht identisch ist. Für die Bestimmung des

Bodenflächenbedarfs eines liegenden Schweines berechneten Petherick und Philips (1981) und Pastorelli et al. (2006) den Flächeninhalt eines angenommenen Quadrates um ein stehendes Schwein. Der technologische Fortschritt ermöglicht eine deutlich präzisere, computergestützte Ermittlung des Flächeninhaltes komplexerer geometrischer Formen, also beispielsweise der tatsächlichen Außenlinie eines liegenden Tieres. Die in diesen Untersuchungen verwendete KobaPlan-Methode (Briese und Hartung, 2009) ermöglicht eine sehr präzise computerisierte kontrastbasierte Erkennung der Umrisse von Tieren auf zweidimensionalen Aufsicht-Fotografien. So wurde die genaue Bodenflächenabdeckung von kleineren Nutztieren wie Geflügel, Kaninchen und Ferkeln damit bereits vielfach sehr präzise bestimmt (Briese und Spindler, 2013; Giersberg et al. 2015; Fels et al., 2016; Habig et al., 2016). Bisher werden Methoden zur bild- oder videogestützten Erkennung von Körperdimensionen vor allem zur Schätzung des Gewichtes oder der Schlachtkörperzusammensetzung auf dem Schlachthof eingesetzt (Brandl und Jorgensen, 1996; Doeschl-Wilson et al., 2005). Für die in den Publikationen beschriebenen Arbeiten wurde der Versuchsaufbau der KobaPlan-Methode (Briese und Hartung, 2009) an die Anwendung an Mastschweinen und Sauen angepasst. Mit der Methode war es möglich, objektive, präzise und reliable Werte für den statischen Platzbedarf von Mastschweinen und Sauen zu ermitteln. Die Daten erscheinen darüber hinaus sehr valide, auch wenn aufgrund vieler manueller Schritte die Validität des methodischen Vorgehens nicht quantitativ ausgedrückt werden kann. In Ermangelung von Vergleichswerten, die den Flächeninhalt der von Schweinen bedeckten Bodenfläche anhand des tatsächlichen Körperumfanges bestimmten, ist leider keine vergleichende Diskussion der ermittelten Werte möglich. Hier eröffnet sich auch ein großer Bedarf an weiteren Untersuchungen, die den statischen Platzbedarf von Schweinen verschiedener Rassen und Gewichte bereitstellen oder aber nicht nur Einzeltiere untersuchen, sondern Gruppen von Tieren unter verschiedenen Praxisbedingungen, im Idealfall auch in Transportsituationen. Darüber hinaus könnte durch die Auswertung von Videoaufnahmen der Platzbedarf von Schweinen während Bewegungsabläufen erfasst oder mit Hilfe dreidimensionaler Aufnahmen außerdem die benötigte Deckenhöhe besser eingeschätzt werden. Hierzu sollte die angewendete Methode

weiterentwickelt oder durch andere Methoden ersetzt werden. Die Planung und Konstruktion des Versuchsaufbaus war sehr aufwendig. Außerdem mussten die Tiere einzeln aus ihrer gewohnten Umgebung zum Wiegen und in die Planimetrie-Box bewegt werden. Während die untersuchten Mastschweine sich größtenteils bereitwillig wiegen und vermessen ließen, war dies bei einigen Sauen nicht der Fall. Da die Tiere nur durch Wegbarrieren, Locken, freundliche Ansprache, leichte Berührungen oder durch Herdenreflexe gesteuert wurden, war der Zeitaufwand für einzelne Tiere zuweilen recht groß. Außerdem manipulierten vor allem die Sauen die Planimetrie-Box sehr intensiv und legten sich in der Untersuchungssituation weniger bereitwillig hin als die Mastschweine. Dies führte auch dazu, dass nur von sehr wenigen liegenden Sauen (drei Tiere in Bauch-Brust-Lage und ein Tier in entspannter Seitenlage) Bilder angefertigt werden konnten, wohingegen 50 Mastschweine in Bauch-Brustlage mit angezogenen Hinterbeinen, 49 Mastschweine in Bauch-Brustlage mit ausgestreckten Hinterbeinen und 30 Mastschweine in völlig entspannter Seitenlage fotografiert werden konnten. Dennoch war auch dies nur mit sehr viel Aufwand möglich, so dass gefolgert werden kann, dass die Methode nicht ideal ist, um eine große Anzahl von Tieren zu untersuchen.

3.2. Evaluierung aktueller gesetzlicher Vorgaben zum Platzangebot für Schweine beim Transport auf Grundlage des statischen Platzbedarfs

Der statische Platzbedarf stellt einen guten Ausgangspunkt dar, um das nach bestehenden rechtlichen Vorgaben und Empfehlungen oder in der alltäglichen Praxis übliche Platzangebot beim Transport von Schweinen zu evaluieren. Hierzu wurden in dieser Arbeit einerseits der statische Platzbedarf eines durchschnittlichen Mastschweines und einer durchschnittlichen Schlachtsau und andererseits gemessene Maximal- oder Minimalwerte einzelner Tiere jeweils in verschiedenen stehenden und liegenden Körperpositionen exemplarisch mit den vorgeschriebenen Mindestplatzangeboten für Straßentransporte in der Europäischen Union, Dänemark und Deutschland verglichen. Der Fokus wurde auf europäische, dänische und deutsche Vorgaben gelegt, da, wie bereits einleitend festgestellt, das europäische Tierschutztransportrecht weltweit als umfassendstes gilt. Die Vorgaben für

Straßentransporte wurden gewählt, da dies die häufigste Transportform weltweit ist. Die dänische und deutsche Gesetzgebung enthalten verbindliche Angaben für Sauen, die in der europäischen Tierschutztransportverordnung VO (EG) Nr. 1/2005 fehlen. Außerdem haben die Untersuchungen der Schweine in Deutschland stattgefunden, weswegen die Vergleiche reale Praxissituationen widerspiegeln. Die in Deutschland gehaltenen Schweinegenetiken sind mit denen in Dänemark und vielen anderen europäischen Ländern vergleichbar. In beiden Publikationen wurde festgestellt, dass die Gewichte der untersuchten Tiere denen von heutzutage in Europa transportierten Mastschweinen und Schlachtsauen entsprechen. Die ermittelten Daten eignen sich aber auch für die internationale Nutzung. Vor allem in Ländern, die einen wesentlichen Anteil an der globalen Schweineproduktion haben, wie in den USA und in China (FAOSTAT, 2019), werden Tiere gleicher Rassen gehalten wie in Europa und Mastschweine mit ähnlichen Endmastgewichten transportiert.

Als absoluter Mindeststandard wird in den untersuchten Rechtsnormen gefordert, dass Schweinen beim Transport ein gleichzeitiges Liegen ermöglicht werden soll (VO (EG) Nr. 1/2005; TierSchTrV; BEK Nr. 26). Rein rechnerisch wird den Untersuchungen dieser Arbeit zufolge diese Mindestanforderung für Mastschweine mit der für innereuropäische Transporte vorgeschriebenen maximalen Ladedichte von 235 kg/m^2 nicht erfüllt (VO (EG) Nr. 1/2005). Für ein durchschnittliches Mastschwein in vollständig entspannter Seitenlage überschritt der statische Bodenflächenbedarf das nach europäischem Recht vorgeschriebene Mindestplatzangebot um $0,028 \text{ m}^2$. Auch für ein durchschnittliches Mastschwein in Bauch-Brust-Lage mit ausgestreckten Hinterbeinen betrug die freibleibende Bodenfläche nur $0,012 \text{ m}^2$, was etwa einer DIN A6 großen Fläche entspricht. Die größte ermittelte freibleibende Bodenfläche wurde für ein durchschnittliches stehendes Mastschwein mit gesenktem Kopf ermittelt. Diese entsprach mit $0,177 \text{ m}^2$ etwa der Größe von 2,7 DIN A4-Blättern. Auch wenn es nicht gelungen ist, eine statistisch repräsentative Anzahl an Sauen in einer liegenden Körperposition zu untersuchen, kann davon ausgegangen werden, dass das für nationale Transporte in Deutschland vorgeschriebene Mindestplatzangebot für Schweine mit einem Gewicht

von über 120 kg ($0,7 \text{ m}^2$) ebenfalls rechnerisch nicht ausreichend ist. Für eine Sau in Bauch-Brust-Lage und einem Gewicht von 293,5 kg wurde der größte statische Platzbedarf ermittelt. Dieser lag $0,01 \text{ m}^2$ über dem vorgeschriebenen Platzangebot der deutschen Gesetzgebung. Unter anderem aufgrund der statistisch signifikanten Abhängigkeit von statischem Platzbedarf und Gewicht kann vermutet werden, dass bei Vermessungen weiterer und insbesondere sehr schwerer Sauen in Bauch-Brust- und Seitenlage weitere Überschreitungen des in Deutschland verbindlich vorgeschriebenen Mindestplatzangebotes ermittelt werden können. Zwar war das in der dänischen Tierschutztransportverordnung (BEK Nr. 26) vorgeschriebene Mindestplatzangebot in keinem Fall geringer als der statische Platzbedarf der untersuchten Tiere, lag aber im Minimum (für die einzige in Seitenlage vermessene Sau mit einem Gewicht von 192 kg) bei $0,15 \text{ m}^2$, was einer Fläche von 2,3 DIN A4 Seiten entspricht.

Um zu evaluieren, ob die untersuchten Platzangebote, trotz rechnerischer Überschreitungen in einigen Vergleichen (liegende Tiere) und unter Berücksichtigung der Dimensionen der ermittelten freibleibenden Bodenflächen für die anderen Vergleiche, ausreichend Raum bieten, damit alle Schweine in einer Transportsituation eine (entspannte) Liegeposition einhalten können, müssen noch weitere Überlegungen angestellt werden. In dieser Arbeit wurde eine sehr präzise Erfassung des statischen Bodenflächenbedarfs entlang der exakten Außenlinie des Tierkörpers vorgenommen. Bei Tieren in Seitenlage wurde jeder Raum zwischen den Beinen als freibleibender Raum gewertet. Anders als beispielsweise in den allometrischen Formeln von Petherick und Philips (1981) und Pastorelli et al. (2006) ist kein Raum um das liegende Schwein miteinkalkuliert. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Tiere sich bei jeder der evaluierten Ladedichten berühren und sehr dicht beieinander oder teilweise aufeinander liegen müssen. Eine entspannte Seitenlage ist für die wenigsten Tiere möglich. Schweine liegen auch bei großem Raumangebot in ihrer Haltungseinrichtung häufig eng beieinander. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen, kann dadurch ein Wärmeverlust vermieden werden (Ingram, 1973). Andererseits kann in Stresssituationen durch das Mischen von Gruppen unbekannter Tiere oder durch eine warme Umgebungstemperatur das

Bedürfnis einer größeren Individualdistanz entstehen. Bracke et al. (2020) empfehlen, dass es Schweinen bei erhöhten Umgebungstemperaturen möglich sein muss, in Seitenlage zu liegen ohne einander zu berühren, damit eine ausreichende Wärmeabgabe erfolgen kann. Hierbei spielt auch die Deckenhöhe eine entscheidende Rolle. Es kann bezweifelt werden, dass unter allen vorstellbaren Transportbedingungen bei den untersuchten Ladedichten genügend Raum zur Wahrung einer ausreichenden Individualdistanz, zum Ausweichen oder Positionswechsel vorhanden ist. Darüberhinausgehende raumgreifende Verhaltensweisen oder das Zurücklegen weiterer Strecken, um beispielsweise zu einer Tränke zu gelangen, erscheinen kaum möglich.

Das Kriterium, dass Schweine unter bestimmten Transportbedingungen liegen können, reicht zwar rechtlich aus, aber entspricht, wie zuvor dargelegt, nicht dem heutigen Anspruch an einen tiergerechten Transport von Schweinen. Diese Schlussfolgerung wird gestützt durch die Feststellung von Gerritzen et al. (2013), dass sich im Juni bis Oktober in Deutschland transportierte Mastschweine bei einer Ladedichte von 179 kg/m^2 (etwa $0,73 \text{ m}^2$ / Schwein mit 130 kg) deutlich besser an die Transportbedingungen auf Langzeittransporten adaptieren konnten als bei einer Ladedichte von 230 kg/m^2 (etwa $0,57 \text{ m}^2$ / Schwein mit 130 kg), was nahezu den europäischen Vorgaben entspricht. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine bessere Adaption auch zu einem höheren Wohlbefinden beiträgt.

4. Fazit

Abschließend lässt sich schlussfolgern, dass die in der Europäischen Union für Mastschweine vorgeschriebene maximale Ladedichte nach heutigem Anspruch an die Haltung und den Umgang mit Nutztieren nicht als ausreichend tiergerecht zu bewerten ist. Um die in der dänischen und der deutschen Gesetzgebung für Sauen vorgeschriebenen Mindestplatzangebote abschließend evaluieren zu können, reichen die hier ermittelten Daten nicht aus. Die Ergebnisse legen aber nahe, dass auch diese, insbesondere für sehr schwere Tiere nicht ausreichend sind. Darüberhinaus konnte gezeigt werden, dass der statische Platzbedarf von Mastschweinen und Sauen ein guter Parameter für eine erste Evaluation von

gesetzlichen Vorgaben und Empfehlungen für das Platzangebot für Schweine beim Transport darstellt. Auch bietet sich der statische Platzbedarf als Ausgangspunkt für je nach Bewertungsrahmen und wissenschaftlichem Erkenntnisstand dynamisch anpassbaren Modellen oder Formeln zur Abschätzung des gesamten Platzbedarfs von Schweinen in Transportsituationen an. Hierzu müssen ergänzende Mess- und Schätzwerte für den Raumbedarf der Tiere entsprechend ihrer raumfordernden Bedürfnisse ergänzt werden. Qualitative und quantitative Erkenntnisse zu diesen Bedürfnissen der Tiere liegen bereits verstreut vor. Um valide Abschätzungsmodelle, Formeln und Empfehlungen für den Platzbedarf von Mastschweinen und Sauen beim Transport entwickeln zu können, sind weitere Studien unter Praxisbedingungen notwendig. Diese sollten Messwerte für den statischen Platzbedarf von Schweinen und qualitative Erkenntnisse sowie quantitative Mess- oder Schätzwerte über die raumfordernden Bedürfnisse von Schweinen zur Verfügung stellen.

5. Zusammenfassung

Heidi Arndt (2021)

Ermittlung des statischen Platzbedarfs von Mastschweinen und Schlachtsauen als Grundlage für ein tiergerechtes Platzangebot beim Transport

Das Platzangebot respektive die Ladedichte ist ein besonders einflussstarker Risikofaktor für die Gesundheit und das Wohlbefinden von Schweinen beim Transport. Die rechtlichen Rahmenbedingungen der Europäischen Union für den Schutz von Tieren beim Transport gelten als die umfangreichsten weltweit. Dennoch wird in der europäischen Tierschutztransportverordnung für die üblichste Transportform für Schweine, den Straßentransport, nur eine einzige konkrete Ladedichte für Tiere mit einem Gewicht von „ungefähr 100 kg“ vorgeschrieben. Im dänischen und deutschen Recht gibt es konkrete Vorgaben für Schweine mit höherem Gewicht. Die höchste Gewichtsangabe für die ein konkretes Mindestbodenflächenangebot definiert wurde, liegt bei 250 kg im dänischen Recht und > 120 kg im deutschen Recht. In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass Mastschweine heutzutage deutlich höhere Endmastgewichte von bis zu 130 kg und Sauen Gewichte von über 300 kg erreichen. Als absoluter Mindeststandard wird in internationalen Empfehlungen und in den untersuchten Rechtsnormen gefordert, dass Schweinen beim Transport ein gleichzeitiges Liegen ermöglicht werden soll. Mit Hilfe einer computergestützten kontrastbasierten, planimetrischen Vermessung des statischen (physischen) Bodenflächenbedarfs von Mastschweinen konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass diese Mindestanforderung für Mastschweine mit der für innereuropäische Transporte vorgeschriebenen maximalen Ladedichte rein rechnerisch nicht erfüllt wird. Auch wenn es nicht gelungen ist, eine statistisch repräsentative Anzahl an Sauen in einer liegenden Körperposition zu vermessen, legen die exemplarischen Ergebnisse nahe, dass das für nationale Transporte in Dänemark und Deutschland vorgeschriebene Mindestplatzangebot für Sauen ebenfalls nicht ausreichend ist, damit insbesondere schwere Sauen eine liegende Körperhaltung einnehmen können. Um dem aktuellen Verständnis des Begriffs der Tiergerechtigkeit zu entsprechen, müsste den Schweinen zusätzlich freie Bewegungsfläche angeboten werden, um beispielsweise ihr Bedürfnis nach

individueller Distanz zu anderen Tieren wahren, sich besser an die Transportumstände adaptieren oder um Tränken erreichen zu können. Anhand dieser exemplarischen Evaluation von rechtlichen Vorgaben konnte gezeigt werden, dass der präzise statische Bodenflächenbedarf einen guten Ausgangspunkt für die Evaluierung von gesetzlichen Vorgaben und Empfehlungen für das Platzangebot beim Transport von Schweinen darstellt und als Grundlage für dynamisch anpassbare Modelle oder Formeln zur Abschätzung tiergerechter Ladedichten für Schweine beim Transport dienen kann. Hierfür konnten präzise und reliable Werte für den statischen Platzbedarf von Mastschweinen und Sauen zur Verfügung gestellt werden.

6. Summary

Heidi Arndt (2021)

Determining the static space requirements of fattening pigs and slaughter sows as a basis for an animal-friendly space allowance during transport.

The available space or the loading density is a particularly influential risk factor for the health and welfare of pigs during transport. The European Union's legal framework for the protection of animals during transport is considered the most comprehensive in the world. Nevertheless, for the road transport (the most common form of pig transport) there is just one specific loading density for animals weighing "approximately 100 kg". In the Danish and German law there are concrete specifications for pigs with a higher weight. The highest weight for which a concrete minimum floor space has been defined is 250 kg (Denmark) and > 120 kg (Germany). In this work it could be shown that nowadays kept fattening pigs reach significantly higher final fattening weights of up to 130 kg and sows reach weights of more than 300 kg. As an absolute minimum standard, international recommendations and the legal standards evaluated require that pigs should be allowed to lie down at the same time during transport. With a computer-assisted contrast-based, planimetric measurement of the static (physical) floor space of fattening pigs, it could be shown that this minimum requirement for fattening pigs with the maximum loading density prescribed for intra-European transports is not met in purely mathematical terms. Even though it was not possible to measure a statistically representative number of sows in a lying body position, the exemplary results suggest that the minimum space requirement for sows prescribed for national transports in Denmark and Germany is also insufficient for heavy sows in particular to adopt a lying body position. In order to comply with the current understanding of the concept of animal welfare it has to be offered additional free space for movements, to maintain the animals need for individual distance from other animals, to better adapt to the transport conditions or to be able to reach watering troughs. Based on this exemplary evaluation of legal requirements, it could be shown that the precise static floor space requirement represents a good starting point for the evaluation of legal requirements and

recommendations for the space available for pigs during transport and can serve as a basis for dynamically adaptable models or formulas for estimating animal-friendly loading densities for pigs during transport. For this purpose, this thesis provides precise and reliable values for the static space requirements of fattening pigs and sows of a modern genetic.

7. Literaturverzeichnis

- BEK Nr. 26 af 13/01/2020 Bekendtgørelse om beskyttelse af dyr under transport (Übersetzung aus dem Dänischen: Verordnung zum Schutz von Tieren beim Transport). Online verfügbar: <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2020/26> (Zugriff am 15.03.2021).
- Bracke, M. B. M., Herskin, M. S., Marahrens, M. A., Gerritzen, M. A., & Spolder, H. A. M. (2020). Review of climate control and space allowance during transport of pigs (version 1.0). Online verfügbar: <https://edepot.wur.nl/515292> (Zugriff am 15.03.2021)
- Brambell, R. (1965). Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems. Cmd. (Great Britain. Parliament), H.M. Stationery Office, pp 1-84.
- Brandl N., Jorgensen E. (1996). Determination of live weight of pigs from dimensions measured using image analysis. *Comput. Electron Agr.* 15, 57–72.
- Briese, A., Hartung, J. (2009). Measurement of floor space allowance of Lohmann Silver hens using biometric data. *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 122, 241–248.
- Briese, A., Spindler, B. (2013). Discussion of actual legal minimum requirements for feeder space and perch length in laying hen husbandry in the light of the body widths measured in Lohmann Selected Leghorn and Lohmann Brown laying hens *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 126, 163–168.
- Broom, D. M. (1996). How well do farm animals cope with their environment during transport? *Fleischwirtschaft* 76, 279–281.
- CARC - Canadian Agri-Food Research Council (2001). Recommended Code of Practice for the care and handling of farm animals - transportation. Online verfügbar: <https://www.nfacc.ca/codes-of-practice/transportation/code> (Zugriff am 15.03.2021).

- Chai, J., Xiong, Q., Zhang, C. X., Miao, W., Li, F. E., Zheng, R., Peng, J., Jiang, S. W. (2010). Effect of pre-slaughter transport plant on blood constituents and meat quality in halothane genotype of NN Large White×Landrace pigs. *Livest. Sci.* 127, 211-217.
- Curtis, S. E., Hurst, R. J., Gonyou, H. W., Jensen, A. H., Muehling, A. J. (1989). The physical space requirement of the sow. *J. Anim. Sci.* 67, 1242-1248.
- Doeschl-Wilson, A. B., Green, D. M., Fisher, A. V., Carroll, S. M., Schofield, C. P., Whittemore, C. T. (2005). The relationship between body dimensions of living pigs and their carcass composition. *Meat Sci.* 70, 229-240.
- EFSA - European Food Safety Authority. (2009). Project to develop animal welfare risk assessment guidelines on transport - Question No EFSA-Q-2008-04997
- EFSA - European Food Safety Authority. Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). (2011). Scientific opinion concerning the welfare of animals during transport. *EFSA J.* 9, 1966.
- FAOSTAT (2019). Livestock Primary Data. Online verfügbar: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (Zugriff am 15.03.2021)
- Fazio, E., Ferlazzo, A. (2003). Evaluation of stress during transport. *Veter. Res. Commun.* 27, 519-524.
- Fels, M., Sange M. D., Kemper N. (2016). Planimetric measurement as a method of scientific assessment of space requirement of young suckling piglets in the creep area. *Livestock Sci.* 191, 37-42.
- Fraser, D. (2014). The globalisation of farm animal welfare. *Rev. Sci. Tech.* 33(1), 33-38.
- Gade, P. B., Christensen, L. (1998). Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs. *Meat Sci.* 48, 237-247.
- Gerritzen, M., Hindle, V., Steinkamp, K., Reimert, H., Van der Werf, J.; Marahrens, M. (2013). The effect of reduced loading density on pig welfare during long distance transport. *Animal* 7, 1849-1857.

- Giersberg, M. F., Kemper, N., Fels, M. (2015). Planimetric measurement of floor space covered by fattening rabbits and breeding does in different body positions and weight classes. *Livestock Sci.* 177, 142–50.
- Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M. A., Guàrdia, M. D., Coll, C., Siggins, K., Harvey, K., & Diestre, A. (2000). A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat science*, 55(1), 97-106.
- Habig, C., Beyerbach, M., Kemper, N. (2016). Comparative analyses of layer males, dual purpose males and mixed sex broilers kept for fattening purposes regarding their floor space covering, weight-gain and several animal health traits. *Europ. Poult. Sci.* 80, 1-10.
- IFC - International Finance Corporation (2014). Good Practice Note: Improving animal welfare in livestock operations. Online verfügbar: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/sustainability-at-ifc/publications/publications_gpn_animalwelfare_2014 (Zugriff am 07.03.2021).
- Knierim, U. (2002). Grundsätzliche ethologische Überlegungen zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit bei Nutztieren. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.* 109, 261-266.
- IFC - International Finance Corporation (2014). Good Practice Note: Improving animal welfare in livestock operations. Online verfügbar: <https://www.ifc.org/> (Zugriff am 05.03.2021).
- Ingram, D. L. (1973). Heat loss and its control in pigs. In: *Heat Loss from Animals and Man*. Monteith JL, Mount LE, editor. London, UK: Butterworths, 233–54.
- Lambooy, E., Garssen, G. J., Walstra, P., Mateman, G., Merkus, G. S. M. (1985). Transport of pigs by car for two days - some aspects of watering and loading density. *Livest. Prod. Sci.* 13, 289-299.

- Lambooy, E., Engel, B. (1991). Transport of slaughter pigs by truck over a long-distance— Some aspects of loading density and ventilation. *Livest. Prod. Sci.* 28, 163 -174.
- McCulloch, S. P. (2012). A critique of FAWC's Five Freedoms as a framework for the analysis of animal welfare. *J. Agric. Environ. Ethics* 26, 959-975.
- Mc Glone, J., Pond, W. (2003). *Pig production: biological principles and applications.* Delmar Cengage Learning.
- McGlone, J. J.; Vines, B., Rudine, A. C., DuBois, P. (2004). The physical size of gestating sows. *J. Anim. Sci.* 82, 2421-2427.
- Moustsen, V. A., Lahrmann, H. P., D'Eath, R. B. (2011). Relationship between size and age of modern hyper-prolific crossbreed sows. *Livest. Sci.* 141, 272-275.
- OIE - World Organisation for Animal Health (2019). *Terrestrial Animal Health Code.* Online verfügbar: <https://www.oie.int> (Abgerufen am 15.03.2021)
- Pastorelli, G., Musella, M., Zaninelli, M., Tangorra, F., Corino, C. (2006). Static space requirements of growing-finishing and heavy pigs. *Livestock Sci.* 105, 260-264
- Pereira, T. L., Corassa, A., Komiyama, C. M., Araújo, C. V., Kataoka, A. (2015). The effect of transport density and gender on stress indicators and carcass and meat quality in pigs. *Span. J. Agric. Res.* 13, 0606-0617.
- Petherick, J. C., Baxter, S. H. (1981). Modelling the static spatial requirements of livestock. In: *Modelling, Design and Evaluation of Agricultural Buildings*, MacCormack, J. A. C., (Ed.). Scottish Farm Buildings Investigation Unit: Aberdeen, Scotland, 75-82.
- Petherick, J. C. (1983). A biological basis for the design of space in livestock housing. In: *Farm Animal Housing and Welfare*. Baxter, S. H., Baxter, M. R., MacCormack, J. A. C., (Eds.). Martinus Nijhoff Publishers: The Hague, The Netherlands, 103-120.
- Petherick, J.C. (2007). Spatial requirements of animals: allometry and beyond. *J Veter Behav Clin. Appl. Res.* 2, 197-204.

- Petherick, J. C., Phillips, C. J. C. (2009). Space allowances for confined livestock and their determination from allometric principles. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 117, 1-12.
- Pilcher, C. M., Ellis, M., Rojo-Gomez, A., Curtiss, S. E., Wolter, B. F., Peterson, C. M., Peterson, B. A.; Ritter, M. J.; Brinkman, J. (2011). Effects of floor space during transport and journey time on indicators of stress and transport losses in market weight pigs. *J. Anim. Sci.* 89, 3809–3818.
- Rioja-Lang, F. C., Brown, J. A., Brockhoff, E. J., Faucitano, L. A (2019). Review of swine transportation research on priority welfare issues: A Canadian perspective. *Front. Vet. Sci.* 6, 36.
- Ritter, M. J., Ellis, M., Brinkmann, J., DeDecker, J. M., Keffaber, K. K., Kocher, M. E., Peterson, B. A., Schlipf, J. M., Wolter, B. F. (2006). Effect of floor space during transport of market-weight pigs on the incidence of transport losses at the packing plant and the relationships between transport conditions and losses. *J. Anim. Sci.* 84, 2856–2864.
- Ritter, M. J., Ellis, M., Bertelsen, C. R., Bowman, R., Brinkmann, J., DeDecker, J. M., Keffaber, K. K., Murphy, C. M., Peterson, B. A., Schlipf, J. M., Wolter, B. F. (2007). Effects of distance moved during loading and floor space on the trailer during transport on losses of market weight pigs on arrival at the packing plant, *J. Anim. Sci.* 85, 3454-3461.
- Ritter, M. J., Ellis, M., Anderson, D. B., Curtis, S. E., Keffaber, K. K., Killefer, J., McKeith, F. K., Murphy, C. M., Peterson, B. A. (2009). Effects of multiple concurrent stressors on rectal temperature, blood acid-base status, and longissimus muscle glycolytic potential in market-weight pigs. *J. Anim. Sci.* 87, 351-362.
- Stevenson, P., Battaglia, D., Bullon, C., Carita, A.. (2014). Review of animal welfare legislation in the beef, pork, and poultry industries. Food and Agriculture Organization United Nations. Online verfügbar: <http://www.fao.org/3/i4002e/i4002e.pdf> (Abgerufen am 15.03.2021)

- Sutherland, M. A., McDonald, A., McGlone, J. J. (2009). Effects of variations in the environment, length of journey and type of trailer on the mortality and morbidity of pigs being transported to slaughter. *Vet. Rec.* 165, 13–18.
- Thodberg, K., Fogsgaard, K. K., Herskin, M. S. (2019). Transportation of cull sows—deterioration of clinical condition from departure and until arrival at the slaughter plant. *Front. Vet. Sci.* 6, 28.
- TierSchTrV - Verordnung zum Schutz von Tieren beim Transport und zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1/2005 des Rates (Tierschutztransportverordnung – TierSchTrV) vom 11. Februar 2009 (BGBl. I S. 375), zuletzt geändert durch Artikel 9 Absatz 14 des Gesetzes vom 3. Dezember 2015 (BGBl. I S. 2178).
- Vanhonacker, F., Verbeke, W., Van Poucke, E., Buijs, S., Tuytens, F. A. M. (2009). Societal concern related to stocking density, pen size and group size in farm animal production. *Liv. Sci.* 123, 16-22.
- Vanhonacker, F., Van Poucke, E., Tuytens, F., Verbeke, W. (2010a). Citizens' views on farm animal welfare and related information provision: exploratory insights from Flanders, Belgium. *J. Agric. Environ. Ethics* 23, 551-569.
- Vanhonacker, F., Verbeke, W., Van Poucke, E., Pieniak, Z, Nijs, G., Tuytens. (2010 b). The concept of farm animal welfare: citizen perceptions and stakeholder opinion in Flanders, Belgium. *J. Agric. Environ. Ethics* 25, 79–101
- Von Wenzlawowicz, M., von Holleben, K., Briese, A., Heuving, L. (1994). Animal Welfare in the slaughterhouse. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 107(7), 237-244.
- VO (EG) Nr. 1/2005 – Verordnung (EG) Nr. 1/2005 des Rates vom 22. Dezember 2004 über den Schutz von Tieren beim Transport und damit zusammenhängenden Vorgängen sowie zur Änderung der Richtlinien 64/432/EWG und 93/119/EG und der Verordnung (EG) Nr. 1255/97. *OJ L3*,1-44.

- Voslarova, E., Vecerek, V., Passantino, A., Chloupek, P., Bedanova, I. (2017). Transport losses in finisher pigs: impact of transport distance and season of the year. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 30, 119-124.
- Warriss, P. D., Brown, S. N., Knowles, T. G., Edwards, J. E., Kettlewell, P. J., Guise, H. J. (1998). The effect of stocking density in transit on the carcass quality and welfare of slaughter pigs: 2. Results from the analysis of blood and meat samples. *Meat Sci.* 50, 447-456.
- Warriss, P.D. (1998a) The welfare of slaughter pigs during transport. *Anim. Welf.* 7, 365-381.
- Warriss, PD. (1998b). Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road: a review. *Vet. Rec.* 142, 449-454.
- Webster, J. (2016). Animal welfare: freedoms, dominions and "A life worth living". *Animals* 6, 35.
- Xiong Y., Green A., Gates R. S. (2015). Characteristics of trailer thermal environment during commercial swine transport managed under U.S. industry guidelines. *Animals* 5, 226-244.

Liste von Tagungsbeiträgen

Teile dieser Arbeit wurden bereits wie folgt vorgestellt:

How much floor space do finishing pigs need? (Poster)

Arndt, H./ Hartung, J./ Spindler, B./ Briese, A./ Kemper, N.

Tierwohl-Tagung 2015 – „Tierhaltung im Spannungsfeld von Tierwohl, Ökonomie und Gesellschaft“ in Göttingen (2015)

Wie viel Platz braucht ein Mastschwein beim Transport? Planimetrische Ermittlung der Bodenflächenabdeckung von Mastschweinen verschiedener Endmastgewichte (Vortrag)

Arndt, H./ Hartung, J./ Spindler, B./ Briese, A./ Kemper, N.

19. Internationale Fachtagung zum Thema Tierschutz, München (2014)

Planimetrische Ermittlung der Bodenflächenabdeckung durch Mastschweine in unterschiedlichen Körperpositionen am Ende der Mastperiode (Vortrag)

Arndt, H./ Hartung, J./ Spindler, B./ Briese, A./ Kemper, N.

Vortragstagung der DGfZ und GfT in Dummerstorf (2014)

Measurement of floor space covered by fattening pigs of different weights in the finishing period (Poster)

Arndt, H./ Hartung, J./ Spindler, B./ Briese, A./ Fels, M./ Kemper, N.

65th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP), Copenhagen, 25th - 29th August 2014

Tierschutz beim Transport von Schweinen (Vortrag)

Arndt, H. und Hartung, J.

2. Symposium der Tönnies Forschung in Berlin (2014)

Danksagung

Mein erster Dank gebührt Nicole Kemper für ihre geduldige Betreuung und die Bereitschaft, meinen langsam gesponnenen Doktorarbeitsfaden jederzeit unkompliziert wiederaufzunehmen, für ihre verlässliche und schnelle Beantwortung aller Fragen zu den unmöglichsten Tages- und Nachtzeiten, ihre zielgenauen Korrekturen und ihre Fähigkeit, komplizierte Gedanken zuweilen ganz einfach aufzulösen.

Von ganzem Herzen möchte ich Jörg Hartung danken, für die Begleitung bei meinen unvergessenen ersten Schritten in der Welt des wissenschaftlichen Tierschutzes, für die Teilhabe an seinem Wissen, seiner unerschöpflichen Tatkraft und Neugierde, seiner Philanthropie und seinem Nonkonformismus.

Vielen Dank an all meine damaligen KollegInnen am ITTN. Es war eine besondere Arbeitsatmosphäre, mit viel Spaß, Teamgeist und hoffentlich noch ewig weiter andauernden Freundschaften. Alleine dafür hat es sich gelohnt!

Hierbei ein besonderer Dank an Birgit Spindler, ohne die ich vielleicht nie den Weg in die Wüste, pardon, das ITTN gefunden hätte. Danke für deine Unterstützung in allen Lebenslagen, deine unvergleichliche Offenheit und deine unprätentiöse Art.

Herzlich danken möchte ich auch Harald Ulbrich und Gottfried Gerlach für ihre stoische Hilfe in den chaotischsten Institutslagen sowie Andreas Briese für die Bereitstellung und persönliche Einführung in die Benutzung der Koba-Plan-Software.

Danke an die vielen liebgewonnenen MitdoktorandInnen, BetreuerInnen und UnterstützerInnen des Promotionsprogrammes „Animal Welfare in Intensive Livestock Production Systems“ für die nicht enden wollenden Diskussionen und die tollen Abende in den Agrar-Metropolen Niedersachsens. Es waren prägende Erlebnisse, von denen ich sehr profitiere. Danke Lilith und Katja. Mit euch waren Sprints zum Bahnhof und verpasste Züge nur eine Verlängerung der schönen Zeit mit euch.

Danke an Anika und Alex für die Englisch-Nachhilfe und die spontane Nacharbeit! Danke an Kai fürs Pudding kochen, für das über sich hinauswachsen und für so vieles! Danke an Bea! Danke an meine große Familie, meine Schwestern, Cousinen, Tanten, Freunde... die mein Leben jenseits dieser Arbeit immer bunt machen!

Und ein besonderer Dank gilt meinen Eltern dafür, dass ich immer meinen Weg gehen konnte, für die frühe Inspiration auf so vielen Ebenen und dafür, dass mir immer klar war, dass der Mensch ein Tier ist.

