Aus dem Department für Interdisziplinäre Lebenswissenschaften
der Veterinärmedizinischen Universität Wien
Messerli Forschungsinstitut
(LeiterIn: Univ.-Prof. Dr. Erika Jensen-Jarolim)

Ethische Reflexion über den Einsatz von Kohlendioxid als Betäubungsmethode in der konventionellen Schweineschlachtung verglichen mit Anforderungen der Anästhesie als wesentlicher Teil des Refinements bei der Nutzung des Schweines als Tiermodell in der Forschung

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von
Silvia De Martino
Wien, im Juli 2020

Betreuer:	Univ. Prof. Dr. Herwig Grimm Abteilung Ethik der Mensch-Tier-Beziehung, Messerli Forschungsinstitut Veterinärmedizinische Universität Wien, Medizinische Universität Wien, Universität Wien
Begutachterin:	Dr. med. vet. Christina Braun, Diplomate ACVAA Board-certified specialists in veterinary anesthesia and analgesia® Abteilung Anästhesiologie u. Perioperative Intensivmedizin Department IV/ Universitätsklinik für Kleintiere und Pferde Veterinärmedizinische Universität Wien, Österreich

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Die tierexperimentelle Praxis 8

2.1 Der Tierversuch: Eine rechtlich verankerte Definition 8
2.2 Der Tierversuchsantrag 10
2.3 Replacement, Reduction und Refinement: Die drei Säulen des Animal Welfare in der Versuchstiermedizin 12

3 Das Schwein als Tiermodell in der experimentellen Forschung 15

4 Die Schweineschlachtung 17

4.1 Die Schweineschlachtung in Österreich 17
4.2 Der Bolzenschuss 18
4.3 Die Elektrobetäubung 19
4.4 Die Kohlendioxidbetäubung 21
4.5 Die Edelgasbetäubung 27

5 Die Anästhesie als rechtliche Anforderung im Tierversuchsvorhaben 29

5.1 Die Definition der Anästhesie 30
5.2 Die vier Stadien der Anästhesie 32

6 Die Anästhesie von Schweinen unter experimentellen Bedingungen 35

6.1 Anästhetische Komplikationen 35

7 Das Anästhesieregime 37

7.1 Die Sedierung und Prämedikation 37
7.2 Die Injektionsanästhesie 37
7.3 Die Inhalationsanästhesie 38

8 Die Auswirkung der Kohlendioxidbetäubung auf das tierliche Wohlergehen am Schlachthof 44

8.1 Der Pathozentrismus als Schlüsselkriterium der Beurteilung des Animal Welfare in der Kohlendioxidbetäubung im Vergleich zur tierexperimentellen Tätigkeit 61

9 Diskussion 74

10 Fazit 88

11 Abkürzungsverzeichnis 92

12 Literaturverzeichnis 93

13 Abbildungsverzeichnis 102

14 Tabellenverzeichnis 102

1 Einleitung

Schweine spielen in der Lebensmittelherstellung als Fleischlieferanten eine zentrale Rolle, sowohl in Österreich, als auch im gesamten europäischen Raum. Bereits im Neolithikum erkannte man, dass sich Schweine bestens zur Haltung eigneten. Als Allesfresser verwerteten sie Nahrungsabfälle, ihre Haltung stellte keine hohen Anforderungen hinsichtlich der Fütterung dar und ebenso mussten die Tiergruppen nicht wie andere Tierherden gehütet werden. Diese Gründe führten dazu, dass Schweine vor etwa 9.000 Jahren anfänglich in der Türkei und in China domestiziert wurden (Mizelle 2011: 16ff.). Heute spielen Schweine mittlerweile nicht nur in diesen beiden Ländern eine große Rolle. So ist das Schweinefleisch, trotz religiöser Ausrichtungen, das global meist gegessene Fleisch. In China wird dabei nach wie vor am meisten Schweinefleisch gegessen, wobei der Pro-Kopf-Verzehr im europäischen Raum in Dänemark, Deutschland, Spanien und Polen am höchsten ist (Mizelle 2011: 65). Der Konsum von Schweinefleisch ist in Österreich ebenso weit verbreitet, sodass Schweine quantitativ die jährlich meist geschlachtete Tierkategorie repräsentieren. Gemäß der Datenerhebung der Schlachtungsstatistik wurden allein in Österreich im Jahr 2017 5.124.007 Schweine geschlachtet. Verglichen mit der Tieranzahl an geschlachteten Rindern in Österreich aus demselben Jahr, welche 678.258 beträgt, wird die fundamentale Rolle, die Schweine in der Lebensmittelproduktion einnehmen, evident (Statistik Austria 2017).

Während die Anzahl an geschlachteten Schweinen in Österreich im Laufe der letzten acht Jahre dezent zurückgegangen ist, zeigte sich auf EU-Ebene eine Zunahme. So wurden im Jahr 2017 gemäß Eurostat 257 Millionen Schweine geschlachtet, wobei Deutschland gefolgt von Spanien die Marktführer europaweit sind. Dies entspricht einer Zunahme von 2 Millionen geschlachteten Schweinen im Vergleich zum Vorjahr, und einer Erhöhung um 5.2 Millionen Schweinen verglichen mit dem Jahr 2006 (Eurostat 2016). Ebenso hat die Produktion von Schweinefleischerzeugnissen in der EU einen markanten Anstieg erfahren. Abb. 1 gibt den Verlauf der Produktion von Schweinefleischerzeugnissen im Zeitraum von 2008 bis 2016 wieder, wobei sich der Graphik entnehmen lässt, dass im vergangenen Jahr 500 Tonnen mehr Schweinefleischerzeugnisse im Vergleich zum Vorjahr produziert wurden (Eurostat 2018).

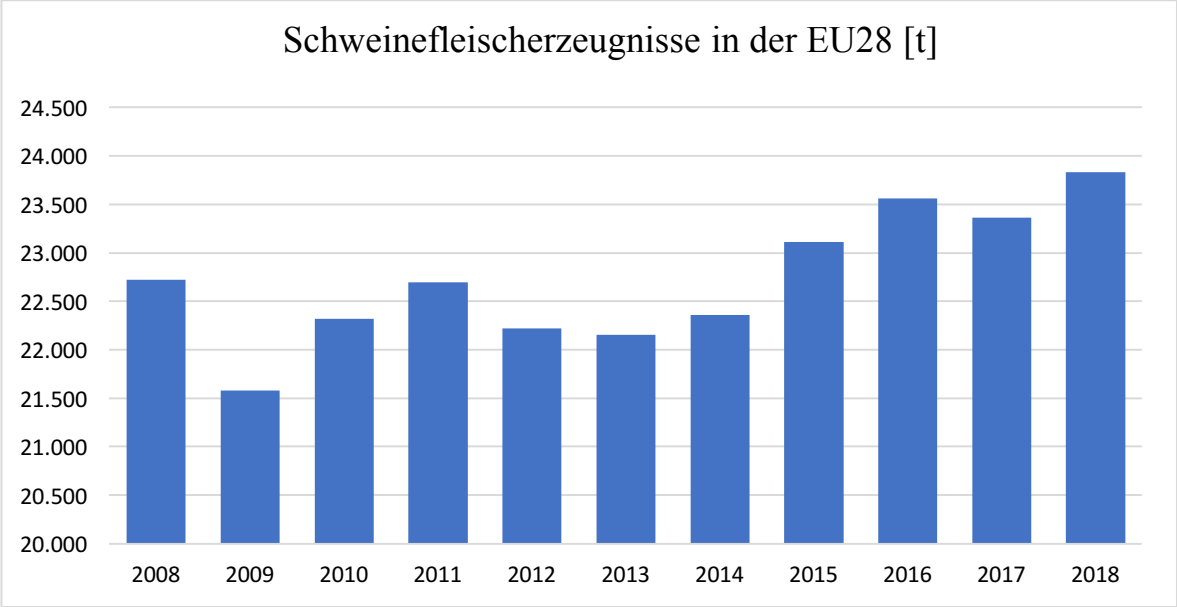


Abb. 1 Anzahl der in der EU produzierten Tonnen an Schweinefleischerzeugnissen von 2008 bis 2016

Der Einsatz von Schweinen spielt nicht nur im alimentären Kontext eine wesentliche Rolle. Als weiteres Beispiel für den inkrementierenden Einsatz dieser Tierart kann ebenso ihre Nutzung in tierexperimentellen Tätigkeiten herangezogen werden. So hat sich auch in der Forschung die Verwendung von Schweinen als Tiermodelle für den Menschen zunehmend etabliert.

Im Österreichischen Tierversuchsgesetz unterliegen menschliche Primaten einem Verwendungsverbot, somit sind gemäß §4 TVG 2012 Versuche an diesen unzulässig. Da Versuche am Menschen folglich gesetzeswidrig sind, ergibt sich die Notwendigkeit der Etablierung und Auffindung eines geeigneten Tiermodells.

Unter Tiermodell, im internationalen Forschungsjargon als „Animal Model" bekannt, wird eine Tierart verstanden, welche dem Menschen nahekommt und sich aufgrund der Similarität hinsichtlich bestimmter Eigenschaften für das jeweilige untersuchte Forschungsgebiet eignet (Bassols et al. 2014). Es handelt sich dabei um Tiere, deren Anatomie, Physiologie und Genetik bekannt sind und somit bevorzugt als Versuchstiere eingesetzt werden (Ahne 2007: 15). Dies bringt verschiedene Anforderungen mit sich, so soll das geeignete „Animal Model" die Spezifität der jeweiligen humanen Erkrankung wiederspiegeln und die Pathogenese, sowie die klinischen Symptome und die, in eine bestimmte Dysfunktion involvierten, molekularen Signalwege, Zellen und Gewebe wiedergeben (Seok et al. 2013). Tiermodelle sind im

experimentellen Umfeld beispielsweise nützlich um therapeutische Pharmaka, pharmakodynamische Prozesse und toxikologische Nebenwirkungen zu untersuchen (Bassols et al. 2014).

Aufgrund der Ähnlichkeiten in der Körpergröße, dem Körpergewicht, der anatomischen und physiologischen Kongruenzen und der Gemeinsamkeiten in der Entstehung von Pathologien metabolischer und infektiöser Natur, stellen Schweine in der Forschung ein sehr beliebtes Tiermodell dar (Lunney 2007). Zudem findet dieses mittlerweile auch für genetische Fragestellungen reichlichen Einsatz, da es 18 Autosome und 2 Gonosome aufweist, welche in deren Größe den menschlichen Chromosomen entsprechen (Bassols et al. 2014). Da gegenwärtig reichlich genetische Informationen vorliegen, welche gemeinsam mit biotechnologischen Maßnahmen zur Generierung genetisch modifizierter Organismen bahnbrechend für die Erforschung von komplexen Erkrankungen sind, wird das Tiermodell des Schweines zur Erforschung humaner Pathologien eingesetzt (Prather 2013).

Statistiken beschreiben, dass Schweine aktuell nicht zu den primär eingesetzten Tieren in der tierexperimentellen Forschung gehören. So geht aus diesen entsprechend Abb. 2 hervor, dass in Österreich im Jahr 2019 primär Mäuse, Fische und Ratten in Tierversuchen eingesetzt wurden. Dennoch hat der Einsatz von Schweinen in Tierversuchen innerhalb der letzten zehn Jahre eine Zunahme erfahren. Der aktuellste Wert, aus der Österreichischen Tierversuchsstatistik 2019 stammend, gibt den Einsatz von 1.840 Schweinen retrospektiv bekannt. Mit den Daten aus 2018 vergleichend stellt dies gemäß Abb. 3 eine Zunahme um 292 Tiere dar. Dabei fielen ca. 49 % der im Jahre 2019 in Tierversuchen eingesetzten Schweine in die Verwendungszwecks-Kategorie „[PT33] (Translationale und angewandte Forschung) Tierschutz“.

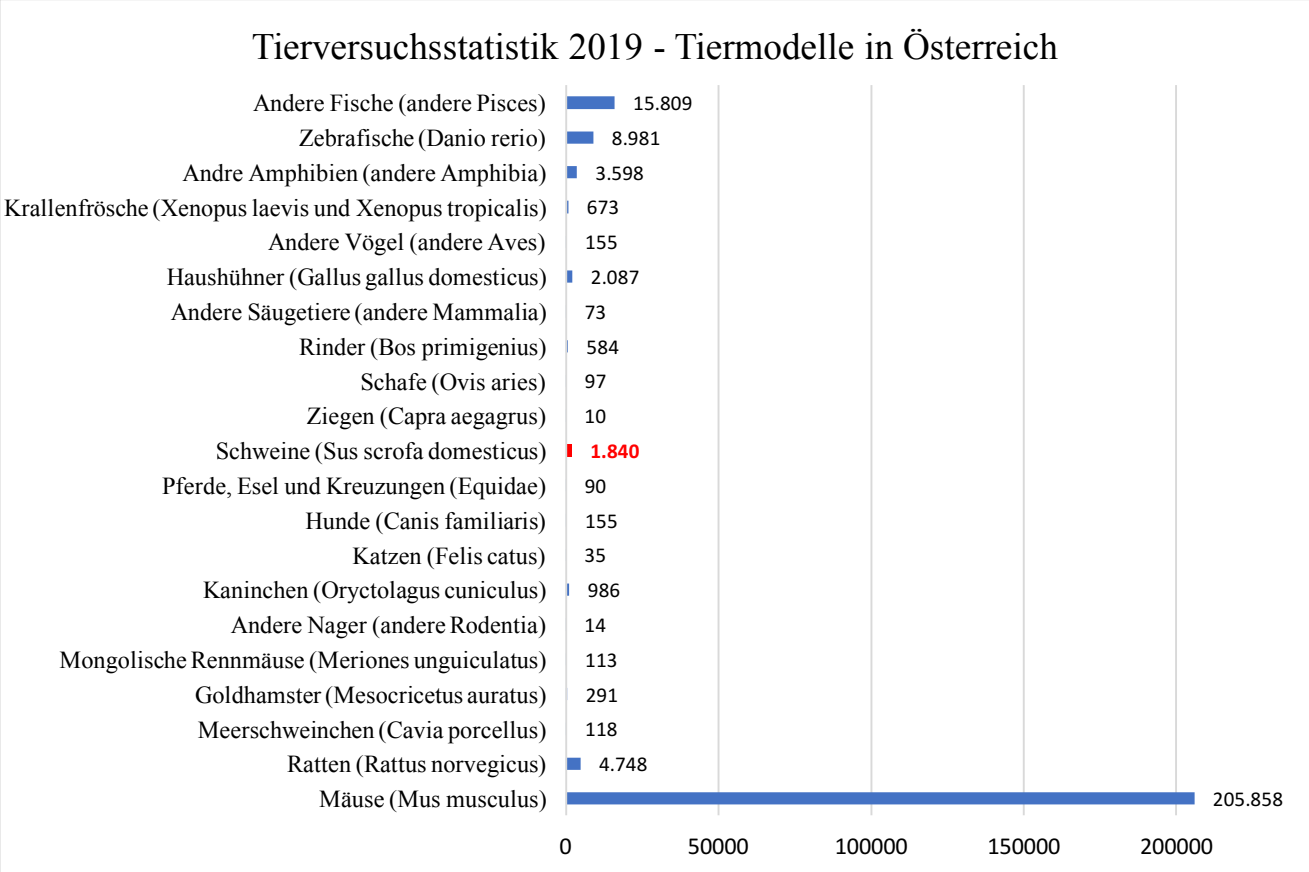


Abb. 2 Anzahl der in Österreich im Jahr 2019 in Tierversuchen eingesetzten Tiere nach Tierart

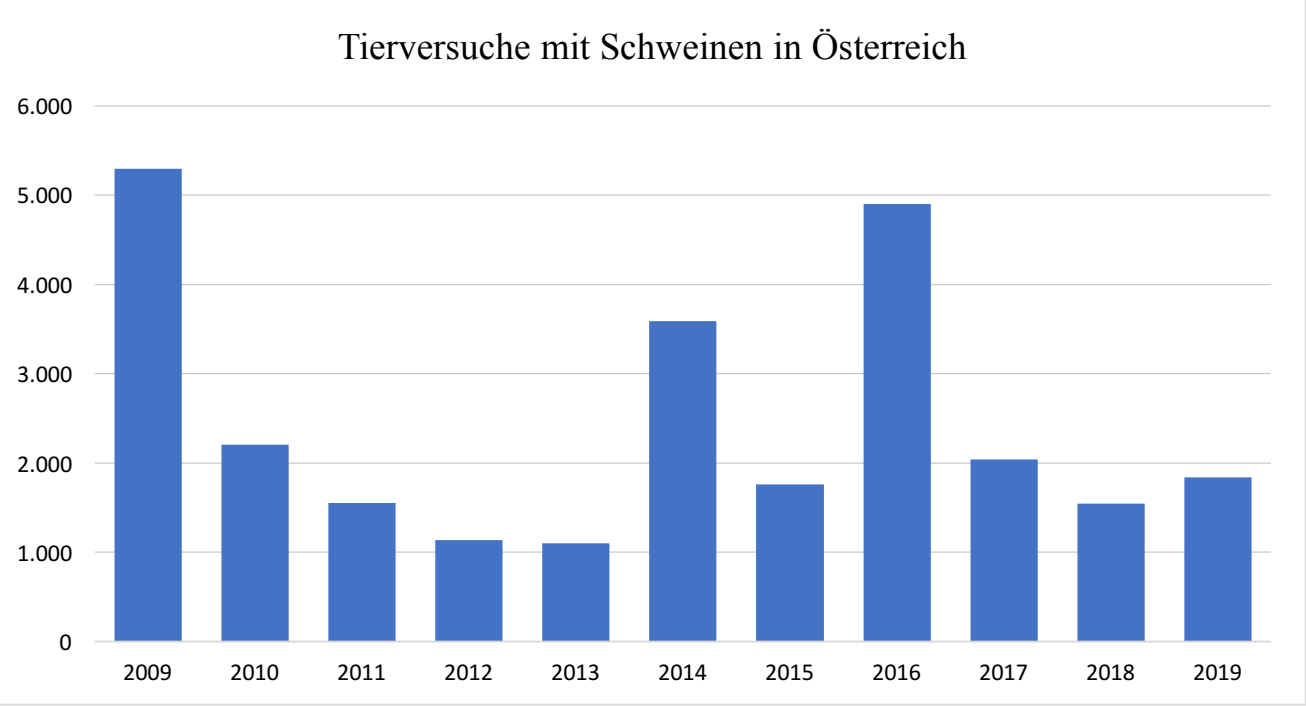


Abb. 3 Anzahl der in Tierversuchen eingesetzten Schweine in Österreich von 2008 bis 2019

Vergleicht man die Daten aus Abb. 1 und Abb. 3 macht sich im Bereich der Fleischerzeugung und insofern der Schlachtung eine graduelle Zunahme der Nutzung des Schweines bemerkbar, während sein Einsatz im tierexperimentellen Tätigkeitsfeld gegenwärtig von einer ungleichmäßigen Zunahme gekennzeichnet ist. Trotz des unterschiedlichen Trendverlaufs lässt sich summierend dennoch eine gegenwärtige Zunahme des Einsatzes von Schweinen feststellen, sei es in der Verwendung als Fleischlieferant als auch als potentiell ergebnislieferndes Tiermodell im experimentellen Bereich.

Die Verordnung (EG) Nr. 1165/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Viehbestands- und Fleischstatistiken und zur Aufhebung der Richtlinien 93/23/EWG, 93/24/EWG und 93/25/EWG erläutert in Art. 2 Abs. 4 Definitionen der unterschiedlichen Begriffe zum Zwecke der Verordnung, und definiert das "Schwein" als "Haustiere der Art *Sus scrofa domestica*" (VO (EG) Nr. 1165/2008 Art. 2 Abs. 4). Ebenso wird in der Verordnung des Bundesministers für Wissenschaft und Forschung über die statistische Erfassung von Tierversuchen in Anlage 2 unter den möglichen, anzugebenden, Tierarten im Tierversuch das Schwein als "*Sus scrofa domestica*" erwähnt (TVSV 2013 Anl. 2). Der Einsatz derselben Tierart wird je nach Tätigkeitsbereich von verschiedenen rechtlichen Anforderungen geprägt und von daraus resultierenden Vorgehensweisen bestimmt. So sieht der rechtliche Rahmen der Richtlinie 2010/63/EU zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere eine stetige Umsetzung der Prinzipien der Vermeidung, Verminderung und Verbesserung vor. Im Einklang mit den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen wird die Verbesserung der „Guten Praxis" angestrebt und die Anwendung alternativer Ansätze gefördert. Beruhend auf einer validen wissenschaftlichen Begründung werden experimentelle Strategien im Zusammenhang ethischer Erwägungen a priori geprüft und u.a. projektspezifisch rückblickend bewertet (RL 2010/63/EU). Im rechtlichen Rahmen der Verordnung EG Nr. 1099/2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung wird die Umsetzung von wissenschaftlich anerkannten Methoden der Schlachtung bestimmt. Unter dem geltenden Grundsatz der Verschonung vor jedem vermeidbaren Schmerz, Stress und Leiden werden rechtlich zulässige Verfahren der Schlachtung und der damit zusammenhängenden Tätigkeiten tierartspezifisch definiert. Dies erfolgt u.a. unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Angemessenheit verfahrenstechnischer Aspekte (VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. 3).

Die kongruente Zielsetzung der Reduktion von Stress und Leiden auf ein mögliches Mindestmaß wird in der konventionellen Praxis der beiden Tätigkeitsbereiche unterschiedlich umgesetzt. Als exemplarischer Fakt der vorherrschenden Diskrepanzen zwischen der unterschiedlichen Begegnung mit Schweinen im tierexperimentellen Bereich und im Kontext der Schlachtung wird in folgender Arbeit auf den vergleichenden Einsatz von Kohlendioxid als Methode der Betäubung in der konventionellen Schweineschlachtung und den Auswirkungen dieser Betäubungsmethode auf das Tierwohl eingegangen und mit der Komplexität der Anforderungen, insbesondere des Refinement durch die Anästhesie, im tierexperimentellen Tätigkeitsfeld verglichen. Folgende Arbeit macht sich eine ethische Reflexion über den Einsatz von Kohlendioxid als Betäubungsmethode in der konventionellen Schweineschlachtung zum Ziel, wobei der Einsatz dieser den Anforderungen der Nuztung des Schweines als Tiermodell in der Forschung gegenübergestellt wird. Dabei wird folgende Hypothese angenommen, dass in der gegenwärtigen konventionellen Praxis bei vergleichbaren vorherrschenden rechtlichen Anforderungen eine divergente Umsetzung der Belastungsreduktion im Umgang mit Schweinen im Rahmen der Betäubung am Schlachthof und der Anästhesie in der tierexperimentellen Tätigkeit besteht.

In den folgenden Kapiteln werden zur Untersuchung der Thematik zunächst die rechtlichen Definitionen einerseits des Tierversuches, des Tierversuchsantrages, als unerlässliche Komponente der rechtlichen genehmigten Tierversuchsdurchführung, und der 3-R Prinzipien dargelegt. Im Kontext der tierexperimentellen Tätigkeit wird vor allem auf die österreichische Rechtslage, dem österreichischen Tierversuchsgesetz 2012 (TVG 2012), und auf die europäische Richtlinie 2010/63/EU eingegangen. Zum anderen werden die rechtlichen Anforderungen im Tätigkeitsfeld der Betäubung in der Schweineschlachtung vor allem basierend auf der EU-Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung erläutert, wobei Parallelen zu den ergänzenden nationalen Leitfäden aus Österreich, Deutschland und u.a. der Schweiz gezogen werden. Das Hauptaugenmerk wird auf die rechtlich zulässigen Methoden der Elektrobetäubung, als Vorreiter der Kohlendioxidbetäubung, auf die Kohlendioxidbetäubung, als gegenwärtige konventionelle Betäubungsmethode, und auf die Betäubung mittels Edelgasen, als nicht aversive Betäubungsmethode, gelegt. Die jeweiligen technischen Verfahren und die Implementierung dieser Methoden am Schlachthof werden in deren Vorgehensweisen erläutert und es werden

dabei die Tierschutzproblematiken und unerwünschten Nebenwirkungen, welche der Einsatz von hochkonzentriertem CO_2 mit sich bringt, geschildert.

Die weitverbreitete Methode der Kohlendioxidbetäubung in hoher Konzentration wird, im Sinne der Narkose, schließlich der Anwendung von Edelgasen in alleiniger Anwendung oder auch in Kombination mit CO_2 in geringen Konzentrationen, als Alternative am Schlachthof, gegenübergestellt. In der Arbeit wird die Umsetzung und Erfüllung der rechtlichen Anforderung der Belastungsminimierung und Schmerzfreiheit am Schlachthof sowie in der tierexperimentellen Forschung verglichen, wobei Parallelen zwischen der Betäubung am Schlachthof und der Komplexität und Bedeutung der Anästhesie, als Teilkomponente der 3-R Prinzipien, im Tierversuch gezogen werden.

Die Gegenüberstellende Betrachtung bezieht sich lediglich auf den Tätigkeitsbereich der Schlachtung und der tierexperimentellen Tätigkeit. Praxen, welche nicht als tierexperimentelle Vorhaben anerkannt werden, wie bspw. die Tötung von Tieren zum alleinigen Zweck der Organ- und Gewebsgewinnung, und folglich nicht in den rechtlichen Rahmen des TVG 2012 und der RL 2010/63/EU integriert werden, sowie Vorgehensweisen, welche nicht in den Geltungsbereich der Schlachtung im Rahmen der VO (EG) Nr. 1099/2009 fallen, werden in der gegenüberstellenden Erarbeitung, bedingt durch die Komplexität der Thematik und zum Zwecke der Übersichtlichkeit, nicht berücksichtigt.

Im Rahmen der Diskussion wird die tierwohlmaximierende Begründung, welche der befürwortenden Argumentation der CO_2-Betäubung unterliegt, gegenüber der unerwünschten und tierbelastenden Nebenwirkungen, die den Tieren im noch unbetäubten Zustand widerfahren, abgewogen. Die Diskussion beruht auf dem pathozentrischen Verständnis der Tiere, gemäß welchem tierliche Interessen aufgrund der Fähigkeit der Leidens- und Schmerzwahrnehmung moralische Rücksicht verdienen und als leidensfähige Individuen in die moralische Gemeinschaft integriert werden. (Grimm 2013: 33). Dieses tierliche Verständnis unterliegt sowohl dem Rechtstext im Rahmen der Schlachtung als auch jenem der tierexperimentellen Tätigkeit, und der daraus resultierenden Anforderung einer Ablösung der gegenwärtigen konventionellen Betäubungsmethoden durch die Implementierung tierschonender Alternativen am Schlachthof, welche durch die Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 eine bereits rechtlich zulässige Anwendung genießen.

2 Die tierexperimentelle Praxis

Um der Debatte eine solide und informative Basis zu verleihen bedarf es einer Klärung der einzelnen Begrifflichkeiten und Vorgehensweisen. So ergeben sich in der Konfrontation mit der Thematik der Tierversuche folgende zentrale Fragen, welche einer Erläuterung bedürfen: Was versteht man unter einem Tierversuch, ab wann spricht man von einem Tierversuch, welche bürokratischen Wege müssen eingeleitet werden um diesen vornehmen zu dürfen?

2.1 Der Tierversuch: Eine rechtlich verankerte Definition

2.1.1 Das Österreichische Tierversuchsgesetz 2012

Unter §2 des Österreichischen Tierversuchsgesetzes TVG 2012 wird der Tierversuch als „jede Verwendung von Tieren zu Versuchs-, Ausbildungs- oder anderen wissenschaftlichen Zwecken mit bekanntem oder unbekanntem Ausgang, die bei den Tieren Schmerzen, Leiden, Ängste oder dauerhafte Schäden in einem Ausmaß verursachen kann, das dem eines Kanülen Einstichs gemäß guter tierärztlicher Praxis gleichkommt oder darüber hinausgeht, oder dazu führen soll oder kann, dass ein Tier in einem Zustand gemäß lit. a geboren oder ausgebrütet wird, oder dazu führen kann, dass eine genetisch veränderte Tierlinie in einem Zustand gemäß lit. a geschaffen und erhalten wird, nicht jedoch das Töten von Tieren allein zum Zwecke der Verwendung ihrer Gewebe oder Organe“ definiert (Binder 2014: 227).

Betrachtet man die Definition des Tierversuchs in der österreichischen Gesetzeslage, fällt auf, dass im Rechtstext Schmerzen, Leiden, Ängste und dauerhafte Schäden, welche die Tiere belasten, in den Fokus rücken. Somit wird evident, dass die Gesetzgebung im Tierversuchsbereich einen pathozentrischen Charakter annimmt und diese Fähigkeit der Leidens- und Schmerzempfindung eine Basis für die Anforderung auf rechtlichen und moralischen Schutz von Versuchstieren legt. Denn alleinig durch die Fähigkeit der Schmerzempfindung und der Leidensfähigkeit entscheidet es sich nach dem pathozentrischen Ansatz, ob das jeweilige Tier bzw. die jeweilige Tierart rechtlich verankerten Schutz genießt. Folglich fallen in den Geltungsbereich des TVG 2012, wie in Abb. 4 graphisch dargestellt, alle lebenden Wirbeltiere, einschließlich der selbstständig nahrungsaufnehmenden Larven wie Kaulquappen und Axolotl, Föten von Säugetieren ab dem letzte Drittel ihrer Entwicklung, sowie lebende Kopffüßer (Binder 2014: 223).

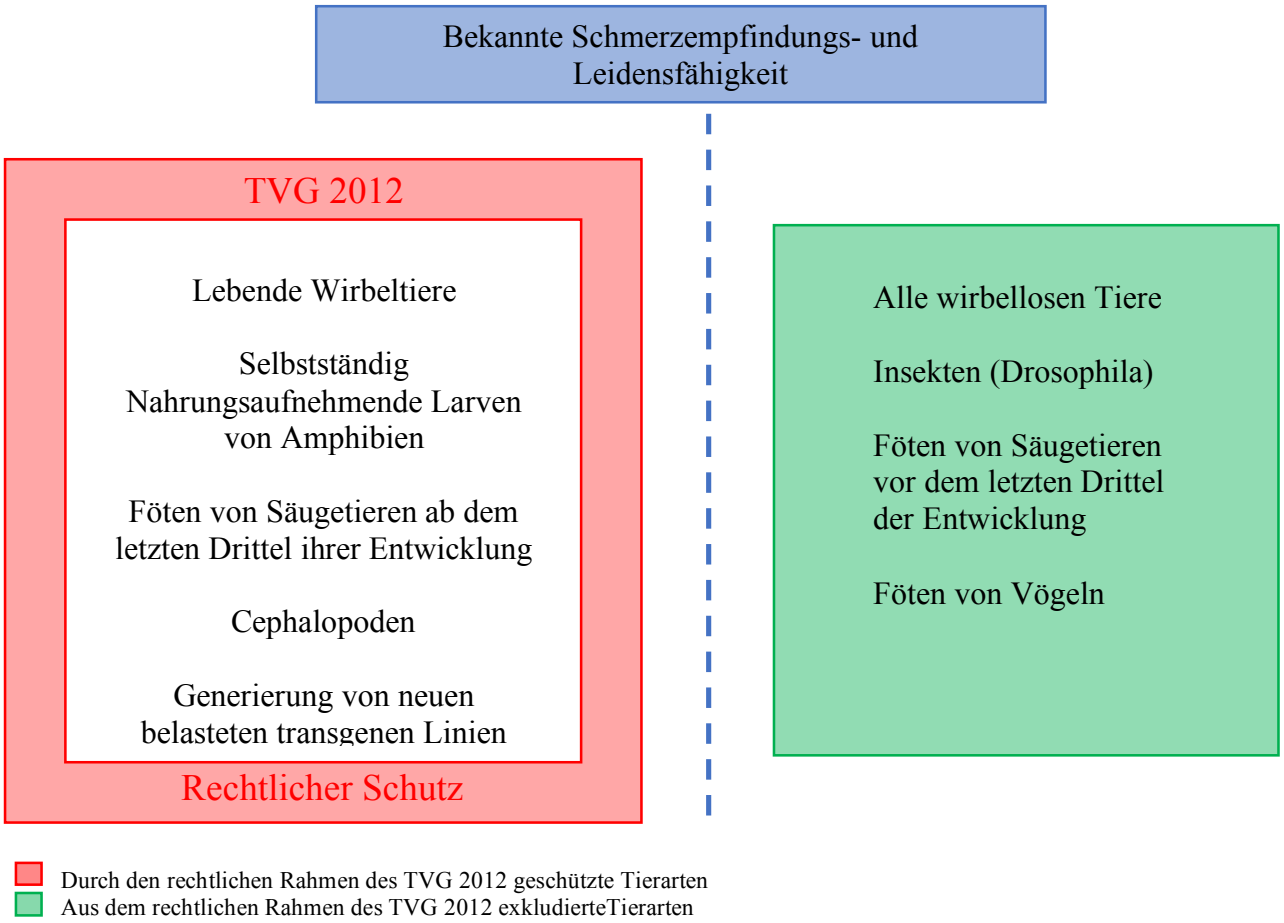


Abb. 4 Graphische Darstellung des rechtlichen Rahmens des Österreichischen Tierversuchsgesetzes (TVG 2012)

2.1.2 Die Schweizer Tierschutzgesetzgebung

Die Tierversuchsgesetzgebung ist in der Schweiz im Tierschutzgesetz von 2005, TSchG SR 455, in Art. 17-20 verankert. Ebenso wie im österreichischen Rechtstext prägen Leiden, Schmerzen und Ängste die rechtliche Definition des Tierversuchs. Ein wesentlicher Unterschied hebt die schweizer Tierschutzgesetzgebung jedoch hervor. So ist in dieser die Würde des Tieres zentral, aus jener hervorgeht, dass dem Tier ein Eigenwert zugeschrieben wird, der im Umgang mit dem Tier stets geachtet werden muss. Dies bringt eine hohe Anforderung in der begründenden Argumentation des Tierversuches hervor. Um der Würde des Tieres stets achtsam zu begegnen muss daher jede auftretende Belastung, im Sinne von Schmerzen, Leiden, Ängsten, Schäden oder Erniedrigung, Restriktion seiner Fähigkeiten, Eingriffen in das Erscheinungsbild und der übermäßigen Instrumentalisierung, durch überwiegende Interessen gerechtfertigt werden.

Ebenso findet sich auch im Schweizer Tierschutzgesetz eine pathozentrische Herangehensweise, schließlich sollen jene Tiere geschützt werden, welche zur Schmerzempfindung fähig sind. Vergleichend mit dem österreichischen TVG 2012 fällt auf, dass im Unterschied zum österreichischen Rechtstext ebenso Panzerkrebse sowie Vögel und Kriechtiere im letzten Drittel der Entwicklung vor Geburt bzw. dem Schlüpfen, vom rechtlichen Schutzrahmen umgeben werden (Weiss et al. 2014: 49f.). Dies bringt das Bedürfnis der Reflexion über einer Expansion der moralischen Gemeinschaft zutage.

2.2 Der Tierversuchsantrag

In Ländern, in denen der Umgang mit Tierversuchen und deren Durchführung gesetzlich geregelt und definiert ist, bedarf es der Erfüllung einiger Kriterien und behördlicher Prüfschritte, um die rechtliche Erlaubnis zur Durchführung zu erhalten. Diese Reglementierung ist zum einen notwendig, um die Unerlässlichkeit des Tierversuchs und der, für die potentielle Erfüllung des Versuchsvorhabens, geeigneten Methoden zu prüfen und zum anderen um Transparenz nach Außen, durch eine akribische Dokumentation, zu bewahren. Erst durch Erfüllung der notwendigen Auflagen und überzeugender Argumentation wird der einzelne Tierversuch von der überprüfenden Kommission bewilligt und erhält somit rechtliche und folglich ethische Legitimität.

2.2.1 Der österreichische Projektantrag

Die österreichische Rechtslage schreibt in §2 Z2 TVG 2012 vor, dass Tierversuche nur im Rahmen einer Projektgenehmigung durchgeführt werden dürfen. Das Projekt wird als solches beantragt, welches wiederum nur einen oder auch mehrere Tierversuche umfassen kann. Nach der Definition des TVG 2012 wird unter §2.2 als Projekt „ein Arbeitsprogramm mit einem festgelegten wissenschaftlichen Ziel, sog. Projektziel, das einen oder mehrere Tierversuche einschließt“, verstanden (Binder 2014: 227-230). Erst nach erfolgter Genehmigung durch die zuständige Behörde darf ein Tierversuch vorgenommen werden.

Im Rahmen der Projektgenehmigung wird je nach Versuchsvorhaben und Planung des Tierversuches zwischen vereinfachten und regulären Anträgen unterschieden. Gemäß §26 sind vereinfachte Anträge für rechtlich vorgeschriebene regulatorische Versuche, für Tierversuche

zu Produktionszwecken oder diagnostischen Zwecken, wie beispielsweise der Herstellung von Seren, für Anträge, welche keine Tierversuche beinhalten, denen ein Schweregrad „schwer“ zuzuschreiben ist, und für Versuche, welche keine nichtmenschlichen Primaten verwenden, vorgesehen. Für vereinfachte Anträge ist keine nichttechnische Projektzusammenfassung vorgeschrieben (Binder 2014: 274). Für alle weiteren tierexperimentellen Versuchsvorhaben sind reguläre Anträge vorgesehen, welche auch die Ausformulierung einer nichttechnischen Projektzusammenfassung beinhalten. Im Antragsformular werden dabei folgende Angaben dargelegt:

- Die Bedeutung und Begründung des Tierversuches
- Formale Angaben zum Projektleiter, zum Verwender und zur Versuchseinrichtung
- Die Begründung für die vorgesehene Verwendung der Tiere, deren Herkunft und Anzahl
- Der Projektvorschlag beinhaltend der Angabe des Projekttitels, der genauen Darlegung des Versuchsvorhabens sowie der zu erforschenden Hypothese und der am Tier geplanten Methoden sowie der Tierhaltung
- Die nichttechnische Projektzusammenfassung zum Zwecke der Transparenz an die Öffentlichkeit
- Die Erklärung, dass das prospektive Projektziel nicht durch Ersatzmethoden erreicht werden kann
- Das Analgesie- und Anästhesieregime sowie mögliche schmerzlindernde Maßnahmen
- Die Anwendung möglichst schmerzloser Abbruchkriterien
- Die Unterbringungs-, Haltungs- und Pflegebedingungen
- Maßnahmen zur Verminderung, Vermeidung und Linderung des Leidens der Tiere während dem gesamten Lebenszeitraum
- Das Beobachtungsmanagement, Versuchsmanagement und statistische Planung zur Minimierung der Tieranzahl
- Die Wiederverwendung der Tiere und damit einhergehende kumulative Auswirkungen auf das Tier
- Die Vermeidung der wiederholten (doppelten) Durchführung von Tierversuchen
- Anzuwendende Euthanasiemethode

- Die Sachkunde am Projekt beteiligter Personen

Die nichttechnische Projektzusammenfassung stellt eine zentrale Komponente des Projektantrages dar und ist Trägerin einer bedeutenden Funktion im tierexperimentellen Bereich, da sie zur Transparenz von Tierversuchen in der Öffentlichkeit beiträgt. So werden die jeweiligen aktualisierten nichttechnischen Projektzusammenfassungen nach §31 TVG 2012 auf der jeweiligen, durch die Bundesministerin oder den Bundesminister für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, gemäß §43 Abs. 1 Z7 TVG 2012 angegebenen, Internetadresse in §23 TVV 2012 veröffentlicht. Dabei hat diese über die Projektziele, den zu erwartenden Schaden und den potentiellen Nutzen, die Zahl und die Art der eingesetzten Tiere und eine eventuell vorgesehene rückblickende Bewertung zu informieren. Des Weiteren soll sie als Nachweis über die Erfüllung der Vermeidung, Verminderung und Verbesserung (3R Prinzipien) des Tierversuchs fungieren. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens wird der Projektantrag von den zuständigen Behörden geprüft. Dazu bedarf es der Instillierung einer Tierversuchskommission (Binder 2014: 275-305).

2.3 Replacement, Reduction und Refinement: Die drei Säulen des Animal Welfare in der Versuchstiermedizin

Die 3-R Prinzipien können als die drei Säulen des Animal Welfare in der Labortierkunde verstanden werden. Das Konzept wurde von den britischen Biologen William Russel und Rex Burch im Jahre 1959 in ihrem Buch *The Princples of Humane Experimental Technique* postuliert. Es umfasst die drei Begrifflichkeiten Replacement, Reduction und Refinement, welche im Deutschen als Vermeidung, Verminderung und Verbesserung in Zusammenhang mit Tierversuchen verstanden werden. So ist im deutschsprachigen Raum auch von den 3-V Prinzipien die Rede (Sturma, Lanzerath 2015: 64). Etabliert wurde dieses Prinzip zum einen, um eine Verbesserung von Tierversuchen zu erzielen und die Frage nach dem Tierwohl in der tierexperimentellen Forschung hervorzuheben, zum anderen aber auch um auf Alternativen und auf die Subsidiarität im tierexperimentellen Versuch aufmerksam zu machen. Somit leisten die 3-R Prinzipien einen essentiellen Beitrag zur Bemühung der Verbesserung und Berücksichtigung des Tierwohles im tierexperimentellen Tätigkeitsbereich. Aufgrund dieses fundamentalen Beitrages erschließt sich somit, weshalb die 3-R Prinzipien noch heute in der Gesetzgebung des Tierversuchsrechtes verankert sind.

2.3.1 Replacement

Das Prinzip der Vermeidung verfolgt die Zielsetzung Tierversuche zur Gänze oder zum Teil durch stets anerkannte und akzeptiere Ersatz- und Ergänzungsmethoden zu ersetzen. Der Einsatz der geeigneten Ersatzmethode kann dabei sowohl eine Methode mit, als auch ohne Tierverbrauch vorsehen. Durch das Replacement wird zudem die Subsidiarität von Tierversuchen geprüft. Das Subsidiaritätsprinzip sieht gemäß §5 des TVG 2012 die Unerlässlichkeit des jeweiligen Versuchs vor, sodass Tierversuche nur dann rechtlich zulässig sind, sofern sie zu einem der in §5 TVG 2012 angeführten Zwecke unerlässlich sind und diese nicht durch geeignete Ersatz- und Ergänzungsmethoden gleichermaßen erreicht werden können (Binder 2014: 240). Auch hier wird wiederum das symbiontische Zusammenspiel der 3-R Prinzipien und der aktuellen Rechtslage evident. Zusammenfassend erstrebt und hinterfragt das Replacement den Vorrang von geeigneten Ersatz- und Ergänzungsmethoden.

2.3.2 Reduktion

Unter der Begrifflichkeit der Reduction wird der Grundsatz der Minimierung der Versuchstieranzahl verstanden. Dadurch sind Tierversuche mit der geringsten Anzahl an Tieren durchzuführen, welche zur Erreichung des Versuchszweckes erforderlich ist und zur Generierung valider Versuchsergebnisse beitragen (Binder 2013: 71, Brown 2014: 13). Die Minimierung der Tieranzahl muss dem Versuch entsprechend angepasst werden. So erfordern manche Versuche eine höhere Involvierung von Tieren, da die gesammelten Daten andernfalls nicht aussagekräftig sind oder sie die Fragestellung nicht ausreichend beantworten, zum anderen gilt der Grundsatz, dass mehr Tiere in den Versuch miteinbezogen werden sollen, sofern dies insgesamt die Belastung der Tiere im Versuch verringert. In einem solchen Fall wird die Abwägung zwischen Reduction und Refinement zugunsten des Refinement ausfallen.

2.3.3 Refinement

Das Refinement per se sieht eine Verbesserung des Tierversuches vor. Die Begrifflichkeit der Verbesserung ist sehr facettenreich und bringt unterschiedliche Aspekte in Evidenz, die zum Endergebnis der Verbesserung beitragen. So müssen zum einen die Lebensbedingungen der Versuchstiere dem Tierwohl entsprechend gestaltet werden. Dies wird durch entsprechende

Haltungsbedingungen sowie durch ein stimulierendes Enrichment erzielt, zum anderen muss auch die Mensch-Tier Interaktion berücksichtigt werden. Beispielsweise kann Stress minimiert werden, indem die Dunkelphasen und Tag-Nacht-Rhythmen der Tiere nicht unterbrochen werden, indem der Versuch idealerweise kontinuierlich von demselben Personal betreut werden, welches ein schonendes Handling im Umgang mit den Tieren pflegt.

Nicht nur das Haltungsrefinement soll im Tierversuch bedacht werden, sondern auch das Versuchsrefinement selbst. Die versuchsbedingten Belastungen sind im Rahmen des Möglichen zu minimieren und durch den Einsatz der schonendsten Methoden reduziert werden. Folglich ist das Refinement auf den Versuchstierschutz im engeren Sinne orientiert und arbeitet sich, zugunsten des tierlichen Wohles, dem Prinzip des gelindesten Mittels entlang (Binder 2013: 71). Das Refinement wird auf institutioneller Ebene auf zwei wesentliche Strategien reduziert: die Raum- und Sachausstattung zum einen, und die Sachkunde des Personals zum anderen. Somit etabliert sich eine Bivalenz von räumlicher Ausstattung hinsichtlich geeigneter Käfige, angepasstem Enrichment und artgerechter Haltung. Andrerseits wird auch die Rolle des sachkundigen Personals evident. Denn es sind sowohl theoretisches Wissen als auch praktische Fähigkeiten und Fertigkeiten von Notwendigkeit, um einen schonenden Umgang mit den Tieren zu pflegen. Des Weiteren ist, über die *lege artis* hinausreichend, den persönlichen Faktoren eine mindestens genauso gewichtige Bedeutung zuzuschreiben, da die eigene Einstellung und die eigene Bemühung dem Tier gegenüber von jenen hochgradig beeinflusst werden (Binder et al. 2013: 72).

Das Prinzip der 3-R setzt sich zwar aus drei klar definierten und kategorisierten Begrifflichkeiten zusammen, es sollte jedoch als symbiontisches Zusammenspiel dieser drei Bemühungen (Kategorien) gesehen werden, da sie in ihrer Zielsetzung alle drei ineinander übergehen und miteinander verflochten sind. So ist das Prinzip der 3-R als aus drei zentralen Bausteinen bestehendes Prinzip zu verstehen, aus denen sich je nach Tierversuch und den damit einhergehenden Tätigkeiten ein Tierwohl maximierendes Konvolut ergibt.

3 Das Schwein als Tiermodell in der experimentellen Forschung

Schweine werden seit über einem Jahrhundert in der experimentellen Forschung eingesetzt. Seit den frühen 50er Jahren hat sich deren Einsatz in der Wissenschaft intensiviert (Underwood et al. 2014: 258). Grund dafür ist die anatomische und physiologische Ähnlichkeit zum Menschen, die sich unter anderem aufgrund ihrer Körpergröße ergibt, und ihre einfache kommerzielle Verfügbarkeit als landwirtschaftliches Nutztier (Erhardt et al. 2004: 782). Zum verbesserten Handling und zum generell vereinfachten Einsatz der Tiere wurden kleinere Tiere gezüchtet, wie beispielsweise das Sinclair Minipig, das Yucatan Minipig oder das Hanford Minipig. Gegenwärtig finden in der tierexperimentellen Forschung zwei rassig unterschiedliche Tiertypen ihren Einsatz. Zum einen werden eigens von kommerziellen Anbietern gezüchtete sog. „Minipigs“ eingesetzt und zum anderen werden Jungtiere aus kommerziellen, landwirtschaftlichen Zuchtbetrieben erworben. Schweine werden in tierexperimentellen Tätigkeiten gegenwärtig im Forschungsbereich der Osteoporose, der Knochenphysiologie, der Toxikologie, des Diabetes, der Obesitas, der Atherosklerose, des Melanoms und für Ernährungsversuche eingesetzt (Underwood et al. 2014: 258f.). Das Verhältnis zwischen dem Körpergewicht und der Größe des Herzens ist im Schwein und im Menschen ähnlich, während beispielsweise Hunde verhältnismäßig schwere Herzen und eine unterschiedliche Blutversorgung durch die Koronararterien besitzen, was die Übertragung der Ergebnisse auf den Menschen im Rahmen der translationalen Forschung erschwert (Hannon et al. 1990, Schaper et al. 1967). Das Schwein gilt hinsichtlich der Versorgung des Herzens als beidseits koronarer Versorgungstyp, wobei die Versorgung des Herzens im Vergleich zu anderen Tieren vor allem durch die rechte Koronararterie erfolgt ohne weitere kollaterale Versorgung zwischen der linken und rechten Kollateralarterie (Gille 2008: 417). Diese anatomische und physiologische Eigenschaft lässt sich mit der Koronarversorgung des menschlichen Herzens vergleichen und macht das Schwein dadurch zu einem häufig eingesetzten Tiermodell in kardiovaskulären Versuchen (Helke et al. 2015: 700, Bahls et al. 2013: 443). Im gastrointestinalen Trakt unterscheiden sich Menschen und Schweine anatomisch, jedoch haben sie als omnivoren verdauungsphysiologische Eigenschaften gemeinsam (Helke 2015: 699).

Aufgrund ihrer geeigneten Körpergröße und Anatomie gelten Schweine nach wie vor als gut geeignete Tiermodelle für chirurgische Eingriffe und haben insofern den Hund als Labortier für

derartige Procedere abgelöst (Swindle 1986). Schweine werden gegenwärtig zunehmend in ihrer Funktion als Organdonoren im Rahmen der Xenotransplantation und folglich in der Etablierung von transgenen Stämmen untersucht (Swindle 1998).

Im Umgang und im Einsatz von Schweinen ist stets zu bedenken, dass diese generell als sehr stressanfällige Tiere gelten. Ihr Kreislauf ist sehr labil, da ihr Herz sehr wenige Kollateralarterien besitzt und bei sympathischer Stimulierung sehr anfällig für Insuffizienzen ist. Weiteres ist zu bedenken, dass in landwirtschaftlichen Schweinen die Fleischrasse Piètrain eingekreuzt wurde. Diese weist einen genetischen Defekt auf, der bei Stress und bei Inhalation von halogenierten volatilen Anästhetika eine maligne Hyperthermie verursachen kann. Grundsätzlich unterscheiden sich Minipigs und landwirtschaftliche Schweine in ihren anästhetischen Anforderungen lediglich geringgradig. Die Stressanfälligkeit muss im Versuch jedoch berücksichtigt werden. Bei ungewohnter Manipulation sind Schweine sehr ängstliche Tiere, mit denen sehr vorsichtig umgegangen werden muss. Allerdings besitzen sie ein sehr ausgeprägtes Lernverhalten, das unter experimentellen Bedingungen eine Akklimatisierung und Gewöhnung an die Versuchsbedingungen erleichtert (Erhardt et al. 2004: 782).

4 Die Schweineschlachtung

4.1 Die Schweineschlachtung in Österreich

Das Betäuben, das Schlachten und das Töten von Tieren werden in Österreich durch die österreichische Tierschutz-Schlachtverordnung aus dem Jahr 2015 geregelt. Die Verordnung lehnt sich an die EU-Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung (Tierschutz-Schlachtverordnung 2015 §15). Durch diese wird der Tierschutz bei der Schlachtung europaweit harmonisiert und reguliert. Beide machen das „verschonen der Tiere von ungerechtfertigten Schmerzen, Leiden, Schäden und schwerer Angst“ zu ihrem leitenden Grundsatz (vgl. Tierschutz-Schlachtverordnung 2015 §9 Abs. 1).Die EU-Verordnung schreibt vor, dass „an der Schlachtung beteiligte Personen die erforderlichen Maßnahmen ergreifen sollten, um Schmerzen zu vermeiden und den Stress und das Leiden für die Tiere beim Schlachten und bei der Tötung so gering wie möglich zu halten, wobei sie […] bewährte Verfahren und gemäß der Verordnung erlaubte Methoden beachten“ (vgl. VO (EG) Nr. 1099/2009 Abs. 2).

In der Verordnung (EG) Nr.1099/2009 werden die, in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Gemeinschaft, zulässigen Betäubungsverfahren für die jeweiligen Tierarten definiert. Gemäß Art. 4 der VO (EG) Nr. 1099/2009 dürfen Tiere in den betroffenen Ländern nur nach vorangegangener Betäubung durch eines der aufgelisteten Verfahren getötet werden. Die Empfindungs- und Wahrnehmungslosigkeit des jeweiligen Tieres muss bis zum Eintritt des Todes gegeben sein. Bei den angegebenen Methoden der Betäubung handelt es sich um sog. „einfache Betäubungen“. Sie bezwecken nicht den Tod des Tieres und müssen durch immediate Verfahren zur Tötung, wie z. B. der Entblutung, ergänzt werden (VO (EG) 1099/2009 Art. 4 Abs. 1). Für die Schlachtung von Schweinen sind in den EU-Mitgliedsstaaten folgende Verfahren der Betäubung rechtlich zulässig: Der penetrierende Bolzenschuss, der Schuss mittels Feuerwaffe, der stumpfe Schlag auf den Kopf bei Ferkeln, die Elektrobetäubung, die Kohlendioxidbetäubung sowie auch die Edelgasbetäubung (VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. 4 Anhang 1 Tab. 1).

Die österreichische Tierschutz-Schlachtverordnung 2015 definiert bezugnehmend auf die Verordnung (EG) Nr. 1099/2009, die rechtlich zulässigen Verfahren zur Betäubung und Schlachtung der jeweiligen Tierarten. Schweine dürfen in Österreich mittels Bolzenschuss,

Elektrobetäubung und Kohlendioxidbetäubung desensibilisiert werden. Unter Betäubung wird dabei „jedes bewusst eingesetzte Verfahren, das ein Tier ohne Schmerzen in eine Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit versetzt, einschließlich jedes Verfahrens, das zum sofortigen Tod führt“ verstanden. Weiteres wird definiert, dass die Betäubung nur erfolgen darf, wenn die Kapazität der unmittelbar anschließenden Entblutung gegeben ist. Die Entblutung darf dabei nur vollzogen werden, solange die Empfindungs- und Wahrnehmungslosigkeit des Tieres aufrechterhalten ist. Die jeweiligen Zeitvorgaben variieren in Abhängigkeit der eingesetzten Betäubungsmethode (vgl. §2 Tierschutz-Schlachtverordnung 2015.).

4.2 Der Bolzenschuss

Die Betäubung mittels penetrierendem Bolzenschuss ist im Schwein zum Zwecke der Schlachtung gesetzlich erlaubt. Trotz rechtlicher Legitimierung geht diese Art von Betäubung mit einigen Problematiken einher, welche sie nicht zur idealen gewerblichen Betäubungsmethode für diese Tierart machen (AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 73). Das Gehirn des Schweines ist in Relation zum seinem Körper sehr klein und liegt sehr tief. Je nach Rasse, Alter und Größe des Tieres ist der Schädelknochen sehr dick ausgeprägt, was eine Penetration des Stirnbeins erschwert.
Der Bolzen wird so angelegt, dass eine virtuelle Linie zwischen den beiden Augen gezogen wird und mittig etwa 1-3 cm oberhalb dieses Mittelpunktes angesetzt wird. (Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung 2014: 29). Das Auftreffen des Bolzens verursacht eine Erschütterung des Gehirns und führt eine Ruptur seiner Gefäße herbei, wodurch es zu einem Betäubungszustand kommt. Je nach Länge des Bolzens werden das Kleinhirn, der Hirnstamm und die kaudale Fläche der Großhirnhemisphären verletzt und subarachnoidale und ventrikuläre Einblutungen verursacht (Algers und Atkinson 2014: 413). Der Bolzen muss für die jeweilige Tierart und das Körpergewicht geeignet sein. Bei einer korrekten Betäubung kollabiert das Tier sofort, es kommt zu tonischen Krämpfen gefolgt von klonischen Spasmen, unkoordinierten Bewegungen der Gliedmaßen und einem unregelmäßigen Atemrhythmus. Es sollen keine Aufstehversuche und keine Vokalisationen erfolgen. Kommt es zu spontanem Blinzeln, zur Vokalisation, zu Stellreflexen, zum Nystagmus, zu einer Rotation des Bulbus oder ist der

Cornealreflex noch vorhanden, so muss das Tier sofort nachbetäubt und bis zum Entblutungsschnitt beobachtet werden (Algers und Atkinson 2014: 414f.).

4.3 Die Elektrobetäubung

Die Elektrobetäubung erfolgt mittels elektrischem Strom. Dabei werden zwei Elektroden am Kopf des Tieres angelegt, sodass Strom von ausreichender Intensität durch das Gehirn fließen kann. Sie werden beidseits an der Schläfe zwischen Augen und Ohren angebracht und verursachen so eine Durchströmung des Gehirns. Es besteht weiteres die Möglichkeit ebenso den Körper mit elektrischem Strom zu durchströmen. Dabei wird eine Elektrode am Kopf angebracht und die andere entweder am Widerrist, im Lendenwirbelbereich oder an den Vorder- bzw. Hinterextremitäten (Lambooij 2014: 408-411).

4.3.1 Die Positionierung der Elektroden

Je nach Methode kann lediglich das Gehirn durchströmt werden, eine Ganzkörperdurchströmung oder auch eine Herzdurchströmung vorgenommen werden. In der schweizer Verordnung des Bundesamtes für Veterinärwesen über den Tierschutz beim Schlachten wird zur erfolgreichen Hirnduchströmung eine Platzierung der Elektroden zwischen Auge und Ohr angeraten (VTSchS 2010 Art. 15). Der Leitfaden für bewährte Verfahren betreffend Tierschutz bei der Schlachtung des österreichischen Bundesministeriums für Gesundheit und das deutsche Handbuch zur Tierschutzüberwachung bei der Schlachtung und Tötung beschreiben außerdem die Platzierung der Elektrode zwischen Ohrgrund und gegenüberliegendem Auge oder auch von vorne beidseits auf den Augen, mit dem Vorteil, dass die Stromleitung über das Weichteilgewebe besser erfolgt und somit mehr Strom durch das Gehirn geleitet wird (Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung 2014: 30, AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 66). Es ist große Vorsicht beim Aufsetzen geboten, da bei einer unkorrekten Positionierung mit einer Fehlbetäubung aufgrund einer mangelnden Durchströmung des Gehirns, zu rechnen ist. Diese führt lediglich zu einer Immobilisierung des Tieres, welches irrtümlich als betäubt wahrgenommen wird (AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 65, Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung bei der Schlachtung 2014: 30). Durch die auftretende Elektroimmobilisation können

die Tiere keine Schmerzäußerung aufgrund der erfolgten Muskelkrämpfe zeigen, sie nehmen jedoch den schmerzhaften, durch Strom bedingten, Reiz wahr.
Wird eine Durchströmung des Herzens verursacht, werden die Elektroden in Herznähe entweder beidseits am Brustkorb, zwischen Brustbein und Rücken, ventral-dorsal, am seitenliegenden Tier, oder sowohl am Kopf als auch im Bereich des Herzens für eine zweiphasige Elektrobetäubung angebracht (VTSchS Art. 15, AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 30). Eine Gehirndurchströmung von mindestens vier Sekunden mit anschließender Herzdurchströmung verursacht ein Kammerflimmern. Durch den Herzstillstand kommt es zu einer abrupten Absenkung des Blutdrucks und zu einem Sauerstoffdefizit im Gehirn (Lambooij 2014 :408). Die Tiere erholen sich vom epileptischen Anfall nicht mehr, der Zustand des Bewusstseinsverlustes ist stets vorhanden, wodurch die Tiere ruhiger liegen und die Exsanguination leichter vorgenommen wird (AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 66).

4.3.2 Die Phasen der Elektronarkose

Beim Eintritt des Stromflusses brechen die Tiere unmittelbar zusammen, die Vorder-und Hinterbeine werden aufgrund der Prominenz der Extensoren gestreckt und der Kopf in den Nacken gezogen (AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 65). Zunächst erfolgt eine Phase mit tonischen Kontraktionen, darauffolgend eine Phase mit klonischen Muskelspasmen und folglich eine Relaxationsphase mit aufgehobenem Muskeltonus. (Lambooij 2014: 408). Die tonische Phase dauert bis zu 10 Sekunden nach Ende des Stromflusses und stellt aufgrund der tonischen Muskelkrämpfe den idealen Zeitpunkt für die Durchführung des Entblutungsschnitts dar. In dieser Phase der Betäubung darf keine regelmäßige Atmung erfolgen, die auftretenden Augenbewegungen dürfen nicht gerichtet sein und das Tier darf keine Aufstehversuche zeigen (AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 64). Der tonischen Phase schließt sich die klonische Phase an. In dieser treten gesteigerte Reflexe auf, die mitunter als falsch vorhandene Reflexe befundet werden können. Die Atmung muss stets einen unregelmäßigen Rhythmus zeigen und ebenso muss die Abwesenheit von Aufstehversuchen sowie gezielten Augenbewegungen gegeben sein (AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 65). Der Ausschüttung von exzitatorischem Glutamat folgt die Freisetzung vom inhibitorischen Neurotransmitter Gamma-

Aminobuttersäure (GABA), welches eine vorübergehende Analgesie bewirkt und auch am Aufwachen des Tieres beteiligt sein kann (Löscher und Frey 2010: 52). Spätestens in der klonischen Phase muss der Entblutungsschnitt vorgenommen werden, da die zerebrale Hypoxie zwischen 20-60 Sekunden nach erfolgtem Entblutungsschnitt eintritt. Die Entblutung muss vor Eintritt der Erholungsphase erfolgen, wenn durch den Stromfluss kein Herzstillstand ausgelöst wird kann das Tier die Wahrnehmungsfähigkeit zurückerlangen. Weitere Zerlegungen und Schlachtarbeiten dürfen erst bei vollständigem Fehlen von Lebenszeichen vorgenommen werden. Empfohlen wird dabei mindestsens drei Minuten abzuwarten (AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 65). In Anbetracht der unterschiedlichen Phasen, welche im Rahmen der Elektrobetäubung auftreten, ergibt sich, weshalb sich der Cornealreflex nicht als Indikator für die eingetretene Betäubung eignet. Da dieser aufgrund der anfänglichen tonischen Phase und der einhergehenden Muskelverhärtung unabhängig vom Bewusstseinszustand aufgehoben sein kann, und wiederum aufgrund von klonischen, ruckartigen zuckenden, Muskelspasmen irrtümlich als stets vorhandener Reflex wahrgenommen werden kann (Lambooij 2014: 407).

4.4 Die Kohlendioxidbetäubung

Die Kohlendioxidbetäubung ist gegenwärtig die am häufigsten eingesetzte Methode in der konventionellen Schlachtung von Schweinen. Als Methode der Gasbetäubung hat sie im Vergleich zur Kammerflimmern verursachenden Elektrobetäubung einen reversiblen Betäubungseffekt (Ninos 2014: 55). Der weit verbreitete Einsatz von Kohlendioxid als Betäubungsgas in der Schlachtung wird kommerziell vor allem aus Aspekten des Tierwohles argumentiert, da der Vorteil besteht, dass die Tiere nicht vereinzelt werden müssen, in der Gruppe betäubt werden können und, dass sie im Vergleich zu anderen Methoden der Betäubung ebenso nicht fixiert werden müssen (Raj 2014: 401).

Aufgrund seiner physikalischen Eigenschaft ist CO_2 in etwa fünf Mal so schwer wie atmosphärische Luft, was dazu führt, dass es in der Betäubungsanlage in Bodennähe seine höchste Konzentration erreicht (Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung 2014: 31). Folglich müssen die Tiere in der Kammer in Bodennähe hinuntergefahren werden, damit sie der höchsten Konzentration des Gases ausgesetzt werden können.

4.4.1 Die Physiologie des Kohlendioxids

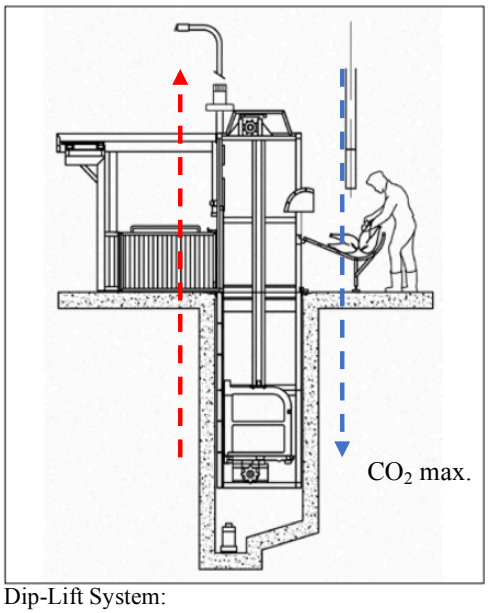
Kohlendioxid kommt im Körper physiologisch vor. Der geringste Anteil liegt gelöst im Blutplasma vor, ein weiterer Anteil wird durch Erythrozyten an Hämoglobin gebunden und als Carbamino-Hämoglobin durch die Blutbahn transportiert. Im größten Ausmaß ist CO_2 in Form von Bikarbonat im Blut präsent. Durch die physiologische Atmung nimmt der Körper Sauerstoff auf und gibt Kohlendioxid an die Umgebung ab. Dies erfolgt durch die Diffusion der Gase durch die dünne Alveolarmembran. Eingeatmeter Sauerstoff diffundiert in die Kapillaren und Kohlendioxid diffundiert von den Kapillaren in die Alveolen, um ausgeatmet zu werden (Gros 2010: 260ff.). Nimmt die CO_2 Konzentration in der eingeatmeten Luft zu, so kommt es zu einer Überversorgung des Körpers mit Kohlendioxid, die in der medizinischen Terminologie als Hyperkapnie bezeichnet wird (Kraft und Dürr 1995:27). Diese Veränderung der Partialdrücke von Sauerstoff und Kohlendioxid im Blut regt das Atemzentrum, das in der *medulla oblongata* im Hirnstamm lokalisiert ist, an. Wird von den Chemozeptoren im Aortenbogen und im *glomus caroticum* eine Veränderung des Sauerstoffpartialdruckes (PO_2) und des Kohlendioxidpartialdruckes (PCO_2) wahrgenommen, werden die Veränderungen an das Atemzentrum über den IX. und X. Gehirnnerv weitergeleitet. Dieses besitzt an der ventralen Fläche sehr sensitive Rezeptoren für CO_2. Kommt es zu einer Erhöhung des PCO_2 im Blut wird der inspiratorische Teil des Atemzentrums stimuliert und führt zu einer Steigerung der Atemfrequenz, um den erhöhten PCO_2 durch eine schnellere Atmung auszugleichen (Löscher und Frey 2010:65). Aufgrund der stark atemstimulierenden Wirkung von CO_2 kommt es somit zur Tachypnoe und zur Hyperventilation (Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung 2014: 31). Durch die schnellere Atmung wird aufgrund der hohen CO_2 Konzentration in der Atmosphäre, welcher die Tiere in der Betäubungsanlage ausgesetzt werden, jedoch immer mehr CO_2 eingeatmet, was eine Dyspnoe verursacht (Raj 2014: 403). Der CO_2-Partialdruck im Blut steigt über den physiologischen Wert an, der beim Schwein 50 mmHg beträgt (Kraft und Dürr 1995: 27). Im experimentellen Kontext wurde eine Zunahme des PCO_2 mit einem Peak von bis zu 447.0 mmHg beobachtet (Rodriguez et al. 2008). Von der atemstimulierenden Wirkung von CO_2 wird bereits ab einer PCO_2 Überschreitung um 5 mmHg des physiologischen Wertes berichtet (Raj 2014: 403). Aufgrund der sauren Valenzen von CO_2 führt der Anstieg schließlich zu einer sog. respiratorischen Azidose. Es kommt zu einer, durch die Atmung bedingten, Ansäuerung

des Blutes mit einem Blut-pH-Wert unter 7.42 (Kraft und Dürr 1995: 27). Als Folge der pH-Wert Senkung im Blut kommt es zur Minderung des pH-Wertes im *liquor cerebrospinalis*. Der *liquor cerebrospinalis,* engl. Cerebrospinal Fluid (CSF), füllt die inneren Hohlräume des zentralen Nervensystems (ZNS) und bildet einen Flüssigkeitsmantel um das Gehirn und das Rückenmark. Es ist eine klare Flüssigkeit, die vor allem in den *plexus chorioidei* aus dem Blutplasma gefiltert wird (Salomon 2008: 527). Folglich geht eine Ansäuerung des Blutes sekundär mit einer Senkung des pH-Wertes im *liquor cerebrospinalis* einher, die ebenso zur Senkung des intrazellulären pH-Wertes in den Neuronen führt und folglich eine neuronale Inhibierung und einen anästhetischen Effekt verursacht (Eisele et al. 1967). Unter physiologischen Bedingungen beträgt der pH-Wert im CSF 7.4. Bei einem pH-Wert von 7.1 wird von einem analgetischen Effekt berichtet und bei einem pH-Wert von 6.8 tritt ein maximaler anästhetischer Effekt ein (EFSA Report 2004: 99, Raj 2014: 402).

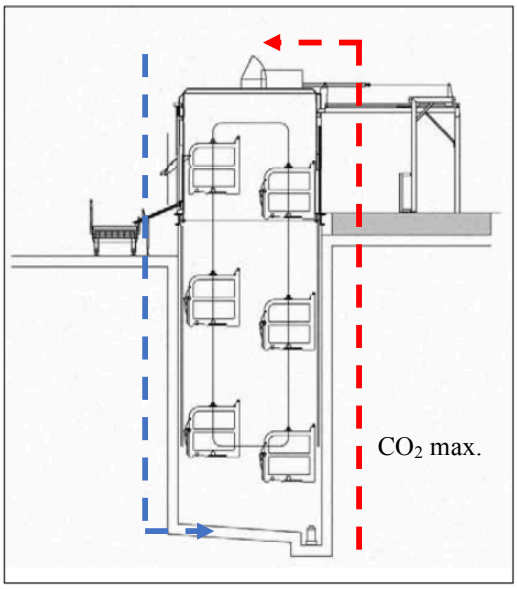
4.4.2 Technische Aspekte der Kohlendioxidbetäubung

Je nach eingesetztem System kann entweder eine einzelne Gondel hinunter- und wieder hochgefahren werden, was dem sog. „Dip-Lift“ System entspricht, oder es werden im sog. „Paternoster“ System mehrere Gondeln eingesetzt, welche in der Kohlendioxidatmosphäre rotieren (Zvonek 2017). Das Dip-Lift System senkt, wie in Abb. 5 dargestellt, kleine Tiergruppen von vier bis sechs Schweinen ohne Zwischenstopp in die Gasatmosphäre und fährt sie direkt in die höchste Gaskonzentration am Boden der Kammer. Nach dem Erreichen der bereits vordefinierten Expositionszeit werden die Tiere wieder hochgefahren und aus der Beförderungseinrichtung gekippt, damit die sofortige Entblutung erfolgen kann. Das häufiger eingesetzte Paternoster System basiert auf einem radartigen System, das sich permanent dreht und mehrere Gondeln nacheinander durch die Kohlendioxidatmosphäre transportiert. Beim Paternoster System erfolgen, wie in Abb. 5 erkennbar, mehrere Zwischenstopps, weil jeweils eine Gondel mit noch wahrnehmungsfähigen Tieren neu beladen wird und eine weitere Gondel mit bereits betäubten Tieren entleert wird. Die Belegdichte variiert je nach Anlage, ältere Paternoster Systeme können je Gondel maximal drei Tiere transportieren, während neuere Systeme eine Kapazität von sechs bis acht Tieren je Gondel haben (EFSA Report 2004: 99). Durch das größere Fassungsvermögen der Gondeln wird eine Steigerung der stündlich geschlachteten Schweine erzielt. So wird alleinig durch diese technische Implementierung eine

stündliche Schlachtfrequenz von 800-900 Schweinen in der Stunde erreicht (Von Holleben, K. und von Wenzlawowicz 2008: 458). In neueren Anlagen ist es möglich die Tiere seitlich in die Gondel einzutreiben, was ein gemeinsames Betreten der Beförderungseinrichtung ermöglicht und das Verfahren dadurch tierschonender gestaltet. In älteren Anlagen sind die Gondeln so beschaffen, dass die Schweine die Gondeln nur nacheinander betreten können, was den Einsatz von Treibhilfen erfordert, da die Tiere unruhiger sind und beim alleinigen Betreten zögern. Das Beladen der Gondel mit nur einem Tier ist aufgrund von hochgradiger Aufregung und Stress dringend zu vermeiden (AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 74). Der Einstieg in die Beförderungseinrichtung muss ebenerdig sein, ein starkes Gefälle ist aufgrund der Verletzungsgefahr und der damit einhergehenden Schmerzen und Aufregung nicht akzeptabel. Die Gondel muss trittsicher sein und so konzipiert sein, dass jedes Schwein aufrecht und ohne Komprimierung des Thorax stehen kann, da eine Einengung des Brustkorbes die Expansion des Thorax während der Atmung einschränkt und dies den Betäubungseffekt beeinträchtigt (Ninos 2014: 55, Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung 2014: 33).



Dip-Lift System:
Die Tiere werden ohne Zwischenhalt direkt in die höchste CO2 Konzentration gesenkt.
.



Paternoster System:
Die Tiere werden rotierend und anhaltend durch die Kohlendioxidatmosphäre gefahren. Je tiefer die Gondel gefahren wird, desto höher ist die Kohlendioxidkonzentration.

Abb. 5 Technische Umsetzung der Kohlendioxidbetäubung am Beispiel des Dip-Lift- und Paternoster Systems

Damit sich alle Schweine zugleich in der Gondel hinlegen können, empfiehlt es sich mit einem Flächenangebot von 0.5m^2 für ein durchschnittlich 120 kg schweres Schwein zu rechnen (AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 74). Beim Absenken sollen sich die Tiere gegenseitig sehen können, weshalb die Gondel und die Kammer zur gegenseitigen visuellen Wahrnehmung ausreichend indirekt beleuchtet sein muss. Zudem muss die Kammer zum Zwecke der Tierbeobachtung auch permanent einsehbar sein (VTSchS 2010 Art. 15 Anhang IV).

4.4.3 Die rechtlichen Vorgaben der Kohlendioxidbetäubung

Die Verordnung EG Nr. 1099/2009 schreibt in Anhang I Kapitel I in Tabelle 3 vor, dass Schweine entweder durch Kohlendioxid in hoher Konzentration, mittels Kohlendioxid in Verbindung mit anderen Edelgasen oder alleinig durch Edelgase zum Zwecke der Schlachtung betäubt werden dürfen. Die schrittweise Betäubung durch Kohlendioxid in zwei Phasen wird von der EU Richtlinie nur für die Schlachtung von Geflügel erlaubt. Beim alleinigen Einsatz von CO_2 ist eine Mindestkonzentration von 80 % des Gases gesetzlich vorgeschrieben. In der Richtlinie wird ebenso darauf hingewiesen, dass die Kohlendioxidkonzentration, Expositionsdauer, Höchstdauer bis zum Entblutungsschnitt, die Gasqualität und die Gastemperatur wichtige Schlüsselparameter sind, die den Betäubungserfolg beeinflussen und somit berücksichtigt werden müssen (VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. Kap. I Tab. 3). Die Gasbetäubungsanlage muss daher über ein gut zugängliches Gerät zur kontinuierlichen Messung verfügen, das die Gaskonzentration, am ersten Halt sowie auch am Hauptexpositionspunkt, und auch die Expositionsdauer anzeigt, misst und aufzeichnet. Bei Unterschreitung der Mindestkonzentration an Kohlendioxid verursacht diese ein Signal zur Warnung. Die jeweiligen Aufzeichnungen müssen nach EU-Vorgabe ein Jahr lang zur behördlichen Überprüfung aufbewahrt werden und die Betäubungsgeräte einmal jährlich auf ihre Funktionalität geprüft werden (VO (EG)1099/2009 Art. 14 Anhang II Abs. 6, Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung 2014: 33f.).

Obwohl die Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 die Schlüsselparameter der Gaskonzentration, Gastemperatur und des zeitlichen Intervalls bis zur Entblutung als wesentliche Kriterien der Kohlendioxidbetäubung beschreibt, unterscheiden sich diese Werte, welche in den ergänzenden nationalen Leitfäden der unterschiedlichen Mitgliedsstaaten festgelegt werden. Der

österreichische Leitfaden für bewährte Verfahrensweisen betreffend Tierschutz bei der Schlachtung schreibt eine Mindestkonzentration von 84 % CO_2 vor, die am ersten Halt und am Hauptexpositionspunkt, folglich in Kopfhöhe der Tiere bei ca. 60 cm, in der Betäubungsanlage erreicht werden muss. Die Tiere müssen dem Gas mindestens 100 Sekunden lang ausgesetzt werden und es dürfen maximal 45 Sekunden nach dem Verlassen der Betäubungsanlage vergehen, bis der Entblutungsschnitt gelegt wird. Die Tiere sind nach dem Betreten der Anlage innerhalb von 30 Sekunden in die Kammer zu befördern, wo sie innerhalb von 20 Sekunden den Hauptexpositionspunkt, wo die höchste Gaskonzentration befindlich ist, erreichen sollen (Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung 2014: 33f.).

In Art. 15 Anhang 4 Abs. 7 der Schweizer Verordnung über den Tierschutz beim Schlachten wird eine Mindestkonzentration von 84 % Kohlendioxid bei einer Mindestverweildauer von 100 Sekunden beschrieben. Dabei legt die Verordnung über den Schutz beim Schlachten ein Entblutungsintervall dar, welcher gemäß Tab.1 mit zunehmender Gaskonzentration und –Exposition abnimmt. Die Mindestkonzentration muss spätestens nach 15 Sekunden nach Verlassen der Luftatmosphäre erreicht werden. Die vorgeschriebene Verweildauer der Tiere in der Gasatmosphäre darf dabei nicht reduziert werden und nicht durch eine Erhöhung der Gaskonzentration ausgeglichen werden. Schweine müssen unverzüglich und möglichst ohne Zwischenstopp, spätestens nach 20 Sekunden nach betreten der Anlage in die CO2-Atmosphäre gesenkt werden. Bei Systemen, die mehr als einen Halt machen, muss die Konzentration am tiefsten Punkt der CO_2-Atmosphäre mindestens 90 % betragen (VTSchS 2010 Art. 15).

Parameter für die Betäubung mit CO2 gemäß der Schweizer Verordnung über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS 2010)

Mindestkonzentration CO_2	Mindestverweildauer	Entblutungsintervall
84 %	100 Sek.	55 Sek.
84 %	120 Sek.	60 Sek.
84 %	150 Sek.	70 Sek.
88 %	100 Sek.	100 Sek.
90 %	100 Sek.	70 Sek.

Tab. 1(VTSchS 2010 Art. 15 Abs. 7)

Das Entblutungsintervall, im englischen Sprachgebrauch auch als „stun-to-stick-interval“ bezeichnet, gilt bei der gleichzeitigen Betäubung mehrerer Tiere jeweils für das letzte Tier, das aus der Gasanlage ausgeworfen wird (VTSchS 2010 Art. 15). Dies muss dringend berücksichtigt werden, da im Falle eines Zeitverzuges die Gefahr einer nicht mehr aufrechterhaltenen Betäubung für die zuletzt ausgeworfenen Tiere besteht.
Auch der deutsche Leitfaden für bewährte Verfahrensweisen betreffend den Tierschutz bei der Schlachtung definiert die maximalen Zeitintervalle bis zum Setzen des Entblutungsschnitts, die sich ebenso in Abhängigkeit der Expositionszeit der Tiere ändern. Die vorgeschriebenen Parameter hinsichtlich der Gaskonzentration, der Verweildauer und des maximalen Zeitintervalls bis zur Entblutung sind in Tab. 2 summierend aufgelistet. Das Zeitintervall gilt dabei jeweils ab dem Auswurf der Tiere. Wenn mehrere Tiere zugleich betäubt werden und ein Intervall von 20 bzw. 30 Sekunden zwischen der Betäubung und dem Entblutungsschnitt aufgrund der Tieranzahl überschritten wird, so darf nach deutscher Vorschrift unter vorheriger Genehmigung die Gaskonzentration erhöht werden und folglich auch die Expositionsdauer erhöhend angepasst werden (Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung 2014: 74).

Korrelation zwischen der zunehmenden Verweildauer und des zunehmenden Entblutungsintervalls bei konstanter Gaskonzentration

Mindestkonzentration CO_2	Mindestverweildauer	Entblutungsintervall
84 %	100 Sek.	45 Sek.
84 %	150 Sek.	60 Sek.
84 %	180 Sek.	90 Sek.

Tab. 2 (Werte aus AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 75)

Zur Kontrolle der Einhaltung des vorgeschriebenen Zeitintervalls darf in der Betäubungsanlage die jeweilige festgelegte Höchstkapazität (Anzahl an Tieren pro Stunde) nicht überschritten werden (VTSchS Art. 15).

4.5 Die Edelgasbetäubung

Eine alternative Gasbetäubung, die durch die Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 rechtliche Zulassung erhält, ist die Betäubung von Schweinen mittels Edelgasen. Gemäß Verordnung stehen dafür entweder Gaskombinationen aus Edelgasen wie beispielsweise Argon oder

Stickstoff zur Verfügung oder auch Gasgemische mit maximal 40 % Kohlendioxid in Verbindung mit Edelgasen. Wie bei der Kohlendioxidbetäubung sind die Expositionsdauer, die Gasqualität, die Sauerstoffkonzentration, die Gastemperatur und das Zeitintervall bis zum Entblutungsschnitt wichtige Schlüsselparameter, die im Rahmen einer adäquaten Betäubung berücksichtigt werden müssen (VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. 4 Anhang I Tab. 3). Die Edelgasbetäubung verursacht im Vergleich zur Kohlendioxidbetäubung keine Hyperkapnie, sondern induziert einen Betäubungszustand durch eine, im Gehirn verursachte, Hypoxie. Fällt der venöse Sauerstoffpartialdruck unter 19 mmHg wird im Menschen von einer zerebralen Dysfunktion berichtet und folglich von einem anästhetischen Effekt. Die Sauerstoffunterversorgung im Gehirn führt zu einer extrazellulären Kalium Ansammlung und zu einem metabolischen Defizit, das zur Ansammlung von Laktat in den Neuronen führt. Dies erfolgt sehr rasch, bereits nach einer Gasinhalation von wenigen Sekunden (Raj 2014: 402). Bei der Inhalation von Xenon, Argon, Stickstoff und Distickstoffmonoxid (Lachgas) erfolgt eine Inhibierung der N-methyl-D-aspartat (NMDA) Rezeptoren im Gehirn. Die Inhibierung derselben Rezeptoren erfolgt auch durch den Einsatz gegenwärtiger Anästhetika, wie beispielsweise Ketamin. Diese NMDA-Rezeptoren sind für die neuronale Exzitation im wachen, bewussten Zustand verantwortlich (Driessen et al. 2003). Ihre Inhibierung verursacht eine zentrale Desensibilisierung (Sann 2010: 78). Im Vergleich zur Betäubung mittels Hyperkapnie, wie von Kohlendioxid in hohen Konzentrationen verursacht, hat die Betäubung mittels Hypoxie keinen aversiven Effekt für Schweine und verursacht vor Eintritt der Betäubung keinen respiratorischen Distress im Tier (EFSA Report 2004: 38).

Edelgase haben im Vergleich zu Kohlendioxid andere physikalische Eigenschaften. Mit Ausnahme von Argon haben sie ein geringeres spezifisches Gewicht im Vergleich zu atmosphärischer Luft, daher kann im Rahmen der Betäubung keine Senkung des Gases genutzt werden (Dalmau et al. 2010). Aufgrund dieser Eigenschaft ist eine Implementierung eigens dafür hergestellter Betäubungsanlagen notwendig. Im Jahr 2004 hielt die europäische Agentur für Lebensmittelsicherheit (EFSA) im rückblickenden Report fest, dass die Umsetzung der Edelgasbetäubung auf konventionell-industrieller Ebene aufgrund des bestehenden Gerätemangels noch nicht etabliert werden konnte (EFSA Report 2004: 38).

5 Die Anästhesie als rechtliche Anforderung im Tierversuchsvorhaben

In experimentellen Tätigkeiten werden Tiere im Rahmen des Versuches unterschiedlichen Arten von Belastungen exponiert. Damit einhergehend sind potentiell Schmerzen und Leiden. Dies reflektiert sich ebenso im Rechtstext in der Begriffsbestimmung des Tierversuches. Das österreichische Tierversuchsgesetz 2012 definiert unter §2 den Tierversuch als eine „Tätigkeit, zu Versuchs-, Ausbildungs-, oder weiteren wissenschaftlichen Zwecken, die im Tier Schmerzen, Leiden, Ängste oder dauerhafte Schäden im unterschiedlichen Ausmaß verursachen können“ (vgl. Binder 2004: 227). Ebenso ist in der deutschen Tierschutzgesetzgebung TSchG 2006 unter §7 im Rahmen der tierexperimentellen Tätigkeit von Schmerzen, Leiden und Schäden die Rede, die auf das unerlässliche Maß zu beschränken sind (Tierschutzgesetz 2019: 16). Folglich rückt auch die Anforderung der Schmerz- bzw. Belastungsreduktion in der experimentellen Tätigkeit in den Vordergrund. Das TVG 2012 legt unter §8 eine Anästhesie und Analgesiepflicht fest. Tierversuche sind somit grundsätzlich unter Vollnarkose oder örtlicher Betäubung vorzunehmen. Ausnahmen sind nur zulässig, sofern das Vornehmen der Anästhesie traumatischer ist, als der Versuch selbst, oder, wenn sie mit der Finalität des Versuchs nicht vereinbar ist. Dabei gilt stets der Grundsatz, dass Schmerzen, Leiden und Ängste in jedem Stadium des Versuchs durch die Analgesie oder durch andere geeignete Methoden auf das Mindestmaß zu reduzieren sind. Es resultiert eine Verpflichtung zur Betäubung, die die Anforderung erhebt, belastende experimentelle Tätigkeiten grundsätzlich mittels anästhetischer Verfahren durchzuführen, wobei die Art der Betäubung den Eigenschaften und dem klinischen Zustand des Tieres und der Versuchstätigkeit angepasst werden muss (Binder 2014: 245). Die alleinige Beeinflussung der experimentellen Ergebnisse liefert keine ausreichende Zulässigkeit zum Unterlassen einer angemessenen Betäubung. Vielmehr besteht die Notwendigkeit das Versuchsdesign anzupassen und die Beeinflussung des Anästhesiemanagements im Rahmen von Pilotstudien zu ermitteln, sodass bei der Generierung und Interpretation von neuen Versuchsergebnissen die Auswirkungen des Anästhetikums berücksichtigt werden (Binder et al. 2013: 255).

Aus der Anforderung der Belastungsminimierung resultiert sekundär auch die Verpflichtung zur Analgesie. Die Schmerzbehandlung muss stets präventiv, perioperativ, im Laufe des Eingriffes, und postoperativ vorgenommen werden um die rechtlich vorgeschriebene

Belastungsminimierung in jedem Stadium des Versuchs zu erfüllen. Während die Betäubungspflicht, nach Darlegung einer experimentellen klar definierten Begründung, umgangen werden kann, besteht keine Möglichkeit einer Verweigerung der Analgesie (Binder 2014: 245).

Summierend tragen die Anästhesie und Analgesie im Tierversuch zur Berücksichtigung des Tierwohls bei und resultieren in einer Minimierung der Belastungen, im Sinne von Schmerzen, Schäden und Ängsten, welche dem Tier im Rahmen der experimentellen Tätigkeit widerfahren. Daher ist die Anästhesie im Tierversuch als Teil des Refinement zu berücksichtigen.
Das Anästhesie- und Analgesieregime muss stets im Einklang mit den bewährten veterinärmedizinischen Vorgehensweisen sein, um an das Tier individuell angepasst zu werden. Die Wahl der Anästhetika hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab. Die anästhetischen Anforderungen müssen an die Spezies, an das Alter des Tieres, an die genetische Linie, an den Schmerztytp und die jeweilige Schmerzintensität, an das bestimmte Organsystem und an die Art und Dauer des schmerzhaften Eingriffes angepasst werden. Dies muss jeweils unter Beachtung von potentiellen Nebeneffekten und unter Berücksichtigung von physiologischen Defiziten, die mit dem gezielten Versuch einhergehen können, erfolgen (Kona-Boum et al. 2005). Die Wahl eines angemessenen und effektiven anästhetischen Protokolls trägt zu einem verbesserten Versuchsdesign bei. Dies ist fundamental, da jedes Anästhetikum physiologische Prozesse im Körper beeinflusst und die Versuchsergebnisse deutlich beeinflussen kann (Festing 2002).
Das Refinement versteht sich im Tierversuch als Versuchstierschutz im engeren Sinn, da es die Umsetzung belastungslindernder Maßnahmen fördert bzw. diese gänzlich ausschaltet (Binder et al. 2013: 71). Folglich muss die Anästhesie, als Teil des Refinements, im Rahmen experimenteller Tätigkeiten berücksichtigt werden und stets nach neuen Erkenntnissen implementiert und expandiert werden.

5.1 Die Definition der Anästhesie

Unter Allgemeinanästhesie definiert die American Society of Anesthesiologists einen durch Pharmaka verursachten wahrnehmungslosen Zustand, in dem der Patient nicht aufweckbar ist und nicht auf schmerzhafte Stimuli reagiert (American Society of Anesthesiologists 2004). Es

handelt sich dabei um eine reversible, medikamentell verursachte, Intoxikation des Zentralen Nervensystems (ZNS), die einen Zustand des Bewusstseinsverlustes herbeiführt (Clarke et al. 2013: 4, Flecknell 2009: 17). Von den beiden Autoren Rees und Grey wurde im Jahre 1950 die sogenannte „Liverpool Triade“ erstmals erwähnt, welche die drei fundamentalen und notwendigen Komponenten einer vollständigen Anästhesie definiert: Die Analgesie, die Muskelrelaxation und die Hypnose (Clarke et al. 2013: 4). Ein adäquat etabliertes Anästhesieregime muss eine allgemeine Schmerzlinderung, einen Zustand der Bewusstlosigkeit und eine Entspannung der Skelettmuskulatur hervorrufen (Erhardt et al. 2004: 782).

Die Anästhesie kann in zwei Hauptgebiete unterteilt werden, die Allgemeinanästhesie, auch Vollnarkose genannt, und die Lokalanästhesie. Je nach anästhetischem Vorhaben bedient man sich unterschiedlicher Pharmaka, um unterschiedliche Effekte zu generieren (Erhardt et al. 2004: 8). So muss stets genau bedacht werden, welche anästhetische Wirkung man im jeweiligen Versuch verursachen will, ob die geplante experimentelle Tätigkeit beispielsweise lediglich eine leichte Sedierung zum vereinfachten Handling erfordert, oder ob Vollnarkose für einen chirurgisch-operativen Eingriff eine notwendig ist. In der Umsetzung der jeweiligen anästhetischen Anforderungen konkretisiert sich die Berücksichtigung des Tierwohles im Versuch (Flecknell 2009:19).

Die Allgemeinanästhesie führt zu einer Vollnarkose des Patienten, aufgrund dieser es zu einer Beeinträchtigung der Vitalfunktionen kommt. Sie kann daher Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System, auf die Atmung und die Thermoregulation haben. Durch diese hervorgerufenen Veränderungen ist eine medizinische Überwachung der Tiere notwendig. Von deutlichem Vorteil ist dabei die Steuerbarkeit der Anästhesie, sodass diese im Zusammenhang mit auftretenden Veränderungen an den aktuellen klinischen Zustand des Patienten angepasst werden kann. Die Steuerbarkeit der Narkose wird von der Applikationsweise, der Pharmakokinetik, der Wirkdauer und von der Antagonisierbarkeit der eingesetzten Anästhetika beeinflusst (Erhardt et al. 2004: 8). Die Kombination von Anästhetika und die Applikation in geringer Dosierung ist dem Einsatz eines höher dosierten Monoanästhetikums zu bevorzugen. Dadurch werden die dosisabhängigen Nebenwirkungen auf die unterschiedlichen Organsysteme zugunsten des klinischen Status des Patienten minimiert (Flecknell 2009: 20).

Die Applikation kann als Einzelinjektion vorgenommen werden. Diese Art der Anwendung ist bei Labornagern üblich. Bei größeren Tieren werden meist Analgetika und Sedativa als Prämedikation appliziert, gefolgt von Pharmaka zur Einleitung der Anästhesie. Der Einsatz von Sedativa oder von beruhigenden Substanzen im Rahmen der präanästhetischen Medikation kann aggressives Verhalten und Angst im Tier reduzieren und führt so zu einer stressfreien Einleitung der Anästhesie. Zudem können Schmerzen durch die frühzeitige „präemptive" Anwendung von Analgetika vorgebeugt werden. Die Anwendung von Analgetika, beruhigender Pharmaka, sog. „Tranquilizer", und Sedativa reduziert insgesamt den Bedarf an Anästhetika im Rahmen der Narkose und führt summierend zu einer sanfteren Anästhesieeinleitungs- und Erholungsphase. Auch im Rahmen der Prämedikation müssen die eingesetzten Pharmaka an die zu anästhesierende Tierart und an das weitere Anästhesieprotokoll angepasst werden und müssen im Einklang mit dem jeweiligen Versuch und der damit einhergehenden klinischen Anforderungen sein (Flecknell 2009: 20f.).

5.2 Die vier Stadien der Anästhesie

Während der Narkose muss die Anästhesietiefe kontinuierlich überwacht werden und stets adaptiert werden, um einerseits bei zu flacher Anästhesie ein Erwachen des Tieres und Spontanbewegungen zu vermeiden und um andrerseits eine Überbelastung des kardiovaskulären- und respiratorischen Apparates zu verhindern (Eberspächer 2017: 43). Zur Beurteilung der Narkosetiefe werden klinische Parameter wie der Blutdruck, die Herzfrequenz, die Tränenflüssigkeitsproduktion und vorkommende Abwehrreflexe herangezogen. Diese Beurteilung geht mit der Problematik einher, dass die Schmerzfreiheit nicht prädiktiv bestimmt werden kann. Die Anästhesietiefe wird erst dann imminent angepasst, wenn Reaktionen auf nozizeptive Reize vorliegen. In der Narkose lassen sich vier verschiedene Stadien differenzieren. Sie unterscheiden sich jeweils im Erregungs- und Dämpfungszustand des ZNS. Wird eine Prämedikation vorgenommen gehen die einzelnen Anästhesiestadien fließender ineinander über. Die vier Stadien laufen grundsätzlich nacheinander ab und werden in der Aufwachphase vom Patienten wiederum retrograd durchlaufen, sofern keine Antagonisierung der Anästhetika vorgenommen wird (Erhardt und Haberstroh 2004: 317-320).

Im Anästhesiestadium I, auch Einschlafstadium genannt, erfolgt ein Übergang zur Bewusstlosigkeit. Im Vergleich zum Menschen tritt hierbei noch keine verzögerte

Schmerzreaktion ein (Erhardt und Haberstroh 2004:320, Eberspächer 2017: 43). Es kommt zur reduzierten Emotionalität, die Tiere sind jedoch noch zu gezielten, willkürlichen, Handlungen fähig und es besteht keine retrograde Amnesie. (Erhardt und Haberstroh 2004: 320). Wird ein schmerzhafter Reiz gesetzt kommt es zum starken Anstieg der Herzfrequenz und des Blutdrucks, daher sollen die Tiere aus Tierschutzgründen in diesem Stadium der Narkose noch keinen Schmerzen exponiert werden, sofern keine präemptive Analgesie vorgenommen wurde (Henke und Erhardt 2002: 15).

Dem Analgesiestadium schließt sich das Exzitationsstadium oder Anästhesiestadium II an. Die Tiere sind tief sediert und per se nicht aufweckbar. Es handelt sich jedoch um keinen stabilen anästhetischen Zustand, da diese unwillkürlich in einen Erregungszustand verfallen können. Die Exzitationen treten bei Tieren, die bereits vor Anästhesiebeginn unruhig waren, deutlich verstärkt auf. Somit fällt die Bedeutung und die Auswirkung auf, die das präanästhetische Handling auf das Tier hat. Ebenso führen größere äußere Reize in der Atmosphäre, in der das Tier befindlich ist, zum verstärkten Auftreten von Exzitationen (Erhardt und Haberstroh 2004: 324). Die beiden ersten Stadien der Anästhesie werden bei einer idealen Anästhesieeinleitung rasch durchlaufen, sodass sie nicht differenzierbar sind und der Patient durch die gewählten anästhetischen Protokolle direkt in das chirurgische Toleranzstadium gebracht wird (Eberspächer 2017: 44).

Das Toleranzstadium, Anästhesiestadium III, ist das Stadium, welches von klinischer Relevanz ist und dessen man sich im Rahmen der Narkose klinisch bedient. Im Toleranzstadium werden das Hypnosestadium, das chirurgische Toleranzstadium und das Stadium der physischen Depression unterschieden (Erhardt und Haberstroh 2004: 323). Diese Stadien werden vom Patienten nacheinander durchlaufen, je tiefer die Anästhesie wird (Eberspächer 2017: 44). Das Hypnosestadium geht mit einer Bewusstlosigkeit des Patienten einher. Die Schmerzreaktionen sind lediglich verzögert und reduziert, es tritt noch keine vollständige Schmerzfreiheit auf. Die Herzfrequenz und der Blutdruck werden geringgradig gesenkt und steigen beim Setzen eines Schmerzhaftes Reizes an (Erhardt und Haberstroh 2004: 323). Das chirurgische Toleranzstadium ist das Stadium, in welchem schmerzhafte Manipulationen vorgenommen werden können. In diesem Stadium erfolgt keine Reaktion auf schmerzhafte Stimuli. Folglich werden im chirurgischen Toleranzstadium alle drei Komponenten der Narkose erfüllt, da die Analgesie, die Hypnose und die Muskelrelaxation vorliegen.

Idealerweise lässt sich das chirurgische Toleranzstadium durch die Kombination aus Hypnotikum und Analgetikum in der Total intravenösen Anästhesie (TIVA) oder in der balancierten Anästhesie, in einer Kombination von Injektions- und Inhalationsanästhesie, einsetzen (Erhardt und Haberstroh 2004: 323ff.).

Die Anästhesiestufe III.3 wird auch als Stadium der physischen Depression bezeichnet. Klinisch manifestieren sich am Patienten vollständig aufgehobene Reflexe, abgesehen vom Pupillarreflex, der verzögert erscheint. Wenn dieses Stadium erreicht wird müssen sofortige Maßnahmen eingeleitet werden um die Anästhesie abzuflachen (Erhardt und Haberstroh 2004: 325).

Das Stadium der Asphyxie wird erreicht, wenn eine weitere Vertiefung der Anästhesie erfolgt (Erhardt und Haberstroh 2004: 325). Erreicht der Patient das Anästhesiestadium IV liegt eine Überdosierung vor (Eberspächer 2017: 45). In diesem Stadium muss der Patient umgehend reanimiert werden (Erhardt und Haberstroh 2004: 325).

6 Die Anästhesie von Schweinen unter experimentellen Bedingungen

Die Anästhesie der Schweine ist aufgrund ihrer Finalität als lebensmittelliefernde Tiere und der damit einhergehenden rechtlichen Vorschriften deutlich eingeschränkt (Eberspächer 2017: 224). Gemäß EU-Verordnung 37/2010 unter Beachtung der Rückstandhöchstmengenverordnung finden lediglich Nicht-stereoidale Antiphlogistika (NSAIDs) wie Acetylsalicylsäure, Ketoprofen, Meloxicam, Metamizol, stereoidale Antiphlogistika wie Betamethason und Dexamethason, das Nichtopioid-Ananalgetikum Paracetamol, das Muskelrelaxanz Azaperon, Lokalanästhetika, wie Benzocain, Tetracain, Procain, und das Anästhetikum Ketamin ihren zulässigen Einsatz als Anästhetika und Analgetika in lebensmittelliefernden Schweinen (VO (EU) Nr. 37/2010 Art. 1 Anhang Tab. 1). Im experimentellen Bereich genießt man im Rahmen der Schweineanästhesie den Vorteil, dass man eine größere Bandbreite an Anästhetika und Analgetika einsetzen kann, sofern dies im Einklang mit dem genehmigten Antrag erfolgt.
Im Rahmen der Anästhesie müssen jeweils die Größe, das Gewicht, welches bei Schweinen von 30 kg Minipigs bis hin zu >300 kg schweren Landrasse Ebern variieren kann, das Verhalten und Temperament der Tiere berücksichtigt werden. Das Management und die Möglichkeit des Handlings der Schweine müssen ebenso jeweils bedacht werden. Kleine und zahme Tiere können im Arm fixiert werden und entweder intramuskulär oder intravenös in die Ohrrandvene injiziert werden. Bei größeren, oder das Handling und die Fixierung nicht gewohnten Tieren, ist eine Fixierung gegen die Wand notwendig. Schweine sind sehr stressanfällige Tiere, daher empfiehlt sich eine ruhige Vorgehensweise zum Wohl des Tieres (Eberspächer 2017: 224f.).

6.1 Anästhetische Komplikationen

Die Schweineanästhesie kann mit verschiedenen Komplikationen einhergehen. Es kann eine Hypothermie aufgrund der großen Körperoberfläche und der minimalen Isolierung des Körpers durch die Borsten erfolgen. Daher werden Maßnahmen zum Aufwärmen des Tieres und eine kontinuierliche Messung der inneren Körpertemperatur empfohlen. Außerdem kann es zu einer lagerungsbedingten Atemdepression kommen, da sich die abdominalen Eingeweide nach kranioventral verlagern und Druck auf das Diaphragma ausüben (Eberspächer 2017: 225). Diese Verlagerung kann Druck auf venöse Gefäße, wie beispielsweise auf die Hohlvene, *v. cava*, ausüben (Lin 2014c: 2f.).

6.1.1 Die Maligne Hyperthermie als anästhetische Komplikation

Eine weitere unerwünschte anästhetische Komplikation ist das Auftreten der malignen Hyperthermie, auch Porcines Stress-Syndrom genannt (Erhardt et al. 2004: 782, Lin 2014c: 6). Diese kommt bei Piétrain-Schweinen und in weiteren landwirtschaftlichen Schweinerassen vor, in denen das Piétrain-Schwein als Fleischrasse eingekreuzt wurde (Erhardt et al. 2004: 782). Es besteht ein genetischer Defekt, der eine hochgradige Kalziumausschüttung aus dem sarkoplasmatischen Retikulum in die Zelle verursacht. Es werden generalisierte, ununterbrochene Kontraktionen der Skelettmuskulatur hervorgerufen, welche im Rahmen eines hypermetabolischen Syndroms zur Überproduktion von Wärme, Kohlendioxid und Laktat führen (Lin 2014c: 6, Eberspächer 2017: 228). Wenn keine therapeutischen Maßnahmen eingeleitet werden versterben die Tiere baldig aufgrund der hochgradigen Azidose und der Hyperkaliämie (Eberspächer 2017: 228). Als Triggersubstanzen für diese anästhetische Komplikation gelten primär Stress, beispielsweise verursacht durch lange Tiertransporte, durch vorkommende Aufregung und dem präanästhetischen Handling. Zudem werden halogenierte Inhalationsanästhetika, wie Halothan, Isofluran, Sevofluran und Desfluran als Triggersubstanzen für die maligne Hyperthermie beschrieben (Lin 2014c: 6).

Im Rahmen der Anästhesie müssen die Körpertemperatur und das Endtidale CO_2 ($ETCO_2$) kontinuierlich überwacht werden. Um eine zentrale Verminderung der Körpertemperatur zu verursachen wird die Applikation von 30 mg/kg Metamizol empfohlen, das eine Senkung der inneren Körpertemperatur aufgrund der antipyretischen Wirkung herbeiführt. Zur peripheren antipyretischen Therapie sind das Befeuchten durch Wasser sowie Kaltwasserspülungen im Magen und in bereits chirurgisch eröffneten Körperhöhlen indiziert (Erhardt et al. 2004: 784). Außerdem empfiehlt sich aufgrund der persistierenden Muskelkontraktion die Gabe von Dantrolen, das als peripher wirkendes Muskelrelaxans agiert (Ehler et al. 1985).

7 Das Anästhesieregime

7.1 Die Sedierung und Prämedikation

Eine Sedierung empfiehlt sich vor allem bei Tieren, die unruhig sind und deren Handling sich schwierig gestaltet (Eberspächer 2017: 229). Die sedative Prämedikation ist folglich empfehlenswert, um eine ruhigere und sichere Einleitung des Tieres zu bezwecken (Ko et al. 1993). Zur Sedierung besteht die Möglichkeit Anästhetika, die zur Anästhesieeinleitung eingesetzt werden, in niedriger Dosierung anzuwenden. Grundsätzlich gilt, dass Schweine im Vergleich zu anderen Tieren höhere Dosierungen benötigen, wobei die Wirkdauer im Vergleich zu anderen Tierarten reduzierter ist. Je kleiner das Tier ist, desto höher ist die Dosierung anzupassen, wobei bei größeren Tieren eine Dosierung am unteren Limit der Applikationsbreite angestrebt wird (Eberspächer 2017: 229ff.). Bei Schweinen, deren Fixierung unmöglich resultiert, können Sedativa oder Beruhigende Substanzen auch peroral appliziert werden, da ihr pH-Wert im Magen sehr sauer ist (pH 1.5-2.5) und eine sehr rasche Resorption über die Magenschleimhaut erfolgt (DeRouchey et al. 2009, Lin 2014a: 18). Meist wird die intramuskuläre Injektion vorgenommen, da sie von den Tieren, bei rascher Durchführung gut toleriert wird (Lin 2015: 743). Geeignete Applikationsorte für die intramuskuläre Applikation im Schwein sind insbesondere die Halsmuskulatur caudal der Ohrbasis auf Höhe des zweiten Halswirbels oder der *m. longissmus dorsi* (Eberspächer 2017: 231).

7.2 Die Injektionsanästhesie

Nach vorgenommener Sedierung ist es möglich einen Venenverweilkatheter zu legen um dadurch die Einleitung der Anästhesie mittels Injektionsanästhetika vorzunehmen (Eberspächer 2017: 231). Meist wird beim Schwein ein intravenöser Katheter in die laterale Ohrrandvene (*v. auricularis lateralis*) gelegt. Dieser wird für die intravenöse Applikation der weiteren Anästhetika verwendet werden (Hall et al. 2015: 392). Andere Orte der i. v. Applikation sind im Schwein die *v. cephalica antebrachii*, auf der dorsalen Fläche des Unterarmes gelegen, und die *v. femoralis* auf der medialen Innenseite des Oberschenkels befindlich (Hall et a. 2015: 392). Die Einleitung der Anästhesie wird durchgeführt, um die für den Eingriff notwendige chirurgische

Anästhesietiefe zu erzielen. Je nach vorangegangener Applikation von Sedativa kann eine reduzierte Dosis der Injektionsanästhetika angepasst werden (Flecknell 2009: 225).

7.3 Die Inhalationsanästhesie

Grundsätzlich ist eine Einleitung der Anästhesie durch Inhalationsanästhetika ebenso möglich, jedoch gestalten sich das Handling und die Fixierung schwierig, da die Tiere das Anbringen der Maske zur Applikation des Anästhesiegases nicht tolerieren. Daher empfiehlt sich die Einleitung der Anästhesie durch Injektionsanästhetika, eine Intubation des Tieres und eine weitere Erhaltung durch volatile Inhalationsanästhetika (Flecknell 2009: 225). Im Schwein können Halothan, Methoxyfluran, Enfluran und Isofluran eine sichere Anästhesie hervorrufen. Es muss stets berücksichtigt werden, dass die Potenz der Inhalationsanästhetika im Vergleich zu anderen Labor-Säugetieren geringer ist, weshalb es einer höheren Gaskonzentration bedarf (Flecknell 2009: 225). Zusätzlich zum Inhalationsanästhetikum werden die Tiere mit Sauerstoff versorgt, wobei im Schwein ein Sauerstofffluss von 1-3 L/min empfohlen wird (Thurmon und Smith 2007: 747, Hodgkinson 2007: 34-39).

7.3.1 Inhalationsanästhetika bei Schweinen

Die Wirkstärke eines Inhalationsanästhetikums wird durch die Minimale Alveoläre Konzentration, engl. Minimum Alveolar Concentration (MAC), beschrieben. Diese gibt die Potenz des jeweiligen Inhalationsanästhetikums wieder und beschreibt jene erforderliche Konzentration, bei der 50 % der Patienten beim Setzen eines supra-maximalen Stimulus, wie bspw. eines Hautschnitts, keine Abwehrreaktion mehr zeigen (Erhardt et al. 2004: 56). Das Anästhetikum wird in Abhängigkeit seines Blut-Gas-Koeffizienten in die Alveole aufgenommen (Alef 2003: 16). Dieser beschreibt folglich die Löslichkeit des Gases im Blut und das Verhältnis der Verteilung des Narkosegases. Gut lösliche Inhalationsanästhetika haben einen hohen Blut-Gas-Koeffizienten, da eine hohe Konzentration des Narkosegases im Blut vorliegt und nur eine geringe Konzentration im zugeführten Gas verbleibt (Lin 2014b: 96). Jedes Inhalationsanästhetikum hat einen unterschiedlichen, tierartlich spezifischen Blut-Gas-Koeffizienten (Alef 2003: 16). In Tab. 3 sind die verschiedenen MAC Werte der

unterschiedlichen Inhalationsanästhetika bei Schweinen in abnehmender anästhetischer Potenz und zunehmendem MAC Wert aufgelistet.

MAC Werte der Inhalationsanästhetika bei Schweinen

Inhalationsanästhetikum	MAC im Schwein [%]
Halothan	0.9-1.25 (Eisele 1985)
Isofluran	1.45-1.75 (Eberspächer 2017: 231)
Enfluran	1.66 (Eger et al. 1988)
Sevofluran	1.97-2.66 (Tranquilli et al. 1985)
Desfluran	8.28-10 (Eger et al. 1988)
Lachgas	195 (Tranquilli et al. 1985)
Xenon	119 (Hecker et al. 2004)

Tab. 3

Isofluran

Isofluran ist ein halogenierter Ether (Flecknell et al. 2015: 1166). Es hat eine gute hypnotische und muskelrelaxierende Wirkung, jedoch wirkt es nur sehr schwach analgetisch (Schulte am Esch et al. 2010: 120). Isofluran kann zusammen mit Sauerstoff und Lachgas kombiniert werden. In dieser Verbindung zeigen sich im Schwein im Rahmen der Gasnarkose die geringsten myokarddepressiven Effekte. Die Kombination aus Isofluran und Lachgas findet häufigen Einsatz für Langzeitanästhesien zur Messung physiologischer Parameter (Flecknell et al. 2015: 1166). Isofluran gilt als schnell einleitendes Inhalationsanästhetikum mit verhältnismäßig kürzerer Aufwachphase und findet daher gängigen Einsatz in Versuchstiereinrichtungen (Flecknell 2009: 54). Außerdem ist es für toxikologische und metabolische Versuche gut geeignet, da es minimal hepatisch metabolisert wird und fast gänzlich wieder abgeatmet wird und so nicht mit dem jeweiligen Experiment interferiert (Eger 1981).

Isofluran, Sevofluran und Desfluran haben ähnliche physiologische Wirkungen im Schwein (Weiskopf et al. 1992: 96-117). Aufgrund der ähnlichen physiologischen Eigenschaften, aber der deutlich unterschiedlichen Kosten, findet Isofluran im Schwein sowohl im klinischen Bereich als auch im experimentellen Bereich den häufigsten Einsatz (Smith und Swindle 2008: 413-436).

Lachgas

Lachgas, auch Distickstoffmonoxid (N_2O) genannt, ist ein geruchloses Gas (Erhardt et al. 2004: 61). Als alleiniges Anästhetikum ist es aufgrund seiner hohen MAC für die Anästhesie des Schweines nicht geeignet (Flecknell et al. 2015: 1166). Es führt zu keiner viszeralen Analgesie und in alleiniger Anwendung aufgrund seiner geringen Potenz zu einer nicht ausreichenden Anästhesietiefe und Bewusstlosigkeit (Smith und Swindle 2008: 413-436, Mahmoudi et al. 1989). Zudem wird im Schwein grundsätzlich von einer Resistenz gegenüber der analgetischen Wirkung von Lachgas berichtet (Swindle et al. 1988).
Es wird häufig als Trägergas eingesetzt, sodass die Konzentration des primären Narkosegases reduziert werden kann und ein physiologisch stabilerer Zustand des Tieres erhalten wird (Flecknell 2009: 58, Alstrup 2010). Um die unerwünschte Nebenwirkung der Hypoxie zu vermeiden, sollte Lachgas im Schwein als Komponente des Trägergases maximal 75 % betragen in Kombination mit 25 % Sauerstoff (Malavasi 2015: 933). Es wird berichtet, dass Lachgas in einer Kombination von 2:1 (bspw. 66 %: 33 %) Werte gemessener Parameter aufzeigt, die dem nichtanästhesierten Tier gleichkommen. Dies kann vor allem im Rahmen von Messungen im Tierversuch von Vorteil sein (Smith und Swindle 2008: 413-436).

Xenon

Xenon ist ein farbloses, geruchloses und geschmackloses Edelgas. Es hat den geringsten Blut-Gas-Koeffizienten aller Inhalationsanästhetika (Reyle und Rossaint 2000). Dadurch besteht der Vorteil einer raschen Einschlaf- und Aufwachphase (Haberstroh 2004: 4). Unter normobaren Bedingungen hat es als einziges aller Edelgase einen anästhetischen Effekt (Reyle und Roissant 2000). Als Edelgas ist Xenon im Vergleich zu halogenierten Inhalationsanästhetika keine Triggersubstanz für die maligne Hyperthermie im Schwein (Froeba et al. 1999). Im Schwein findet es unter experimentellen Bedingungen gelegentliche Verwendung. Es hat eine analgetische Wirkung und es wird beschrieben, dass es an den N-methyl-D-Aspartat (NMDA) Rezeptoren als Antagonist wirkt. Dadurch erklärt sich die stärkere Potenz im Vergleich zu anderen Inhalationsanästhetika (De Sousa et al. 2000, Franks 1998).
Als Edelgas hat Xenon im Vergleich zu den konventionellen, halogenierten, Inhalationsanästhetika keinen umweltbelastenden Effekt (Reyle und Roissant 2000). Es kann

durch fraktionierte Destillation aus atmosphärischer Luft gewonnen werden und geht jedoch wegen seiner geringen Verfügbarkeit (Anteil in atmosphärischer Luft 0.0000087 %) noch mit sehr hohen Produktionskosten einher (Malavasi 2015: 934). Die Xenonnarkose erfordert nur in der Einleitungsphase eine höhere Gasmenge, zur Anästhesieerhaltung ist hingegen nur eine sehr geringe Gasmenge notwendig (Reyle und Roissant 2000).

Argon

Argon ist ebenso wie Xenon ein nicht irritierendes und geruchloses Edelgas. Durch das Verdrängen von Sauerstoff (O_2) führt es zu einer Sauerstoffminderversorgung, die je nach Konzentration in einem Betäubungszustand bis hin zum hypoxischen Tod resultieren kann (Makowska et al. 2008). Im Vergleich zu Xenon hat Argon keinen analgetischen Effekt (Sanders et al. 2003). Der anästhetische Effekt tritt lediglich unter hyperbaren Bedingungen auf (Loetscher et al. 2009, Miller et al. 1973). Bei der Exposition mit Argon erscheint im Schwein im Vergleich zu anderen Tierarten kein aversiver Effekt und es wird von den Tieren daher gut toleriert (Dalmau et al. 2010). Im Rahmen der Argon Anästhesie wurden unter Versuchsbedingungen keine kardiovaskulären Nebeneffekte und Veränderungen von physiologischen Parametern beobachtet (Nroad et al. 2016). Argon ist das am meisten verfügbare Edelgas und geht deshalb mit einem etwa 200-fache günstigeren Preis im Vergleich zu Xenon einher (Nroad et al. 2016).

Kohlendioxid

Kohlendioxid nimmt in feuchter Atmosphäre und in hohen Konzentrationen einen stechend-riechenden Geruch ein und kann eine Reizung der nasalen und respiratorischen Atemschleimhäute sowie der Lungen herbeiführen (Erhardt et al. 2004: 63). Das molekulare Gewicht ist höher im Vergleich zum Gewicht atmosphärischer Luft, daher sammelt es sich im geschlossenen Ambiente am Boden an (Kohler et al. 1999). Die Kohlendioxid-Narkose wurde im humanmedizinischen Bereich eingesetzt. Aktuell findet sie jedoch keine Verwendung mehr, da man sich neuerer Inhalationsanästhetika bedient (Working Party Report 1996, 1997). Auch im veterinärmedizinischen Bereich findet sie keine klinische Umsetzung mehr, sie wird lediglich zur Betäubung von Schlachttieren und zur Euthanasie von Labortieren eingesetzt (Alef, 2010). Kohlendioxid ist ein wichtiges Atemstimulans, das unter physiologischen Bedingungen die

Ventilierung der Lunge reguliert (Comroe 1965). Eine Zunahme über 37 mmHg CO_2 hat eine atemstimulierende Wirkung, wobei eine Senkung unter 37 mmHg CO_2 zu einer fallenden Atemstimulation führt (Peppel et al. 1993, Erhardt et al. 2004: 63). Es hat eine dämpfende Wirkung auf das ZNS wobei die Tiefe der Dämpfung je nach applizierter Gaskonzentration erfolgt (Meyer et al. 1961). In Säugetieren wird ab einer Applikation von 15-20 % von einem anästhetischen Effekt berichtet (Mattson 1972).

Bei der Kohlendioxidbetäubung werden erhebliche hämodynamische Effekte beobachtet. Das Gas wird über die Lunge abgeatmet und zum Teil metabolisiert als Bikarbonat über den Urin und Speichel verstoffwechselt (Erhardt et al. 2004: 64).

Die Kohlendioxid-Narkose geht in hohen Konzentrationen, wie sie konventionell eingesetzt wird, mit deutlichen Nachteilen einher. Die CO_2-Narkose verursacht eine Reizung der Atemwege, substernale Schmerzen, ein generalisiertes Unwohlsein, Muskelzittern, Asphyxie und geht mit einem hochgradigen metabolischen Entgleisen einher, das zu einer Azidose, Hyperglykämie, Hyperlaktatämie, Hyperkapnie und Hyperkaliämie führt (Bolanos-Lopez et al. 2014, Alef 2010). Unter experimentellen Bedingungen wurde die Exposition mit CO_2 als Narkotikum in Schweinen als ein für die Tiere schmerzhafter Stimulus und als Stressor beobachtet. In Untersuchungen beim Menschen wurde Kohlendioxid ebenso als schmerzhaft, brennend und reizend beschrieben (Alef 2010).

Die Kohlendioxid-Narkose zeichnet sich mit einer raschen Einschlafphase, einer kurz andauernden chirurgischen Toleranzphase und einer raschen und sanften Aufwachphase aus. Dabei muss stets bedacht werden, dass speziesspezifische Besonderheiten vorliegen. So wurde in experimentellen Bedingungen in der Ratte im Vergleich zur Maus bei derselben Gaskonzentration keine chirurgische Toleranz erreicht und es fielen zudem lange andauernde exzitatorische Episoden auf (Kohler et al. 1999).

Kohlendioxid hat als Inhalationsanästhetikum eine sehr geringe therapeutische Breite, in der eine sichere Anwendung möglich ist. Die Applikationsbreite zwischen der minimal wirksamen Dosierung und dem Auftreten unerwünschter Nebenwirkungen ist sehr schmal und erschwert die Anwendung als Narkosegas. Eine hohe Gaskonzentration erscheint notwendig um einen schnelleren Bewusstseinsverlust hervorzurufen und somit den, durch die Gasexposition verursachten, Stress zu reduzieren, jedoch geht eine Erhöhung der Gaskonzentration mit deutlich schädlichen Nebenwirkungen einher. In der Anwendung von Kohlendioxid wird eine

Anhebung der Schmerzschwelle verursacht, jedoch liegt kein Beweis einer vollständig aufgehobenen Nozizeption vor (Alef 2010).

8 Die Auswirkung der Kohlendioxidbetäubung auf das tierliche Wohlergehen am Schlachthof

Die Berücksichtigung des tierlichen Wohlergehens am Schlachthof ist sehr vielfältig. So fließen bereits die Tierhaltung im Herkunftsbetrieb, die Maßnahmen im Transport, das Beladen und Entladen der Tiere, die Neugruppierung, das Unterbringen und das Handling der Tiere am Schlachthof und auch letztendlich die Betäubung des Tieres und die Überprüfung des Betäubungserfolges in das Tierwohl im Rahmen der Finalität der Schlachtung mit ein. Der Betäubung ist jedoch eine zentrale Rolle zuzuschreiben, da diese als gezielter und konkreter Beitrag zur Reduktion von Stress und Schmerzen verstanden wird.
Die Schlachtung der Schweine erfolgt nach vorangehender Betäubung durch einen Entblutungsschnitt durch die Gefäße des *truncus brachiocephalicus*. Dies führt zu einer Unterbrechung der Nährstoff- und Sauerstoffzufuhr des Gehirns und folglich zur Tötung der einzelnen Schweine. Bevor diese vorgenommen wird, muss das gewählte und eingesetzte Betäubungsverfahren eine sichere Betäubung des Tieres erzielen, die rasch eintritt, keine Schmerzen verursacht und den Betäubungszustand verlässlich bis zum Eintritt des Todes aufrechterhält (Quiroga und Garcia 1995, Mota-Rojas et al. 2008, Mota-Rojas et al. 2010, Orozco-Gregorio et al. 2010: 211-214). Besonders zu beachten ist dabei, dass das Einatmen von Blut in den oberen Respirationstrakt und in die Lungen bei nicht korrekt betäubten Tieren zu Schmerzen während der Tötung führt (Gregory 2008). Die Betäubung kann im Rahmen der Tötung, sowie die Anästhesie in der tierexperimentellen Tätigkeit, im übertragenen Sinn als Teilaspekt der Refinement-Maßnahmen aufgefasst werden. Durch einen eintretenden Bewusstseinsverlust leistet diese den primären Beitrag zur Reduktion von Belastungen im Sinne von Schmerzen, Leiden und Ängsten, die mit der Tötung des Tieres am Schlachthof einhergehen.

Unter tierexperimentellen Bedingungen wird die Anforderung an die Betäubung der Tiere in §8 des österreichischen Tierversuchsgesetzes 2012 (TVG 2012) definiert. So sind Tierversuche prinzipiell unter lokaler Betäubung oder Vollnarkose durchzuführen. Es besteht daher eine grundsätzliche Verpflichtung der Anästhesie und Analgesie. Die Betäubung der Tiere darf nur unterlassen werden, wenn diese als traumatischer und für das Tier belastender gehalten wird

als das experimentelle Vorhaben selbst, da das Prinzip der Belastungsminimierung in jedem Schritt der tierexperimentellen Tätigkeit erfüllt werden muss. Ebenso darf von anästhetischen Vorhaben abgewichen werden, wenn die Betäubung nicht mit dem Erreichen des Versuchsziels vereinbar ist. Die Anästhesie muss sowohl der geplanten Maßnahme als auch dem Zustand des Tieres angepasst werden.

Da das Prinzip der Belastungsminimierung kontinuierlich erfüllt werden muss, darf von der Analgesie unter keinen Umständen abgesehen werden. Somit besteht keine Möglichkeit, und folglich keine rechtliche Zulässigkeit der Unterlassung der Schmerzbehandlung. Unter tierexperimentellen Bedingungen müssen die Tiere daher präventiv analgetisch behandelt werden, sodass das Auftreten von potentiellen Schmerzen bereits a priori vorbeugend vermieden wird. Der Zustand der Schmerzfreiheit muss während dem ganzen Versuch bis postoperativ nach dem Eingriff aufrechterhalten werden (Binder 2014: 246).

Die Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 definiert den Schutz der Tiere zum Zeitpunkt der Tötung in den Mitgliedsstaaten der europäischen Gemeinschaft und gibt der Berücksichtigung des Tierwohles eine harmonisierte Verankerung. Damit werden gemeinsame Vorschriften zur Bestimmung der Mindestanforderungen an den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Schlachtung bzw. Tötung geschaffen. Für die Mitgliedsstaaten der Gemeinschaft wird eine rechtliche Grundlage konstruiert, welche durch umfassende nationale Tierschutzvorschriften erweitert werden kann, sofern diese die, durch die VO (EG) Nr. 1099/2009 festgelegten, Mindestanforderungen nicht unterschreiten. Diese Harmonisierung kommt ebenso der Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung des Binnenmarktes zugute und hat auch ökonomisches Augenmerk.

Die Verordnung über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung definiert die Betäubung in Art. 2 als „jedes bewusst eingesetzte Verfahren, das ein Tier ohne Schmerzen in eine Wahrnehmungslosigkeit und Empfindungslosigkeit versetzt, einschließlich jedes Verfahrens, das zum sofortigen Tod führt“ (vgl. VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. 2). Im Rahmen der Schlachtung lassen sich zwei Arten der Betäubung unterscheiden. Bei der reversiblen Betäubung kann das Tier das Bewusstsein vor Eintritt des Todes wieder zurückerlangen. Im Rahmen dieser Betäubungsmethoden spielt das entsprechende maximale Zeitintervall bis zur vorgenommenen Entblutung eine fundamentale Rolle zur Erfüllung einer tiergerechten Schlachtung. Die einzelnen Schweine dürfen den Bewusstseinszustand nicht vor dem Setzen des

Entblutungsschnitts zurückerlangen. Daher ist das Entbluten ein essentieller Schritt im Rahmen des Schlachtverfahrens (Velarde et al. 2000, Quiroga und Garcia 1995). Die reversible Betäubung wird in der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 auch als „einfache Betäubung“ bezeichnet. So ist bei einer einfachen Betäubung, die nicht zum sofortigen Tod führt, so rasch wie möglich ein den Tod herbeiführendes Verfahren, wie beispielsweise die Entblutung oder die Tötung durch elektrischen Strom, anzuwenden (VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. 4). Die Betäubung der Tiere darf nur dann vorgenommen werden, wenn die Kapazität gegeben ist die Tiere unmittelbar darauf zu entbluten. Unter den sog. einfachen Methoden der Betäubung finden der penetrierende Bolzenschuss, die Elektrobetäubung, Kohlendioxid in hoher Konzentration sowie die Gasbetäubung mit Kohlendioxid in Verbindung mit Edelgasen oder Edelgase in alleiniger Anwendung in der EU-Verordnung gemäß Anhang I der VO (EG) Nr. 1099/2009 rechtliche Zulässigkeit und gegenwärtigen Einsatz im Rahmen der Schweinebetäubung und -schlachtung. Die irreversible Art der Betäubung führt im Tier zu einem Bewusstseins- und Sensibilitätsverlust und verursacht zugleich den Tod des Tieres. Hierbei ist das Entbluten lediglich für die Drainage des Blutes aus dem bereits getöteten Tierkörper von Bedeutung. Und hat keinen weiteren Einfluss auf die Berücksichtigung des Tierwohles zum Zeitpunkt der Tötung (Velarde et al. 2000, Quiroga und Garcia 1995).

Die Betäubung durch Kohlendioxid in hoher Konzentration findet als reversible Art der Betäubung gegenwärtig gefolgt von der Elektrobetäubung den gängigsten Einsatz in der konventionellen Schlachtung von Schweinen. Aufgrund des potentiellen Rückerlangens des Bewusstseins spielen die Parameter der Gaskonzentration, der Expositionsdauer und des maximalen Zeitintervalls bis zur Durchführung der Entblutung eine wesentliche Rolle, um einen Status der Betäubung zu erreichen, der bis zum eintretenden Tod aufrechterhalten bleibt. Die Anwendung der Kohlendioxidbetäubung findet in der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung marginale Vorgaben. Die einzelnen auf nationaler Ebene festgelegten Parameter variieren unter den Mitgliedsstaaten. Die Festlegung einer unterschiedlichen Expositionsdauer und Gaskonzentration, bzw. eines unterschiedlichen Entblutungsintervalls, können in einer unterschiedlichen Berücksichtigung des tierlichen Wohlergehens in Zusammenhang mit Schlachtverfahren resultieren. So ist die Festlegung der jeweiligen Parameter wissenschaftlich zu begründen. Grundsätzlich ist jeweils dafür Sorge zu tragen, dass das Zeitintervall bis zur erfolgten Entblutung für jedes einzelne Tier gilt. Im

Rahmen von Gruppenbetäubungen gilt dies insbesondere für jenes Tier, das als letztes aus der Gondel gefahren wird. Andernfalls besteht die Gefahr des Rückerlangens des Bewusstseinszustandes, wobei die Entblutung und insofern die Tötung des Tieres mit erheblichen Schmerzen einhergeht (VTSchS 2010 Art. 7). Wird das maximale Zeitintervall bis zum vorgenommenen Entblutungsschnitt bei auch nur einem einzelnen Schwein überschritten, so kann die Anforderung einer schmerzfreien, stressfreien und leidensfreien Tötung, welche durch Art. 3 Kap. II der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 festgelegt wird, nicht umgesetzt werden. Summierend ist die Bedeutung, welche dem sog. „stun-to-stick-interval" als Beitrag zur Belastungsreduktion und zur Erfüllung der Schmerzfreiheit im Schlachtverfahren zukommt, evident. Folglich ergibt sich die Notwendigkeit einer klaren und vereinheitlichenden Festlegung des einzuhaltenden maximalen Zeitintervalls bei definierter Gasexposition und –Konzentration um das Töten der Tiere bei zurückerlangtem Bewusstsein zu vermeiden. Im Leitfaden für bewährte Verfahrensweisen betreffend Tierschutz bei der Schlachtung wird die Annahme festgelegt, dass die rechtlich vorgeschriebene Aufenthaltsdauer von 100 Sekunden bei ca. 1 % der Schweine zu einer mangelhaften Betäubung führen kann. Diese wird durch die sehr hohe Pufferkapazität von Schweinen gegenüber CO_2 begründet (Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung 2014: 33). Dieser Argumentation ist mit Dringlichkeit nachzugehen, da das Betäubungsverfahren selbst eine Desensibilisierung aller Tiere garantieren muss um als akzeptable Methode im rechtlichen Rahmen anerkannt zu werden und eine zweifelhafte Betäubung bei auch nur einem einzelnen Schwein eine Revision des Verfahrens erfordert.

Die konventionelle Verwendung von Kohlendioxid als Narkosegas in der Schweineschlachtung wird dadurch begründet, dass das Gas zu einem Zustand der Betäubung führt, aber im Vergleich zur pharmakologisch erzielten Betäubung keine chemischen Rückstände im Fleisch hinterlässt, sodass es für den Verzehr in der Lebensmittelkette verarbeitet werden kann. Außerdem erfordert die Gasnarkose keine Fixierung der Tiere, wie sie beispielsweise beim Anbringen von Elektroden oder Bolzenschussapparaten erforderlich ist (Velarde et al. 2000). Schweine sind allgemein sehr Stress suszeptible Tiere und reagieren besonders bei ungewohnter Fixierung mit vehementem Abwehrverhalten. Daher kommt ihnen aufgrund der primären Stressreduktion eine Art der Betäubung zugute, die keine Manipulation erfordert. Da Schweine ein fixierendes Handling kaum tolerieren, wird die Gasnarkose als tierfreundlichere und stressfreiere

Betäubung im Vergleich zur Elektronarkose beschrieben. Außerdem ermöglicht die Methode der Gasbetäubung eine Gruppenbetäubung der Tiere, sodass auch dadurch der Stress, welcher durch die Vereinzelung der Tiere verursacht wird, vermieden werden kann. Beim Einsatz der Elektronarkose oder auch bei Anwendung des Bolzenschusses erfolgt eine notwendige Vereinzelung der Tiere, damit das Anbringen der Elektroden oder des Bolzenschussapparates am Einzeltier ermöglicht wird. Aufgrund der nicht erforderlichen Separation der Tiere ist der Einsatz von Treibhilfen im Vergleich zur Elektrobetäubung seltener erforderlich, wodurch ebenso ein wirtschaftlicher Profit entsteht, da raschere Schlachtfrequenzen erzielt werden können (Scott 2018).

Weitere Befürwortung kommt der Kohlendioxidbetäubung aufgrund des hervorgerufenen ökonomischen Vorteils zu, welcher ebenso in der Verordnung über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung erwähnt wird. Der wirtschaftliche Profit der CO_2-Betäubung zeigt sich in unterschiedlichen Aspekten. Kohlendioxid ist ein leicht verfügbares Gas. Es kommt in einer Konzentration von 0.003 % in atmosphärischer Luft vor und ist als Nebenprodukt der Industrie leicht und folglich kostengünstig erwerbbar (Raj 2014: 407-412). Daher wird es anderen Betäubungsgasen im Rahmen der Schlachtung vorgezogen.

Neben den günstigeren Gaskosten von Kohlendioxid ist ebenso eine höhere erzielte Fleischqualität im Rahmen der Gasbetäubung verglichen mit der gängigen Elektrobetäubung zu erwähnen. Im Vergleich zur Elektrobetäubung kommen Frakturen und hämorrhagische Veränderungen im Muskel bei Anwendung von Betäubungsgasen seltener vor, sodass Qualitätsdefekte in Schlachtkörpern von Schweinen durch Anwendung der Gasbetäubung reduziert werden können (Lambooy u Sybesma 1988). Bei Anwendung von Betäubungsgasen wird außerdem die geringste Inzidenz an Ekchymosen in den Vordervierteln von Schlachtkörpern beschrieben (Channon et al. 2002). Experimentell hat sich im Rahmen der Gasbetäubung, bei vergleichenden Einsatz von 1.3 Ampere über 4 Sekunden und der Anwendung von 90 % CO_2 über 103 Sekunden, die geringste Prävalenz von PSE Fleisch und hämorrhagischen Blutflecken im Fleisch (sog. „blood splash“) erwiesen (Channon et al. 2003).

Das reduzierte Vorkommen an Defekten im Fleisch ruft einen ausgiebigen wirtschaftlichen Vorteil hervor. Dadurch werden zusätzlich anfallende Kosten vermieden aufgrund der, gemäß §10 der österreichischen Fleischuntersuchungsverordnung 2006, notwendigen weiterführenden

bakteriologischen Untersuchungen und der erforderlichen Beseitigung des veränderten Gewebes.

Die Anwesenheit von blutigen Veränderungen im Fleisch hat eine große ökonomische Auswirkung. So wird der Verlust in der Schweineindustrie durch das Beseitigen der Veränderungen im Schlachtkörper auf etwa 43 Millionen US Dollar jährlich geschätzt. Dies veranschaulicht ebenso die Ablösung der Elektrobetäubung durch das Verfahren der Gasbetäubung (Morgan et al. 1993).

Während bei Verwendung von Kohlendioxid eine vergleichsweise bessere Fleischqualität im Vergleich zur Elektronarkose erzielt wird, wird durch den Einsatz von Edelgasen im Vergleich zu Kohlendioxid eine stärkere Fleischzartheit beschrieben. Bei der Betäubung mittels >40 % CO_2 wird ein verzögerter Eintritt des *rigor mortis* geschildert. Dies resultiert in einer verzögerten eintretenden Zartheit des Fleisches. Beim Einsatz von CO_2 in Mischungen aus Argon oder Stickstoff oder bei alleiniger Anwendung von Argon und Stickstoff tritt der *rigor mortis* rascher ein und führt somit zu einer höheren Fleischzartheit, die im selben Ausmaß wie bei der Elektrostimulation des Schlachtkörpers erreicht wird (Raj 2014: 402). Nach der Schlachtung kommt es zu einem Abbau von Adenosintriphosphat (ATP) im Muskel unter Freisetzung von Energie und Anbildung von Milchsäure. Wenn das ATP zum Großteil abgebaut ist nimmt die Dehnfähigkeit des Muskels ab, sodass die Totenstarre eintritt, der sog. *rigor mortis*. Der *rigor mortis* tritt beim Schwein nach 4-15 Stunden *post mortem* ein. Der ATP-Abbau kann durch zusätzliche Elektrostimulation des Schlachtkörpers weiterhin beschleunigt werden. Das Fleisch wird bei einer Lagerung unter adäquaten Bedingungen im Laufe der Reifung zart (Schuchmann und Schuchmann 2005: 41).

Bei der Anwendung von Kohlendioxid ist bezüglich der Qualität der Fleischerzeugnisse zudem zu bedenken, dass diese Methode der Betäubung im Vergleich zum Einsatz von Edelgasen zu einer hochgradigen Veränderung der Blutlaktatwerte führt. So unterliegt es experimenteller Bestätigung, dass erhöhte Blutlaktatwerte von einzelnen Schweinen mit qualitativen Veränderungen der Schlachtkörper einhergehen. Ein erhöhter Blut-Laktatwert wird folglich als prädiktiver Wert für einen raschen Abfall des *post mortem* pH-Wertes herangezogen und gilt somit als Indikator für einen Tropfsaftverlust des Fleisches. Es besteht stets die Annahme, dass der Tropfsaftverlust, und der dadurch verursachte Qualitätsverlust des Endproduktes, mit dem

Auftreten von Aversionen und damit einhergehendem Leiden des Tieres im Rahmen der Kohlendioxidbetäubung korreliert (Edwards et al. 2010).

Die unterschiedlichen geschilderten Vorteile, welche im Rahmen der Methode der Gasbetäubung am Schlachthof hervorgehen und über jene der Elektrobetäubung überwiegen, verdeutlichen die zugrundeliegende Argumentation für die Verbreitung und Implementierung dieser Methode der Betäubung als gegenwärtiger Standard in der konventionellen Schlachtung von Schweinen.

Im Sinne der Gesamtbetrachtung sind auch wirtschaftliche Faktoren und ökonomisch-qualitative Aspekte der generierten Fleischerzeugnisse in die Debatte um das Tierwohl im Zusammenhang mit der CO_2-Betäubung miteinzubeziehen. Wirtschaftliche Gründe fließen in den Entscheid der Ablösung bzw. der Erhaltung eines konventionellen Standards ein. So wird die Weiterführung der CO_2-Betäubung am Schlachthof ebenso in der Präambel der Verordnung EG Nr. 1099/2009 dadurch begründet, dass die Ablösung des Verfahrens aus wirtschaftlicher Sicht noch nicht erdenklich sei. Da insofern ökonomische Argumentationen ausschlaggebend für den Erhalt bzw. die Ablösung konventioneller Methoden sind, ist eine Abwägung der einzelnen Facetten wirtschaftlicher Aspekte der einzelnen Betäubungsverfahren zu berücksichtigen.

Obwohl die Anwendung von Gasen den Vorteil der Gruppenbetäubung und des Verzichts der Fixierung der Schweine, begleitet von einer höheren Qualität des Endproduktes, mit sich bringt, regt der Einsatz von Kohlendioxid als Betäubungsgas nach wie vor Skepsis an. So steht die Gasbetäubung durch Kohlendioxid, bedingt durch die physiologischen Wirkweise von CO_2 in hohen Konzentrationen, im Fokus gegenwärtiger Debatten aufgrund der mangelhaften Berücksichtigung des Tierwohles im Rahmen der Schlachtung.

Kohlendioxid führt in so hohen Konzentrationen zu hochgradigem respiratorischem Stress. Dieser äußert sich in Hyperventilationen bis hin zur Schnappatmung, in Irritationen der respiratorischen Schleimhäute und einem Gefühl der Atemnot in den frühen Phasen der Anästhesie bevor der Bewusstseinsverlust jedoch eintritt (Gregory et al. 1990). Durch die stetig zunehmende Atemfrequenz intensivieren die respiratorischen Nebenerscheinungen den Betäubungseffekt, da durch die zunehmende Gasaufnahme das metabolische Entgleisen verstärkt wird und somit die Zeitspanne bis zum Auftreten des Bewusstseinsverlustes und der

Narkoseeinleitung reduziert wird. Die vorkommenden respiratorischen Veränderungen gelten jedoch auch als Indikatoren für die auftretenden Belastungen der Tiere (Forslid 1992).
Die stechende und zum Einatmen unangenehme Auswirkung des Gases geht ebenso aus humanmedizinischen Studien hervor, in denen bereits im Rahmen einer 40%igen Kohlendioxidkonzentration beim Einatmen ein hochgradiger unangenehmer stechender Geruch des Betäubungsgases beschrieben wird (Gregory et al. 1990, Raj 2014).
Neben den respiratorisch auftretenden Belastungen werden ebenso Blutlaktatwerte im Sinne einer Hyperlaktatämie und Hyperglykämie als prädiktiver Wert herangezogen, um die Stressexposition, die die Tiere im Rahmen der Betäubung vor der Tötung erfahren, zu beurteilen (Becerril-Herrera et al. 2009, Warriss et al. 1994). Das Auftreten von Stress verursacht Anpassungsreaktionen zur Erhaltung der Homöostase als Reaktion auf physiologische und psychologische Herausforderungen, die mit einem neuen Ambiente einhergehen. Diese resultieren in Verhaltensveränderungen sowie autonomen und neuroendokrinen Reaktionen (Mota-Rojas et al. 2012). Die Einwirkung von Stressoren führt zur Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrindenachse (HPA) und zur Aktivierung des sympathoadrenergen Systems (D'Eath 2010). Das Corticotropin-Releasing-Hormon (CRH) ist dabei der Haupttrigger für die Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrindenachse Achse bei akutem Stress, während Vasopressin der Hauptmediator bei chronischem Stress ist. CRH und Vasopressin führen zur vermehrten Expression des Proopiomelanocortins, das als Präkursor des Adenocorticotropen Hormons (ACTH) gilt (Mota-Rojas et al. 2012). ACTH stimuliert die Freisetzung von Glukokortikoiden aus der Nebennierenrinde, wie beispielsweise Kortison, Kortikosteron und Kortisol (Randall et al. 2002).
Die Blutglukose wird als Stressparameter herangezogen und unterliegt einer hormonellen Kontrolle. So steuern die Hormone Glukagon, Glukokortikoide, Adrenalin, Thyreoidhormone, Wachtstumshormone und Progesteron je nach Glukoseverbrauch im Gewebe eine Glukoneogenese oder Glykolyse. Laktat ist ein Metabolit, der durch die muskuläre Glykogenolyse gebildet wird. Die Bildung erfolgt aufgrund des vorherrschenden Defizits an Substraten (Glukose Phosphatase 6), die für die Glykogensynthese erforderlich sind. Zudem kann Laktat im Rahmen der anaeroben Glykolyse gebildet werden, im Rahmen dieser es beim Mangel von Sauerstoff zur Reduktion von Pyruvat zu Laktat kommt (Kaneko 1997: 45 -81).

Sowohl die Kohlendioxidbetäubung als auch die Elektrobetäubung gehen im Rahmen des anästhetischen Effektes mit einem metabolischen Entgleisen einher. Beide Verfahren der verursachen eine Hyperglykämie und Laktatazidämie, die als Stressindikatoren vor eintretender Schlachtung beschrieben werden. Diese metabolischen Veränderungen im Blut treten bei Anwendung der Kohlendioxidbetäubung im höheren Ausmaß auf (Becerril-Herrera et al. 2009). Der im Rahmen der Hyperkapnie auftretenden Azidose wird eine anästhesie- und betäubungsintensivierende Wirkung zugeschrieben, weil dadurch der Abfall des Blut-pH-Wertes, welcher im Rahmen der Kohlendioxidbetäubung erfolgt, zusätzlich intensiviert wird (Martoft et al. 2003). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich ein intensiveres metabolisches Entgleisen vor eingetretenem Bewusstseinsverlust negativ auf das Wohl der Schweine auswirkt und lediglich nach bereits erfolgtem Betäubungseintritt zum Vorteil der Betäubungsintensivierung zu erdenken ist.
Durch die Einwirkung von Kohlendioxid wird ein gesteigerter anaerober oxidativer Metabolismus angeregt. Dieser führt zu einer Erhöhung der Blutglukose, stimuliert den intrazellulären Kaliumeinstrom und führt unter Einwirkug der vermehrt vorliegenden H^+ Ione zu einer metabolischen Azidose (Mota-Rojas et al. 2012). Bei Anstieg des PCO_2 erfolgt eine Beeinflussung des zentralen Atemzentrums und eine Erhöhung des Kalium-, Kalzium- und Glukosespiegel aufgrund ihrer erhöhten Mobilität im Blutsystem (Becerril-Herrera et al. 2009). Zur Hyperkalzämie tragen die auftretenden Muskelkontraktionen bei, da diese eine Freilassung von Kalzium aus dem Sarkoplasmatischen Retikulum hervorrufen (Bowker et al. 2000). Des Weiteren wird im Rahmen der Kohlendioxidbetäubung ein erhöhter Hämatokrit beobachtet, der durch Milzkontrakturen verursacht wird, die durch die Stimulierung des sympathischen Nervensystems und durch den erhöhten Katecholaminspiegel im Blut hervorgerufen werden (Jain 1993).

Die Frage nach der Berücksichtigung des Tierwohles stützt sich vor allem auf die Belastungen, die dem Tier vor eintretendem Bewusstseinsverlust widerfahren. Die Tiere werden durch die Einwirkung des Gases einem hochgradigen Stress vor eintretendem Bewusstseinsverlust exponiert. Insbesondere deuten die exzitatorischen und unruhigen Bewegungen, die bei anfänglicher Gasexposition auftreten, auf ein Unwohlsein und auf eine Belastung der Tiere hin, bedingt durch die Immersion in die hohe Gaskonzentration (Martoft et al. 2002). Schweine zeigen

Abwehrbewegungen und Fluchtverhalten, wenn sie einer unangenehmen Situation ausgesetzt werden, um dem unangenehmen und belastenden Stimulus zu entkommen (Dodman et al. 1977). Experimentell wurde die exzitatorische Phase vor eintretendem Bewusstseinsverlust beobachtet, was zu hochgradigen Bedenken hinsichtlich der Berücksichtigung des Tierwohles führt (Scott 2018). Es ist bereits aus Untersuchungen bekannt, dass der arterielle PCO_2 sich rasch verändert und die neuronale Depression imminent eintritt. Jedoch ist die Geschwindigkeit und das eintretende Ausmaß, in dem die hohen Kohlendioxidkonzentrationen zu einer Überbelastung der Pufferkapazität im Gehirngewebe führen im Vergleich zur Reaktion im arteriellen Blut noch nicht ausgiebig erforscht (Martoft et al. 2003). Zur Bestimmung der Belastung der Tiere im Rahmen der Gasexposition bedarf es einer genauen Untersuchung der Geschwindigkeit und des Ausmaßes der eintretenden Veränderungen der ZNS-Aktivität (Martoft et al. 2002).

Je nach experimenteller Gestaltung wurden im Laufe der Jahre unterschiedliche Erkenntnisse gewonnen. So wurde ursprünglich angegeben, dass der Eintritt des Betäubungszustandes durch eine hohe Kohlendioxid Konzentration nach einer Zeitspanne von etwa 45 Sekunden eintreten würde. Aktuellere experimentelle Untersuchungen beschreiben jedoch, dass der Bewusstseinsverlust deutlich rascher eintritt. So wird die Betäubung bereits nach etwa 15-20 Sekunden bei Anwendung einer 80%igen Gaskonzentration erzielt (Raj et al. 1995, Raj und Gregory 1996, Ring et al. 1988: 1304-1307). Im Rahmen der Exposition von 80 % CO_2 wurde anhand der Untersuchung der somatosensorischen evozierten Potentiale (SEP) im Gehirn ebenso eine Zeitspanne bis zum eintretenden Bewusstseinsverlust von durchschnittlich 21.5 Sekunden bestätigt (Raj et al. 1997). Diese abweichenden Untersuchungsergebnisse sind potentiell auch auf verschiedene genetische Faktoren und damit einhergehenden Variabilitäten zurückzuführen, welche die Aversion durch CO_2 beeinflussen können (Scott 2018). In Schweinen, die eine hohe Inzidenz an Halothan Genen haben, wie beispielsweise bei irische Rassen, wurden nach der Inhalation von Kohlendioxid sofort deutlich verstärkte exzitatorische Reaktionen beobachtet. Dänische Schweine, die eine sehr niedere Inzidenz von Halothan Genen haben, reagierten hingegen wesentlich ruhiger auf das Gas (Grandin 1988).

Unabhängig von der beschriebenen Zeitspanne bis zum eintretenden Betäubungserfolg besteht die Tierwohlproblematik darin, dass in dieser anfänglichen Gasexposition, in der die Tiere noch bei Bewusstsein sind, diesen Leiden und Belastungen aufgrund der Nebeneffekte des

hochkonzentrierten Kohlendioxids zugefügt werden (Raj und Gregory 1995). Bei EEG gestützten Untersuchungen zeigen sich innerhalb dieser 20 sekündigen Einleitungszeitspanne beta-Wellen Aktivitäten, die bei einhergehendem Stress auftreten (Ring et al. 1988: 1304-1307, EFSA Report 2004: 105). Ebenso wurde im Rahmen der Kohlendioxidbetäubung eine Zunahme der Gamma-Aminobuttersäure (GABA) beobachtet. Es ist bekannt, dass diese bei Angst und Stress zunimmt, jedoch bedarf es noch weiterer Erforschung ob diese Erhöhung aufgrund des vorkommenden Stresses oder als physiologische Reaktion im Rahmen der Kohlendioxidbetäubung auftritt (Raj 2014: 402).

Die rechtliche Anforderung im Rahmen der Kohlendioxidbetäubung schreibt eine sehr hohe Gaskonzentration bei alleinigem Einsatz von CO_2 vor. So fordert die Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 eine Mindestkonzentration von 80 % CO_2, wobei die einzelnen Leitfäden der Mitgliedsstaaten, wie beispielsweise in Deutschland, eine höhere Mindestkonzentration von 84 % CO_2 festlegen.

Derart hohe CO_2 Konzentrationen von 80-90 % verursachen hochgradigen respiratorischen Distress. Die Konzentration des angewandten Betäubungsgases findet gegenwärtig unterschiedliche Begründung. So wurde in Versuchen beobachtet, dass die Schweine bei einer so hohen Gaskonzentration keine Fluchtversuche exprimieren, da der Bewusstseinsverlust aufgrund der hohen Konzentration schneller eintritt. Insofern wird der Moment des Auftretens von Fluchtversuchen nicht erreicht, weil der Bewusstseinsverlust und der Verlust der Körperhaltung vor dem Auftreten der Fluchtbewegungen erfolgt (Raj und Gregory 1995). Der Verlust der Körperhaltung wird im Rahmen der Gasbetäubung als Indikator für die eintretende Betäubung herangezogen (Scott 2018).

Zudem wird beschrieben, dass die Geschwindigkeit des Auftretens der Betäubung in Schweinen bei einer Kohlendioxidkonzentration zwischen 40-70 % in Abhängigkeit von der eingesetzten Gaskonzentration erfolgt. So wird beim Einsatz von 70 % CO_2 ein rascher Bewusstseinsverlust im Vergleich zu 40 % CO_2 beschrieben. Allerdings wurde experimentell festgestellt, dass eine Erhöhung der Gaskonzentration über 70 % CO_2 keinen markanten Unterschied auf die Geschwindigkeit des eintretenden Bewusstseinsverlustes hat (Raj 2014: 402).

Grundsätzlich gilt die Annahme, dass die Zeit bis zum Verlust der Körperhaltung zurückgeht, wenn die Kohlendioxidkonzentration erhöht wird (Raj und Gregory 1996). Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass eine erhöhte Gaskonzentration ebenso mit einer erhöhten respiratorischen Belastung der Tiere einhergeht. Dieser zunehmende respiratorische Distress der Tiere wurde in Abhängigkeit der Gaskonzentration ebenso in Versuchen bei Anwendung von 20-90 % CO_2 untersucht, wobei bei Untersuchung akustischer Aufnahmen eine Intensivierung der forcierten Atemgeräusche bei der Maximierung der Gaskonzentration wahrgenommen wurde (Raj 1996).
Um die respiratorischen Belastungen im Rahmen des Betäubungsverfahrens zu reduzieren ist die Überprüfung der Gastemperatur und -feuchtigkeit ein zu berücksichtigender Faktor. Diese tragen ebenso zur Berücksichtigung des Tierwohles im Rahmen der Betäubung bei. So führt die Inhalation von warmer und feuchter Luft zu einem reduzierten respiratorischen Stress. Die Tiere zeigen bei der Einatmung von hohen Kohlendioxidkonzentrationen eine vermehrte Schnappatmung. Durch das primäre Atmen über die Maulhöhle erfolgt keine Erwärmung der eingeatmeten Luft und es kommt somit zu einer Kühlung des oberen Respirationstraktes und folglich zu einer Bronchokonstriktion, die den respiratorischen Stress intensiviert (Raj 2014: 402). Dabei muss berücksichtigt werden, dass Kohlendioxid in seinen Eigenschaften in feuchter Umgebung eine stechende Wirkung hat und eine Reizung der Atemschleimhäute hervorruft (Erhardt et al. 2004: 63). Die Berücksichtigung der Gastemperatur und der -qualität wird als zu beachtender Schlüsselparameter im Rahmen der Gasbetäubung ebenso in der Verordnung über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung, VO (EG) Nr. 1099/2009, erwähnt. So wird bei der Betäubung durch Kohlendioxid, Edelgasen oder Gasgemischen aus den Beiden darauf hingewiesen, dass das Gas so in die Kammer geleitet werden soll, dass Verbrennungen und Aufregung aufgrund der geringen Gastemperatur oder der geringen Luftfeuchte vermieden werden (VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. 4 Anhang I Kap. 7).

Da die Debatte um die Kohlendioxidbetäubung die Anforderung einer schonenderen Methode der Gasbetäubung hervorruft, wurden im Laufe der letzten Jahrzehnte verschiedene Gaskonzentrationen und verschiedene Betäubungsgase vergleichend in experimentellen Schlachthöfen untersucht. Besonderes Forschungsinteresse liegt dabei in der Konfrontation zwischen den Auswirkungen auf das Tierwohl bei gering konzentriertem Kohlendioxid und bei

Edelgasen in hoher Konzentration. Hochkonzentriertes Kohlendioxid bringt den Vorteil eines raschen Bewusstseinsverlustes mit sich, jedoch treten innerhalb dieser kurzen Zeitspanne vehemente Abwehrreaktionen und hochgradige Belastungen auf. Selbst wenn die Belastung für die Tiere von vergleichsweise kurzer Dauer ist, wird dieser Art der Betäubung mit Skepsis begegnet, da den Tieren in einem noch nicht betäubten Zustand bei aufrechterhaltener Schmerzwahrnehmung ein hochgradiger respiratorischer Distress wiederfährt.
Die anästhetischen Eigenschaften von Kohlendioxid haben ebenso unter klinischen Bedingungen im Rahmen von Ferkelkastrationen mit der Betäubung am Schlachthof vergleichbare Nebenwirkungen hervorgerufen. In der gegenüberstellenden Untersuchung zwischen einer 5%igen Halothan- und Kohlendioxidanästhesie ist mittels Kohlendioxid eine für die Kastration erforderliche Anästhesietiefe erreicht worden, jedoch haben sich innerhalb der 30 sekündigen Einleitungsphase mit 80%igem CO_2 deutliche Abwehrreaktionen, Vokalisationen und Irritationen gezeigt, begleitet von aversivem Verhalten. Die Kohlendioxidnarkose hat sich somit auch unter klinischen Bedingungen als für den Patienten stresshaft erwiesen (Kohler et al. 1998).

Bereits 1996 wurde experimentell festgestellt, dass Kohlendioxid in Schweinen in hohen Konzentrationen zu hochgradigen Aversionen führt. In den damaligen Untersuchungen wurde beobachtet, dass die Schweine in einer Gaskonzentration von 90 %, bereits bei einer Expositionszeit von unter fünf Sekunden, der Gasatmosphäre entwichen (Raj und Gregory 1995). Dabei dominierte die Verweigerung des Betretens der Gasatmosphäre trotz des Futterangebotes, bei vorangegangener Fastenperiode und vorangegangenem Wasserentzug. Bei einer 70%igen CO_2 Konzentration in atmosphärischer Luft manifestiert sich nach einer Exposition von bis zu 20 Sekunden exzitatorisches Verhalten mit Flucht ergreifenden Bewegungen (Raj 1996). Bei hoher Konzentration von 80-90 % CO_2 wurden in keinem Tier Fluchtversuche festgestellt, jedoch lässt sich diese Abwesenheit von Bewegungen in unterschiedlicher Weise interpretieren. So wird einerseits ein durch Angst induzierter starrer Zustand beschrieben und andrerseits wiederum ein potenter analgetischer Effekt von Kohlendioxid geschildert (EFSA Report 2004).
Als alternative Methoden der Gasbetäubung werden primär 90 % Argon oder 30 % CO_2 kombiniert mit 60 % Argon beschrieben. Diese finden bereits rechtlich zulässigen Einsatz durch

die Verordnung EG Nr. 1099/2009. Aufgrund ökonomisch-wirtschaftlicher Nachteile werden sie gegenwärtig jedoch noch nicht konventionell eingesetzt.

Die Kombination aus CO_2 in geringen Konzentrationen ist der hohen CO_2 Konzentration unter Berücksichtigung des Tierwohles vorzuziehen. Sie geht mit einem deutlich verminderten aversiven Verhalten einher, resultiert in einem bestimmten Ausmaß jedoch stets belastend für die einzelnen Schweine (Stevenson 2001). Es tritt eine moderate Hyperventilation ein, auch wenn der Eintritt des Haltungsverlustes bereits nach 11 Sekunden beobachtet wird, verglichen mit der längeren erforderlichen Expositionsphase von alleinigem Argon mit 2 % O_2. Die Beimengung von 30 % CO_2 beschleunigt im Vergleich zur alleinig durch Argon induzierten Hypoxie einen schnelleren Eintritt des Bewusstseinsverlustes. Bei 30 % CO_2 kombiniert mit 2 % O_2 und 60 % Argon kann ein mit 80 % CO_2 vergleichbarer rascher Bewusstseinseintritt verursacht werden. Der Einsatz von 30 % CO_2 gemeinsam mit 2 % O_2 in Argon ruft ebenso die geringsten respiratorischen Belastungen hervor, die im Rahmen der getesteten Kohlendioxidkonzentrationen beobachtet wurde. Die 30%ige CO_2 Konzentration wird als für das Tier tolerierbar beschrieben, da unter experimentellen Bedingungen keine Fluchtversuche und lediglich geringgradige respiratorische Veränderungen beobachtet wurden. Ebenso verweigerten die Tiere in der Untersuchung von 30 % CO_2 das Betreten der Atmosphäre bei angebotenem Futter nicht und es wurde lediglich eine moderate Hyperventilation beobachtet (Raj und Gregory 1995). Bei einer Exposition an eine höhere Gaskonzentration von bereits >40 % CO_2 wird das Auftreten von hochgradigem respiratorischen Stress in der anfänglichen Expositionsphase bis zur Narkoseeinleitung beschrieben. Die Reaktionen, welche in der anfänglichen Expositionsphase auftreten, wurden bei Anwendung unterschiedlicher Gase durch Verhaltensbeobachtungen im Rahmen von passivem Verhaltenslernen (passive avoidance test in the presence of a reward) untersucht. In diesen Beobachtungen wurde festgestellt, dass Schweine kein aversives Verhalten gegenüber Argon in hoher Konzentration (90 %) in atmosphärischer Luft zeigen. Der Großteil der Tiere zeigte ebenso keine aversive Reaktion auf geringe Konzentrationen an CO_2 (30 %) in atmosphärischer Luft, jedoch mieden die meisten Tiere ein Ambiente mit hohem Kohlendioxidgehalt (>80 %) und zeigten bei Exposition des Gases immediat weichende Bewegungen mit erhobenem Kopf begleitet von hochgradig aversivem Verhalten. Ein erneutes Betreten der hochkonzentrierten Kohlendioxidatmosphäre wurde von den meisten Tieren unter experimenteller Gestaltung trotz angebotenem Futter nach

vorhergehendem Nüchternsetzen über 24 Stunden verweigert. Im Untersuchungsumfeld mit atmosphärischer Luft und hochkonzentriertem Argon hielten sich die Tiere hingegen bei vorhandenem Futterangebot im gleichen Zeitmaß auf, wobei sie unter hypoxischen Bedingungen bei der Anwesenheit von Argon in hohen Konzentrationen während des Fressens das Bewusstsein verloren. Im Rahmen der experimentellen Untersuchungen bevorzugten die Schweine ein Ambiente mit Argon in hoher Konzentration ebenfalls gegenüber der Exposition an hochkonzentriertem Stickstoff (N_2) (Raj 2014: 402).

Die Erzeugung eines Betäubungszustandes durch den Entzug von Sauerstoff, wie bei Edelgasen, wird im Vergleich zu Kohlendioxid als tierschonendere Gasbetäubungsmethode beschrieben (Freed 1983). Die Edelgase, wie beispielsweise Argon, führen zu einer Verdrängung von Sauerstoff in atmosphärischer Luft. Die Hypoxie führt zu einem Bewusstseinsverlust der sukzessive zum neuronalen Tod und progressiv zum Tod der Schweine aufgrund des vorliegenden Sauerstoffmangels führt (AVMA Guidelines 2013). Bei der Induktion des hypoxischen Bewusstseinsverlustes wird kein aversives Verhalten in der anfänglichen Expositionsphase beobachtet, da Argon ein geruchloses Gas ist, das keine reizende Nebenwirkung auf die Schleimhäute hat (Raj und Gregory 1995, Scott 2018). Des Weiteren wurde die Inhalation von Xenon, Argon, Stickstoff und Lachgas im Menschen als angenehm und euphorisierend beschrieben. Dabei besteht die Annahme, dass dies aufgrund ihres Effektes an den NMDA-Rezeptor-Kanälen erfolgt, an die ebenso Analgetika und Sedativa binden (Raj 2014: 402).

Beim Einsatz von CO_2 in geringen Dosierungen treten die respiratorischen Belastungen und die Hyperventilation aufgrund der reduzierten Gaskonzentration im geringeren Ausmaß auf. Durch die Reduktion der Gaskonzentration wird folglich auch die atemstimulierende Einwirkung auf das Atemzentrum reduziert. Diese respiratorischen Nebenwirkungen werden jedoch über einen längeren Zeitraum exprimiert, da der Bewusstseinsverlust aufgrund der reduzierten Kohlendioxidkonzentration vergleichsweise verzögert auftritt. Die Tiere zeigen in geringen CO_2 Konzentrationen keine exzitatorischen Fluchtversuche, daher wird angenommen, dass sie die reduzierte Exposition besser dulden (Raj und Gregory 1996). Die bessere Tolerierung gegenüber dieser Gasmischung bestätigt sich ebenso experimentell (Raj und Gregory 1995). Selbst wenn die Tiere die geringe Konzentration an Kohlendioxid besser tolerieren als hochkonzentriertes CO_2, wurde bei gegebener Möglichkeit der Entscheidung dennoch das

Ambiente mit hochkonzentriertem 90%igem Argon in atmosphärischer Luft von Seiten der Tiere bevorzugt (Raj 2014: 402).

Unter Berücksichtigung des tierlichen Wohlergehens geht die Betäubung mittels hochdosierten Edelgasen mit deutlich reduzierten respiratorischen Belastungen und folglich mit einer tierschonenderen Betäubung einher. Bei der Abnahme von Sauerstoff oder einer Zunahme von CO_2 im Blut erfolgt ein Gefühl der Atemnot. Die Inhalation von Kohlendioxid in hohen Konzentrationen führt zu einer raschen Zunahme des Kohlendioxidpartialdruckes (PCO_2) im Blut und ruft dadurch sehr schnell ein Gefühl der Atemnot hervor, die in Abhängigkeit der Gaskonzentration im unterschiedlichen Ausmaß auftritt. Bereits eine Zunahme des PCO_2 um 5 mmHg über dem physiologischen Wert ruft eine atemstimulierende Wirkung hervor. Im Kontrast dazu bedarf es einer hochgradigen Senkung des PO_2 um 60 mmHg unter dem physiologischen Wert, damit die Atmung aufgrund eines bestehenden Sauerstoffmangels stimuliert wird und vergleichsweise ein Gefühl der Atemnot verursacht wird. Somit hat die Hyperkapnie, welche im Rahmen der Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen erfolgt, im Vergleich zur Hypoxie, die durch die Betäubung mittels Edelgasen hervorgerufen wird, eine ausgeprägtere stimulierende Wirkung auf das Atemzentrum. Diese physiologische Auswirkung bestätigt sich in experimentellen Untersuchungen sowohl beim Geflügel als auch bei Schweinen (Raj 2014: 402). Zudem ist zu beachten, dass der Anteil an zugeführtem Sauerstoff ebenso Auswirkungen auf das Tierwohl hat. Bei der Kombination von 2 % O_2 in Argon zeigten die Tiere einen reduzierten respiratorischer Distress im Vergleich zur Betäubung mittels 5 % O_2 in Argon. Die hypoxische Betäubung mittels Edelgasen geht jedoch mit dem Nachteil einher, dass eine deutlich längere Gasexposition im Vergleich zu hochdosiertem Kohlendioxid erforderlich ist um einen Zustand der Betäubung zu erreichen. Unter experimentellen Bedingungen wurde bei der Kombination aus 2 % O_2 in Argon ein genauso schnell eintretender Bewusstseinsverlust wie bei der Betäubung mittels 50 % CO_2 erreicht. Beim Erhöhen der Sauerstoffzufuhr bis zu 5 % werden an Tieren respiratorische Nebenwirkungen beobachtet, wobei es aufgrund des zu hohen Sauerstoffanteils zu keinem eintretenden Verlust der Körperhaltung im Zeitraum der Gasexposition über eine Minute kommt. Vergleichend wird jedoch der kumulative Stress, der im Rahmen einer 30 sekündigen Argon Exposition auftritt, aufgrund der Gaseigenschaften als tierschonender und als geringer

belastend beschrieben im Vergleich zu einer 12 sekündige Hyperventilierung bei 90%igem CO_2 (Raj und Gregory 1995).

Im Rahmen der anoxischen Betäubung mit weniger als 2 % O_2 in Argon werden hochgradige Konvulsionen im Schlachtkörper beobachtet. Die Konvulsionen erfolgen, wenn die somatosensorische Aktivität im Gehirn nicht mehr von übergeordneten Zentren kontrolliert wird und gelten somit als Zeichen einer neuronalen Einschränkung (Gregory 2004).

Nach der Exposition an eine Hypoxie verursachende Gasatmosphäre durch hochkonzentriertem Argon oder durch die Kombination aus 30 % CO_2 und 60 % Argon empfiehlt es sich den Entblutungsschnitt nach einer Gasexposition von drei Minuten innerhalb von 25 Sekunden zu legen, um ein Rückerlangen des Bewusstseins zu vermeiden. Bei einer verlängerten Gasexposition von 5 Minuten kann das Entblutungsintervall bis zu 45 Sekunden betragen (Raj 1999). Bei der Exposition an Argon oder Argon mit CO_2 über drei Minuten wurde bereits in Vergangenheit von Konvulsionen berichtet, die während dem Entbluten erfolgen. Hinsichtlich der vorkommenden Konvulsionen bestehen noch Unstimmigkeiten, da sie als Anzeichen für ein eintretendes Bewusstsein verstanden werden können, weshalb einige Autoren diese Art des Vorgehens nicht empfehlen. Dabei wird eine Exposition an Argon oder eine Kombination aus Argon und CO_2 von über drei Minuten mit darauffolgender Tötung des Tieres vorgeschlagen. Die Tötung soll dabei immediat erfolgen, sobald die Tiere die atmosphärische Luft erreichen, und innerhalb eines maximalen Zeitintervalls von 25 Sekunden nach Verlassen der Betäubungsgasatmosphäre durch einen mit Stromelektroden hervorgerufenen Herzstillstand ergänzt werden (Warris und Wotton 1981). Von der europäischen Agentur für Lebensmittelsicherheit (EFSA) wird ebenso die Auslösung eines Herzstillstandes empfohlen. Diese rät jedoch zum Vornehmen des Herzstillstandes solange die Schweine in der Gasatmosphäre befindlich sind (EFSA Report 2004).

Beim Einsatz von Argon in hohen Konzentrationen erfolgt der Eintritt der Anästhesie wesentlich langsamer. So wurde in der vergleichenden Untersuchung der Gasbetäubung mittels 90 % CO_2, gering dosiertem CO_2 <40 % in Verbindung mit Argon und durch die alleinige Anwendung von 90 % Argon ein Zeitintervall bis zur eintretenden Betäubung von 15, 24 und 35 Sekunden untersucht (Raj und Gregory 1995). Der Eintritt des Bewusstseinsverlustes wurde durch Überprüfung der somatosensorisch evozierten Potentiale ermittelt. Diese lassen aufgrund des Monitorings der Gehirnaktivität auf einen zweifellos eintretenden Bewusstseinsverlust

rückschließen. Dabei wurde ein Bewusstseinsverlust von jeweils 9-21, 11-20 und 16-36 Sekunden beschrieben (bei 80-90 %CO_2, 30 %CO_2 und 60 % Argon und 90 %Argon). Ebenso dauerte es bis zum Auftreten einer isoelektrischen Linie im EEG mit Argon am längsten, gefolgt von 30 % CO_2 und 60 % Ar, wohingegen das kürzeste Intervall mit 80-90 % CO_2 auffiel (Raj et al. 1997). Anhand der geschilderten Beobachtungen lässt sich erkennen, dass für eine erfolgreiche Betäubung bei alleiniger Anwendung von Argon, bzw. bei der Kombination von Edelgasen und Kohlendioxid, eine deutlich längere Expositionsphase erforderlich ist.

Die Exposition an 90%igem CO_2 ruft einen sehr schnellen Eintritt des Bewusstseinsverlustes hervor. Somit erfolgt ein kurz andauernder aber hochgradiger respiratorischer Stress im Tier, welcher in einer intensiven kumulativen Belastung bei stets vorhandenem Bewusstsein resultiert. Eine Mischung aus gering konzentriertem CO_2 und Argon (bspw. 2 % O_2, 30 % CO_2 und Argon) ist einer hohen CO_2 Konzentration vorzuziehen. Aufgrund der geringen CO_2 Konzentration wird keine Atemnot verursacht und es wird ein, mit der Anwendung von 80 % CO_2 vergleichbarer Bewusstseinsverlust herbeigeführt, welcher sich lediglich in einer Verzögerung um zwei Sekunden unterscheidet (Raj und Gregory 1996).

8.1 Der Pathozentrismus als Schlüsselkriterium der Beurteilung des Animal Welfare in der Kohlendioxidbetäubung im Vergleich zur tierexperimentellen Tätigkeit

Die Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung legt ein rechtlich harmonisierendes Fundament zur Berücksichtigung des Tierschutzes und zur Festlegung der unterschiedlichen rechtlich zulässigen Methoden der Betäubung und Tötung von Tieren fest. Dabei fallen gemäß Art. 1 Tiere, die zur Herstellung von Lebensmitteln, Wolle, Häuten, Pelzen oder anderen Erzeugnissen gehalten werden, sowie mit der Bestandsräumung einhergehende Tätigkeiten in den Geltungsbereich der Verordnung. Es wird explizit erwähnt, dass die Tötung von Tieren im Rahmen wissenschaftlicher Versuche nicht dem Geltungsbereich der Verordnung zugeordnet wird (VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. 1 Abs. 1). Vergleichsweise schließt die Richtlinie 2010/63/EU zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere gemäß Art. 1 nichtexperimentelle landwirtschaftliche Praktiken aus dem Geltungsbereich der EU-Richtlinie aus (RL 2010/63/EU Art. 1 Abs. 5). Diese

Differenzierung dient einer Konkretisierung der rechtlichen Geltungsbereiche. Jedoch stellt sich ebenso die Frage nach der Legitimierung der ungleichen rechtlich begründeten und kategorisierenden Begegnung dem Tier gegenüber und der Tolerierung bestimmter Verfahren in Abhängigkeit der Finalität des tierlichen Einsatzes. Die klar differenzierenden Geltungsbereiche gehen unter anderem mit dem instrumentalisierenden Einsatz der Tiere einher, in dem sie als Mittel zum Zweck zum Erreichen eines bestimmten Ziels bzw. zur Erfüllung einer bestimmten Tätigkeit oder Verwendung eingesetzt werden. In diesem Rahmen erhalten verschiedene, an ihnen vorgenommene, Maßnahmen rechtliche Zulässigkeit, die jeweils mit differenten Anforderungen einhergehen. Dies resultiert in der Implementierung rechtlich zulässiger Verfahren, welche in Abhängigkeit des Verwendungsbereiches der einzelnen Tiere variieren. Folglich wird ebenso der rechtliche Schutz des Einzeltieres beeinflusst, da es je nach Verwendungsbereich verschiedenen Eingriffen und Anforderungen rechtmäßig exponiert werden darf.

Der EU-Vertrag von Lissabon (Lissabon Traktat 2007) definiert Tiere in Art. 13 als empfindungsfähige Wesen, gegenüber denen in allen Mitgliedsstaaten geltende Rechts- und Verwaltungsvorschriften berücksichtigt werden müssen (AEUV 2007 Art. 13). Durch die Verankerung im Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) gilt das Wohlergehen von Tieren nach der Richtlinie 2010/63/EU als zu bestrebender Unionswert (RL 2010/63/EU). Diese Eigenschaft der Empfindungsfähigkeit schafft die Basis für die Anforderung eines rechtlich fundierten Tierschutzes, da das Schlüsselkriterium der Fähigkeit zur Schmerzwahrnehmung den Anspruch auf die moralische Inklusion der Tiere erhebt, welche wiederum einen normativen Rahmen erfordert. Tiere sind fühlsame Wesen, denen die Fähigkeit zukommt Schmerzen, Leiden und Ängste wahrzunehmen und vor denen sie insofern geschützt werden müssen. Diese moralische Berücksichtigung schafft die Basis jeder rechtlichen Grundlage in Bezug auf den Tierschutz, denn wenn Tiere nicht moralisch berücksichtigt werden würden, bestünde keine Notwendigkeit einer Tierschutzgesetzgebung und des rechtlich kontrollierten Umganges.

Durch die vertraglich definierte pathozentrische Attribution dem Tier gegenüber wird die empfindungsfähige Eigenschaft des Einzeltieres als Grundwert der Union festgelegt und insofern das Fundament jeder daraus hervorgehenden innergemeinschaftlichen Gesetzgebung definiert. Daraus geht eine Basis an Grundwerten hervor, aufgrund dieser auf Einzeltierebene

ein schonender Umgang zu berücksichtigen ist und eine Maximierung des tierlichen Wohlergehens erzielt werden muss.

Die pathozentrische Attribution spiegelt sich im Rechtstext sowohl im Rahmen der Tötung mit der Finalität der Schlachtung als auch in der Verwendung von Tieren zu wissenschaftlichen Zwecken wider. So erwächst diese bereits aus der Definition der „Betäubung" in Kap. I Art. 2 VO (EG) Nr. 1099/2009, welche die Betäubung als „jedes bewusst eingesetzte Verfahren beschreibt, das ein Tier ohne Schmerzen in eine Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit versetzt, einschließlich jedes Verfahrens, das zum sofortigen Tod führt" (VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. 2). Dabei wird in der Verordnung die Anforderung festgelegt, dass Tiere im Rahmen der Tötung und der damit verbundenen Tätigkeiten frei von Anzeichen von vermeidbaren Schmerzen und Ängsten sind, und ebenso erforderliche Maßnahmen ergriffen werden, sodass die Tiere kein anormales Verhalten exprimieren (VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. 3). Durch die rechtliche Darlegung der Verordnung zum Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung ergibt sich die rechtliche Anforderung einer Betäubungsmethode, welche selbst keine Schmerzen verursacht und einen raschen Zustand der Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit hervorruft. Des Weiteren wird dadurch eine Tötung frei von vermeidbarem Schmerz, Stress und Leiden gefordert.

Die empfindungsfähige Wahrnehmung der Tiere als Einzelindividuen reflektiert sich ebenso in der Tierversuchsgesetzgebung im Rahmen des österreichischen Tierversuchsgesetzes 2012 (TVG 2012) und im Rahmen der Richtlinie 2010/63/EU. So beschreibt diese den Tierversuch im Sinne eines Verfahrens als „jede invasive oder nicht invasive Verwendung eines Tieres zu Versuchszwecken oder anderen wissenschaftlichen Zwecken mit bekanntem oder unbekanntem Ausgang, oder zu Ausbildungszwecken, die bei dem Tier Schmerzen, Leiden, Ängste oder dauerhafte Schäden in einem Ausmaß verursachen kann, das dem eines Kanüleneinstichs gemäß guter tierärztlicher Praxis gleichkommt oder darüber hinausgeht" (VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. 3 Abs. 1). Dabei wird in Art. 1 Abs. 2 stets hervorgehoben, dass das Ausschalten von Schmerzen, Leiden, Ängsten oder dauerhaften Schäden nicht zu einer Exklusion der Einzelindividuen aus dem Geltungsbereich führt. Die Fähigkeit zur empfindungsfähigen Wahrnehmung bildet folglich ein Schlüsselkriterium zur moralischen Berücksichtigung von Versuchstieren, welche durch die Bemühung des Einsatzes von Maßnahmen der Schmerzausschaltung nicht erlischt und trotz der vorläufig nicht

aufrechterhaltenen Schmerzwahrnehmung stets moralische und rechtliche Relevanz für das Einzeltier hat. Die zentrale Rolle der auftretenden Schmerzen, Leiden und Ängste oder dauerhaften Schäden reflektiert sich im Rahmen der RL 2010/63/EU ebenso darin, dass die Exposition des Einzeltieres an vorkommende Belastungen als Kriterium gilt, um in den rechtlichen Geltungsbereich aufgenommen zu werden.

Trotz der pathozentrischen Verankerung, welche an der Basis beider Rechtsvorschriften liegt, nimmt die Belastung eine unterschiedliche Gewichtung ein. Dies wirkt sich auf den Umgang mit dem Einzelindividuum aus. So fällt in der Gegenüberstellung der beiden Tätigkeitsbereiche auf, dass die Belastung des Tieres im versuchstierkundlichen Bereich als kein potentielles Auftreten wahrgenommen wird, sondern ihrem Vorkommen a priori Rechnung getragen wird. Das einzelne Tier wird im Versuche je nach experimenteller Gestaltung einer Belastung unterschiedlicher Form exponiert. In diesem Zusammenhang ist prophylaktisch dafür Sorge zu tragen, dass Maßnahmen zur Minimierung geplant werden. Diese prophylaktische Herangehensweise läuft nach rechtlicher Anforderung bereits im Antrag, in der Planung und Gestaltung des Versuches, sowie auch in der Projektbewertung ab. Diese Aspekte werden sowohl in der adäquaten Wahl der Methode als auch in der Argumentation der Betäubung und im Durchdenken des prospektiven Schweregrades aufgrund der Belastungen, die dem Einzeltier widerfahren, umgesetzt.

In der Definition des Schweregrades findet die Konfrontation mit der Belastung, die dem Einzeltier wiederfährt, ihre Konkretisierung. Unter Berücksichtigung der auftretenden Belastungen in Hinblick auf die Dauer, Intensität und Häufigkeit wird dem jeweiligen Projekt ein Schweregrad gemäß §3 TVG 2012 zugeschrieben. In der graduellen Klassifizierung der Schweregrade wird die Bedeutung der Anästhesie zur Reduktion von Belastungen im Sinne von Schmerzen, Leiden und Ängsten zentralisiert. So ist gemäß der Einteilung nach §3 jenem Tierversuch der Schweregrad „keine Wiederherstellung der Lebensfunktion“ zuzuschreiben, welcher im Sinne eines Terminalversuches unter Vollnarkose durchgeführt wird, wobei das Tier aus dieser nicht mehr erwacht. Die Vollnarkose wird insofern als Mittel zum Zweck zur Aufrechterhaltung der Schmerzfreiheit herangezogen, und führt folglich zu einer Reduktion an Belastungen. So kann selbst ein Versuch, der nicht zur Wiederherstellung der Vitalfunktionen führt und letztendlich im Rahmen der Euthanasie beendet wird vergleichend klassifiziert werden, sodass die für den geringsten Schweregrad geltenden Maßnahmen auch auf den

jeweiligen Terminalversuch vergleichend adaptiert werden können. Die Einstufung nach Schweregraden bezieht sich im Tierversuch nicht auf eine Kumulierung von Interessen, sondern folgt stets dem Prinzip der Berücksichtigung des Einzelindividuums bzw. des Einzelfalles. Auf Projekte, welche Tierversuche verschiedener Schweregrade beinhalten, wird der höchstauftretende Schweregrad in Gänze expandiert. Folglich werden einzelne Tierversuche, welche Teil des Projektes sind, auf den höchsten im Projekt vorkommenden Schweregrad angehoben und genießen gleichermaßen eine intensivere Berücksichtigung.
Die rechtliche Berücksichtigung des Einzelfalles im tierexperimentellen Vorgehen steht im Kontrast zur rechtlichen Begegnung mit dem Einzeltier im Rahmen der Tötung im Sinne der Schlachtung. Obwohl die Richtlinie über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung die Berücksichtigung des Einzelindividuums fordert, wird in der Schlachtung im Rahmen der Betäubung den intraindividuellen Interessen des Einzeltieres nicht Rechnung getragen.

Die europäische Agentur für Lebensmittelsicherheit (EFSA) schreibt vor, dass im Rahmen der Betäubung zur Finalität der Schlachtung dafür Sorge zu tragen ist, dass kein Tier das Bewusstsein vor vorgenommener Tötung zurückerlangt. Das jeweilige Zeitintervall muss so angepasst werden, dass je nach Gruppengröße an Tieren, die zugleich betäubt werden, das maximale Intervall bis zur Entblutung auch für das letzte Tier eingehalten werden kann (EFSA Report 2004: 15). Die Betäubung mittels Kohlendioxid ermöglicht aufgrund des raschen Betäubungserfolges sehr hohe Schlachtfrequenzen. Die Einhaltung der Entblutungsintervalle und der adäquaten Gruppengröße sind dabei Schlüsselkriterien zur Berücksichtigung der Interessen der Einzelindividuen, sodass das intraindividuelle Interesse des letzten Tieres, welches aus der Gondel gefahren wird, nicht in der Abwägung der interindividuellen Interessen der gesamten Tiergruppe untergeht.
Die Verordnung über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung legt aufgrund der Schmerzfähigkeit und Leidensfähigkeit, welche dem Tier zugeschrieben wird, die Anforderung einer bis zum Tod aufrechterhaltenen Betäubung fest. Nach Art. 5 der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 „ist durch regelmäßige Kontrollen sicherzustellen, dass die Tiere zwischen dem Ende des Betäubungsvorganges und dem Tod keine Anzeichen von Wahrnehmung oder Empfindung aufweisen“ (VO (EG) Nr. 1099/2009 Art. 5 Abs. 1). Die Frequenz der Überprüfung errechnet sich aus repräsentativen Stichproben. Durch die Umsetzung von

Betäubungskontrollen in regelmäßigen Intervallen wird ein Untergang einzeltierlicher individueller Bedürfnisse und eine rechtmäßige Kumulierung von Interessen generiert. Folglich wird ein rechtlich legitimer Rückschluss vom Einzelindividuum auf eine Mehrzahl an Individuen ermöglicht, wobei die Belastungsfreiheit, im Sinne eines stichprobenartig überprüften Betäubungserfolges, repräsentativ für die Schmerzfreiheit und das Wohlergehen einer Gruppe an Individuen ist.

Im Tätigkeitsbereich der Schlachtung erfolgt durch die stichprobenartige Überprüfung des Betäubungserfolges eine Aggregation an interindividuellen Interessen, wobei der Nettobilanz der Gruppe mehr Gewichtung zugetragen wird als der einzeltierlichen Berücksichtigung. So wird dem Wohlergehen des Einzeltieres unter Berücksichtigung seines interindividuellen Interesses nicht nachgegangen, da die Schmerzfreiheit nicht auf Einzeltierebene individuell überprüft wird, sondern stichprobenartig angenommen wird. In Abb. 6 wird die Akkumulierung von intraindividuellen Interessen in der stichprobenartigen Betäubungsüberprüfung dargestellt. Diese gibt die Prüfung des Betäubungserfolges wieder. Bei der Untersuchung der eingetretenen Betäubung jedes einzelnen Schweines werden die interindividuellen Interessen der Tiere einzeln berücksichtigt, während in der intermittierenden Untersuchung des Betäubungserfolges die Interessen der Einzeltiere untergehen, da lediglich den intraindividuellen Interessen der Tiergruppe Rechnung getragen wird.

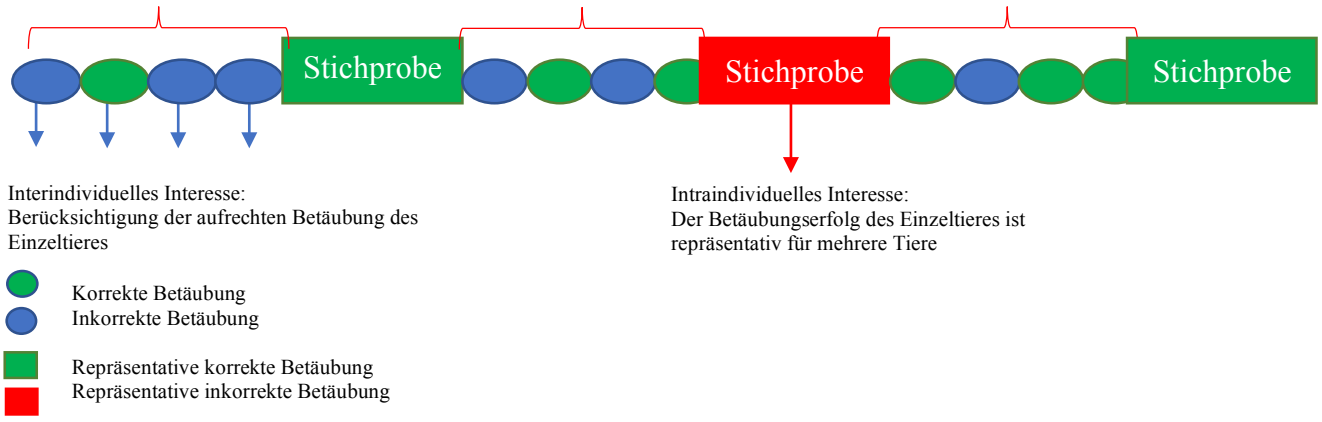


Abb. 6 Stichprobenartige Überprüfung des Betäubungserfolges

Insofern kann im Rahmen der Schlachtung ein nicht korrekt betäubtes Einzeltier einer Belastung im Sinne der Tötung exponiert werden, da sein interindividuelles Interesse in einer Akkumulation von interindividuellen Interessen bei einer stichprobenartigen Überprüfung des Betäubungserfolges untergeht. Dabei muss stets bedacht werden, dass die Schmerzfreiheit als

intraindividuelles Interesse des Einzeltieres in den Intervallen zwischen den untersuchten Stichproben kumuliert und dieser, als interindividuelles Interesse, ein repräsentativer Wert, der zwischen den Intervallen liegenden Tiergruppe, zugeschrieben wird. Trotz der rechtlichen Zulässigkeit wirft diese Art der Begegnung eine Diskrepanz zwischen der rechtlichen Anforderung der Maximierung und Berücksichtigung des Wohlergehens des Einzeltieres und der interindividuellen Aggregation von Interessen auf (Sandoe et al. 2019). Diese Kumulierung von Interessen spiegelt sich im österreichischen Leitfaden für bewährte Verfahrensweisen betreffend Tierschutz bei der Schlachtung wider, da es bei der rechtlich festgelegten Expositionsdauer bei ca. 1 % der Schweine zu einer mangelhaften Betäubung kommen kann (Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung 2014: 33).

Der Verwendung von Tieren zu wissenschaftlichen Zwecken unterliegt der Grundsatz der Vermeidung, Verminderung und Verbesserung, aufgrund dieser eine Maximierung des Wohlergehens durch den Einsatz adäquater Techniken und Maßnahmen angestrebt wird. Diese Bemühung im Sinne der Verantwortung im Tierversuch muss dem gesamten Projekt konsequent unterliegen und ein Abweichen davon einer fundierten Argumentation unterzogen werden. So besteht beispielsweise gemäß Art. 6 RL 2010/63/EU die Anforderung einer Tötungsmethode, welche geringstmögliche Schmerzen, Leiden und Ängste verursacht. Die zulässigen Tötungsmethoden werden je nach Tierart unter Anhang IV aufgelistet. Von den vorgegebenen Methoden darf dabei gemäß Art. 6 Abs. 4 nur abgewichen werden, sofern die alternative Methode, auf wissenschaftlich belegte Erkenntnisse basierend, mindestens genauso schmerzlos ist. Die unter Anhang IV aufgelisteten und rechtlich zulässigen Methoden der Tötung von Schweinen sind: überdosierte Betäubungsmittel, die elektrische Betäubung, Inertgase (Argon, Stickstoff) und der Gewehrschuss (RL 2010/63/EU Art. 6 Anhang IV).
Die Bemühung um das Auffinden des gelindesten Mittels führt im tierexperimentellen Bereich zu einer intensiven Konfrontation mit der Berücksichtigung des Tierwohles und mit einer potentiellen Etablierung schonenderer Methoden mit der Finalität des Erreichens desselben Versuchsziels. So wird stets die Frage nach der Belastungsreduktion bzw. -verhinderung aufgeworfen und das Auffinden neuer Methoden und Alternativen gefördert. In dieser Herangehensweise reflektiert sich die Frage nach der Subsidiarität. Diese prüft die Unerlässlichkeit des jeweiligen Versuches und liegt an der Basis der rechtlichen Zulässigkeit

der Durchführung des tierexperimentellen Vorhabens. Gemäß §5 TVG 2012 dürfen Tierversuche nur dann durchgeführt werden, sofern sie unerlässlich zum Erreichen des Versuchziels sind und dieses nicht mittels anderer Methoden oder Verfahren erreicht werden kann (Binder 2014: 240). Die Frage nach der Subsidiarität stützt sich im tierexperimentellen Bereich auf den zu verhindernden Einsatz von Tieren und auf die Anwendung alternativer Ersatz- und Ergänzungsmethoden. So wird die Verwendung der einzelnen Tiere im Versuch a priori verhindert, sofern das Versuchsvorhaben durch wissenschaftlich bewährte Ersatzmethoden ebenso erreicht werden kann. Das Prinzip der Subsidiarität lässt sich ebenso auch auf andere Tätigkeitsbereiche expandieren, welche den Einsatz von Tieren vorsehen, wie beispielsweise auf die Schlachtung. Die Subsidiarität kann als Frage nach der Unerlässlichkeit des Verfahrens verstanden werden, im Rahmen dieser bereits bestehende Verfahren revidiert werden und die Unerlässlichkeit der gewählten Methode untersucht bzw. abgewogen wird.

Die Richtlinie zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere 2010/63/EU besagt unter Art. 13, dass in der Wahl der Methode jene gewählt werden muss, welche die geringsten Schmerzen, Leiden, Ängste und dauerhaften Schäden verursacht und bei jener die Wahrscheinlichkeit am größten ist, zufriedenstellende Ergebnisse zu liefern (RL 2010/63/EU Art. 13 Abs. 2). Vergleichsweise beschreibt die Verordnung über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung (EG) Nr. 1099/2009 in der Präambel des Rechtstextes, dass Schmerzen, Leiden und Ängste bei der Tötung so gering wie möglich zu halten sind. In dieser wird zudem ausgeführt, dass diese Formen von Belastungen als vermeidbar gelten, wenn erlaubte Verfahren eingesetzt werden, sich an der Tötung beteiligte Personen jedoch keine Gedanken darüber machen, ob das jeweilige Verfahren dem Stand der Wissenschaft entspricht. Im Rahmen dieser Darlegung wird im Zusammenhang der Schlachtung der Bedarf eines konkretisierenden normativen Charakters evident, da es einer normativen Vorlage an zulässigen Verfahren bedarf. Nur jenen Verfahren, welche dem Stand der Wissenschaft entsprechen, darf unter Berücksichtigung des Tierwohles, ein rechtlich legitimer Einsatz zukommen.
Das Prinzip der Subsidiarität hebt die instrumentalisierende Haltung gegenüber Schweinen hervor, da ihr Einsatz sowohl im Bereich der Schlachtung als auch im Bereich der tierexperimentellen Tätigkeit zielorientiert erfolgt. So ist die Unerlässlichkeit des jeweiligen Tierversuches auf die Erfüllung eines Zweckes fokussiert und stellt sich die Frage nach der

geeigneten Methode zum Erreichen der jeweiligen Finalität. Die Frage nach der Subsidiarität kann als Frage der Unerlässlichkeit der Belastungen ausgedehnt werden, welchen das Einzelindividuum zum Erreichen des jeweiligen Versuchsziels exponiert wird. Das Unerlässlichkeitsprinzip kann im Rahmen der Schlachtung zur Unerlässlichkeit der eingesetzten Betäubungsmethode umformuliert werden.

Der Einsatz von Tieren ist zur Herstellung von Fleischerzeugnissen erforderlich. Das Prinzip der Subsidiarität wirft die Frage auf, ob sich die Finalität des Betäubungs- und Schlachterfolges gleichfalls durch den Einsatz anderer geeigneter Betäubungsmethoden erzielen lässt. Das Subsidiaritätsprinzip kann folglich als Schlüsselkriterium eingesetzt werden, um einen höheren Standard hinsichtlich der Berücksichtigung des Tierwohles zu erlangen. Indem die Anforderung des gelindesten Mittels vom tierexperimentellen Bereich auch auf andere Tätigkeitsbereiche, welche den Einsatz von Tieren vorsehen, ausgeweitet wird kann dadurch die Unerlässlichkeit der einzusetzenden Methode überprüft werden und bei Vorhandensein angemessener Alternativmethoden revidiert werden. Überträgt man diese Kriterien zur Beurteilung der Subsidiarität auf die Methoden der Betäubung im Rahmen der Schlachtung so findet der Einsatz von Kohlendioxid zum Zwecke der Gasbetäubung keine gerechtfertigte Anwendung und erfüllt das Kriterium der Unerlässlichkeit des Verfahrens nicht. Ein experimentelles Vorhaben wird dann als unerlässlich verstanden, wenn die Finalität des Versuches nicht durch andere Methoden erreicht werden kann (Binder 2014: 240). Der Einsatz von Tieren zu experimentellen Zwecken kann erst dann eine rechtliche Legitimierung erreichen, sofern sich keine Alternativmethode anbietet. Im Rahmen eines Versuchsvorhabens gilt die Exposition an Belastungen im Sinne von Schmerzen, Leiden und Ängsten daher nur dann als rechtlich zulässig, wenn Ersatz- und Ergänzungsmethoden überprüft wurden und deren Eignung zum Erreichen der Finalität in Erwägung gezogen wurde. Daraus resultierend wird ein rechtlicher Rahmen konstruiert, der zwar Raum für das Auftreten von Belastungen schafft, jedoch das Vorkommen dieser nur dann erlaubt, wenn sich aufgrund der bestehenden Finalität keine Möglichkeit zur Vermeidung dieser anbietet. Die Subsidiarität im Sinne der Exposition an Belastungen reflektiert sich ebenso in den leitenden Grundsätzen unter §6 TVG 2012, da Tierversuche so auszuführen sind, dass sie zu den geringsten Leiden, Schmerzen, Ängsten und dauerhaften Schäden führen.

Rechtlich zulässige Alternativmethoden bestehen auch im Kontext der Betäubung zur Finalität der Schlachtung mittels Edelgasen, wie bspw. die Kombination aus Argon mit Stickstoff, oder die Kombination aus <40 % CO_2 in Kombination mit Edelgasen. Da sich gegenwärtig Möglichkeiten zur Betäubung von Schweinen im Rahmen der Schlachtung anbieten, welche sowohl zu einer erhöhten Qualität des Endproduktes im Sinne des Fleischerzeugnisses als auch zu einer schonenderen Art der Betäubung und insofern zur Reduktion der Belastungen führen, überwiegt der Nutzen dem hervorgerufenen Schaden hinsichtlich der Gasbetäubung mittels hochdosiertem Kohlendioxid nicht.

Im tierexperimentellen Bereich wird zur Überprüfung und Abwägung der ethischen Vertretbarkeit des Tierversuches die Schaden-Nutzen-Analyse herangezogen. Im Rahmen dieser werden dargelegte Belastungen, welche im Sinne von Schäden im Rahmen des experimentellen Protokolls auftreten, einem potentiellen Nutzen gegenübergestellt. Zur ethischen Vertretbarkeit des Tierversuches muss es zu einem Überwiegenden Nutzen kommen, sodass die für das Tier auftretenden Belastungen akzeptiert werden können (Binder 2014: 281). Die potentielle und in Zukunft liegende Komponente des zu erwartenden Nutzens trägt zur Komplexität der Beurteilung bei. Siedelt man die Schaden-Nutzen-Analyse im Kontext der Schlachtung und der damit einhergehenden Betäubung an, so wird die potentielle Komponente ausgeklammert, da die Finalität der Herangehensweise in der Schlachtung keinen potentiellen Nutzen vorsieht sondern der kommerziellen Herstellung eines definierten Endproduktes dient. In diesem Zusammenhang wird insofern a priori ein Überwiegen des zu erstrebenden Nutzens gegenüber den tierlichen Interessen angenommen. Die Betäubung mittels Kohlendioxid geht mit variierenden Belastungen im Sinne von respiratorischem Distress, Asphyxie, Schleimhautirritationen, einem metabolischen Entgleisen, stechenden Schmerzen beim Einatmen des Gases und mit der Verursachung von Angst und Stress aufgrund der logistischen Vorgehensweise in der Senkung in die Gasatmosphäre einher. Da die Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen, trotz bestehender tierschonender Alternativen der Gasbetäubung, nach wie vor rechtliche Zulässigkeit genießt, wird diesen auftretenden Belastungen aufgrund des wirtschaftlichen Vorteils von CO_2 nicht Rechnung getragen. In der Relation zwischen den auftretenden Belastungen im noch unbetäubten Zustand und dem ökonomischen Vorteil überwiegt die wirtschaftliche Begründung in der konventionellen Anwendung der Methode und trägt somit zur rechtlichen Zulässigkeit des Verfahrens bei, trotz auftretender tierbelastender

Nebenwirkungen. Begegnet man den mit der Betäubung einhergehenden Belastungen im Sinne von Schmerzen, Leiden und Ängsten auf einer summierenden quantitativen Ebene, sowie im Sinne des kumulativen Leidens in der tierexperimentellen Tätigkeit, so überwiegen die belastenden Nebeneffekte dem häufig propagierten Vorteil der Gruppenbetäubung und der nicht notwendigen Fixierung, welche in der befürwortenden Argumentation der Kohlendioxidbetäubung herangezogen werden, sowie auch dem ökonomischen Profit bei Anwendung des Kohlendioxids in hohen Konzentrationen.

Aufgrund der rechtlichen Zulässigkeit der Betäubung mittels hochdosiertem Kohlendioxid stellt sich die Frage nach der Berücksichtigung der tierlichen Interessen, da diese in einer gegenüberstellenden Abwägung dem kommerziellen Wert des Fleischerzeugnisses untergeordnet werden. Wird im Umgang mit dem Tier das finale Endprodukt, im Sinne des wirtschaftlich profitablen Fleischerzeugnisses, der empfindungsfähigen Eigenschaft des Einzelindividuums im Zusammenhang mit einer pathozentrisch fundierten Rechtsgrundlage untergeordnet, so reicht diese Ebene der Begegnung über das Ausmaß der vollständigen Instrumentalisierung, welche im Rahmen der Tötung mit dem Ziel der Schlachtung erfolgt, hinaus. Dies resultiert in einer übermäßigen Instrumentalisierung, vor dieser Tiere zu bewahren sind. Im Schweizer Tierschutzgesetz 2005 (TSchG) erfolgt dem Tier gegenüber, gemäß Art. 3, eine Attribution der Würde, welche im Umgang mit dem einzelnen Tier stets zu berücksichtigen ist. Dabei wird darauf aufmerksam gemacht, dass es bei der Exposition des Tieres einer Belastung gegenüber, welche nicht durch überwiegende Interessen gerechtfertigt werden kann, zu einer Missachtung der dem Tier attribuierten Würde und einer Nichtberücksichtigung seines Eigenwertes kommt. Die Belastung kann dabei in verschiedenen Formen vorliegen, unter anderem auch als übermäßige Instrumentalisierung des Tieres (TSchG 2005 Art. 3).

Die Schaden-Nutzen-Analyse beruht auf der pathozentrischen Moraltheorie, welche, aufgrund der an das Einzeltier attribuierten Schmerz-und Empfindungswahrnehmung, eine moralische Berücksichtigung des Tieres vorsieht. Im Rahmen dieser resultiert, dass Tiere empfindungsfähige Wesen sind. Eine Exposition an einen, mit einem Versuch einhergehenden, Schaden als Form der Belastung muss gegenüber einem finalen Nutzen abgewogen werden. Im Rahmen einer gegenüberstellenden Abwägung muss dieser auftretende Schaden durch einen prospektiven Nutzen übertroffen werden, sodass eine ethische Vertretbarkeit im tierexperimentellen Projekt erzielt wird. Zieht man die Schaden-Nutzen-Analyse, basierend auf

einer pathozentrischen Begegnung dem Tier gegenüber, zur Beurteilung der hochkonzentrierten Kohlendioxidbetäubung heran, so erschließt sich keine ethische Vertretbarkeit der Bevorzugung der CO_2-Betäubung gegenüber anderen Betäubungsgasen wie beispielsweise Edelgasen. Der Nutzen im Sinne der Qualität des finalen Fleischerzeugnisses wird durch den Einsatz von Edelgasen im Vergleich zu Kohlendioxid im höheren Ausmaß erreicht, wobei hingegen der aversive Nebeneffekt im reduziertem Ausmaß auftritt. Angesichts der dadurch erstrebten Vorteile und basierend auf den pathozentrischen Ansatz, welcher der Gesetzgebung als Grundwert der Union unterliegt, liegt im Rahmen der Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen keine ethische Vertretbarkeit vor. Insbesondere, weil rechtmäßige Alternativmethoden vorliegen, welche zur Maximierung des Nutzens, im Sinne eines zufriedenstellenderen und qualitativeren Ergebnisses, sowie dem Nutzen der Belastungsreduktion beitragen, und diese dem wirtschaftlichen Profit untergeordnet werden. Die Etablierung eines Verfahrens muss im Einklang mit der Finalität des jeweiligen Vorhabens sein und die Wahl der einzusetzenden Methoden muss hinsichtlich des angestrebten Ziels getroffen werden. So ergibt sich im Rahmen der Schlachtung beispielsweise der Verzicht auf ein pharmakologisches Anästhesieregime aufgrund der pharmakologischen Rückstände im essbarem Gewebe. Dabei geht jedoch die Anforderung hervor eine adäquate Methode zu etablieren, welche gleichermaßen der Berücksichtigung des Tierwohles gerecht wird. Die Anwendung der Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen erfolgt hauptsächlich aufgrund wirtschaftlicher Beweggründe. Trotz bestehender und bereits rechtlich zugelassener schonenderer Alternativmethoden der Gasbetäubung, erfolgt gegensätzlich zum tierexperimentellen Bereich, keine Anpassung des Verfahrens an das Tier, sondern gegenteilig eine Adaptation des Tieres gegenüber einem gewählten Standardverfahren. Basierend auf die pathozentrische Begegnung dem Tier gegenüber, welche das Grundgerüst der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 zum Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung bildet, ist es ersichtlich, dass trotz der rechtlichen Zulässigkeit des Verfahrens, dem Einsatz von Kohlendioxid in hochdosierten Konzentrationen keine ethische Legitimität zukommt. Die Eigenschaft der Schmerzwahrnehmung, welche zur moralischen Relevanz des Einzeltieres beiträgt, wird dem monetären Profit untergeordnet. In der Gegenüberstellung zwischen dem Tier als empfindungsfähigem Wesen und dieser Art von Betäubung erfolgt insofern ein Untergang der

tierlichen Interessen der einzelnen Schweine, trotz ihrer moralischen Relevanz im Rahmen einer pathozentrischen Moraltheorie, zugunsten des profitableren Betäubungsverfahrens.

Da den Grundwerten der Union die pathozentrische Attribution und die Berücksichtigung des Einzeltieres zugrunde liegt, erhebt sich der Bedarf einer normativen Anforderung zur gleichmäßigen, auf die Empfindungsfähigkeit beruhenden, Berücksichtigung der Tiere in den verschiedenen rechtlichen Geltungsbereichen und der damit einhergehenden Zulässigkeit und Anforderung gegenüber anwendbaren Methoden. Es mag rechtlich zulässig und ebenso pragmatisch resultieren, den Einsatz von Tieren je nach rechtlichem Geltungsbereich auf unterschiedlicher Weise zu begegnen und folglich verschiedene Methoden und Verfahren zuzulassen, jedoch besteht in der Abgrenzung der verschiedenen Geltungsbereiche letztendlich die Gefahr, Raum für eine zulässige übermäßige Instrumentalisierung des Einzeltieres zu schaffen. Dies macht sich dadurch bemerkbar, dass im tierexperimentellen Geltungsbereich im Rahmen der Schaden-Nutzen-Analyse, des Projektantrages und der Analgesiepflicht höhere Anforderungen bestehen im Vergleich zum Geltungsbereich der Tötung im Sinne der Schlachtung.
Das Interesse und der Eigenwert des Tieres als Einzelindividuum ist wie eine Konstante auf die unterschiedlichen Tätigkeitsbereiche, die den tierlichen Einsatz vorsehen, zu übertragen, da andernfalls die Gefahr einer übermäßigen Instrumentalisierung besteht, die je nach Geltungsbereich Platz für strategische Methoden schafft und in einer Adaptation der einzelnen Tiere an den Geltungsbereich resultiert und nicht zu einer Anpassung der schonendsten Methode an das Einzeltier führt.

9 Diskussion

Unter Berücksichtigung der unerwünschten Nebeneffekte, welche die Betäubung mittels hochdosiertem Kohlendioxid herbeiführt, resultiert gegenüber dieser Betäubungsmethode die Erforderlichkeit einer Überarbeitung und aktualisierten Berücksichtigung wesentlicher Faktoren. So ergibt sich in der Auseinandersetzung mit dem gegenwärtig gültigen Rechtstext in der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 die Bedeutung einer harmonisierten Festlegung der Schlüsselparameter, welche zum Betäubungserfolg und zu dessen Einfluss im Rahmen der CO_2-Betäubung führen. Als Schlüsselparameter sind jene der Expositionsdauer, der Gastemperatur und –qualität, sowie auch des maximalen Zeitintervalls bis zur Entblutung wichtige Komponenten der Gasbetäubung. Diesen Einflussfaktoren wird im Rahmen der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 sowohl in der Präambel als auch in Anhang I Kap. I Tab. 3, als die Betäubung beeinflussende Elemente, besondere Wichtigkeit zugeschrieben. Es wird explizit darauf hingewiesen, dass der Einsatz der unterschiedlichen Schlüsselparameter die Wirksamkeit des jeweiligen Betäubungsverfahrens beeinflusst (VO (EG) Nr. 1099/2009 Abs. 27). Die Verordnung gibt darüber jedoch keine Zielvorgaben an und überträgt nach Art. 13 VO (EG) Nr. 1099/2009 die Kompetenz ihrer Festlegung auf die einzelnen Mitgliedsstaaten in Form ergänzender nationaler Leitfäden. Die Anwendung und Kombinierung der jeweiligen Parameter wird im übertragenen Sinn als Dosierung der Gasnarkose verstanden, da sie zur Beeinflussung des Betäubungserfolges und zur Effizienz der Methodik beiträgt und folglich die Modalität der Narkose und den Eintritt des Bewusstseinsverlustes moduliert. Ebenso jedoch führt die Wahl der adäquaten Parameter zu einer Reduktion der auftretenden respiratorischen Belastungen. So wirken sich die Gastemperatur und –feuchtigkeit auf den respiratorischen Distress aus, da das Einatmen von warmer und feuchter Luft zu einer reduzierten Reizung der respiratorischen Schleimhäute führt und eine geringere stechende Nebenwirkung auftritt. Die Anwendung der jeweiligen Gasparameter hat eine direkte Auswirkung auf die Belastungsreduktion, auf vorkommende tierbelastende Nebeneffekte und insofern auf die Berücksichtigung des tierlichen Wohlergehens. Dadurch ergibt sich innerhalb der europäischen Gemeinschaft die Notwendigkeit einer vereinheitlichten Festlegung der jeweiligen anzuwendenden Werte und die Notwendigkeit von klaren zu berücksichtigenden Leitlinien und Empfehlungen bezüglich der zu beachtenden Kriterien, insbesondere hinsichtlich der idealen

Kombinierung und der gegenseitigen Beeinflussung der jeweiligen Gasanwendungen. Durch die Übertragung der Verantwortung auf die einzelnen Mitgliedsstaaten ergeben sich länderunterschiedlich festgelegte Werte. Als eine unter Ländern abweichende Angabe lässt sich beispielsweise die Kohlendioxidkonzentration erwähnen. Gemäß österreichischem Leitfaden beträgt diese >80 % CO_2, nach deutschem Leitfaden ist hingegen eine höhere Mindestkonzentration >84 % CO_2 erforderlich. Da es sich experimentell erwiesen hat, dass sich die auftretenden Nebenwirkungen in Abhängigkeit der zunehmenden Kohlendioxidkonzentration intensivieren, ist zukünftig eine weitere experimentelle Untersuchung der Betäubungsmethodik und ihrer Umsetzung erforderlich. Der Konzentration kommt im Rahmen der Gasbetäubung die zentralste Rolle zu, da diese direkte Einwirkung auf die Geschwindigkeit des auftretenden Bewusstseinsverlustes hat, aber ebenso die respiratorischen Belastungen und die aversiven Nebenwirkungen mit zunehmender Konzentration intensiviert. Es muss ein Kompromiss erreicht werden zwischen einer adäquaten Konzentration, welche durchaus einen vergleichsweise raschen Betäubungseintritt bewirkt, jedoch auch den Tod der Tiere durch Asphyxie verhindert. Experimentell hat sich gezeigt, dass sich im Bereich von 40-70 % CO_2 die Zeitdauer bis zur Entblutung in Abhängigkeit der zunehmenden Gaskonzentration verkürzt. Im Rahmen dieser Untersuchung wird jedoch keine markante Beschleunigung der Betäubung bei Anwendung von CO_2 über 70 % bemerkt, wobei bei einer Anwendung von >70 % CO_2 eine Zunahme der belastenden Nebenwirkungen geschildert wird (Raj 2014:402). Da sich insofern bei einer Steigerung der Gaskonzentration über 70 % kein auffallend beschleunigter Bewusstseinsverlust zeigt, die tierbelastenden Nebeneffekte jedoch intensiver exprimiert werden, besteht im Rahmen der VO (EG) Nr. 1099/2009 Bedarf die gesetzlich harmonisierte Anforderung einer Mindestkonzentration von 80 % CO_2 ausgiebiger zu untersuchen. Das Auftreten von vermeidbaren Belastungen, welche durch die inadäquate Anwendung von zu hohen Gaskonzentrationen bedingt werden, kann insofern durch die Erforschung der Auswirkungen der jeweiligen Konzentrationen verhindert werden. Die tierbelastenden Nebenwirkungen sind insbesondere dann abzuwägen, wenn die Betäubungsmodalität keinen zeitlichen Vorteil im Schlachtverfahren generiert, da der Bewusstseinsverlust nach einem vergleichbaren Zeitraum eintritt.

Als weiterer unter Ländern variierender Parameter ist ebenso das Entblutungsintervall erwähnenswert. Dieses wird in der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 nicht explizit definiert. Die

Zeitspanne bis zur Entblutung ist in der Kohlendioxidbetäubung von zentraler Bedeutung, da es sich um eine reversible Art der Betäubung handelt, die keine Tötung der Tiere verursacht. Die rechtzeitige Entblutung trägt im Rahmen einer reversiblen Betäubung zur Aufrechterhaltung der Schmerzfreiheit des Einzeltieres bei. Folglich ist auch das Entblutungsintervalls als Schlüsselparameter der Kohlendioxidbetäubung zu harmonisieren bzw. Klarheit hinsichtlich der Festlegung geschaffen werden. Der österreichische Leitfaden legt bei einer Konzentration von >80 % CO_2 dasselbe Entblutungsintervall von 45 Sek. fest, wie der deutsche Leitfaden oder die schweizer Verordnung, bei einer jedoch höheren CO_2 Konzentration von 84 % (VTSchS 2010 Art. 7, Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung 2014: 74, AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz 2018: 75).

Die Wahl von Parametern, welche Einfluss auf das Tierwohl und auf das Vorkommen von tierbelastenden Nebenwirkungen haben, ist insofern nicht gänzlich den einzelnen Mitgliedsstaaten zu überlassen und muss einer klaren normativen Darlegung unterliegen, sodass die Mitgliedsstaaten durch hilfestellende Indikationen entlastet werden. Bei vorherrschenden Unklarheiten ist der Effekt der jeweiligen Modalitäten experimentell zu erforschen, um die Auswirkung der angewandten Konzentrationen, Temperaturen, Zeitintervalle etc. zu eruieren und die Tiere vor einem mangelhaften Prozedere, welches sich negativ auf das tierliche Wohl auswirkt, zu bewahren und der rechtlichen Anforderung der Verhinderung von vermeidbaren Schmerzen Rechnung zu tragen.

Als belastungsminimierende, ablösende Alternativen der hochkonzentrierten Kohlendioxidbetäubung kommen vor allem die Betäubung mittels Argon (Ar) in hohen Konzentrationen von >90 % und Gasgemische aus geringdosiertem Kohlendioxid, wie bspw. 30 % CO_2 und 60 % Argon unter Beimengung von 2 % O_2 in Frage. Durch Applikation dieser Gaskombination bedient man sich der Vorteile beider Gase: einer raschen hyperkapnischen Betäubung durch CO_2 kombiniert mit einer Beimengung aus nicht aversivem Argon, welches durch die hyperkapnisch bedingte Hyperventilation intensiver aufgenommen wird. Durch die Ergänzung von Argon kann die erforderliche Konzentration an Kohlendioxid gesenkt werden, wodurch auch die unerwünschten belastenden Nebeneffekte von Kohlendioxid reduziert werden können. Schweine tolerieren die Kombination aus den beiden Gasen deutlich besser als hochdosiertes CO_2. Im Vergleich zum alleinigen Einsatz von Kohlendioxid in hohen Konzentrationen wird dabei eine mindestens genauso rasche Betäubung erzielt. Ebenso wird

ein ökonomischer Kompromiss zwischen der alleinigen Anwendung von kostenintensiveren Edelgasen und der ökonomisch profitableren Anwendung von Kohlendioxid in hohen Konzentrationen erreicht, da die erforderliche Konzentration an Edelgasen durch Beimengung von kostengünstigerem CO_2 reduziert wird. In der Betäubung durch 30 % CO_2, 60 % Ar und 2 % O_2 werden die respiratorischen Nebenwirkungen im Rahmen einer moderaten Hyperventilation auf ein geringgradiges Maß reduziert (Raj und Gregory 1995). Auch wenn diese Methode im Vergleich zur gegenwärtig bewährten Applikation von hochdosiertem Kohlendioxid >80 % durchaus mit geringeren Nebenwirkungen einhergeht, muss gemäß der rechtlichen Anforderung der Verhinderung des Auftretens vermeidbarer Belastungen auf die alleinige Anwendung von Edelgasen, insbesondere Argon in hohen Konzentrationen, hingewiesen werden. Diese Anwendung des Gases, welche ebenso bereits rechtliche Zulässigkeit genießt, resultiert in einer tierschonenderen Art der Betäubung, da Argon keine aversive Wirkung hat, keine Irritation der Schleimhäute verursacht und es aufgrund der hypoxischen Betäubung nicht zu einer Steigerung der Atemfrequenz kommt. Durch das gänzliche Vermeiden der Beimengung von Kohlendioxid wird der respiratorische Stress insofern auf ein mögliches Mindestmaß beschränkt. Bei alleiniger Anwendung von Argon muss darauf geachtet werden, dass die Beimengung von 2 % O_2 nicht überschritten wird, da sich die respiratorischen Nebenwirkungen intensivieren. Die Umsetzung der Betäubung mittels Argon in hohen Konzentrationen geht, aufgrund des kostspieligeren Marktpreises von Edelgasen und der längeren erforderlichen Gesamtexposition über einige Minuten, mit höheren ökonomischen Belastungen einher (Raj 1999). Außerdem tritt der Bewusstseinsverlust im Vergleich zur Anwendung von Kohlendioxid in hohen Konzentrationen und von geringdosiertem Kohlendioxid unter Beimengung von Argon und Sauerstoff deutlich verzögert ein. Das Entblutungsintervall ist zudem wesentlich kürzer, was ebenso eine raschere Umsetzung der einzelnen Arbeitsschritte am Schlachthof erfordert. Um ein, mit dem Einsatz von hochkonzentriertem Kohlendioxid vergleichbares, Entblutungsintervall erreichen zu können, ist hingegen eine deutlich längere Gasexposition von bis zu fünf Minuten erforderlich (Rai und Gregory 1995). In Anbetracht des stetig zunehmenden Schweinefleischkonsums ist aufgrund dieser zu berücksichtigenden Aspekte und aufgrund der vergleichsweisen wirtschaftlichen Erschwernis gegenwärtig noch keine gewerbliche Implementierung der Edelgasbetäubung in hohen Konzentrationen als konventionelle Standardmethode der Betäubung am Schlachthof

erdenkbar. Dennoch besteht dringender Bedarf die tierbelastende Methode der reinen Kohlendioxidbetäubung durch die rechtlich zulässige Kombination aus gering konzentriertem Kohlendioxid und Argon abzulösen. Gemäß der rechtlichen Anforderung einer schmerzfreien Betäubung und der Verhinderung vermeidbarer Schmerzen ist die Betäubung durch hochkonzentrierte Edelgase als Ziel des gelindesten Mittels der Schweinebetäubung anzustreben. In diesem Zusammenhang steht die Möglichkeit, deren Umsetzung als tierschonender konventioneller Standard am Schlachthof zu erforschen und damit verbundene experimentelle Vorhaben zu fördern. Beispielsweise ist die Kombination aus hochdosiertem Argon und einem, noch in der Gasatmosphäre hervorgerufenen Herzstillstand, als tierschonende Methode, welche ebenso von der europäischen Agentur für Lebensmittelsicherheit befürwortet wird, im Rahmen experimenteller Tätigkeit zu untersuchen (EFSA Report 2004).

Hinsichtlich der gegenwärtigen rechtlich zulässigen Exposition von Schweinen an die hochkonzentrierte Kohlendioxidbetäubung, wird die unterschiedliche Bemühung zur Erfüllung der Belastungsreduktion im Rahmen der tiergestützten experimentellen Tätigkeit und der konventionellen Schlachtung evident. In Art. 13 des Lissabon Vertrages der europäischen Gemeinschaft ist das pathozentrische Verständnis der Tiere verankert, demgemäß Tiere als fühlende Wesen wahrgenommen werden und dem tierlichen Wohlergehen Rechnung zu tragen ist. Durch das Kriterium der Leidens- und Empfindungsfähigkeit haben Tiere insofern einen moralischen Status, aufgrund dessen sie moralisch zu berücksichtigen sind. Durch diese pathozentrisch verankerte Interessensattribution sind Tiere folglich vor Belastungen, im Sinne von Schmerzen, Leiden, Ängsten und dauerhaften Schäden zu bewahren, und um ihrer selbst willen aufgrund ihres inhärenten Wertes moralisch zu berücksichtigen und nicht auf ihren instrumentellen Wert zu reduzieren.
Im Rahmen der Tötung mit der Finalität der Schlachtung, sowie auch im Bereich experimenteller Tätigkeiten, widerfahren Tieren Belastungen. Vor diesen negativen Erfahrungen sind Tiere durch die aktuelle Gesetzgebung zu bewahren, wobei ihre Interessen aufgrund der moralischen Relevanz zu berücksichtigen sind. Im Zusammenhang mit tierexperimentellen Vorgehen ist die Konfrontation mit tierbelastenden Effekten, welche im Rahmen des experimentellen Vorhabens auftreten können, Teil der rechtlichen Anforderungen

im Laufe der Projektbeurteilung. Durch die Attribution der Schweregrade nach Art. 38 RL 2010/63/EU erfolgt eine Reflexion über potentiell auftretende Belastungen. Es kommt zur Konkretisierung belastungsminimierender Maßnahmen und zur effektiven Planung lindernder Vorgehen, welche jeweils prophylaktisch vor Umsetzung der Versuchsstrategie im Rahmen des Genehmigungsverfahrens etabliert werden. Die Zuordnung des Schweregrades trägt zur Überprüfung des Versuchsdesigns bei. So wird das Vorhandensein schonenderer Alternativen zum Erreichen desselben Versuchsziels prophylaktisch überprüft, bevor die Tiere einer vermeidbaren Belastung exponiert werden. In der Attribution der Schweregrade werden die tierlichen Interessen des Einzeltieres berücksichtigt, sodass die Beurteilung einzelner Faktoren, welche den Schweregrad intensivieren, nach Anhang VIII RL 2010/63/EU und §3 TVG 2012, auf Einzelfallbasis beurteilt werden. Der einzeltierlichen Belastungsreduktion wird dadurch Rechnung getragen, sodass die Freiheit vor vermeidbaren Belastungen, welche den einzelnen Tieren widerfahren, im Zusammenhang mit dem Versuchsvorgehen evaluiert werden. In die Gesamtbewertung des Schweregrades fließen alle Faktoren mit ein, welche sich negativ auf das Tierwohl auswirken können. Diese werden summierend berücksichtigt, sodass die Qualität der auftretenden Belastungen aufgrund ihrer Intensität, Dauer, Häufigkeit und Anwendung unterschiedlicher Verfahren respektive beurteilt wird und in die Gesamtbewertung des Schweregrades integriert wird. Es wird zwischen Schweregraden differenziert, wodurch die Umsetzung lindernder Gegenmaßnahmen im Einklang mit der Belastungsintensität verwirklicht wird. Durch die komplexe Untersuchung der auftretenden Nebenwirkungen wird die tierliche Belastung als solche in ihre Teilaspekte zerlegt. Die jeweiligen, zur Belastung beitragenden, Faktoren werden untersucht und in ihrer Möglichkeit der Belastungsminimierung behandelt. Durch die Begutachtung der einzelnen Teilaspekte wird die Möglichkeit zur Erfüllung der rechtlichen Anforderung der Belastungsminimierung in vollem Umfang ermöglicht und die 3-R Maßnahmen auf die einzelnen Komponenten der tierexperimentellen Tätigkeit übertragen. Folglich ergibt sich eine unterschiedliche Berücksichtigung der Belastung als solche, da nicht lediglich das Vorhandensein oder Nichtauftreten von Belastungen bewertet wird, sondern ebenso die Qualität der vorkommenden Schmerzen, Leiden, Ängste und dauerhaften Schäden beachtet wird. Unter Berücksichtigung der miteinfließenden Teilaspekte werden vorkommende Belastungen im tierexperimentellen Vorgehen im Vergleich zum

Schlachtverfahren in Gänze wahrgenommen. Der Belastungsminimierung kann somit durch die unterschiedliche Umsetzung der rechtlichen Anforderungen gründlich nachgegangen werden.
Im tierexperimentellen Tätigkeitsbereich wird in der Zuordnung des prospektiven Schweregrades der genetische Hintergrund der Tiere miteinkalkuliert. Dadurch wird der genetischen Diversität Rechnung getragen und die Individualität der Auswirkungen auf das Einzelindividuum berücksichtigt. Die Berücksichtigung der genetischen Verschiedenheit impliziert die Notwendigkeit der Adaptation einer Methodik auf die individuell variierenden Bedürfnisse der Einzeltiere und ergibt schlussfolgernd, dass sich die Implementierung einer Methodik zwischen Individuen als unterschiedlich adäquat erweisen kann und nicht uniform auf eine gesamte Tiergruppe oder respektive eine Tierart gleichermaßen übertragen werden kann. In Anbetracht der Umsetzung der Betäubung am Schlachthof manifestiert sich die Methode der Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen in Abhängigkeit der genetischen Diversität der Tiere mit Nebenwirkungen unterschiedlicher Intensität. Rassen mit Hampshire Anteil oder mit einer hohen Inzidenz an Halothan-Genen, wie bspw. irische Rassen, reagieren vehementer auf die hohe Gaskonzentration im Vergleich zu Yorkshire Rassen oder dänischen Rassen (Jongman et al. 1998, Dodman 1977, Grandin 1994). Da der genetische Hintergrund der Schweine insofern mit dem Erleben von Schmerzen, Leiden, Ängsten und dauerhaften Schäden vor eintretendem Bewusstseinsverlust korrespondiert, sind die genetischen Eigenschaften in der Durchführung der Betäubung zu beachten. Belastungen, welche mit dem genetischen Hintergrund der Tiere im Zusammenhang stehen und denen in der Umsetzung des Betäubungsverfahrens nicht Rechnung getragen werden, sind folglich auch als vermeidbare Belastungen zu verstehen, welche durch die Wahl angemessener Verfahren umgangen werden können. So erweist sich die grundsätzliche Expansion der Betäubungsmethode durch Kohlendioxid in hohen Konzentrationen auf die gesamte Tierart der Schweine als inadäquat, da die einzeltierliche Individualität im Zusammenhang mit den auftretenden Belastungen im Vergleich zur Etablierung anästhetischer Protokolle zu bspw. experimentellen Zwecken nicht berücksichtigt wird.
In der Klassifizierung der Belastungserfassung wird tierexperimentellen Vorhaben, welche zu keiner Wiederherstellung der Lebensfunktion führen, per se kein Schweregrad zugeschrieben, da die Tiere aus der Vollnarkose nicht mehr erwachen. In der Tötung zur Finalität der Schlachtung erfolgt eine vergleichbare Tötung in Narkose, auch wenn der Zustand der

Betäubung nicht pharmakologisch induziert bzw. erhalten wird. Der Erfassung des Schweregrades unterliegt im tierexperimentellen Bereich ein rechtlich verankerter Zugang, der es aufgrund der zu unternehmenden Vorkehrungen ermöglicht, dem Todeseintritt des einzelnen Tieres keinen „schweren“ Schweregrad an Belastungen zuzuschreiben. Diese Attribution der Belastung wird durch die verpflichtende Analgesie nach §8 TVG 2012 und durch die Anforderung der schmerzfreien Tötung durch §6 TVG 2012 ermöglicht. Das Kriterium der Schmerzfreiheit wird durch die verpflichtende frühzeitige Durchführung der Analgesie und durch die Anpassung der Anästhesie an die individuellen tierlichen Bedürfnisse und an das Versuchsvorhaben erzielt. Dadurch bedingt kann Terminalversuchen, trotz des vollständigen Verlustes tierlicher Interessen aufgrund des eintretenden Todes, kein Schweregrad zugeschrieben werden, da die Tiere vor dem Aufkommen von Schmerzen präventiv analgetisch behandelt werden, die Narkose durch ein adäquates Anästhesieprotokoll aufrechterhalten wird und die betroffenen Tiere unter Vollnarkose euthanasiert werden. Die Vorgehensweise des Terminalversuchs verdeutlicht, dass selbst dem Tod eines Tieres bei Umsetzung adäquater tierschonender Maßnahmen kein „schwerer“ Schweregrad zugeschrieben werden muss, sofern adäquate Verfahren zur präventiven Schmerzbehandlung und –verminderung eingesetzt werden. Aufgrund der Durchführung der Euthanasie im anästhesierten Zustand, wird die Dringlichkeit ersichtlich das Erwachen der Tiere während der Durchführung von schmerzhaften Verfahren zu vermeiden. Durch die rechtlich vorgeschriebene stichprobenartige Überprüfung des Betäubungserfolges ist zu bedenken, dass die Gefahr besteht das Wiedererwachen der einzelnen Tiere unter hochgradigen Belastungen nicht zu erfassen und diese im übertragenen Sinn, durch das Setzen des Entblutungsschnittes, dem Tod als schmerzhaften Endpunkt bei aufrechterhaltenem Bewusstsein exponiert. Die Bedeutung der harmonisierten Festlegung des Entblutungsintervalls wird ersichtlich, welches ein schmerzhaftes Wiedererwachen der Schweine verhindern soll.

Im Einsatz von Tieren zu experimentellen Zwecken wird die Intention der Belastungsreduktion im Zusammenhang mit anästhetischen Verfahren hervorgehoben. Im Rahmen tierexperimenteller Vorgehen muss der Durchführung der Anästhesie eine Begründung unterliegen, wobei diese auf Angemessenheit zu überprüfen ist. Die Umsetzung schmerzhafter anästhetischer Verfahren genießt keine rechtliche Legitimität, wenn sie konträr zu ihrer Finalität, durch die anästhetische Vornehmung das Einzeltier einer Belastung exponiert und es

nicht vor dieser bewahrt. Werden die einzelnen auftretenden Nebenwirkungen im Sinne von kumulativem Leiden summierend berücksichtigt, so ergibt sich eine Unstimmigkeit zwischen der Zweckmäßigkeit der Betäubung durch Kohlendioxid in hohen Konzentrationen und der dadurch verursachten tierlichen Belastung, vor jener die Schweine durch das adäquate Betäubungsverfahren bewahrt werden können. In der Gegenüberstellung der Nebenwirkungen, welcher Schweine im Rahmen der Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen exponiert werden, stellt sich unter Miteinkalkulierung aller hervorgerufenen Nebenwirkungen die Frage nach der traumatischen Intensität des Betäubungsverfahrens und der Durchführung des Entblutungsschnitts. Dies soll nicht zur Folge haben, dass Schweine ohne vorige Betäubung entblutet und getötet werden, jedoch ist die Angemessenheit der Betäubungsmethode durch hochkonzentriertes Kohlendioxid zu ergründen, wenn diese per se tierlich belastend resultiert. Die Gegensätzlichkeit zwischen der Betäubung mittels Kohlendioxid in hohen Konzentrationen und der Finalität der Anästhesie und Betäubung, Schweine vor schmerzhaften Verfahren zu bewahren, akzentuiert die Dringlichkeit der Umsetzung tierschonenderer Betäubungsverfahren als konventionellen Standard, sodass die rechtliche Anforderung der schmerzfreien Betäubung am Schlachthof erfüllt wird.

Im Zusammenhang mit Tierversuchen ist die Prüfung der ethischen Vertretbarkeit als Teil der Projektbeurteilung rechtlich vorgeschrieben. Die tierexperimentelle Tätigkeit ist facettenreich und verfügt über zahlreiche Methoden, welche im Versuchsdesign unterschiedlich kombiniert werden und welche je nach individuellen tierlichen Bedürfnissen verschiedene Vor- und Nachteile generieren. Die Schaden-Nutzen-Analyse ist daher fundamental zur Überprüfung des passenden Versuchsvorhabens, wobei die Angemessenheit unter Berücksichtigung der 3-R Prinzipien untersucht wird. Durch das Vornehmen einer Schaden-Nutzen-Analyse werden potentiell auftretende Schäden gegenüber einem prospektiven Nutzen im Rahmen des Tierversuchvorgehens abgewogen. Die Angemessenheit des experimentellen Vorhabens geht aus der Berücksichtigung des angestrebten Zwecks, aus der Unerlässlichkeit auftretender Belastungen und aus dem Einsatz adäquater Methoden hervor. Die Unerlässlichkeit der auftretenden Belastungen muss gegeben sein, sodass keine vermeidbaren Schmerzen, Leiden, Ängste und dauerhaften Schäden im Rahmen der Versuchsstrategie vorherrschen und die rechtlich erforderliche Umsetzung der 3-R Prinzipien gegeben ist.

Dem Prüfschritt der ethischen Vertretbarkeit werden nur Vorgehensweisen unterzogen, welche

nach dem Prinzip der Subsidiarität das Kriterium des gelindesten Mittels erfüllen. Verfahren, welche vermeidbare Schmerzen, Leiden, Ängste oder dauerhafte Schäden verursachen, sind nach dem Unerlässlichkeitsprinzip grundsätzlich nicht rechtlich zulässig und werden der Prüfung auf die ethische Vertretbarkeit per se nicht unterzogen. Im Rahmen der Güterabwägung werden Schäden hinsichtlich ihrer Schweregradklassifizierung berücksichtigt, sodass die Dauer, Intensität, Häufigkeit und die Anwendung unterschiedlicher Verfahren in die Abwägung der Belastung miteinfließen. Durch die Untersuchung der Belastungen in ihren Teilaspekten besteht eine größere Argumentationsbedürftigkeit, um ihr Vorkommen durch den generierten Nutzen zu rechtfertigen. Die quantifizierende Gegenüberstellung der generierten Schäden und Nutzen eines Projektes wird durch den prospektiven Charakter der Güterabwägung erschwert, da noch nicht eingetretene Ereignisse als potentielle Faktoren gegeneinander abgewogen werden. Die Schaden-Nutzen-Analyse ist durch das TVG 2012 und die RL 2010/63/EU rechtlich vorgeschrieben, wodurch die Erforderlichkeit der Rechtfertigung der Exposition von Tieren an Belastungen im Sinne von Schmerzen, Leiden, Ängsten und dauerhaften Schäden gegenüber der Finalität des Versuches impliziert wird. Die Schaden-Nutzen-Analyse konkretisiert sich in der Umsetzung der tierschonendsten Methode, welche das Erreichen desselben Versuchziels ermöglicht.

Im Kontext der Schlachtung ist die Überprüfung der ethischen Vertretbarkeit nicht Teil der rechtlichen Anforderungen. Die Adäquatheit der Betäubungsmethode geht im Schlachtverfahren aus der rechtlichen Zulässigkeit derselben hervor. Es erfolgt keine rechtlich erforderliche Überprüfung der Angemessenheit, da a priori ein klarer Nutzen bestimmt wird und dafür eine klare Zulassung von rechtmäßigen Methoden definiert wird. Die Tiere sind jedoch rechtmäßig vor vermeidbaren Stress, Leiden und Schmerzen zu bewahren.

Auch wenn die Schaden-Nutzen-Analyse im Tätigkeitsbereich der Schlachtung nicht rechtlich vorgeschrieben wird, sind vorkommende Belastungen aufgrund des rechtlichen pathozentrischen Verständnisses der Tiere und des tierlichen Wohlergehens als zu bestrebender Grundwert der europäischen Union, unter Berücksichtigung der erzielten Finalität und der hervorgerufenen Schäden zu rechtfertigen und die Umsetzung der schonendsten Verfahren anzustreben. Die Komplexität der Quantifizierung und Abwägung der jeweiligen Interessen wird im Tätigkeitsbereich der Schlachtung durch den unmittelbar erreichten Nutzen und den geringen prospektiven Charakter wesentlich vereinfacht. In der Gegenüberstellung der

auftretenden Nebenwirkungen durch die Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen ergibt sich summierend ein tierbelastendes Verfahren, welches zum Zweck der ökonomischen Fleischherstellung umgesetzt wird, alleinig dadurch jedoch nicht zu rechtfertigen ist. Aufgrund der rechtlich vorgeschriebenen Verhinderung von vermeidbaren Schmerzen ist in Anbetracht des generierten Nutzens und der hervorgerufenen Schäden das Vermeiden von Belastungen durch den Einsatz bereits bestehender tierschonender Betäubungsalternativen zu erstreben. Dies impliziert die Abwägung der Vorteile und Nachteile des jeweiligen Betäubungsverfahrens respektive der Vermeidbarkeit der auftretenden tierlichen Belastungen bei noch aufrechterhaltenem Bewusstsein in Bezug auf den angestrebten Nutzen.

Hinsichtlich der durch Kohlendioxid hervorgerufenen respiratorischen Belastungen und der aversiven Nebeneffekte ist im Sinne der rechtmäßigen Belastungsminimierung eine Reduktion der Kohlendioxidkonzentration im Rahmen der Betäubung anzustreben. Insbesondere sind alternative Betäubungsmethoden, bspw. unter Anwendung von Argon, umzusetzen, wenn die tierlichen Belastungen unter Generierung desselben Endproduktes reduziert werden können. In der Betäubung mittels Argon in hohen Konzentrationen erfolgt eine Reduktion von Schmerzen, Stress und tierlichem Leiden. Außerdem werden im Vergleich zur Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen, aufgrund der intensiveren Zartheit des Endproduktes und des geringeren Tropfsaftverlustes, Fleischerzeugnisse von höherer Qualität erzielt. Nach dem Grundsatz der Vermeidbarkeit ist insofern beim Erreichen desselben Nutzens jenes Verfahren vorzuziehen, welches mit den geringsten tierlichen Belastungen einhergeht. In der Umsetzung der Kohlendioxidbetäubung als gegenwärtiger konventioneller Standard herrscht hinsichtlich der rechtlichen Anforderungen die Widersprüchlichkeit des Verhinderns vermeidbarer Schmerzen. Dem Prinzip der Vermeidbarkeit von Belastungen wird durch die Zulässigkeit der Betäubungsmethode mittels Kohlendioxid in hohen Konzentrationen entgegengewirkt, da diese aufgrund der Gaseigenschaften aus der Implementierung der Betäubungsmethode selbst hervorgehen und nur durch eine Ablösung des Verfahrens verhindert werden können.

Im tierexperimentellen Bereich werden die rechtlichen Maßnahmen zur Belastungsvermeidung und –verminderung durch die Vorgehensweise im Rahmen der Projektbeurteilung umgesetzt. Zusammenhängend mit den Schlachtverfahren von Schweinen wird durch den rechtlichen Rahmen Potential zur standardmäßigen Umsetzung der Betäubung mittels Kohlendioxid in hohen Konzentrationen geschaffen. Dem vorgeschriebenen Kriterium der schmerzfreien

Betäubung wird folglich durch den Rechtstext selbst konträr entgegengewirkt, da eine simultane Zulässigkeit von Verfahren unterschiedlicher Intensität vorliegt.
Durch die rechtliche Zulässigkeit der Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen wird eine Abwägung tierlicher Belastungen gegenüber ökonomischer Interessen zugelassen, sodass der wirtschaftliche Profit die tierlichen Interessen trotz der rechtmäßigen Vermeidbarkeit von Schmerzen überwiegt. Wird ein Betäubungsverfahren, welches in Schweinen hochgradige Belastungen bei aufrechterhaltenem Bewusstsein hervorruft, trotz vorhandener rechtlich zulässiger Alternativmethoden angewandt, welche zudem qualitativ hochwertigere Endprodukte erzeugen, so wird der Eigenwert des einzelnen Tieres seinem instrumentellen Wert untergeordnet. Der Instrumentalisierungsgrad reicht dabei über das Ausmaß der vollständigen Instrumentalisierung hinaus. Durch den Einsatz der Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen werden Schweine am Schlachthof im Rahmen einer übermäßigen Instrumentalisierung an Stress, Leiden und Ängste in Form von aversivem Verhalten, respiratorischen Belastungen und Schleimhautirritationen exponiert. Gegensätzlich dazu werden sie im Rahmen tierexperimenteller Tätigkeiten vor einer übermäßigen Instrumentalisierung unter anderem durch die rechtlich vorgeschriebene Umsetzung der 3-R Prinzipien bewahrt, sodass zur rechtmäßigen Projektdurchführung jeweils die behördlich geprüften schonendsten Verfahren in der Versuchsstrategie umgesetzt werden müssen. In der Zulässigkeit der Betäubung mittels Kohlendioxid in hohen Konzentrationen erfolgt summierend eine Missachtung des tierlichen Wohlergehens, da die Schweine durch Anwendung von adäquaten Betäubungsverfahren vor hochgradigen Belastungen verschont werden können und im Rahmen einer rechtlich zulässigen vollständigen Instrumentalisierung dennoch zum Zwecke der Fleischerzeugung geschlachtet werden können.
Im Kontext von Tierversuchen werden die Belastungen, welche den Tieren begegnen, im Sinne der Schweregraderfassung auf Einzelfallbasis berücksichtigt, sodass im Vergleich zur Schlachtung selbst im Rahmen utilitaristischer Interessensabwägungen keine Vernachlässigung und Nichtberücksichtigung einzeltierlicher Interessen zulässig sind. So ergibt sich keine Gefahr eines Interessenuntergangs einzelner Tiere in einer größeren Anzahl von Interessen einer gesamten Tiergruppe. In der Überprüfung des Betäubungserfolges wird durch dessen rechtlich vorgesehene stichprobenartige Überprüfung, die Berücksichtigung der Schmerzfreiheit in der Schweineschlachtung auf Einzelfallbasis hingegen nicht gewährleistet, sodass inkorrekt

betäubte Tiere, welche in die Intervalle zwischen den untersuchten Stichproben fallen, nicht erfasst werden und dem schmerzhaften Entblutungsschnitt potentiell exponiert werden. Angesichts dieser Vorgehensweise kann im Kontext der Schlachtung die nach Art. 4 VO (EG) Nr. 1099/2009 geltende rechtliche Anforderung des Aufrechterhaltens der Empfindungslosigkeit des Einzeltieres bis zum Eintritt des Todes nicht erfüllt werden, da sie in stellvertretenden Stichproben überprüft wird und folglich der Individualtierschutz nicht garantiert wird.

Summierend erfolgt im Zusammenhang mit Tierversuchen eine klare rechtliche Anforderung der Verhinderung vermeidbarer Belastungen in allen tierexperimentellen Tätigkeiten. Dies wird durch die RL 2010/63/EU bedingt, welche zur uniformen Umsetzung der 3-R Maßnahmen in allen tierexperimentellen Bereichen konkrete harmonisierende Rahmenbedingungen für alle Mitgliedsstaaten der europäischen Gemeinschaft festlegt. Insbesondere gilt dabei die rechtlich verpflichtende Anwendung der tierschonendsten Methode, wenn das Potential des Erreichens derselben Finalität gegeben ist. In den rechtmäßigen Betäubungsmethoden bei Schweinen legt die Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 die simultane Zulässigkeit verschiedener Verfahren fest, welche Tiere zum Erreichen derselben Finalität unterschiedlichen Belastungsintensitäten aussetzen.
Als Teilkomponente der Refinement Maßnahmen ist die Anästhesie in ihrer Angemessenheit nach Art. 14 RL 2010/63/EU zu prüfen, sodass sie basierend auf eine wissenschaftlich geprüfte Begründung eingesetzt wird und Tiere vor nicht gerechtfertigten Belastungen geschützt werden. Der Einsatz von Tieren zu wissenschaftlichen Zwecken sieht ohne die Unternehmung lindernder analgetischer Maßnahmen keine rechtmäßige Exposition von Tieren gegenüber belastender Verfahren vor, sodass die Schmerzfreiheit auf Einzeltierbasis umzusetzen ist (Binder 2014: 456). Im Tätigkeitsbereich der Schlachtung erfüllt die Betäubung dieselbe Funktion der Desensibilisierung. Bei Anwendung von Kohlendioxid in hohen Konzentrationen werden die Schweine vor den Schmerzen des Entblutungsschnitts bewahrt, welcher die Tötung der Tiere verursacht. Diese werden jedoch nicht vor den eintretenden Belastungen, welche durch die hohe Kohlendioxidkonzentration und die aversive Eigenschaft des Gases selbst hervorgerufen werden, geschützt, sodass ihnen durch die Betäubung hervorgerufene Belastungen im Sinne von Schmerzen, Leiden und Ängsten bei aufrechterhaltenem

Bewusstsein widerfahren. Die Zweckmäßigkeit der Anästhesie und Analgesie wird folglich im tierexperimentellen Bereich gezielter umgesetzt, sodass eine mit Kohlendioxid in hohen Konzentrationen vergleichbare vermeidbare Exposition an Belastungen bei aufrechterhaltenem Bewusstsein nicht zulässig ist.

Durch die stichprobenartige Überprüfung des Betäubungserfolges und die nach österreichischem Nationalen Leitfaden kalkulierte 1%ige Fehlbetäubung wird die rechtlich vorgesehene Schmerzfreiheit auf Einzeltierbasis nicht umgesetzt, sodass die einzelnen Schweine im Rahmen der Schlachtung konträr zur rechtlichen Anforderung der schmerzfreien Betäubung nach Art. 2 VO (EG) 1099/2009 nicht vor vermeidbaren Belastungen bewahrt werden.

Die vorliegenden Diskrepanzen im Umgang mit Schweinen, welche sich in der gegenüberstellenden Betrachtung zwischen den Tätigkeitsfeldern der Tierversuche und der konventionellen Schlachtung ergeben, bestätigen die angenommene Hypothese einer bestehenden ungleichen Umsetzung der Belastungsreduktion im Umgang mit Schweinen, trotz der vorherrschenden kongruenten rechtlichen Anforderungen, sodass der Indivualtierschutz in der konventionellen Betäubung von Schweinen mittels hochkonzentriertem Kohlendioxid nicht rechtmäßig garantiert wird.

10 Fazit

Aufgrund der intensiven Belastungen, welche Schweinen am Schlachthof im unbetäubten Zustand in der konventionellen Standardbetäubung durch hochkonzentriertem Kohlendioxid >80 % wiederfahren, besteht hohe Dringlichkeit von dieser hochgradig tierbelastenden Betäubungsmethode abzukommen. Da im Tätigkeitsbereich der Schlachtung keine Prüfung auf Angemessenheit der einzelnen Methoden vor Exposition an Belastungen möglich ist und die Umsetzung verschiedenartiger Verfahren am Schlachthof nicht erdenklich ist, besteht umso größere Notwendigkeit der Implementierung eines konventionellen Standardverfahrens der Betäubung, welches die geringstmöglichen Belastungen hervorruft und sich unabhängig des genetischen Hintergrunds der Tiere für die gesamte Tierart als adäquat erweist.
Die Umsetzung bereits rechtlich zulässiger alternativer Betäubungsmethoden durch <40 % CO_2 in Verbindung mit Edelgasen und Sauerstoff, oder die alleinige Anwendung von Edelgasen, insbesondere Argon, unter Beimengung von 2 % O_2 ist anzustreben und bei weiterem Forschungsbedarf auf Unionsebene zu unterstützen, sodass im Rahmen einer Übergangsfrist die Ablösung der Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen absehbar ist. Insbesondere gilt dabei die mögliche Umsetzung der Kombination aus Edelgasen und der ergänzenden Tötung durch elektrischen Strom in der Gasatmosphäre zu untersuchen. Dadurch kann die rechtlich vorgeschriebene Belastungsvermeidung und Empfindungslosigkeit der einzelnen Schweine bis zum eintretenden Tod erzielt werden und wie bei tierexperimentellen Terminalversuchen vorgegangen werden. Außerdem ist die Widersprüchlichkeit, welche der Verordnung über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung (EG) Nr. 1099/2009 unterliegt, zu revidieren. Im rechtlichen Rahmen der Verordnung werden die Anforderungen hinsichtlich der Betäubung und der Feststellung des aufrechterhaltenen Betäubungserfolges, im Sinne der Verhinderung von vermeidbaren auftretenden Belastungen, festgelegt. Gleichermaßen wird jedoch eine entgegenwirkende rechtliche Grundlage geschaffen. So findet die rechtmäßige Umsetzung der Betäubung als Vorgehensweise, welche Tiere ohne Schmerzen in einen Zustand der Wahrnehmungslosigkeit versetzt, im Standardverfahren der hochkonzentrierten Kohlendioxidbetäubung aufgrund der intensiven Belastungen, welche Schweine in den übergehenden Zustand der Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit begleiten, keine Verwirklichung. Weitere Diskrepanz herrscht hinsichtlich der verpflichtenden

Aufrechterhaltung des Betäubungszustandes bis zum eintretenden Tod der Tiere, da diese durch die stichprobenartige Überprüfung des Betäubungserfolges nicht auf Einzeltierebene gewährleistet werden kann.

Es besteht die Notwendigkeit diese Unstimmigkeiten innerhalb des rechtlichen Rahmens zu überarbeiten, sodass die vorgeschriebene Verpflichtung, zur Bewahrung der Tiere vor vermeidbaren Belastungen, in der konventionellen Betäubung am Schlachthof in Einklang mit den rechtlichen Anforderungen gänzlich umgesetzt werden kann.

Zusammenfassung

Schweine werden gegenwärtig zur Fleisch- und Lebensmittelherstellung herangezogen und finden aufgrund ihrer anatomischen und physiologischen Similarität zum Menschen auch in der tierexperimentellen Forschung zunehmenden Einsatz. Der ansteigenden Konsumtendenz des Schweinefleischverzehrs folgt jedoch auch eine Anpassung des Schlachtverfahrens, da eine erhöhte ökonomische Ausbeute mit höheren stündlichen Schlachtfrequenzen angestrebt wird. Die Anforderung der raschen Produktion hat folglich zur Etablierung der Betäubung mittels Kohlendioxid in hohen Konzentrationen >80 % als konventionelle Standardmethode am Schlachthof geführt. Ihrem Einsatz unterliegt eine vorteilhafte tierschonende Begründung. Die Tiere müssen nicht vereinzelt werden und können in der Gruppe betäubt werden, es besteht kein Risiko der schmerzhaften Fehlbetäubung durch falsch angelegte Elektroden und die Tiere müssen zu deren Positionierung nicht getrennt und fixiert werden. Dieses Betäubungsverfahren generiert durch das Erreichen hoher stündlicher Schlachtfrequenzen von bis zu 900 Tieren jedoch auch einen fundamentalen ökonomischen Vorteil gegenüber anderen Methoden.

Die Kohlendioxidbetäubung findet im Rahmen der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 rechtliche Legitimität. Ihre Anwendung ruft dennoch hochgradige Bedenken hervor, da sie mit intensiven respiratorischen Belastungen der Schweine einhergeht, welche bereits vor Eintritt des Bewusstseinsverlustes vorkommen. Die mangelhafte Berücksichtigung des Tierwohles und die Bedenken aufgrund der aversiven Nebenwirkungen rufen die Anforderung einer Ablösung der Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen durch tierschonendere Verfahren mit Edelgasen oder Kombinationen aus Edelgasen und gering dosiertem Kohlendioxid hervor.

Tiere werden sowohl im Kontext der Schlachtung als auch im Kontext der tierexperimentellen Forschung als empfindungsfähige Wesen beschrieben. Ihnen wird in beiden Tätigkeitsbereichen durch den rechtlichen Rahmen der Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 und der Richtlinie 2010/63/EU die Fähigkeit der Schmerzwahrnehmung zugeschrieben, aufgrund dieser sie vor Belastungen im Sinne von Schmerzen, Leiden und Ängsten zu bewahren und zu schützen sind. Dadurch wird hinsichtlich der tierbelastenden Methode der Kohlendioxidbetäubung in hohen Konzentrationen die Anforderung einer uniformen Berücksichtigung der Tiere und ihres Wohlbefindens erhoben. Dabei ist das Prinzip der Belastungsreduktion, welches sich in der tierexperimentellen Tätigkeit im Rahmen der 3-R Prinzipien konkretisiert, ebenso auf die Betäubungsmethoden im Rahmen der Schweineschlachtung zu übertragen.

Summary

Pigs are primarily used for the production of food and pork. They also represent a very common animal model in biomedical research due to their anatomical and physiological similarity to humans. Due to the increased pork consumption and consequently a higher demand on the global market, slaughter and stunning procedures have been adapted to the increasing pork request establishing faster techniques reaching a slaughter frequency of 900 animals per hour. Due to these requirements, the stunning method using carbon dioxide in high concentrations of >80 % has emerged as a new standard procedure in abattoirs. The procedure seems to be more animal friendly as pigs can be stunned in groups, the need of fixation of the single animals is no longer given and there is little danger of a painful stunning failure compared to the inappropriate placing of electrodes as in the older method of the electrical stunning. Despite these benefits the implementation of this stunning procedure heavily driven by the higher economic benefit in virtue of the very fast slaughter frequency and the economic properties of the gas. This becomes particularly evident in the argument that animal friendlier methods cannot be implemented due to their higher cost.

In the European Community the method of stunning using carbon dioxide in high concentrations is legally approved trough the Council Regulation (EC) No 1099/2009 on the protection of animals at the time of killing. Despite the legal permission there are however ethical concerns about the painful collateral side effects caused by this stunning procedure, e.g. animals showing respiratory stress and aversive reactions to the gas in a fully conscious state before the onset of the stunning effect. The poor animal welfare and the harmful side effects caused by this stunning technique have to be taken into consideration, as there is an urgent need of replacing the stunning trough carbon dioxide in high concentrations with more humane ways of stunning, e.g. the mixture of carbon dioxide in low concentrations and inert gases or the application of inert gases as sole agents.

The Council Regulation (EC) No. 1099/2009 as well as the Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for scientific purposes of animals do perceive animals in a pathocentric way attributing them the ability of feeling pain and negative experiences. So, they are both based on a pathocentric norm aiming the goal of causing the minimum pain and suffering. Coming back to the harmful stunning method using carbon dioxide in high concentrations there emerges the need of an equal consideration of animals and their wellbeing, expanding the principles of the 3-R from experimental techniques to slaughtering procedures aiming the establishment of less painful stunning methods in abattoirs.

11 Abkürzungsverzeichnis

A	Ampere
Ar	Argon
ATP	Adenosintriphosphat
CO_2	Kohlendioxid
CRH	Corticotropin Realising Hormon
CSF	*Liquor Cerebrospinalis* (engl. Cerebrospinal Fluid)
EEG	Elektroenzephalographie
$ETCO_2$	Endtidales CO_2
G	Gauge
GABA	Gamma-Aminobuttersäure
HPA	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrindenachse
Hz	Hertz
i. m.	Intramuskulär
i. v.	Intravenös
J	Joule
MAC	Minimale Alveoläre Konzentration (engl. Minimum Alveolar Concentration)
N_2O	Distickstoffmonoxid
NSAID	Nicht-stereoidales Antiphlogistikum
NMDA	N-methyl-D-aspartat
O_2	Sauerstoff
RL	Richtlinie
ppm	Parts per million (10^{-6})
s. c.	Subkutan
TIVA	Total Intravenöse Anästhesie
VO	Verordnung
ZNS	Zentralnervöses Nervensyste

12 Literaturverzeichnis

AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz (LAV) (2018): Handbuch zur Tierschutzüberwachung bei der Schlachtung und Tötung.

Ahne, Winfried (2007): Tierversuche. Im Spannungsfeld von Praxis und Bioethik, Stuttgart: Schattauer.

Alef, Michaele (2003): Inhalationsanästhetika und Trägergase. In: Alef, Michaele, Oechtering, Gerhard (Hg.) (2003): Praxis der Inhalationsanästhesie. Stuttgart: Enke, S. 1-17.

Alef, Michaele (2010): Ferkelkastration unter CO2-Anästhesie – Eine Erklärung der Association of Veterinary Anaesthesist. In: Veterinär Spiegel 2010, (1), S.42-43.

Algers, Bo, Atkinson Sakert (2014): Mechanical Stunning. In: Dikeman, Michael, Devine, Carrick (Hg.) (2014): Encyclopedia of Meat Sciences. London: Elsevier, S. 407-412.

Alstrup, Aage K.O (2010): Anesthesia and analgesia in Ellegaard Göttingen Minipigs. Aarhus: PET Centre, Aarhus University Hospital. Online unter: https://minipigs.dk/fileadmin/filer/Publications/Anaesthesia_and_Analgesia_in_Ellegaard_Goettingen_Minipigs.pdf [eingesehen am: 20.06.2019]

American Society of Anesthesiologists. (2004): Continuum of depth of sedation: Definition of general anesthesia and levels of sedation / analgesia. Online unter: http://www.asahq.org/publicationsAndServices/standards/20.pdf. [eingesehen am 13.05.2019]

American Veterinary Medical Association. AVMA (2013): Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2013 Edition. Online unter: https://www.avma.org/KB/Policies/Documents/euthanasia.pdf [eingesehen am: 20.06.2019]

Annecke, T., Rehm, M., Bruegger, D., Kubitz, J.C., Bruegger, D., Kubitz, J.C., Kemming, J.L., Stoeckelhuber, M., Becker, **B.F., Conzen, P.F. (2011):** Ischemia-reperfusion induced unmeasured anion generation and glycocalix shedding: Sevoflurane versus propofol anesthesia. In: Journal of Investigative Surgery 2011, (25/3), S. 162-168.

Arbeitsgruppe Tierschutz bei der Schlachtung (2014): Leitfaden für bewährte Verfahrensweisen betreffend Tierschutz bei der Schlachtung.

Bahls, M., Bidwell, Christopher A., Hu, Juan, Tellez, Armado, Kaluza, Greg L., Granada, Juan F., Krueger, Christian G., Reed, Jess D., Laughlin, M. Harold, Van Alstine, William G., Newcomer, Sean C. (2013): Gene expression differences during the heterogeneous progression of peripheral atherosclerosis in familial hypercholesterolemic swine. In: BMC Genomics 2013, (14), S.443.

Bassols A., Costa C., Eckersall D., Osada J., Sabrià J., Tibau J. (2014): The pig as an animal model for human pathologies: A proteomic perspective. In: Proteomics Clinical Applications 2014, (8), S. 715-731.

Beceril-Herrera, M., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Schunemann, A.A., Lemus-Flores, C., Gonzalez-Lonazno, M., Ramirez-Necoechea, R., Alonso, Spilsbury, M. (2009): Relevant aspects of swine welfare in transit. In: Veterinaria Mexico, (40), S.315-329.

Becerril-Herrera M., Alonso-Spilsbury, M., Lemus-Flores, C., Guerrero-Legarreta, I., Olmos-Hernandez, A., Ramirez-Necocheca, R., Mota-Rojas, D. (2009): CO2 stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. In: Meat Science 2009, (81), S.233-37.

Binder, Regina (2013): Rechtliche Grundlagen des Tierversuches. In: Binder, Regina, Alzmann, Norbert, Grimm, Herwig (Hg.) (2013): Wissenschaftliche Verantwortung im Tierversuch. Ein Handbuch für die Praxis, Baden-Baden: Nomos, S.68-139.

Binder, Regina (2014): Das österreichische Tierschutzrecht. Tierschutzgesetz und Tierversuchsgesetz 2012. Wien: Manz.

Binder, Regina, Kronen, Peter, Marashi, Vera, Moens, Yves, Pohl, Ulrike, Rülicke, Thomas (2013): Refinement II: Grunsätze des Versuchsrefinements. Anästhesie und Analgesie. In: Binder, Regina, Alzmann, Norbert, Grimm, Herwig (Hg.) (2013): Wissenschaftliche Verantwortung im Tierversuch. Ein Handbuch für die Praxis, Baden-Baden: Nomos, S.230-264.

Bolanos-Lopez, D., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Flores-Peinado, S., Mora-Medina, P., Roldan-Santiago, P., Borderas-Tordesillas, F., Garcia-Herrera, R., Trujillo-Ortega, M., Ramirez-Necoechea, R. (2014): Recovery of consciousness in hogs stunned with CO2: Physiological responses. In: Meat Science 2014,(98/2), S.193-197.

Bowker, B.C., Grant, A.L., Forrest, J.C., Gerrard, D.E. (2000): Muscle metabolism and PSE pork. In: Journal of Animal Science, (79), S.1-8.

Brown, Marilyn J. (2014): Ethics and Animal Welfare. In: Bayne, Kathryn, Turner, Patricia V. (Hg.) (2014): Laboratory Animal Welfare. USA: Elsevier, S. 7-14.

Channon, H.A., Payne, A.M., Warner, R.D. (2002): Comparison of CO2 stunning with manual electrical stunning (50Hz) of pigs on carcass and meat quality. In: Meat Science 2002, (60), S. 63-68.

Channon, H.A., Payne, A.M., Warner, R.D. (2003): Effect of stun duration and current level applied during head to back and head only electrical stunning of pigs on pork quality compared with pigs stunned with CO2. In: Meat Science, (65), S.1325-1333.

Clarke, Kathy, Trim, Cynthia, Hall, Leslie (Hg.) (2013): Veterinary Anesthesia. Philadelphia: Saundersimprint.

Comroe, J.H. (1965): Physiology of Respiration. Chicago: Year Book Medical Publishers.

D'Eath (2010): Pigs aggressive temperament affects pre-slaughter mixing aggression, stress and meat quality. In: Animal 2010, (4), S.604-616.

Dalmau A, Rodriguez P, Llonch P, et al. (2010): Stunning pigs with different gas mixtures:aversion in pigs. In: Animal Welfare 2010, (19), S. 325-333.

Dalmau A., Llonch, P., Rodriguez P., Ruiz-de-la-torre JL., Manteca X., Velarde A. (2010): Stunning pigs with different gas mixtures: gas stability. In: Animal Welfare 2010. (19), S. 315-323.

De Sousa, S.L., Dickinson, R., Lieb, W.R., Franks, N.P. (2000): Contrasting synaptic actions of the inhalational general anesthetics isoflurane and xenon. In: Anesthesiology 2000, (92), S.1055-1066.

DeRouchey, Joel, Goodband, B., Tokach, M. et al. (2009): Digestive system of the pig anatomy and function. In: North American Veterinary Community Conference 2009, S. 375-376.

Dodman, N.H., (1977): Oberservations on the use of the Wernburg dip-lift carbon dioxide apparatus for pre slaughter anaesthesia of pigs. In: British Veterinary Journal 1997, (133), S.71-80.

Driessen, E., Nann, L.E., Klein, L., (2003): Use of a helium/oxygen carrier gas mixture for inhalation anaesthesia during laser surgery in the airway of the horse. In: Steffey, E.P. (Hg.) (2005): Recent Advances in Anesthetic Management of Large Domestic Animals. Ithaca: International Veterinary Information Service. Online unter: https://www.ivis.org/library/recent-advances-anesthetic-management-of-large-domestic-animals/use-of-a-helium/oxygen [eingesehen am 15.09.2019]

Eberspächer, Eva (2017): Anästhesie Skills. Perioperatives Management bei Klein-, Heim- und Großtieren, Stuttgart: Schattauer.

Edwards, L.N., Grandin, T., Engle, T.E., Correa, J.A., Porter, S.P., Ritter, M.J., Sosnicki, A.A., Anderson, D.B. (2010): Use of exsanguination of blood lactate to assess the quality of pre-slaughter pig handling. In: Meat Science 2010, (86), S.384-390.

EFSA Report (2004): Welfare Aspects of Animal Stunning and Killing Methods.

Eger, E., Johnson, B., Weiskopf, R., Holmes, M., Yasuda, N., Trang, A., Rampil, I. (1988): Minimum alveolar concentration of I-653 and isoflurane in pigs: Definiton of a supramaximal stimulus. In: Anesthesia and Analgesia 1988 (67/12), S. 1174-1176.

Eger, Edomnd I. (1981): Isoflurane: a review. In: Anesthesiology 1981, (55), S. 559-576.

Ehler, W.J., Mack, J.W., Brown D.L., David, R.F. (1985): Avoidance of malignant hyperthermia in a porcine model for experimental open heart surgery. In: Laboratory Animal Science 1985, (35/2), S. 172-175.

Eisele, J.H., Eger, E.I., Muallem, M. (1967): Narcotic properties of carbon dioxide in the dog. In: Anesthesiology, (28), S.856-866.

Eisele, John H., Eger, Edmond, Muallem, Musa (1967): Narcotic properties of carbon dioxide in the dog. In: Anesthesiology 1967, (28), S. 256-265.

Eisele, P.H., Talken, L., Eisele, J.H (1985): Potency of isoflurane and nitrous oxide in conventional swine. In: Laboratory Animal Science 1985, (35/1), S. 76-78.

Eisele, P.H., Woodle, E.S., Hunter, G.C., Talken, L., Ward, R.E. (1986): Anesthetic, preoperative and postoperative considerations for liver transplantation in swine. In: Laboratory Animal Science 1986, (36/4), S. 402-405.

Erhardt, W., Haberstroh, J., Schindele M., Blümel G. (1998): Anästhesie bei Hund und Katze. In: Wiener Tierärztliche Wochenschrift 1988, (75), S. 394-403.

Erhardt, Wolf (2004): Labortiere. Definition, Aufgaben und Bedeutung tierärztlicher Anästhesiologie. In: Erhardt, Wolf, **Henke, Julia, Haberstroh, Jörg, Baumgartner, Christine, Tacke, Sabine (Hg.) (2004):** Anästhesie und Analgesie. Beim Klein- und Heimtier, mit Exoten, Labortieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen, Stuttgart: Schattauer, S. 5-14.

Erhardt, Wolf, Haberstroh, Jörg (2004): Anästhesietiefe und Anästhesiezeichen. In: Erhardt, Wolf, Henke, Julia, Haberstroh, Jörg, Baumgartner, Christine, Tacke, Sabine (Hg.) (2004): Anästhesie und Analgesie. Beim Klein- und Heimtier, mit Exoten, Labortieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen, Stuttgart: Schattauer, S. 317-326.

Erhardt, Wolf, Henke, Julia, Baumgartner, Christine (2004): Labortiere. Anästhesie von Schweinen im Experiment. In: Erhardt, Wolf, Henke, Julia, Haberstroh, Jörg, Baumgartner, Christine, Tacke, Sabine (Hg.) (2004): Anästhesie und Analgesie. Beim Klein- und Heimtier, mit Exoten, Labortieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen, Stuttgart: Schattauer, S. 758-789.

Erhardt, Wolf, Henke, Julia, Baumgartner, Christine, Kroker, Reinhard (2004): Allgemeinanästhetika. In: Erhardt, Wolf, Henke, Julia, Haberstroh, Jörg, Baumgartner, Christine, Tacke, Sabine (Hg.) (2004): Anästhesie und Analgesie. Beim Klein- und Heimtier, mit Exoten, Labortieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen, Stuttgart: Schattauer, S. 17-110.

Eurostat – Europäische Statistik (2016): Pork production up in the EU. Online unter: http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20170919-1?inheritRedirect=true [eingesehen am 16.08.2018]

Eurostat – Europäische Statistik (2018): Fleischerzeugung Schweine. Online unter: http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20170919-1?inheritRedirect=true [eingesehen am 25.08.2018]

Fahlenkamp, A.V., Rossaint, R., Coburn, M. (2015): Neuroprotectio by noble gases: new developments and insights. In: Anaesthesist 2015,(64), S. 855-858.

Fernandez, X., Meurrier-Salaun, M.C., Mormede, P. (1994): Agonistic behaviour, plasma stress hormones and metabolites in response to dyadic encounters in domestic pigs: Interrelationships and effect of dominance status. In: Physiology and Behaviour 1994, (56), S. 841-847.

Festing, Michael Francis Wogan, Overend, Philipp, Das, Rose Gaines, Borja, Mario Cortina, Berdoy, Manuel (Hg.) (2002): The design of animal experiments. Laboratory Animals Handbook Nr. 14, London: RSM Press.

Flecknell, Paul (2009): Laboratory Animal Anesthesia. USA: Elsevier.

Flecknell, Paul, Lofgren, Jennifer L.S., Dyson, Melissa C., Marini, Robert R., Swindle, Michael M., Wilson, Ronal P. (2015): Praeanesthesia, Anesthesia, Analgesia and Euthanasia. In: Fox, James G., Anderson, Lynn C., Glen, Otto M., Pritchett-Corning, Kathleen R., Whary, Mark T.(Hg.) (2015): Laboratory Animal Medicine. London: Elsevier, S. 1136-1187.

Forslid, A. (1992): Muscle spasm during pre-slaughter carbon dioxide anaesthesia in swine. In: Fleischwirtschaft, (72), S.167-168.

Franks, N.P., Dickinson, R., de Sousa, L., Hall, A.C., Lieb, W.R. (1998): How does Xenon produce anesthesia?. In: Nature 1998, (396), S. 324.

Freed D.L.J. (1983): CO2 euthanasia. In: Nature 1983, (304), 482.

Froeba, G., Marx, T., Pazhur, J., Baur, C., Baeder, S., Calzia, E., Eichinger, H.M., Radermacher, P., Georgieff, M. (1999): Xenon does not trigger malignant hyperthermia in susceptible swine. In: Anesthesiology 1999, (91), S. 1047-1052.

Gille, Uwe (2008): Herz-Kreislauf- und Abwehrsystem, Angiologia. In: Salomon, Franz-Viktor, Geyer, Hans, Gille, Uwe (Hg.) (2008): Anatomie für die Tiermedizin, Stuttgart: Enke, S. 404-460.

Grandin, T. (1988): Behavior of slaughter plant and auction employees towards animals. In: Anthrozoos 1988, (1/4), S. 205-213.

Grandin, T. (1994): Euthanasia and slaughter of livestock. In: Journal American Veterinary Medical Association 1994, (204), S. 1354-1360.

Gregory, N.G. (2004): Recent concerns about stunning and slaughter. In: Meat Science 2005, (70), S.481-491.

Gregory, N.G. (2008): Animal welfare at markets and during transport and slaughter. In: Meat Science 2008, (80), S. 2-11.

Gregory, N.G., Raj, A.B., Audsley, A.R.S., Daly, C.C. (1990): Effect of CO2 on man. In: Fleischwirtschaft 1990, (70), S.1173-1174.

Grimm, Herwig (2013): Ethik im Kontext des Tierversuchs. In: Binder, Regina, Alzmann, Norbert, Grimm, Herwig (Hg.) (2013): Wissenschaftliche Verantwortung im Tierversuch. Ein Handbuch für die Praxis, Baden-Baden: Nomos, S.23 -54.

Gros, Gerolf (2010): Atmung. In: von Engelhardt, Wolfgang (Hg.) (2010): Physiologie der Haustiere. Stuttgart: Enke. S. 260-262.

Haberstroh, Jörg (2004): Geschichte der Anästhesie bei Mensch und Tier. In: Erhardt, Wolf, Henke, Julia, Haberstroh, Jörg, **Baumgartner, Christine, Tacke, Sabine (Hg.) (2004):** Anästhesie und Analgesie. Beim Klein- und Heimtier, mit Exoten, Labortieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen, Stuttgart: Schattauer, S. 1-4.

Hannon, John P., Bossone, Carol A., Wade, Charles E. (1990): Normal physiological values for conscious pigs used in biomedical research. In: Laboratory Animal Science 1990, (40), S. 293-298.

Hecker, K.E., Horn, N., Baumert, J.H., Reyle-Hahn, S.M., Heussen, N., Rossaint, R. (2004): Minimum alveolar concentration (MAC) in intubated swine. In: British Journal of Anesthesia 2004 (92), S. 421-424.

Helke, Kristi L., Ezell, Paula C., Duran-Struuck, Daimon, Swindle, Michael M. (2015): Biology and Diseases of Swine. In: Fox, James G., Anderson, Lynn C., Glen, Otto M., Pritchett-Corning, Kathleen R., Whary, Mark T.(Hg.) (2015): Laboratory Animal Medicine. London: Elsevier, S. 695-769.

Henke Julia, Erhardt, Wolf (2002): Notfallgerechte Ausrüstung einer Anästhesieeinheit. In: Erhart Wolf, Henke Julia, Lendl, Christine (Hg.) (2002): Narkosenotfälle. Stuttgart: Enke, S.5-30.

Hodgkinson, O. (2007): Practical sedation and anesthesia in pigs. In: Farm Animal Practice 2007, (29), S. 34-39.

Jain, N.C. (1993): Essential of Veterinary Hematology. Philadelphia: Lea and Febiger.

Jongman, E.C., Barnett, J.L., Hemsworth, P.H. (1998): The aversiveness of carbon dioxide stunning in pigs. In: Manipulating Pig Production VI, Pig Research and Development Corporation, S. 128.

Kaneko, J.J. (1997): Carbohydrate Metabolism and its Diseases. In: Clinical Biochemistry of Domestic Animals. In: Kaneko, **J.J., Harvey, J.W., Bruss, M.L. (Hg.) (1997):** Clinical Biochemistry of Domestic Animals. San Diego: Academic Press, S.45-81.

Ko JCH, Thurmon JC, Tranquilli WJ, et al. (1993): Problems encountered when anesthetizing potbellied pigs. In: Veterinary Medicine 1993, (88), S. 435-440.

Kohler, I., Meier, R., Busato, A., Neiger-Aeschbacher, G., Schatzmann U. (1999): Is carbon dioxide (CO2) a useful short acting anaesthetic for small laboratory animals?. In: Laboratory Animals 1999, (33), S. 155-161.

Kohler, I., Moens, Y., Busato, A., Blum, J., Shatzmann, U. (1998): Inhalation anaesthesia for the castration of piglets: CO2 compared to halothane. In: Journal of Veterinary Medicine,(45), S.625-633.

Kona-Boum, Jean Jacques, Silim, Amer, Troncy, Eric (2005): Immunologic aspects of veterinary anesthesia and analgesia. In: Journal of the American Veterinary Medicine Association 2005, (226/3), S.355-363.

Kraft, Wilfried, Dürr, Ulrich M. (Hg.) (1995): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. Stuttgart: Schattauer.

Kumar, Ajay, Mann, Henry J., Remmel, Rory P. (2006): Pharmacokinetics of tiletamine and zolazepam (Telazol) in anesthetized pigs. In: Journal of Veterinary Pharmakology ans Therapeutics 2006, (29), S. 587-689.

Lambooij, Bert (2014): Electrical Stunning. In: Dikeman Michael, Devine Carrick (Hg.) (2014): Encyclopedia of Meat Sciences. London: Elsevier, 407-412.

Lambooy, E., Sybesma, W. (1988): The effect of environmental factors such as preslaughter treatment and electrical stunning on the occurence of haemorrhages in the shoulder of slaughter pigs. In: Proc. International Congress of Meat Science and Technology (Brisbane, Australia), (34), S.101-103.

Lerman, J., Oyston, J., Gallagher, T., Miyasaka, K., Volgyesi, G.A., Burrows, F.A. (1990): The minimum alveolar concentration (MAC) and hemodynamic effects of halothane, isoflurane and sevoflurane in newborn swine. In: Anesthesiology 1990, (73), S.125-133.

Lin, HuiChu (2014)a: Commonly used preanesthetics. In: Lin, HuiChu, Walz, Paul (Hg.) (2014): Farm Animal Anesthesia. Cattle, Small Ruminants, Camelids and Pigs, New Jersey: Wiley Blackwell, S. 17-38.

Lin, HuiChu (2014)b: Inhalation Anesthesia. In: Lin, HuiChu, Walz, Paul (Hg.) (2014): Farm Animal Anesthesia. Cattle, Small Ruminants, Camelids and Pigs, New Jersey: Wiley Blackwell, S. 95-110.

Lin, HuiChu (2014)c: Preanesthetic considerations. In: Lin, HuiChu, Walz, Paul (Hg.) (2014): Farm Animal Anesthesia. Cattle, Small Ruminants, Camelids and Pigs, New Jersey: Wiley Blackwell, S. 1-16.

Lin, HuiChu (2015): Comparative Anesthesia and Analgesia of Ruminants and Swine. In: Grimm, Kurt A., Lamont, Leigh A., Tranquilli, William J., Greene, Stephen A., Robertson, Sheilah A. (Hg.) (2015) Veterinary Anesthesia and Analgesia. Oxford: Wiley, S. 743-753.

Loetscher, P.D., Rossaint, J., Rossaint, R., Weis, J., Fries, M., Fahlenkamp, A., Ryang, Y.M., Grittke, O., Coburn, M. (2009): Argon: neuroprotection in in vitro models of cerebral ischemia and traumatic brain injury. In: Critical Care 2009, (13), R206.

Löscher, Wolfgang; Frey, Hans-Hasso (2010): Zentrales Nervensystem. In: von Engelhardt, Wolfgang (Hg.) (2010): Physiologie der Haustiere. Stuttgart: Enke, S.45-68.

Lunney, J. K. (2007): Advances in swine biomedical model genomics.In: Internation Journal of Biological Sciences 2007, (3), S.179-184.

M**adej, A., Mwanza, A.M., Kindhal, H., Erinarsson, S. (2005):** Effect of ACTH and CRH on plasma levels of cortisol and prostaglandin $F2_{\alpha}$ metabolite in cycling gilts and castrated boars. In: Acta Veterinaria Scandinavica, (46), S.249-256.

Mahmoudi, N.W., Cole, D.J., Shapiro, H.M (1989): Insufficient anesthetic potency of nitrous oxide in the rat. In: Anesthesiology 1989, (70), S. 345-349.

Makowska, Joanna I., Niel, Lee, Kirdken, Richard D., Weary, Daniel M. (2008): Rats show aversion to argon-induced hypoxia. In: Applied Animal behaviour science 2008, (114), S. 572-581.

Malavasi, Lais M (2015): Swine. In: Grimm, Kurt A., Lamont, Leigh A., Tranquilli, William J., Greene, Stephen A., Robertson, Sheilah A. (Hg.) (2015): Veterinary Anesthesia and Analgesia. Hoboken: John Wiley&Sons, S. 928-940.

Martoft, L., Lomholt, L., Kolthoff, C., Rodriguez, B.E., Jensen, E.W., Jørgensen P.F., Pedersen, H.D., Forslid A. (2002): Effects of CO2 Anesthesia on central nervous system activity in swine. In: Laboratory Animals, (36), S.115-126.

Martoft, L., Stodkilde-Jorgensen, H., Forslid, A. (2003): CO2 induced acute respiratory acidosis and brain tissue intracellular pH: a 31P NMR study in swine. In: Laboratory Animals 2003, (37), S.241-248.

Mattson, JL (1972): EEG power-spectral changes coincident with onset of carbon dioxide narcosis in rhesus monkey. American Journal of Veterinary Research, (33), S.2043-2049.

Meyer, J.S., Gotoh, F., Tazaki, Y. (1961): CO2-narcosis. An experimental study. In: Neurology 1961, (11), S. 524-531.

Meyer, J.S., Gotoh, F., Tazaki, Y. (1966): Acute respiratory acidemia correlation of jugular composition and EEG during CO2-narcosis. In: Neurology 1966,(16), S. 463-474.

Miller, K.W., Smith, E.B. (1973): Intermolecular forces and the pharmacology of simple molecules. In: Featherstone, Robert M. (Hg.) (1973): A Guide to Molecular Pharmacology and Toxicology. New York: Marcel Dekker, S. 1-13.

Mizelle, Brett (2011): Pig, London: Reaktion Books.

Moon, Paula F., Smith, Leslie J. (1996): General anesthetic techniques in swine. In: Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 1996 (12), S. 663-691.

Morgan, J.B., Cannon, F.K., McKeith, D., Meeker, D., Smith, G.C. (1993): National Pork Chain, Quality Audit (Packer-Processor-Distributor). Final Report to the the National Pork Producers Council. Colorado State University, Fort Collins and University of Illinois, Champaign-Urbana.

Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsburyand, M., Ramirez-Necoechea R. (2010): Pig Welfare Stunning: Performance of Metabolic Variables. In: Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Trujillo-Ortega, M.E. (Hg.) (2010): Animal Welfare and Meat Quality. Mexico, Districto Federal: BM Editores, S. 225-234.

Mota-Rojas, D., Bolanos-Lopez, Dan, Concepcion-Mendez, Maria, Ramirez-Telles, Jorge, Roldan-Santiago, Patricia, Flores-Peinado, Salvador, Mora-Medina, Patricia (2012): Stunning Swine with CO2 Gas: Controversies related to animal welfare. In: International Journal of Pharmacology 2012, (8/3), S.141-151.

Mota-Rojas, D., Maldonado, M.J., Becerril, S.C.P. Flores, Gonzalez-Lozano, M. et al. (2008): Welfare at slaughter of broiler chickens: A review. In: International Journal for Poultry Science 2008, (7), S.1-5.

Ninos, Thimjos (2014): Animal Welfare – Stunning and bleeding. In: Ninos, Thimjos, Lunden, Janne, Korkeala, Hannu, Fredriksson-Ahomaa (Hg.) (2014): Meat inspection and control in the slaughterhouse. New Jersey: Wiley-Black, S. 47-72.

Nroad, Kevin D., Fierens, Igor, Fleiss, Bobbi, Rocha-Ferreira, Eridan, Ezzati, Mojgan, Hassell, Jane, Alonso-Alconada, Daniel, Bainbridge, Alan, Kawano, Go, Ma, Daqing, Tachtsidis, Ilias, Gressens, Pierre, Golay, Xavier, Sanders, Robert D., Roberston, Nicola J. (2016): Inhaled 45-50 % argon auments hypothermic brain protection in a piglet model of perinatal asphyxia. In: Neurobiology of Disease 2016, (87), S. 29-38.

Orozco-Gregorio, H., Gonzalez-Lozano, M., Caballero-Chacon, S., Mota-Rojas, D. (2010): Stress and Pain during Slaughter Animal at the Abbatoir. In: Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Trujillo-Ortega, M.E. (Hg.) (2010): Animal Welfare and Meat Quality. Mexico, Districto Federal: BM Editroes, S. 211-214.

Otten, W., Puppe. B., Kanitz, E., Schon, P.C., Stabenow, B. (1999): Effects of dominance and familiarity on behaviour and plasma stress hormones in growing pigs during social confrontation. In: Journal of Veterinary Medicine A, (46), S.277-292.

Peppel, P., Anton, F. (1993): Responses of rats medullary dorsal horn neurons following intranasal noxious chemical stimulation: effects of stimulus intensity, duration and interstimulus interval. In: Journal of Neurophysiology, (70), S.2260-2275.

Prather, R. S. (2013): Pig genomics for biomedicine. In: Nature Biotechnology 2013, (31), S.122-124.

Quiroga, T.G., Garcia, S.J.L. (1995): Welfare implications of gas stunning of pigs. Determination of aversion to the initial inhalation of carbon dioxide or argon. In: Animal Welfare 1995, (4), S.273-280.

Raj, A.B.M. (1999): Behaviour of pigs exposed to mixtures of gases and the time required to stun and kill them: welfare implications. In: Veterinary Record 1999, (144), S.165-168.

Raj, A.B.M. (2014): Stunning, CO2 and other gases. In: Dikeman Michael, Devine Carrick (Hg.) (2014): Encyclopedia of Meat Sciences. London: Elsevier, S.401-406.

Raj, A.B.M., Gregory, N.G. (1995): Welfare implications of the gas stunning of pigs 1. Determination of aversion to the initial inhalation of carbon dioxide or argon. In: Animal Welfare 1995, (4), S.273-280.

Raj, A.B.M., Gregory, N.G. (1996): Welfare implications of gas stunning of pigs 2. Stress of induction of anaesthesia. In: Animal Welfare 1996, (5), S.71-78.

Raj, A.B.M., Johnson, S.P., Wotton, S.B., McKinstry, J.L. (1997): Welfare implications of gas stunning of pigs 3. Time to loss of Somatosensory Evoked Potentials and Spontaneous Electrocorticogram of pigs during exposure to gases. In: British Veterinary Journal 1997, (153), S.329-340.

Randall, D., Eckert, R., Burggren, W., French, K. (Hg.) (2002): Tierphysiologie. Stuttgart: Thieme.

Regueiro-Purriños M., Fernández-Vázquez F, de Prado AP, Altónaga JR, Cuellas-Ramón C, Ajenjo-Silverio JM, Orden **A, Gonzalo-Orden JM (2011):** Ventricular arrhythmias and mortality associated with isoflurane and sevoflurane in a porcine model of myocardial infarction. In: Journal of the American Association of Laboratory Animal Science 2011, (50/1), S. 7-78.

Rehmert, G.C., Kwok, W.M., Weigt, H.U., Georgieff, M., Bosnjak, Z.J. (1998): Xenon does not inhibit cardiac ion channels. Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie 1998, S. 33:E 402.2.

Reyle-Hahn, M., Rossaint, R. (2000): Xenon – ein neues Anästhetikum. In: Anaesthesist 2000, (49), S. 869-874.

Richter, T., Pieper, K., Henke, J., Erhardt, W., Matis, U. (2007): Intraoperative analgesia in dogs with metamizole and/or fentanyl for hip replacement. AVA/ECVAA Meeting, Leipzig 2007, S. 53.

Richtlinie 2010/63/EU zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere

Ring, C., Erhardt, W., Kraft, H., Schmidt, A., Weinmann, H.M., Berner, H., Unshelm, J. (1988): Betäubung von Schlachtschweinen mittels Kohlendioxid. In: Fleischwirtschaft 1988, (86), S.1304-1307.

Rodriguez P., Dalmau A., Ruiz-de-la-torre JL., Manteca X., Jensen EW., Rodriguez B., Litvan H., Velarde A. (2008): Assessment of unconsciousness during carbon dioxide stunning in pigs. In: Animal Welfare 2008. (17), S. 341-349.

Salomon, Franz Viktor (2008): Nervensystem, Sistema nervosum. In: Salomon, Franz-Viktor, Geyer, Hans, Gille, Uwe (Hg.) (2008): Anatomie für die Tiermedizin. Stuttgart: Enke, S.464-562.

Sanders R.D., Franks, N.P., Maze, M. (2003): Xenon: No stranger to anaesthesia. British Journal of Anaesthisology 2003 (91), S.129-134.

Sandoe, P., Corr, SA., Lund, TB., Forkman, B. (2019): Aggregating animal welfare indicators: can it be done in a atransparent and ethically way?. In: Animal Welfare 2019, (28), S.67-76.

Sann, Holger (2010): Nozizeption und Schmerz. In: von Engelhardt, Wolfgang (Hg.) (2010): Physiologie der Haustiere. Stuttgart: Enke. S. 75-79-.

Schaper, Wolfgang, Jageneau, Anton, Xhonneux Raymond. (1967): The development of collateral circulation in the pig and dog heart. In: Cardiologia 1967, (51), S. 321-335.

Schuchmann, Heike P., Schuchmann, Harald (Hg.) (2005): Lebensmittelverfahrenstechnik. Weinheim: Wiley-VCH, S. 41.

Schulte am Esch, Jochen, Kochs, Eberhard, Bause, Hanswerner (2010): Allgemeinanästhesie. In: Schulte am Esch, Jochen, **Kochs, Eberhard, Bause, Hanswerner (Hg.) (2010):** Anästhesie und Intensivmedizin. Stuttgart: Thieme, S. 68-184.

Scott, M. (2018): The humane slaughter of pigs in the European Union. In: Derecho animal, (9/4), S. 68-111.

Seok J, Warren H, Cuenca A, Mindrinos M et al. (2013): Genomic responses in mouse models poorly mimic human

Smith, A.C., Ehler, W., Swindle, M.M. (1997): Anesthesia and Analgesia in Swine. In: Kohn, D.H., Wixson, S.K., White, W.J., Benson, G.J. (Hg.) (1997): Anesthesia and Analgesia in Laboratory Animals. New York: Academic Press, S. 413-336.

Statistik Austria, Schlachtungsstatistik vom 09.02.2018. Online unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/viehbestand_tierische_erzeugung/schlachtungen/index.html [eingesehen am 16.08.2018]

Stevenson, P. (2001): Animal Welfare Problems in UK Slaughterhouses. Report by Compassion in World Farming Trust.

Sturma, D., Lanzerath, D. (Hg.) (2015): Tiere in der Forschung. Naturwissenschaftliche, rechtliche und ethische Aspekte, Freiburg: Verlag Karl Alber, S. 64.

Swindle, M.M., Smith A.C., Hepburn, B.J. (1988): Swine as models in experimental surgery. In: Journal of Investigative Surgery, (1), S. 65-79.

Swindle, Michael M. (1986): Surgery and anesthesia. In: Tumbleson, Mike .E. (Hg.) (1986): Swine in Biomedical Research. New York: Plenum Press.

Swindle, Michael M. (1998): Defining appropriate health status and management programs for specific-pathogen-free swine for xenotransplantation. In: Annals for the New York Academy of Science, (862), S. 111-120.

Swindle, Michael M. (2007): Swine in the Laboratory: Surgery, Anesthesia, Imaging, and Experimental Techniques. Boca Raton: CRC Press.

Swindle, Michael M., Sistino, Joseph J. (2016): Anesthesia, Analgesia, and Perioperative Care. In: Swindle, Michael M, **Smith, Alison C. (Hg.) (2016):** Swine in the laboratory. Surgery, Anesthesia, Imaging and Experimental Techniques, Boca Raton: CRC Pres

Thurmon, JC, Benson, G.J (Hg.) (1986): Veterinary Anesthesia. Baltimore: Williams & Wilkins.

Tierversuchsstatistik 2019. Online unter: https://www.bmbwf.gv.at/dam/jcr:523e7424-d9d0-42f6-a6c9-5ceb39069e60/Tierversuchsstatistik_2019.pdf [eingesehen am 02.10.2020]

Tierschutzgesetz 2019. Textausgabe für Studium und Praxis, Hamburg: Deutscher Rechtstexte Verlag DRV.

Tranquill, W.J., Thurmon, J.C., Benson, G.J., Steffey, E.P. (1983): Halothane potency in pigs (Sus scrofa). In: American Journal of Veterinary Research 1983, (44/6), S.1106-1107.

Tranquilli, W.J., Thurmon, J.C., Benson, G.J., (1985): Anesthetic potency of nitrous oxide in young swine (sus scrofa). In: American Journal of Veterinary Research 1985, (46/1), S. 58-60.

Underwood, Wendy J., Mcglone, John J., Swanson, Janice, Anderson, Kenneth A., Anthony, Raymond (2014): Agricultural Animal Welfare. Swine Welfare. In: Bayne, Kathryn, Turner, Patricia V. (Hg.) (2014): Laboratory Animal Welfare. USA: Elsevier, S. 233-278.

Velarde, A., Gisper, M., Faucitano, L., Manteca, X., Diestre, A. (2000): The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and hemorrhages in pork carcasses. In: Meat Science, (55), S.309-314.

Von Holleben, K., von Wenzlawowicz, M. (2008): Aspekte des Tierschutzes bei Transport und Schlachtung. In: Spiller A., Schulze, B. (Hg.) 2008: Zukunftsperspektiven der Fleischwirtschaft. Verbraucher, Märkte, Geschäftsbeziehungen, Göttingen: Universitätsverlag Göttingen, S. 443-464

Warris, P.D., Wotton, S.B., (1981): Effect of cardiac arrest on exsanguination in pigs. Research in Veterinary Science 1981, (31), S.82-86.

Warriss, P.D., Brown, S.N., Adams, S.J.M. (1994): Relationship between subjective and objective assessments of stress at slaughter and meat quality in pigs. In: Meat Science, (38), S.329-340.

Weiskopf, R.B., Holmes, M.A., Eger, E.I, Yasuda, N., Rampil, I.J., Johnson, N.H., Targ, A.G., Reid, L.A., Keil, L.C. (1992): Use of swine in the study of anesthetics. In: Swindle, M.M. (Hg.) (1992): Swine as a Model in Biomedical Research. Ames, IA: Iowa State University Press, S. 96-117.

Weiss, Jürgen, Becker, Kristianna, Bernsmann, Emanuela, Chourbaji, Sabine, Dietrich, Hermann. (2014): Versuchstierkunde. Tierpflege in Forschung und Klinik, Stuttgart: Enke.

Wolff P (2009): Pet pig problems. In: Proceedings of the North American Veterinary Conference 2009, S. 416-419.

Working Party Report (1996): Recommendation of euthanasia of experimental animals: Part 1. In: Laboratory Animals, (30), S.293-316.

Working Party Report (1997): Recommendation of euthanasia of experimental animals: Part 2. In: Laboratory Animals, (31), S.1-32.

Zvonek, Kathrin (2017): Am Ende Panik. Tierschutzprobleme bei der routinemäßig durchgeführten CO_2-Betäubung am Schlachthof – dringender Forschungsbedarf. – In: Der kritische Agrarbericht, 2017 (2017), S. 248.

Rechtsquellenverzeichnis

Bundesgesetz über Versuche an lebenden Tieren (Tierversuchsgesetz 2012 – TVG 2012), BGBl. I Nr. 114/2012 v. 28.12.2012

Richtlinie 2010/63/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2010 zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere, ABl. L 2010/276.

Tierschutzgesetz (TSchG) 2005, v. 16.12.2005, SR 455.

Verordnung (EG) Nr. 1099/2009 des Rates vom 24. September 2009 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Tötung, ABl. L 2009/303.

Verordnung (EG) Nr. 1165/2008 des europäischen Parlamentes und des Rates vom 19. November 2008 über Viehbestands- und Fleischstatistiken und zur Aufhebung der Richtlinien 93/23/EWG, 93/24/EWG und 93/25/EWG des Rates, Abl. EG L 2008/321.

Verordnung (EU) Nr. 37/2010 der Kommission vom 22. Dezember 2009 über pharmakologisch wirksame Stoffe und ihre Einstufung hinsichtlich der Rückstandshöchstmengen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs, ABl. L 2010/15.

Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit über den Schutz von Tieren bei der Schlachtung oder Tötung (Tierschutz-Schlachtverordnung), BGBl. II Nr. 312/2015 v. 16.10.2015.

Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit und Frauen über den Schutz von Tieren bei der Schlachtung oder Tötung (Tierschutz-Schlachtverordnung 2005), BGBl. II Nr. 488/2004 v. 17.12.2004.

Verordnung des BLV über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS) v. 12.08.2010, SR. 455.110.2.

Verordnung des Bundesministers für Wissenschaft und Forschung über die statistische Erfassung von Tierversuchen (Tierversuchsstatistik-Verordnung 2013 – TVSV 2013), BGBl. II Nr. 501/2013 v. 23.12.2013.

Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union (konsolidierte Fassung), ABl. v. 26.10.2012, C 326.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 5

Intecal: Machinery Equipment for the Food Industry. Online unter: http://www.intecal.com/wp-content/uploads/2018/04/Marca-Butina.pdf [eingesehen am 10.06.2020]

13 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 2
Anzahl der in der EU produzierten Tonnen an Schweinefleischerzeugnissen von 2008 bis 2016

Abb. 2 4
Anzahl der in Österreich im Jahr 2019 in Tierversuchen eingesetzten Tiere

Abb. 3 4
Anzahl der in Tierversuchen eingesetzten Schweine in Österreich von 2008 bis 2019

Abb. 4 9
Graphische Darstellung des rechtlichen Rahmens des Österreichischen Tierversuchsgesetzes

Abb. 5 24
Technische Umsetzung der Kohlendioxidbetäubung am Beispiel des Dip-Lift- und Paternoster Systems

Abb. 6 66
Stichprobenartige Überprüfung des Betäubungserfolges

14 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 26
Parameter für die Betäubung mit CO2 gemäß der Schweizer Verordnung über den Tierschutz beim Schlachten (VTSchS 2010)

Tab. 2 27
Korrelation zwischen der zunehmenden Verweildauer und des zunehmenden Entblutungsintervalls bei konstanter Gaskonzentration

Tab. 3 39
MAC Werte der Inhalationsanästhetika bei Schweinen