

## Projektskizze

### **Untersuchungen zu nicht aversiv wirkenden Gasnarkoseverfahren für Schlachtschweine**

#### **1. Hintergrund:**

Der überwiegende Teil der Schlachtschweine in Deutschland wird heute mit Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>-) Gas betäubt. Für die Durchführung einer CO<sub>2</sub>-Betäubung sind, in Abhängigkeit der Schlachtzahlen, unterschiedliche Systeme entwickelt worden, die sich alle das höhere spezifische Gewicht von Kohlendioxid im Vergleich zu Luft zunutze machen. Die Schweine werden in „Gondeln“ nach dem Lift- oder Paternosterprinzip in eine mit einem CO<sub>2</sub>-/Luftgemisch gefüllte Grube abgesenkt. Bei den sog. Backloader-Anlagen werden die Schweine gruppenweise zugeführt und 4 bis 5 Tiere gleichzeitig automatisch in eine Gondel eingetrieben. Bei diesem System ist der Zutriebstress im Vergleich zu Anlagen mit Einzeltreibgang deutlich verringert. Dies bedeutete einen merklichen Fortschritt beim Tierschutz in industriellen Schlachthanlagen.

Als Tierschutz-Schwachpunkt des Verfahrens bleibt die aversive Wirkung, welche CO<sub>2</sub> in hoher Konzentration auf die Tiere hat. Die physiologischen Wirkungen von CO<sub>2</sub> sind vielfältig. Beim Einatmen hoher CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atemluft tritt beim Menschen ein kurzer, stechender Schmerz auf der Nasenschleimhaut auf, gefolgt von einer starken, reflektorischen Ventilationssteigerung (Gefühl der Atemnot). Es tritt primär eine respiratorische Azidose ein. Der Anstieg der H<sup>+</sup>-Ionen-Konzentration im Blut ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ ) führt zu einer Stimulierung des chemosensiblen Atemzentrums (auf der Ventralseite der Medulla oblongata), was die Ventilationssteigerung auslöst. CO<sub>2</sub> beeinflusst auch die Nervenzellenfunktionen. Der dominierende Effekt einer Hyperkapnie auf Nervenzellen ist die Hyperpolarisation, was zu einer verringerten Rate weitergeleiteter Aktionspotentiale führt (Carpenter *et al.* 1974). Als Wirkungsmechanismus wird in vielen Untersuchungen die durch CO<sub>2</sub> verursachte, intrazelluläre pH-Wertabsenkung vermutet. Die anästhesierende Wirkung von Kohlendioxid ist unbestritten, jedoch setzt die Wirkung nicht sofort ein, so dass die Tiere für einen Zeitraum von ca. 10 bis 20 sec Belastungen, v.a. durch ein Gefühl der Atemnot, ausgesetzt sind. Dieses Gefühl der Atemnot entsteht weniger durch den Mangel an Sauerstoff, sondern (über Afferenzen von Chemorezeptoren im Glomus caroticum und im Glomus aorticum sowie über eine direkte Wirkung auf das Atemzentrum) vor allem durch den Überschuss an CO<sub>2</sub> im Blut.

Daraus resultierte bereits in der Vergangenheit der Ansatz, andere (inerte) Gas zu verwenden, um unter Vermeidung hoher CO<sub>2</sub>-Blutkonzentrationen Bewusstlosigkeit durch Hypoxie zu erreichen. Untersuchungen mit Argon oder Stickstoff, auch in Mischungen mit CO<sub>2</sub>, wurden durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass eine Gasbetäubung mit Argon (95 %) oder Stickstoff-Argongemischen tierschutzgerechter ist als mit Kohlendioxid (Machold et al. 2003). Aufgrund negativer Auswirkungen auf die Fleischbeschaffenheit (Blutpunkte im Schinken) stellen diese Verfahren gegenwärtig jedoch keine Alternative zur Betäubung mit CO<sub>2</sub> dar. Weitere Untersuchungen mit alternativen Gasen erscheinen jedoch angezeigt.

## 2. Zielsetzung:

Es soll das Edelgas Helium (He) als Narkosegas erprobt werden. He ist ein farbloses, geruchloses und ungiftiges Gas. Toxikologische Wirkungen von Helium sind nicht bekannt (Dauderer – klinische Toxikologie – 32. Erg.-Lfg. 12/87; EG-Sicherheitsdatenblatt Helium, SDB Nr. 8312, 2009) Es hat eine 7,5fach geringere Dichte als Luft (1 m<sup>3</sup> He = 173 g; 1 m<sup>3</sup> Luft = 1293 g). Dagegen beträgt das Dichteverhältnis CO<sub>2</sub>/Luft lediglich 1,529. Demnach müsste sich He in einem glockenförmigen Behältnis/Raum gut speichern und von der Umgebungsluft getrennt halten lassen. In Umkehrung der Verhältnisse bei den CO<sub>2</sub>-Betäubungsanlagen wären die Schweine nicht in eine Grube, sondern nach oben in eine Atmosphäre mit hohem He-Anteil zu fördern. He ist nach Wasserstoff das zweithäufigste Element. Erdgas ist mit einem He-Anteil von bis zu 7 % die wichtigste He-Quelle.

Helium wird auch in der Humanmedizin verwendet. Ein Helium-Sauerstoff-Gemisch (80:20) dient für Asthmatiker und in der Intensivmedizin als Atemgas. Das Gemisch strömt mit geringerem Widerstand durch Verengungen und lässt sich daher leichter atmen (Pneumonien bei Mastschweinen!). Eine Eignung von He als Betäubungsgas lässt sich aufgrund folgender Bemerkungen vermuten: Es wird davor gewarnt, He in geschlossenen Räumen ausströmen zu lassen, wo es den Sauerstoff verdrängt und infolge dessen zu Bewusstseinsverlust führt. „*Das Gefährliche daran ist, dass das Opfer die Erstickung kaum bis gar nicht bemerkt...*“

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Helium>). Auch im EG-Sicherheitsdatenblatt Helium wird unter „4 Erste-Hilfe-Maßnahmen“ gewarnt: „Das Opfer bemerkt das Erstickten nicht.“

In einem ersten Schritt dieser Studie soll geprüft werden, ob es möglich ist, Mastschweine unter Simulation späterer Praxisverhältnisse in einer Atmosphäre mit hohem Heliumanteil schonend zu betäuben („Proof of Principle“). Aus Kostengründen soll Ballongas (He-Anteil > 99%, Rest Luft) verwendet werden. Voraussetzung für den praktischen Einsatz von He ist, dass sich das Gas in einem nach oben

geschlossenen, unten partiell offenen System in ausreichend hoher Konzentration bei „laufendem Betrieb“ von der Umgebungsluft getrennt halten lässt. Als erste Tierschutz-Kriterien dienen das Verhalten der Tiere sowie Blut-Stresshormonanalysen. Weiterhin wäre zu prüfen, ob nachteilige Auswirkungen auf die Schlachtkörper- oder Fleischqualität auftreten. Verlaufen diese ersten Versuche zufriedenstellend, sollen in einem zweiten Schritt physiologische Parameter wie CO<sub>2</sub>-Blutpartialdrücke oder Hirnströme gemessen werden, um fundierte Bewertungen von tierschutzrelevanten Aspekten vornehmen zu können.

### **3. Stand der Forschung:**

Es liegen eine Vielzahl von Untersuchungen zum Einsatz des Edelgases Argon als Alternative zu Kohlendioxid im Hinblick auf Tierschutzkriterien, auch in Mischung mit anderen Gasen, vor (RAJ et al., 1997; RAJ, 1999; TROEGER et al., 2003; MACHOLD et al., 2003). Dagegen sind Versuche mit Helium zum Zwecke der Betäubung von Schlachtschweinen hier nicht bekannt.

### **4. Arbeitsplan:**

#### A: „Proof of principle“

Die ersten Versuche sollen im Versuchsschlachtraum des Instituts für Sicherheit und Qualität bei Fleisch, MRI Kulmbach, durchgeführt werden. Die (je nach Versuchsverlauf 5 bis 25) Versuchsschweine sollen einzeln in einem Gitterkäfig von unten in einen (unten offenen) Plexiglastkasten (Prinzip „Glocke“) verbracht werden. Die Gasatmosphäre in dem Kasten soll aus > 90 % Helium und Restluft bestehen. Die He- und O<sub>2</sub>-Konzentrationen werden während der Versuche kontinuierlich gemessen. Es ist zu prüfen, wie die Abmessungen des Behältnisses (Gasvolumen) sein müssen und in welcher Weise das Einbringen der Schweine in die He-/Luft-Atmosphäre zu erfolgen hat, um die erforderliche hohe He-Konzentration im Behältnis aufrechtzuerhalten. Die Reaktionen der Schweine werden per Video aufgezeichnet. Die Zeiten bis zum Bewusstseinsverlust (Seitenlage), Beginn und Ende möglicher Exzitationen werden gestoppt. Nach Ruhelage der Schweine in der Betäubungsgasatmosphäre werden die Tiere sofort sowie nach 15, 30 und 60 sec im Gas wieder in Umgebungsluft verbracht. Aus der Ohrvene wird Blut für die Stresshormonanalytik (Adrenalin, Noradrenalin) entnommen. Es werden Reflexprüfungen (Nasenscheidewand-, Kornealreflex) durchgeführt und die Zeiten bis zum Auftreten erster positiver Reaktionen gestoppt.

Schliesslich werden (ausreichend lang bzw. tief betäubte) Schweine nach Verbringen aus der He-Atmosphäre geschlachtet. Die Schlachtkörperqualität (Aussehen,

Ausblutungsgrad u.a.) wird visuell beurteilt, zur Bewertung der Fleischqualität werden folgende Parameter bestimmt:

pH-Werte

Kerntemperatur

Farbe

Leitfähigkeit

Wasserbindungsvermögen

Tropfsaftverlust

Vorkommen petechialer Muskelblutungen

Sensorik (Zartheit, Saftigkeit, Geschmack der Kotelettmuskulatur)

ggf. Verarbeitungsversuche (Kochschinken, Rohpökelfleisch)

Sind die Ergebnisse der ersten Versuche, sowohl hinsichtlich der Tierschutzaspekte, als auch im Hinblick auf die resultierende Schlachtkörper- und Fleischqualität, so weit erfolgreich, dass man in der Methode eine Alternative zur gegenwärtigen Betäubungspraxis sehen könnte, sollen weitergehende Untersuchungen durchgeführt werden. Diese wären vorerst im „Labormassstab“ am Institut für Tierschutz und Tierhaltung des FLI in Celle durchzuführen.

#### B: Bestimmung physiologischer Parameter zur Bewertung der Tierschutzaspekte

Im Ganzkörper - Plethysmografen werden an Schweinen (n = 12) mit einem Körpergewicht von bis zu 60 kg während der Gasbetäubung mit Helium die Lungenfunktionen Atmungsfrequenz, Atemzugvolumen, Gesamtemvolumen, Minutenvolumen, Inspirationsdauer, Expirationsdauer und Relaxationszeit untersucht, da diese grundlegenden Lungenparameter für die Effektivität der Gasbetäubung von ausschlaggebender Bedeutung sind. Gleichzeitig werden in der Experimentalkammer die Konzentrationsverläufe von CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> aufgezeichnet.

Am Tier werden die physiologischen Daten zur Hirn- und Herzfunktion (EEG, EKG) sowie zum CO<sub>2</sub>-Partialdruck (unblutige transkutane Bestimmung) kontinuierlich aufgezeichnet. Die gleichzeitige Aufzeichnung des Tierverhaltens (Verlust des Standvermögens, Exzitationen) lässt insbesondere unter Berücksichtigung der EEG-Messungen die Ableitung klinischer Indikatoren zur Betäubungseffektivität zu. Aus Blutproben werden Parameter zur akuten und chronischen Belastungsreaktion der Tiere (Katecholamine, Cortisol, Kreatinkinase, Laktat) untersucht.

Diese Untersuchungen werden unter Verwendung von CO<sub>2</sub> und Argon bzw. des Gemisches dieser Betäubungsgase (30 % CO<sub>2</sub>, 70 % Argon) wiederholt (jeweils n =

12) und die Resultate verglichen. Insgesamt werden 48 Tiere zur Untersuchung herangezogen.

An allen Tieren werden die unter A) beschriebenen Parameter der Fleischbeschaffenheit untersucht.

### **5. Zeitplan (18 Monate)**

Beginn: 01.03.2011

Ende: 31.08.2012

### **6. Finanzierungsplan**

	Inst. f. Sicherheit u. Qualität, MRI	Inst. f. Tierschutz u. Tierhaltung, FLI
Personalkosten 0,5 Stelle wiss. Mitarb. (E 13) (12 Mon.) 0,2 Stelle Techniker (E 10) (12 Mon.)	28.000.-	28.000,- 8.700,-
Tierkauf	5.000.-	7.200,-
Verbrauchsmaterial, Analysekosten (Gase, HPLC-Säulen, Chemikalien u.a.)	6.000.-	6.500,-
Geräte (Plexiglaskasten, Hubvorrichtung u.a.), Experimentalkammer Plethysmograf	2.500.-	7.700,-
Reisekosten (Kulmbach-Celle; Celle-Ku)	4.800.-	1.500,-
Zwischensumme	46.300.-	59.600,-
Gemeinkosten 20 %	9.260.-	11.920,-
Beantragte Förderung	55.560.-	71.520,-

### **7. Antragsteller:**

Prof. Dr. Klaus Troeger  
Max Rubner-Institut,  
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,  
Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch  
E.-C. Baumannstrasse 20  
D-95326 Kulmbach

Tel. 09221 803276  
Fax 09221 803343

[klaus.troeger@mri.bund.de](mailto:klaus.troeger@mri.bund.de)

Dr. Michael Marahrens  
Friedrich-Loeffler-Institut,  
Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit  
Institut für Tierschutz und Tierhaltung  
Dörnbergstrasse 25/27  
D-29223 Celle

Tel. 05141 3846135  
Fax 05141 3846117  
Michael.Marahrens@fli.bund.de

**Literatur :**

CARPENTER, D.O., HUBBARD, J.H., HUMPHREY, D.R.: Carbon dioxide effects on nerve cell function. In: Carbon dioxide and metabolic regulations, Heidelberg: Hrsg. Nahas G, Schaefer KE, Springer-Verlag 1974.

MACHOLD; U.; TROEGER; K.; MOJE; M. Gasbetäubung von Schweinen. Ein Vergleich von Kohlendioxid, Argon, einer Stickstoff-Argon-Mischung und Argon/Kohlendioxid (2-stufig) unter Tierschutzaspekten. Fleischwirtschaft 2003; 83 (10):109-114

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

RAJ, A.B.M., JOHNSON, S.P., WOTTON, S.B., McINSTRY, J.L.: Welfare implications of gas stunning pigs: 3. The time to loss of somatosensory evoked potentials and spontaneous electrocorticogram of pigs during exposure to gases. The Veterinary Journal 153 (1997) S. 329-340.

TROEGER, K., MACHOLD, U., MOJE, M., BEHRSCHEMIDT, M.: Betäubung von Schweinen mit Kohlendioxid, Argon, Stickstoff-Argon-Gemisch oder Argon/Kohlendioxid (2-stufig) – Schlachtkörper- und Fleischqualität. Proc. 2. Schlachttechnologie-Workshop am 8. Mai 2003 in der BAFF, Kulmbach (2003a), S. 27-40, Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Kulmbach.