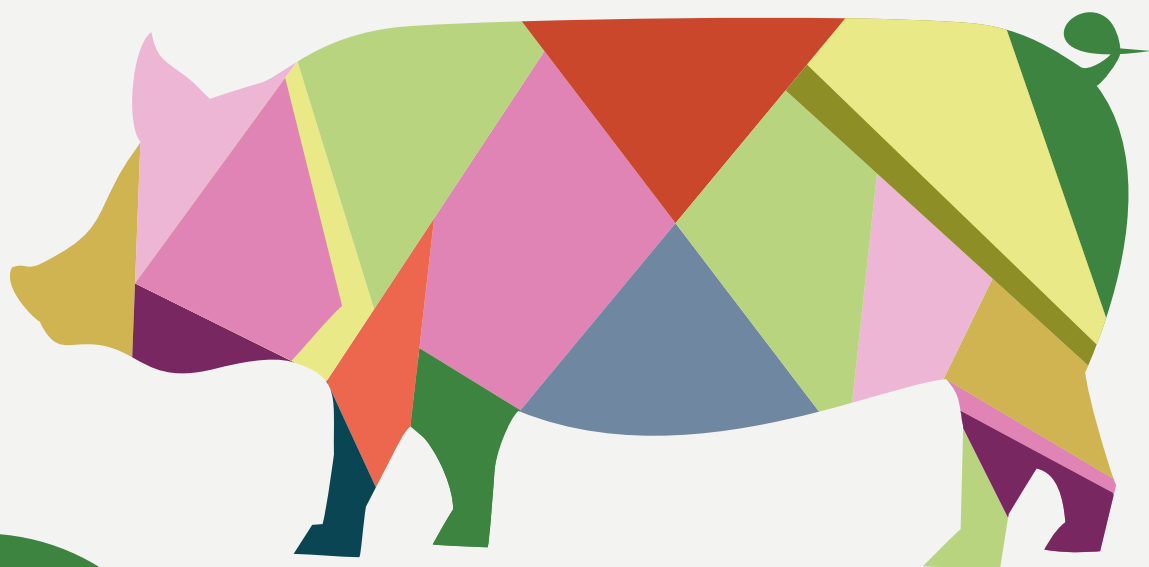


Tierschutzgerechte Gasbetäubung von Schlachtschweinen im Diplift- und Paternoster-System

TIGER



Ein Forschungsprojekt
zur **optimierten**
Gasbetäubung für
mehr Tierschutz und
Fleischqualität

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

01	Zusammenfassung	3
<hr/>		
02	Vorstellung der Projektpartner	4
<hr/>		
03	Hintergrund: Vor- und Nachteile der CO₂-Betäubung	5
<hr/>		
04	Mögliche Lösungen: Inertgase als Alternative	7
<hr/>		
05	Projektziele, Versuchsdesign, Methoden	8
	Begasungstechnik	10
	Aversionen	10
	Betäubungseffizienz	11
	Fleischqualität	11
<hr/>		
06	Ergebnisse	12
	Aversionen	13
	Expositionszeit	13
	Fleischqualität	14
	Einblutungen	16
<hr/>		
07	Wirtschaftlichkeit	17
<hr/>		
08	Ausblick	18
<hr/>		
09	Impressum & Quellenverzeichnis	19
<hr/>		

01

Zusammenfassung

Inertgase reduzieren aversive Reaktionen erheblich und führen, bei Gewährleistung eines niedrigen Restsauerstoffgehaltes (< 1 %), nicht zu nennenswerter Verschlechterung der Fleischbeschaffenheit.

Die Betäubung von Schweinen mit CO₂ steht in der Kritik, weil in der Einleitungsphase vor Verlust des Wahrnehmungs- und Empfindungsvermögens aversive Reaktionen auftreten. Inertgase wie Argon und Stickstoff und Gemische mit diesen Gasen werden als mögliche Alternativen diskutiert. Aufgrund von Bedenken hinsichtlich der Betäubungseffizienz, der Stabilität der Gasgemische sowie der Fleischbeschaffenheit werden sie aber bisher nicht in der Praxis eingesetzt. Ziel des Projektes TIGER war es, eine Gasatmosphäre als Alternative zu CO₂ in hoher Konzentration zu identifizieren, die nach Möglichkeit die für Inertgase berichtete geringere Aversivität mit der für CO₂ nachgewiesenen guten Betäubungseffizienz und Fleischqualität kombinieren kann. Dafür wurde **in einem kommerziellen Dip-Lift-System eine neue, patentierte Begasungstechnik** installiert, die einen **Restsauerstoffgehalt < 1 %** im offenen System der Grube sicherstellen kann. Im Rahmen eines genehmigten Tierversuchs wurden zuerst in einer **Selektionsphase** mit anschließender **Optimierungsphase** Aspekte zum **Tierschutz** (aversive Reaktionen, notwendige Expositionszeit zur Sicherstellung einer ausreichenden Betäubung) sowie die **Fleischbeschaffenheit** untersucht.

Insgesamt traten **aversive Reaktionen** (einschließlich Vokalisationen) **vor Verlust des Standvermögens** bei den untersuchten Inertgasen und Inertgasgemischen im Vergleich zu CO₂ in hohen Konzentrationen **seltener und wenn, dann kürzer**, auf. Ein **erhöhter Anteil an Vokalisationen vor Verlust des Standvermögens bei Inertgasen bedarf jedoch weiterer Untersuchungen**.

Die ermittelte notwendige **Bodenstandzeit der Gondel** war bei der Verwendung von reinen Inertgasen im Vergleich zu CO₂ etwa **40 % länger**, wobei die längsten notwendigen Expositionszeiten für Gasgemische mit 20 % Kohlendioxidanteil berechnet wurden. Die Fleischqualitätsparameter (pH-Wert, Temperatur und elekt-

rische Leitfähigkeit) wurden im Kotelett und Schinken 45 min. und 36 h (Selektionsphase) bzw. 24 h (Optimierungsphase) post mortem bewertet. Tropfverlust, Kochverlust, Scherkraft und Farbe wurden im Kotelett (Selektionsphase) und im Schinken (Optimierungsphase) untersucht. In der Selektionsphase wurden **geringe Unterschiede** für pH_{45min} und pH_{36h} in **Schinken und Kotelett** festgestellt. In der Optimierungsphase wurden Unterschiede für pH_{45min} im Kotelett nachgewiesen. Auch wenn diese Unterschiede teilweise statistisch signifikant waren, waren sie numerisch marginal und ohne praktische Relevanz. Die Lager- und Kochverluste sowie Zartheit und Fleischfarbe vor/nach Lagerung zeigten sich vergleichbar zwischen allen untersuchten Atmosphären. Neben den genannten Parametern wurden auch **Einblutungen** im Schinken untersucht, wobei sich Versuchstags- und Tiereffekte zeigten. Auftretende Einblutungen scheinen dabei nicht ausschließlich durch das Gasgemisch beeinflusst zu sein. Auch der **genetische Hintergrund** könnte eine Rolle spielen.

Die neue **Begasungstechnik** kann leicht und kostengünstig in den praxisüblichen Anlagen installiert werden. Die verlängerten Standzeiten und die höheren Gaskosten müssen jedoch in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit in Betracht gezogen werden. Insgesamt betragen die erwarteten **Mehrkosten bis zu 1 Cent pro Kilogramm Fleisch**.

Technische Versuche im Paternoster-System zeigten, dass durch Einsatz der neuen Begasungstechnik auch in diesem System mit mehreren Gondeln ein niedriger Restsauerstoffgehalt unter 1 % erreicht wird. In Abhängigkeit von den Ergebnissen noch ausstehender tierbasierter Untersuchungen im **Paternoster-System** erscheint ein Einsatz der Inertgase in der Praxis unter Verwendung der nachrüstbaren Technik **realisierbar** zu sein.

Zwar sind bei den untersuchten Inertgasgemischen längere Expositionszeiten im Vergleich zu CO₂ in hohen Konzentrationen notwendig. Diese Gasgemische weisen jedoch in der Einleitungsphase aufgrund der reduzierten Aversion vor Standvermögensverlust deutliche **Vorteile in Bezug auf den Tierschutz** auf. Zudem konnten **keine relevanten Unterschiede in der Fleischbeschaffenheit** festgestellt werden.

Vorstellung der Projektpartner

02



Friedrich-Loeffler-Institut (FLI)
Institut für Tierschutz und Tierhaltung

Dörnbergerstraße 25 + 27
29223 Celle

www.fli.de

Dr. Inga Wilk

inga.wilk@fli.de
+49 (0) 5141 3846120

Dr. Jonas Knöll

jonas.knoell@fli.de

- Projektkoordination
- Untersuchungen zu Aspekten des Tierschutzes (Aversion, Betäubungseffektivität)
- Datenanalyse



Georg-August-Universität Göttingen
Department für
Nutztierwissenschaften

Kellnerweg 6
37077 Göttingen

+49 551 3921762
www.uni-goettingen.de

Prof. Dr. Jens Tetens jens.tetens@uni-goettingen.de

Prof. Dr. Daniel Mörlein daniel.moerlein@uni-goettingen.de
+49 (0) 551 3925601

Julia Gelhausen julia.gelhausen@uni-goettingen.de

- Untersuchungen zur Fleischbeschaffenheit
- Sensorik
- molekularbiologische Untersuchungen
- Datenanalyse



Air Liquide Deutschland GmbH

Hans-Böckler-Straße 33
40476 Düsseldorf

+49 (0) 211 66990
info@airliquide.de
www.airliquide.de

Ansgar Rinklake ansgar.rinklake@airliquide.com
+49 (0) 173 7039515

Marcel Brouns marcel.brouns@airliquide.com
+49 (0) 173 7039073

- Technologie- und Gaslieferant



Vion Perleberg GmbH
c/o Vion GmbH

Rudolf-Diesel-Straße 10
86807 Buchloe

www.vionfoodgroup.com

Dr. Veronika Weber veronika.weber@vionfood.com
+49 (0) 152 0204 0563

- Schlachthofbetreiber
- Praxispartner



Hintergrund

Nach Verordnung (EG) Nr. 1099/2009¹ und der nationalen Tierschutz-Schlachtverordnung² sind Tiere vor der Tötung durch Blutentzug (Schlachtung) so zu betäuben, dass sie schnell und unter Vermeidung von Schmerzen oder Leiden in einen bis zum Tod anhaltenden Zustand der Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit versetzt werden.

Schweine können elektrisch oder unter Anwendung von Gas betäubt werden; neben Kohlendioxid (CO₂) sind auch Edelgase sowie Gasmischungen von CO₂ mit Edelgasen zulässig. Bisher bleibt jedoch in der Praxis die Anwendung auf Kohlendioxid beschränkt.

Die Gasbetäubung mit CO₂ erlaubt im Vergleich zur Elektrobetäubung einen Zutrieb der Schweine in Gruppen³. Aufgrund der höheren möglichen Stundenleistung durch die gleichzeitige Betäubung mehrerer Tiere in den Gondeln und auch vor dem Hintergrund einer besseren Fleischbeschaffenheit wird der überwiegende Teil der in der EU geschlachteten Schweine daher mit Gas betäubt^{4-7,8}. Der Einsatz von CO₂ in hohen Konzentrationen zur Betäubung von

Vorteile der Betäubung mit CO₂ in hohen Konzentrationen

- ✓ Tiefe und lang andauernde Wahrnehmungs- und Empfindungslosigkeit¹⁹
- ✓ Zutrieb der Tiere zur Betäubungsanlage in Gruppen möglich
- ✓ Gute Fleischqualität

Nachteile der Betäubung von CO₂ in hohen Konzentrationen

Vor Verlust des Wahrnehmungs- und Empfindungsvermögens in der Einleitungsphase der Betäubung

- ✗ Hyperventilation und Atemnot^{3,17}
- ✗ Irritationen in der nasalen Mukosa und in der Lunge durch Bildung von Kohlensäure¹⁵
- ✗ Aversive Reaktionen bei den Tieren (z.B. Fluchtversuche)^{9,13,14,20} insbesondere bei Konzentrationen > 30 % CO₂⁹

Schweinen wird jedoch aufgrund der aversiven Reaktionen der Tiere in der Einleitungsphase der Betäubung kritisch gesehen⁹⁻¹⁴. Das Abwehrverhalten der Tiere ist zum einen auf die Schleimhautreizung in den oberen Atemwegen und in der Lunge infolge der Bildung von Kohlensäure aus der Reaktion mit Wasser¹⁵ zurückzuführen. Zum anderen führt CO₂ in hohen Konzentrationen vor Verlust des Wahrnehmungs- und Empfindungsvermögens zu einer Hyperventilation mit Atemnot für 10-20 Sekunden als Folge der Stimulation des chemosensiblen Atemzentrums durch die bei CO₂-Inhalation induzierte respiratorische Azidose^{3,16-18}.

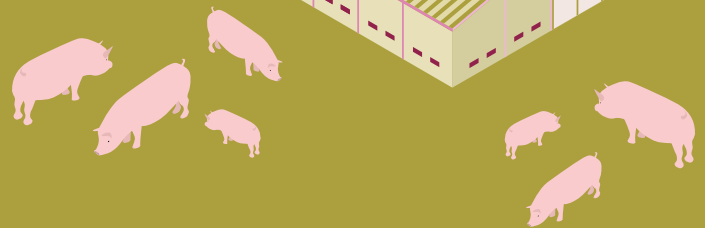
Schweinefleisch: Deutschlands Spitzenreiter im Fleischkonsum

Wichtiges Exportgut trotz sinkendem Verbrauch

Schweinefleisch ist, trotz sinkenden Konsums, die bedeutendste Fleischart in Deutschland sowie ein wichtiges Exportprodukt. Im Durchschnitt verzehrte 2023 jede*r Einwohner*in in Deutschland 27,5 kg Schweinefleisch, 13,1 kg Geflügelfleisch sowie 8,9 kg Rindfleisch.

Im Jahr 2023 wurden in Deutschland laut statistischem Bundesamt in etwa 43 Millionen Schweine gewerblich geschlachtet. Ein Großteil der Tiere wurde mit CO₂ betäubt.

43 Mio.
Schweine
geschlachtet
in 2023



27,5

Schweinefleisch

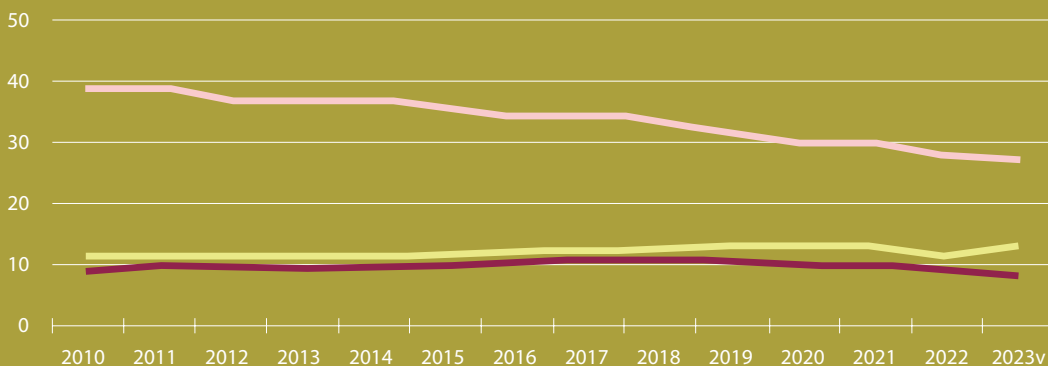


13,1

Geflügel
fleisch



in kg/Kopf



Wie viel Fleisch essen die Menschen in Deutschland pro Jahr?

Pro-Kopf-Verzehr von 2010 bis 2023

Quelle: BLE (2024). Fleischbilanz 2010 bis 2023v, erstellt durch das Fachreferat 414, https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Fleisch/fleisch_node.html

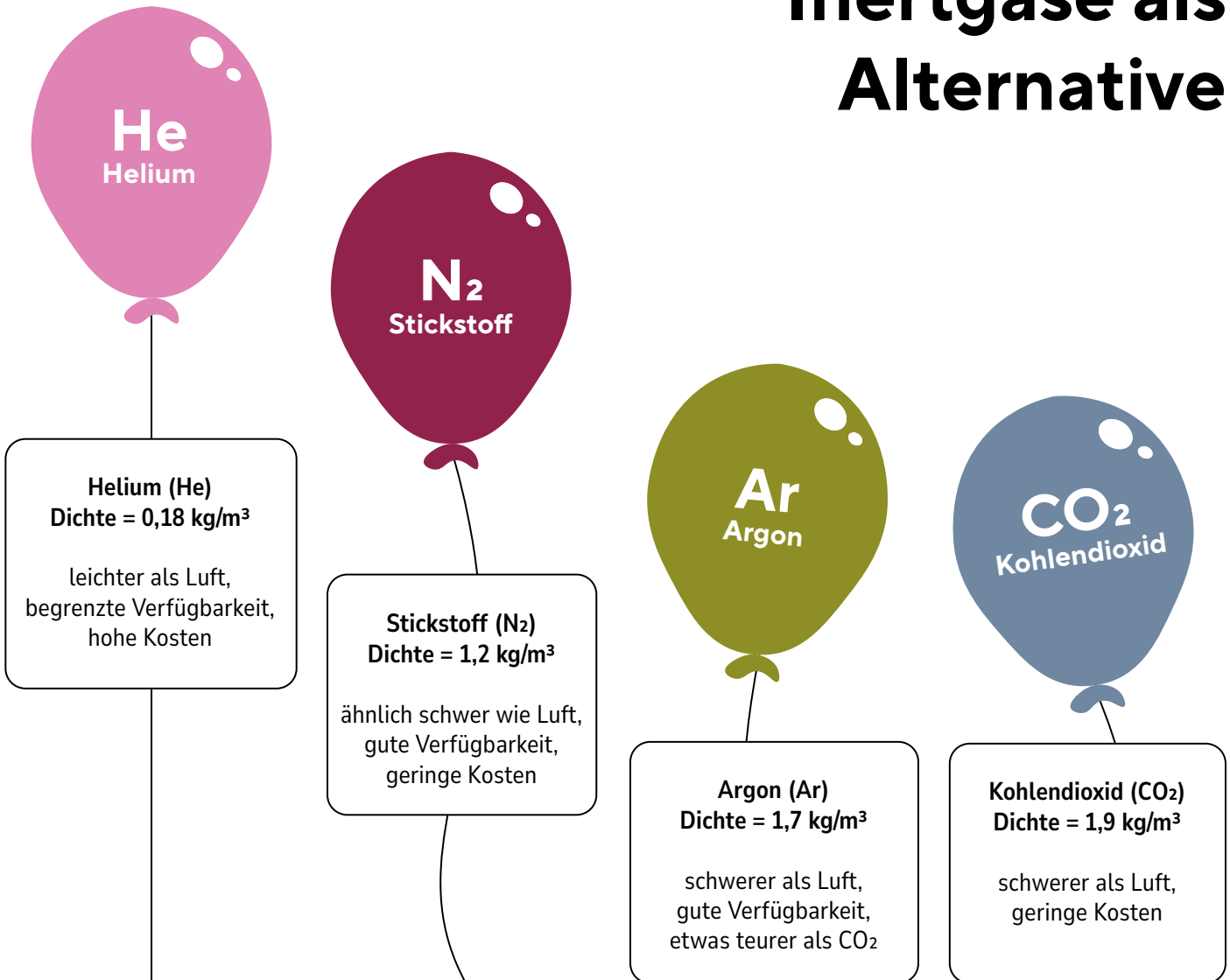
8,9

Rindfleisch



Mögliche Lösungen: Inertgase als Alternative

04



Als Alternative zu CO₂ in hoher Konzentration werden Inertgase (z.B. Argon, Stickstoff) sowie Gemische aus Inertgasen mit CO₂ diskutiert. Diese finden bisher in der Praxis aufgrund von Bedenken hinsichtlich der Betäubungseffektivität, der Fleischbeschaffenheit und der Gasstabilität keine Anwendung.

Bei Untersuchungen mit den Gasen Argon und Stickstoff zeigten Schweine deutlich weniger Aversionen, wenn diese Gase zur Betäubung verwendet wurden^{12,21}. Die Dauer der Betäubung oder der Anteil der ausreichend betäubten Tiere mit Gasen oder Gasmischungen basierend auf Argon^{20,22} oder Stickstoff²² war gegenüber einer reinen CO₂-Betaubung jedoch deutlich reduziert.

Um dem entgegenzuwirken, wurden die Expositionszeiten, d.h. die Zeiten, in denen die Tiere dem Gas oder Gasmisch ausgesetzt sind, verlängert. Aber auch mit Expositionszeiten von 270-330 s^{22,23} waren weiterhin vermehrt Fehlbetäubungen (etwa 10 % im Mittel) feststellbar. Atkinson et al. (2020)²³ beschreiben zudem nach der Betäubung mit einem Stickstoff-CO₂-Gemisch eine Verschlechterung der Fleischqualität (u.a. 5 % PSE-Fleisch). Auch bei Verwendung von Argon wurde von einem erhöhten Aufkommen an Einblutungen im Schinken²⁴ berichtet, das sich wertmindernd auf das betroffene Teilstück auswirken kann²⁵.

Projektziele, Versuchsdesign, Methoden

05

Projektziel war daher die Identifizierung einer potentiell einsetzbaren Gasatmosphäre als Alternative zu CO₂ in hoher Konzentration, die nach Möglichkeit die für Inertgase berichtete geringere Aversivität mit der für CO₂ nachgewiesenen guten Betäubungsqualität und Fleischqualität kombiniert.

Dafür wurden im Projekt in einem kommerziellen Dip-Lift-System nach Einbau einer neuen patentierten Begasungstechnik, die einen Restsauerstoffgehalt < 1 % im offenen System der Grube sicherstellte, in zwei Versuchsphasen (Selektionsphase, Optimierungsphase) Untersuchungen zu

- aversiven Reaktionen
- zur notwendigen Expositionszeit*
- zur Fleischbeschaffenheit und zu Einblutungen

durchgeführt.

*entspricht der Bodenstandzeit der Gondel zur Sicherstellung einer Fehlbetäubungsrate < 0,5 %.

In der **Selektionsphase** wurden acht alternative Gasgemische untersucht. Die Schweine wurden mit Argon oder einem Stickstoff-Argon Gemisch mit 0-30 % CO₂ oder mit CO₂ in hoher Konzentration (Kontrolle) betäubt und geschlachtet. In Abhängigkeit von der Qualität der Betäubung erfolgte die Variation der Expositionszeiten in dieser Phase in 60 s-Schritten. Basierend auf den Ergebnissen der Selektionsphase wurden zwei vielversprechende Gasatmosphären, Argon und ein Stickstoff-Argon-Gemisch (jeweils ohne CO₂-Anteil), ausgewählt. Für diese beiden Gasatmosphären erfolgte in der nachfolgenden **Optimierungsphase** im Vergleich zu CO₂ in hoher Konzentration eine Optimierung der Expositionszeit in einem adaptiven Staircase-Verfahren in 10 s-Schritten.

Die Untersuchungen fanden im Rahmen eines genehmigten Tierversuchs (Az. 22-2684-04-BFI-21-001, Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz) statt.

Selektionsphase

- Alle 8 Gasgemische
90 % CO₂ (Kontrolle)
95 % CO₂
- Optimierung der Expositionszeit in 60s-Schritten

Optimierungsphase

- 2 Gasgemische
(Ar + mindestens 40 % Ar in N₂)
+ Kontrolle (90 % CO₂)
- Optimierung der Expositionszeit in einem adaptiven Staircase-Verfahren in 10 s-Schritten

Tabelle 1: Tierkollektiv

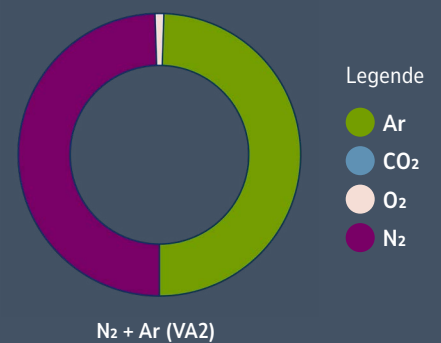
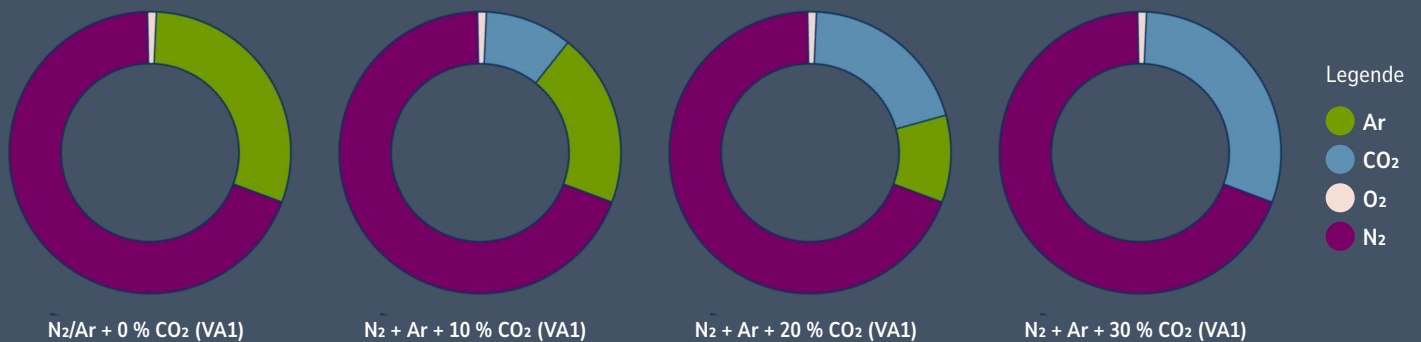
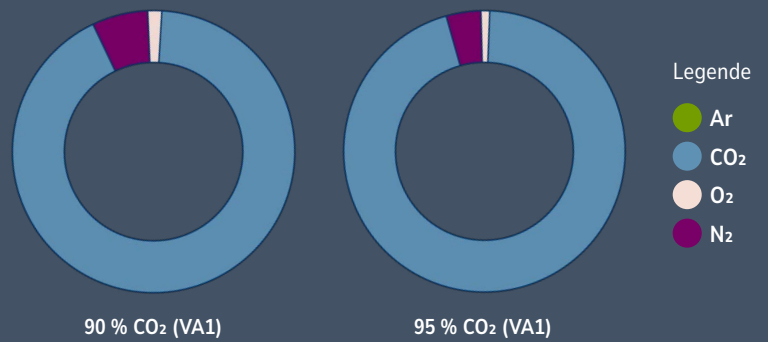
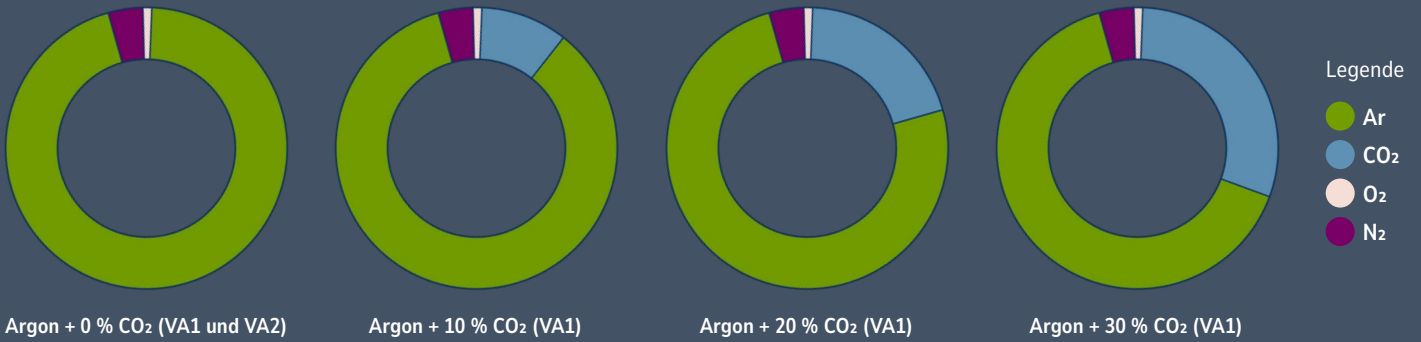
Ø **Schlachtgewicht:**
Phase 1: 105,34 ± 8,71 kg (n = 400)
Phase 2: 98,67 ± 8,27 kg (n = 900)

VA1 = Selektionsphase
VA2 = Optimierungsphase

DanL	Dänische Landrasse
DanE	Dänisches Edelschwein
Du	Duroc
DL	Deutsche Landrasse
DE	Deutsches Edelschwein
NW	Norwegische Landrasse
Pi	Piétrain

Versuchsabschnitt	Anzahl Betriebe	Genetik	Tierzahl
Selektionsphase (VA1)	2	[DL x DE] x Pi	400
Optimierungsphase (VA2)	3	[DanL x DanE] x Pi	695
	2	[DL x DE] x Pi	90
	1	DL x Pi	72
	1	[DL x DE] x Du	22
	1	[NW x DE] x Pi	14
	1	[DanL x DanE] x Du	7

Getestete Gasgemische



VA1 = Selektionsphase
VA2 = Optimierungsphase

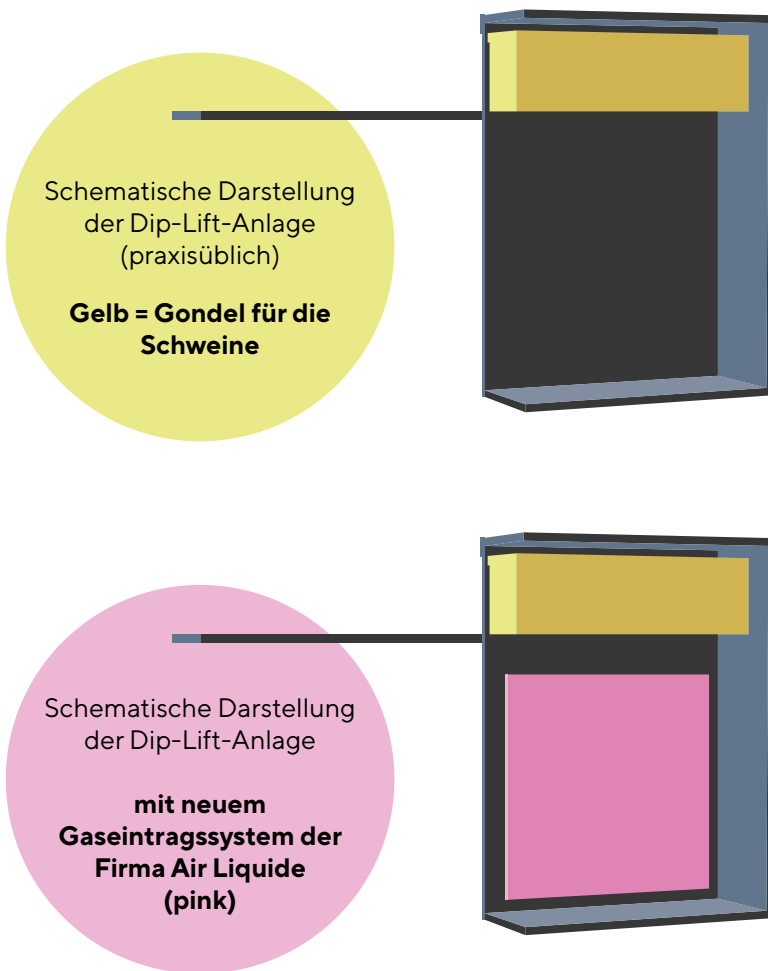


Abbildung 1: In einem Praxisbetrieb mit Dip-Lift Gasbetäubungsanlage wurde das neuartige Gaseintragungssystem installiert. Die Nachrüstung ist relativ einfach und kostengünstig umsetzbar.

Begasungstechnik

Technische Versuche im weiter verbreiteten Paternoster-System, in dem die neue Begasungstechnik nachgerüstet wurde, zeigten, dass ein niedriger Restsauerstoffgehalt unter 1% auch bei mehreren Gondeln in der Grube unter ungünstigen Bedingungen (z.B. Abdeckung des Gondelbodens) effektiv erreicht werden kann.

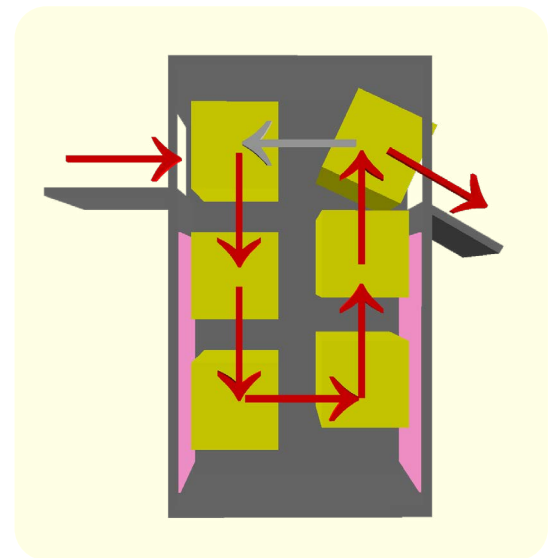


Abbildung 2: Das neuartige Gaseintragungssystem wurde auch in einem Praxisbetrieb mit Paternoster-Betäubungsanlage installiert und technisch getestet.

Aversionen

Die Reaktionen der Schweine unter der Wirkung der verschiedenen Gasmischungen wurden mit Hilfe von zwei an der Gondel der Dip-Lift-Anlage installierten Kameras aufgezeichnet. Die Videosequenzen der Betäubungsvorgänge wurden pro Messtag in zufälliger Reihenfolge zu einem neuen Video zusammengeschnitten, bevor diese durch zwei Beobachterinnen mit Hilfe eines festgelegten Ethogramms ausgewertet wurden.

Jede Beobachterin kodierte dabei die Ereignisse für eines der beiden Tiere unter Verwendung der Open-Source-Software BORIS (Behavioral Observation Research Interactive Software; <https://www.boris.unito.it>).

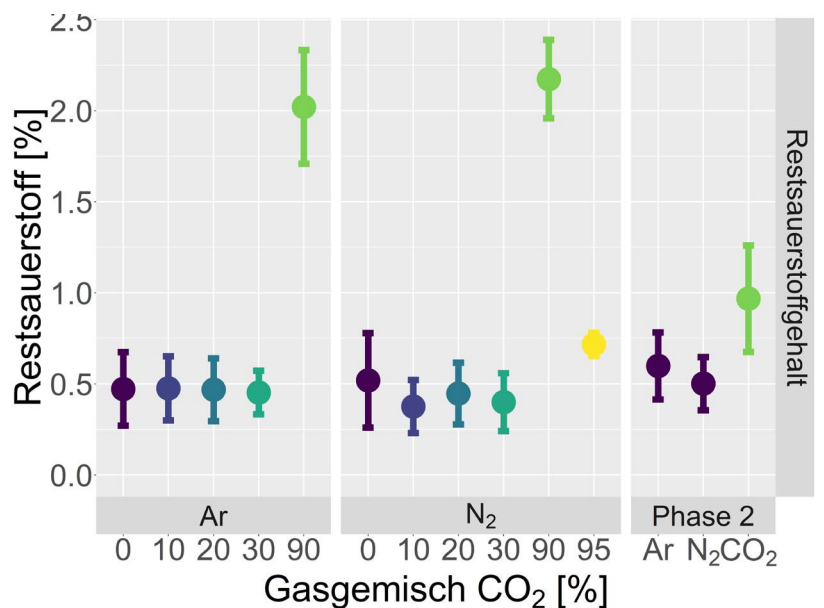


Abbildung 3: Restsauerstoffgehalt bei Einsatz der neuartigen Begasungstechnik im Dip-Lift System (Selektions- und Optimierungsphase).

Betäubungseffizienz

Basierend auf der Qualität der Betäubung wurde die Expositionszeit (Bodenstandzeit der Gondel) in der Selektionsphase in 60 s Schritten und in der Optimierungsphase in einem adaptiven Staircase-Verfahren in 10 s-Schritten angepasst. Auf der Grundlage der Daten aus beiden Versuchsphasen wurde die notwendige Bodenstandzeit der Gondel in der Grube mit einem statistischen binomischen Modell zur Sicherstellung einer Fehlbetäubungsrate von unter 0,5 % geschätzt.

Die Qualität der Betäubung wurde tierindividuell und kontinuierlich durch zwei Personen vor Ort für mindestens drei Minuten nach dem Auswurf aus der Betäubungsanlage kontrolliert. Dabei erfolgte die Überprüfung auf ein erhaltenes oder wiederkehrendes Wahrnehmungs- und Empfindungsvermögen nach dem bsi-Standard zur Betäubungseffektivität von Schweinen nach CO₂-Betäubung (Version 2020, Handbuch Schlachtung)²⁶.

Fleischqualität

Die Untersuchungen am Schlachtband (pH, Temperatur und Leitfähigkeit) nach 45 min sowie nach 36 h (Selektionsphase) bzw. 24 h (Optimierungsphase) wurden in beiden Versuchsabschnitten identisch durchgeführt. In der Selektionsphase wurden weitergehende Laboruntersuchungen am Kotelett durchgeführt, während in der Optimierungsphase der Schinken untersucht wurde.

Lagerverlust

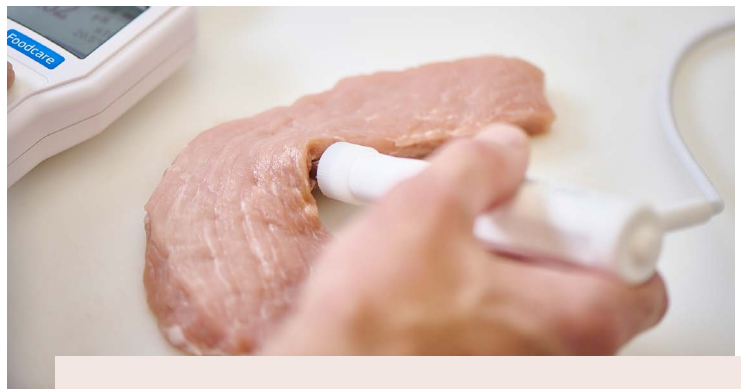
Zunächst wurden die Teilstücke, analog zur weitverbreiteten Vermarktung von Fleisch, in Verpackungen mit modifizierter Schutzgasatmosphäre (80 % O₂/20 % CO₂) verpackt und bei 4° C für 72 h gelagert. Der entstandene Gewichtsverlust wurde prozentual zum Ausgangsgewicht angegeben und als Lagerverlust definiert.

Abbildungen 4-7: Zur Charakterisierung der Fleischbeschaffenheit wurden u.a. pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Farbe, Lager- und Kochverlust sowie Scherkraft gemessen.



pH, Temperatur nach 45 Min

pH-Wert und die Temperatur wurden nach 45 Min zwischen der 13. und 14. Rippe der linken Schlachthälfte sowie im Schinken gemessen.



pH, Temperatur & Leitfähigkeit nach 24/36 h

Die spätpostmortalen Messungen von pH-Wert, Temperatur und Leitfähigkeit erfolgte in der Selektionsphase nach 36 h und in der Optimierungsphase nach 24 h.



Kochverlust

Weil Fleisch vielfach in Kunststoffschalen mit Schutzatmosphäre angeboten wird, wurden die Proben im Projekt ebenfalls so verpackt und für 3 Tage gelagert. Vor und nach der Lagerung wurde das Gewicht und die Farbe gemessen.



Schinkenbonitur

Für die Schinkenbonitur wurden die Oberschalen der linken Hälfte eines jeden Tieres ausgelöst und überschüssige Haut und Fettgewebe entfernt. Die Teilstücke wurden visuell auf Einblutungen untersucht, vorhandene Blutpunkte gezählt und einem von drei Scores zugeordnet: < 5, 5-30 und > 30. Schinken ohne Blutpunkte erhielten den Score 0.



Fleischzartheit (Scherkraft)

Zur instrumentellen Bestimmung der Fleischzartheit der gegarten Teilstücke wurde die Scherkraft mittels Texturmessgerät gemäß der Meullenet-Owens Razor Shear (MORS) Methode bestimmt.

Lager- und Kochverlust

Nach der Bestimmung des Lagerverlustes wurden die Teilstücke sous-vide gegart, d.h. im Folienbeutel zunächst vakuumiert und dann im Wasserbad bis zu einer Kerntemperatur von 72° C gegart.



Fleischfarbe

Die Fleischfarbe wurde mit einem Farbmessgerät vor und nach der Lagerung bestimmt. Dabei wurden die Werte im CIE L*a*b* Raum gemessen. Für jedes Teilstück wurden 6 Messungen durchgeführt.

Abbildungen 8-10: Verwendete Scores für die Schinkenbonitur (oben), Messung der Fleischzartheit (unten links) und Messung der Fleischfarbe (unten rechts).

06

Ergebnisse

Aversionen

Im Vergleich zu CO₂ in hohen Konzentrationen traten aversive Reaktionen vor dem Verlust des Standvermögens bei Inertgasen und Inertgasgemischen seltener und wenn, dann kürzer auf. Hyperventilation wurde fast ausschließlich bei CO₂ in hohen Konzentrationen sowie bei Stickstoff mit 30 % CO₂ beobachtet. Vor Verlust des Standvermögens ist es unter Inertgasbetäubung jedoch vermehrt zu Vokalisationen gekommen: So vokalisiert ungefähr 25 % der mit Inertgas betäubten Tiere vor Verlust des Standvermögens verglichen mit etwa 13 % bei mit CO₂ betäubten Tieren. Dies stimmt mit Ergebnissen von Llonch et al. (2012)²² überein, die ebenfalls von vermehrten Vokalisationen bei 15-30 % CO₂ in N₂ im Vergleich zu CO₂ in hoher Konzentration berichteten.

Aber auch wenn diese Vokalisationen mit als Aversion berücksichtigt wird, ist der Anteil der Tiere, die vor Standvermögensverlust aversive Reaktionen zeigten oder vokalisiert, bei reinem Inertgas mit etwa 25 % ein Drittel des Anteils der Tiere, die bei CO₂-Betäubung aversiv reagierten. Auch die Dauer von Beginn dieser Aversion bis zum Standvermögensverlust ist bei der Betäubung mit CO₂ im Vergleich zu den reinen Inertgasen etwa doppelt so lang.

Expositionszeit

(Bodenstandzeit der Gondel)

Bei der Verwendung von reinen Inertgasen war die ermittelte notwendige Expositionszeit (Argon: 250 s; Argon-Stickstoff Gemisch: 240 s) im Vergleich zu CO₂ (180 s) länger. Wider Erwarten wurden die längsten notwendigen Expositionszeiten für Gasgemische mit 20 % Kohlendioxidanteil berechnet.

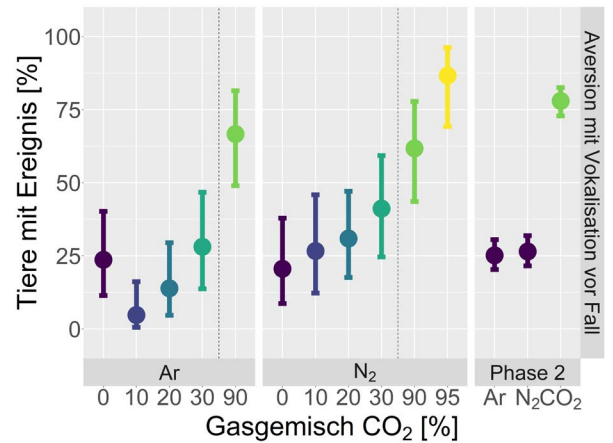


Abbildung 11: Häufigkeit aversiven Verhaltens. Der Anteil der Tiere, die als aversiv gewertetes Verhalten, inklusive Vokalisationen vor Standvermögensverlust, gezeigt haben. Für jede Messphase und jedes getestete Gasgemisch ist der Anteil Tiere samt 95 % Konfidenzintervall dargestellt.

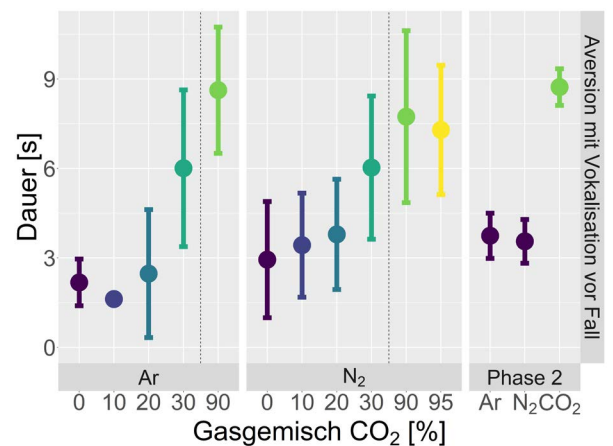


Abbildung 12: Aversionsdauer. Die Dauer seit Auftreten des ersten als aversiv gewerteten Verhaltens, inklusive Vokalisationen vor Standvermögensverlust, bis zum Standvermögensverlust. Für jede Messphase und jedes getestete Gasgemisch ist die durchschnittliche Dauer jener Tiere (inkl. 95 % Konfidenzintervall) dargestellt, die aversives Verhalten zeigten.

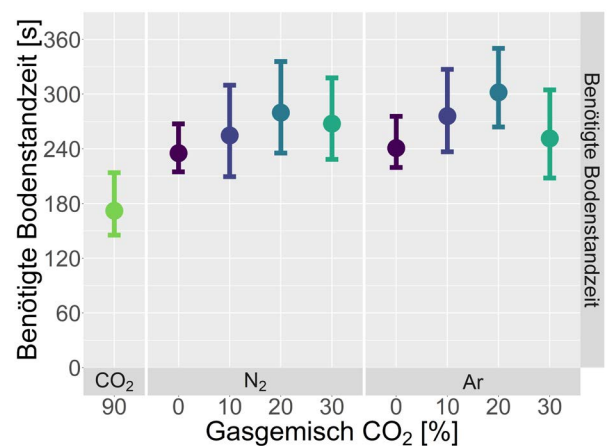


Abbildung 13: Benötigte Bodenstandzeit. Die berechnete benötigte Bodenstandzeit um eine Betäubungseffektivität von 99,5 % zu gewährleisten. Die Werte (inkl. 95 % Konfidenzintervall) wurden auf Grundlage der erhobenen Betäubungseffektivität bei verschiedenen Bodenstandzeiten für die verschiedenen Gasgemische mithilfe eines gemeinsamen statistischen Modells.

Fleischqualität

Selektionsphase

In der Selektionsphase zeigten die inerten Gasgemische den niedrigsten pH_{45} sowohl im Schinken als auch im Kotelett. Allerdings unterschieden sie sich nicht signifikant von der 90 % CO_2 Kontrollgruppe. Keines der Tiere erfüllte das Kriterium für PSE-Fleisch mit einem pH -Wert von < 5.8 . Es ist möglich, dass vor allem niedrige Restsauerstoff

gehalte zu einem weniger starken Abfall des pH -Wertes bei inerten Gasen führen.

Grundsätzlich wurden nur marginale Unterschiede in der Fleischbeschaffenheit gefunden. Auch sensorische Untersuchungen durch geschulte Prüfer*innen ergaben keine Unterschiede zwischen den Gasen.



pH-Wert Kotelett

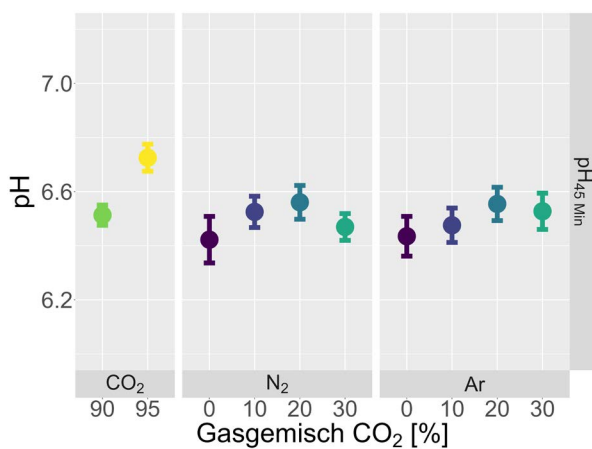


Abbildung 14: pH -Wert 45 min *post mortem* im Kotelett (Selektionsphase). Dargestellt sind jeweils Mittelwert und 95 % Konfidenzintervall.



pH-Wert Schinken

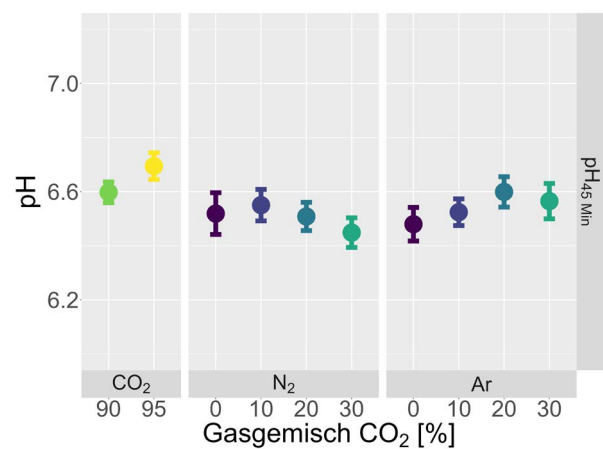


Abbildung 15: pH -Wert 45 min *post mortem* im Schinken (Selektionsphase). Dargestellt sind jeweils Mittelwert und 95 % Konfidenzintervall.

Optimierungsphase

Wie auch in der Selektionsphase konnten in der Optimierungsphase geringere pH_{45} Werte für die inerten Gase festgestellt werden. Im Kotelett waren diese Unterschiede auch signifikant. Aber auch diese Unterschiede werden als wenig relevant angesehen, denn Parameter, die vom pH_{45} beeinflusst werden können, wie die Leitfähigkeit, Scher-

kraft oder der Lagerverlust, zeigten keine signifikanten Unterschiede. Zudem zeigten auch hier die sensorischen Untersuchungen keinen signifikanten Effekt des Betäubungsgases auf die untersuchten Attribute.

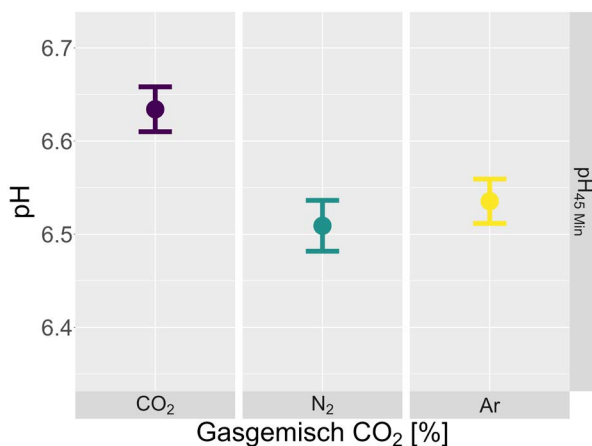


Abbildung 16: pH -Wert 45 min *post mortem* im Kotelett (Optimierungsphase). Dargestellt sind jeweils Mittelwert und 95 % Konfidenzintervall.

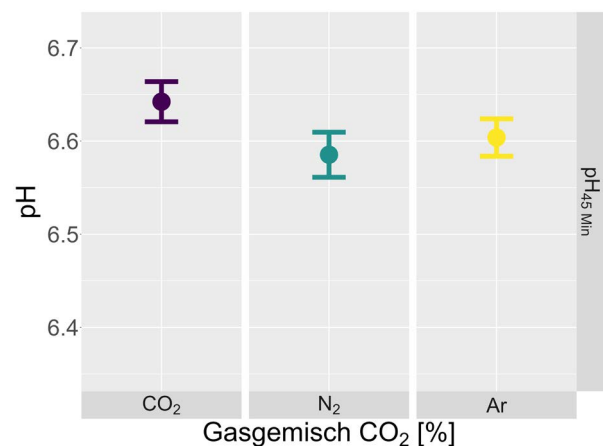


Abbildung 17: pH -Wert 45 min *post mortem* im Schinken (Optimierungsphase). Dargestellt sind jeweils Mittelwert und 95 % Konfidenzintervall.



Leitfähigkeit Kotelett

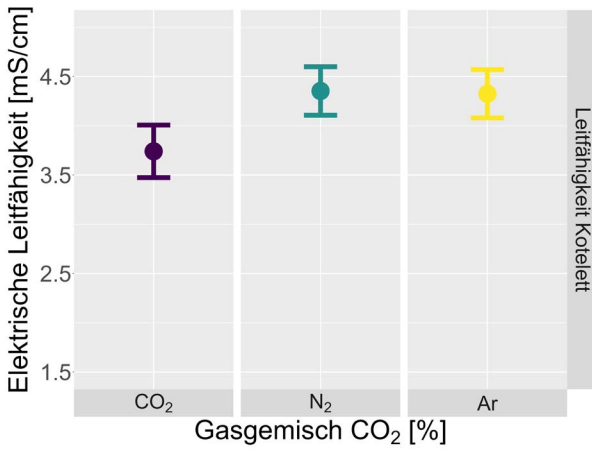
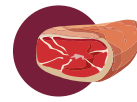


Abbildung 18: Leitfähigkeit (mS/cm) 24 h post mortem im Kotelett (Optimierungsphase). Dargestellt sind die Mittelwerte und die 95 % Konfidenzintervalle für die Gasgemische der Optimierungsphase.



Leitfähigkeit Schinken

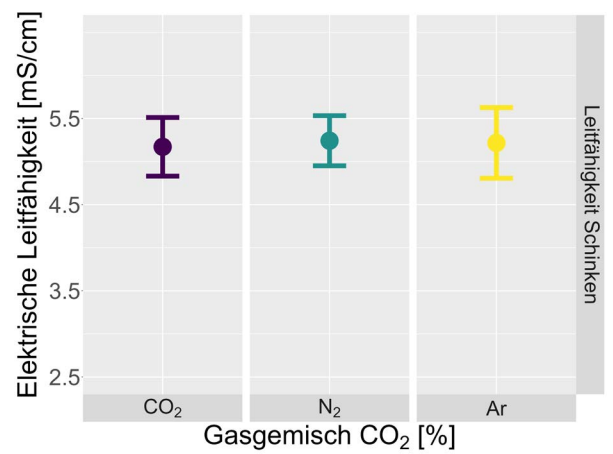
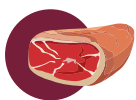


Abbildung 19: Leitfähigkeit (mS/cm) 24 h post mortem im Schinken (Optimierungsphase). Dargestellt sind die Mittelwerte und die 95 % Konfidenzintervalle für die Gasgemische der Optimierungsphase.



Scherkraft Schinken

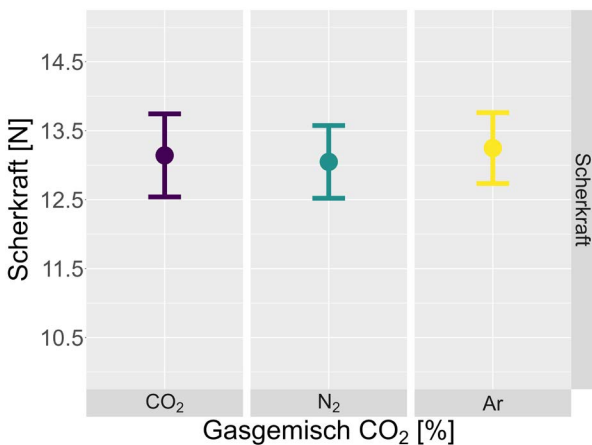


Abbildung 20: Bestimmung der Zartheit der Schinken über die Scherkraftmessung (N) (Optimierungsphase). Dargestellt sind die Mittelwerte und die 95 % Konfidenzintervalle für die Gasgemische der Optimierungsphase.



Lagerverlust Schinken

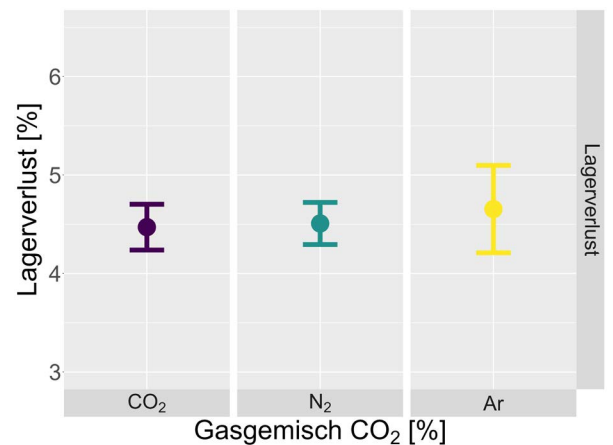


Abbildung 21: Lagerverluste (%) der Schinken nach Lagerung in der Schutzatmosphäre (Optimierungsphase). Dargestellt sind die Mittelwerte und die 95 % Konfidenzintervalle für die Gasgemische der Optimierungsphase.

Genexpression

Eine zusätzliche Untersuchung der Genexpression im Kotelett zeigt, dass es kaum unterschiedlich exprimierte Gene zwischen den verschiedenen Betäubungsgasen gibt. Dies unterstreicht die Ergebnisse der Untersuchungen zur Fleischbeschaffenheit. Die gefundenen Unterschiede sind von geringer praktischer Relevanz bzgl. der Fleischbeschaffenheit.

Abbildung 22: Schweinekotelett ohne Knochen (rechts).



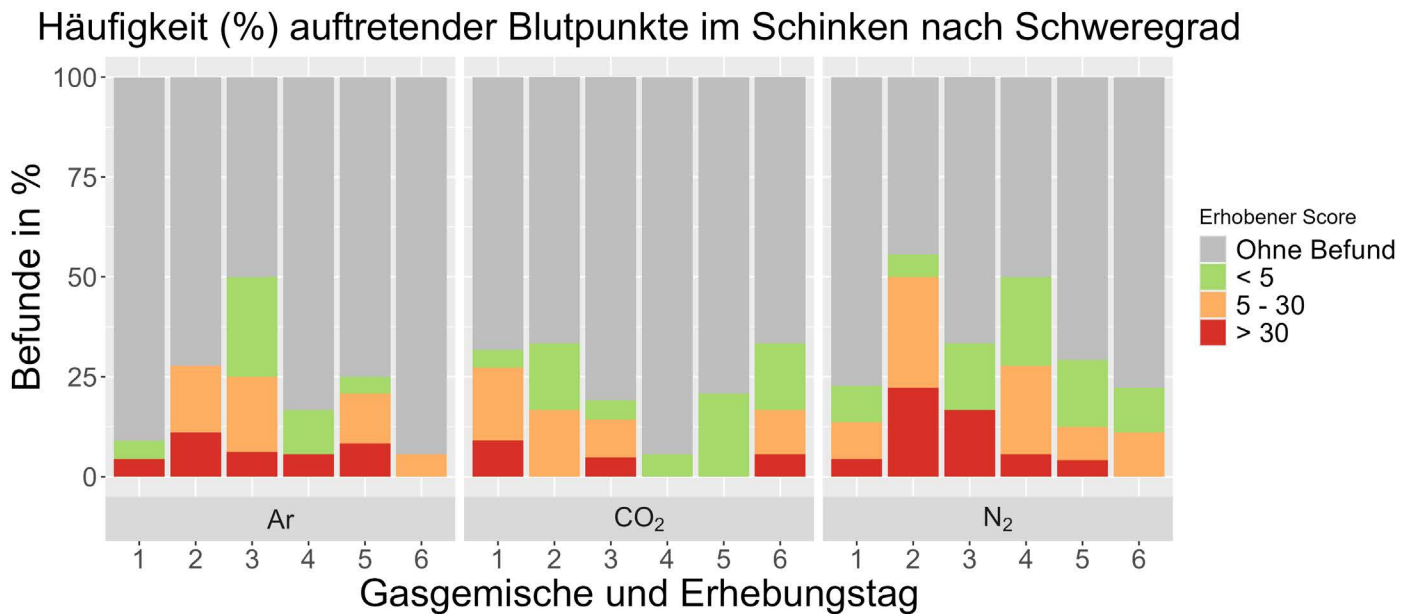


Abbildung 23: Relative Häufigkeit (%) erfasster Blutpunkte je Gas und Schlachttag, aufgeteilt nach den erhobenen Schweregraden (Scores; Optimierungsphase).

Einblutungen

In früheren Studien wurde bei der Verwendung von Inertgasen wie Argon²⁴ ein vermehrtes Auftreten von Einblutungen in den wertvollen Schlachtkörperteilen beobachtet. Dies konnte in unseren Untersuchungen nicht bestätigt werden, wenn die Tiere mit Argon betäubt wurden. Von insgesamt 378 untersuchten Schweinen in der Optimierungsphase wiesen 97 Einblutungen im Schinken auf, wobei die Häufigkeit in der CO₂- und Argon-Gruppe nahezu gleich war. Allerdings konnten große Schwankungen zwischen den Versuchstagen beobachtet werden (siehe Abbildung 23).

Daraus wurde geschlossen, dass vermutlich nicht allein die Verwendung der inerten Gase einen Einfluss auf die Ausbildung dieser Blutpunkte hat. Ein zusätzlicher Faktor könnte in der genetischen Veranlagung der Tiere liegen. Erste Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes ergaben, dass möglicherweise ein Vasokonstriktor darin involviert ist.

Abbildung 24: Blutpunkte (unten).



Anlagen- und Betriebskosten

07

Um die Wirtschaftlichkeit der Schlachtlinie zu erhalten, müssen zusätzliche Betäubungskapazitäten aufgebaut werden, um die längere Betäubungszeit auszugleichen.

Hierdurch entstehen zusätzliche Kosten, die ebenfalls bis zu 1 ct/kg Fleisch betragen können. Für eine detaillierte wirtschaftliche Betrachtung ist eine individuelle Analyse des jeweiligen Schlachthofes erforderlich.

30.000 bis 50.000 €

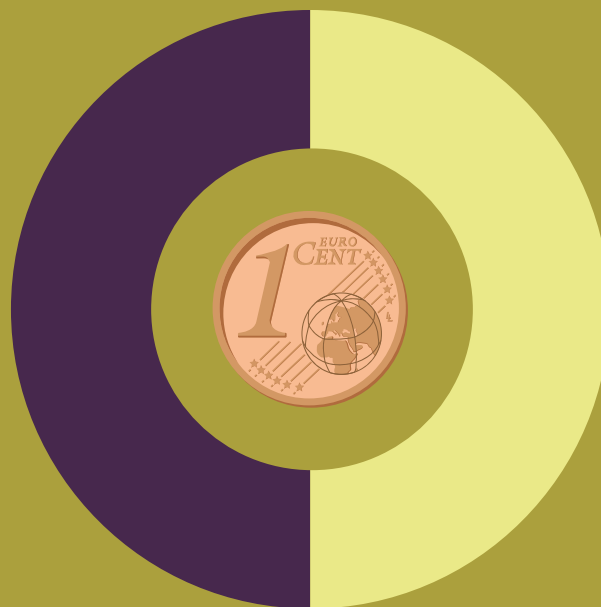
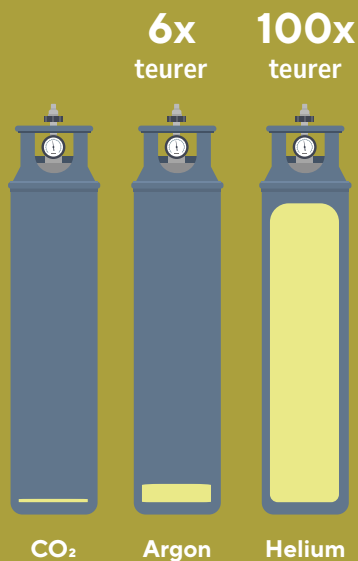
Sauerstoffsensoren und Softwareanpassungen

Neue Ventile

Gaseintragungssystem

Anpassung der Gasaufbereitung

Austausch des Tanks



● 0,5 ct/kg höhere Kosten durch Argon

● bis zu 0,5 ct/kg höhere Betriebskosten durch Ausgleich der Betäubungskapazitäten

1 ct/kg Fleisch Mehrkosten durch den Einsatz von Argon



Kostenfaktoren von Argon

+ 40 %
längere
Betäubungszeit

Fazit

Die geschätzten Mehrkosten betragen ca. 1 ct/kg Fleisch – gering im Verhältnis zum verbesserten Tierschutz.

08

Ausblick

Die Untersuchungen im TIGER-Projekt haben gezeigt, dass inerte Gase unter kommerziellen Bedingungen zur Betäubung von Schachtschweinen verwendet werden können. Die im Projekt weiterentwickelte, neue und patentierte Begasungstechnologie kann in bestehenden Anlagen nachgerüstet werden. Mit dieser Technologie konnten inerte Gasatmosphären mit einem Restsauerstoffgehalt von $< 1\%$ in der offenen Grube einer Betäubungsanlage mit Dip-Lift-System erreicht und gehalten werden. Die Untersuchungen zeigten, dass bei den untersuchten Inertgasgemischen im Vergleich zu CO_2 in hoher Konzentration zwar längere Expositionszeiten notwendig sind, diese jedoch aus Sicht des Tierschutzes aufgrund der Reduktion der Aversion in der Einleitungsphase deutliche Vorteile aufweisen. Darüber hinaus war bei den eingesetzten Inertgasgemischen keine relevante Verschlechterung der Fleischqualität feststellbar.

Um diese Technik in Zukunft auch in Schlachtbetrieben mit hohen Schlachtzahlen einsetzbar zu machen, muss dieses Verfahren auch in kontinuierlich arbeitenden Betäubungsanlagen mit Paternoster-System untersucht werden. Im TIGER-Projekt durchgeführte technische Vorversuche in einem Praxisbetrieb mit Paternoster-System ergaben, dass mit der neuen Begasungstechnik auch in einem Paternoster-System mit mehreren Gondeln ein niedriger Restsauerstoffgehalt unter 1% erreicht wird. Tierbasierte Untersuchungen im Paternoster-System konnten während der Projektlaufzeit aus projektunabhängigen Gründen nicht mehr durchgeführt werden.

Die Ergebnisse des TIGER-Projekts zeigen eine vielversprechende Möglichkeit auf, den Tierschutz am Schlachthof zu verbessern. Bei positivem Ausgang der ausstehenden tierbasierten Untersuchungen zu Tierschutz und Fleischqualität im Paternoster-System rückt eine tierschutzgerechtere Betäubung mit Inertgasen in greifbare Nähe.

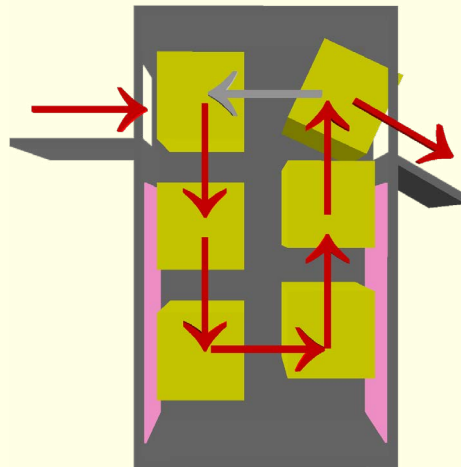


Abbildung 25: Paternoster.



Abbildung 26: Mastschweine in einem Schweinestall.

09

Impressum & Quellenverzeichnis

Quellenangaben

- ¹ European Commission (2009). EUR-Lex. 32009R1099.
- ² Tierschutz-Schlachtverordnung (2012). BGBl. I, 2982.
- ³ Troeger, K. (2008). Tierärztliche Praxis. 36 (Suppl 1), 34–38.
- ⁴ Hartung, J., et al. (2002). Deutsche Tierärztliche Wochenschrift. 109, 135–139.
- ⁵ Machold, U. (2015a). Fleischwirtschaft (Frankfurt). 95 (8), 34–40.
- ⁶ Machold, U. (2015b). Mitteilungsblatt Fleischforschung Kulmbach. 54, 208, 87–94.
- ⁷ Nowak, B., et al. (2007). Meat Science. 75, 290–298.
- ⁸ Passantino, A. (2009). Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. 4, 273–285.
- ⁹ EFSA (2004). EFSA Journal. 2 (7), 45. DOI: 10.2903/j.efsa.2004.45.
- ¹⁰ EFSA, et al. (2020). EFSA Journal. 18 (6), e06148. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.6148.
- ¹¹ Machold, U., et al. (2003a). Fleischwirtschaft (Frankfurt). 83, 139–142.
- ¹² Raj, A. B., et al. (1995). Animal Welfare. 4 (4), 273–280. DOI: 10.1017/S096272860001798X.
- ¹³ Raj, A. B., et al. (1996). Animal Welfare. 5 (1), 71–78. DOI: 10.1017/S0962728600018352.
- ¹⁴ Rodríguez, P., et al. (2008). Animal Welfare. 17 (4), 341–349. DOI: 10.1017/S0962728600027834.
- ¹⁵ Peppel, P., et al. (1993). Journal of Neurophysiology. 70 (6), 2260–2275. DOI: 10.1152/jn.1993.70.6.2260.
- ¹⁶ Cantieni, J. (1976). Schweizer Archiv für Tierheilkunde. 119, 355–375.
- ¹⁷ Gregory, N. G., et al. (1990). Fleischwirtschaft. 70, 1173–1174.
- ¹⁸ Nattie, E. (1999). Progress in Neurobiology. 59 (4), 299–331. DOI: 10.1016/S0301-0082(99)00008-8.
- ¹⁹ Forslid, A. (1987). Acta Physiologica Scandinavica. 130 (1), 1–10.
DOI: 10.1111/j.1748-1716.1987.tb08104.x.
- ²⁰ Machold, U., et al. (2003b). Fleischwirtschaft (Frankfurt). 83 (10), 668–675.
- ²¹ Dalmau, A., et al. (2010). Animal Welfare. 19 (3), 325–333. DOI: 10.1017/S096272860000172X.
- ²² Llonch, P., et al. (2012). Animal: An International Journal of Animal Bioscience. 6 (4), 668–675.
DOI: 10.1017/S1751731111001911.
- ²³ Atkinson, S., et al. (2020). Animals: An Open Access Journal from MDPI. 10 (12).
DOI: 10.3390/ani10122440.
- ²⁴ Troeger, K., et al. (2004). Fleischwirtschaft (Frankfurt). 84 (11), 117–121.
- ²⁵ Lambooi, E. (2014). In Encyclopedia of Meat Sciences.
- ²⁶ AG Tierschutz der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz (LAV) (2024).
Handbuch Tierschutzüberwachung bei der Schlachtung und Tötung.

Zitierhinweis

Wilk, I., Knöll, J., Gelhausen, J., Rinklake, A., Tetens, J., Mörlein, D. (2025): Tierschutzgerechte Gasbetäubung von Schlachtschweinen im Dip-Lift- und Paternoster-System (TIGER). Broschüre zum Abschluss des Verbundprojekts TIGER, Februar 2025.

Impressum

Herausgeber

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften

Kellnerweg 6, 37077 Göttingen

+49 (0) 551 3925611
www.uni-goettingen.de

Redaktion

Dr. Inga Wilk,
Dr. Jonas Knöll,
Julia Gelhausen,
Ansgar Rinklake,
Prof. Dr. Jens Tetens,
Prof. Dr. Daniel Mörlein

Verantwortlich i.S.d.P.:
Prof. Dr. Daniel Mörlein

Stand

Februar 2025

Bildnachweis

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutztierwissenschaften (S. 11–12, 16), iStock (S. 5, 15), AdobeStock (S. 18)

Infografiken stammen von:
Werbeagentur Fuchstrick (S. 6–7, 17)

Abbildungen und Tabellen stammen von:
Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutztierwissenschaften (S. 8–10, 13–18), Friedrich-Loeffler-Institut (S. 10, 18)

Gestaltung

Werbeagentur Fuchstrick GbR
www.fuchstrick.com

“ Mit der neuen patentierten Begasungstechnik ist ein Restsauerstoffgehalt von unter 1 % in den Gruben der beiden praxisüblichen Betäubungsanlagen realisierbar.

“ Die teilweise beobachteten Unterschiede in der Fleischbeschaffenheit sind ohne praktische Relevanz.

“ Die untersuchten Inertgasgemische weisen aufgrund der reduzierten Aversion vor Standvermögensverlust deutliche Vorteile für den Tierschutz auf.

Gefördert durch

Projektträger

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Mit zusätzlicher finanzieller Unterstützung durch

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Das Projekt wurde mit zusätzlichen Mitteln vom Verband der Fleischwirtschaft e.V., vom QS-Wissenschaftsfonds der QS Qualität und Sicherheit GmbH sowie von der Förderergesellschaft für Fleischforschung e.V. finanziell unterstützt.