

# JAHRBUCH AGRARTECHNIK

YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

---

Herausgeber/Editor:  
Prof. Dr. Ludger Frerichs



# JAHRBUCH AGRARTECHNIK

YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

## Jahrbuch Agrartechnik / Yearbook Agricultural Engineering 2023

Band 35 / Volume 35

### Vorwort

Wie die Agrartechnik selbst befindet sich auch das *Jahrbuch Agrartechnik* im steten Wandel. So verschiebt sich mit der Zeit die Bedeutung einzelner Themenbereiche. Dem tragen wir jetzt mit einem neuen Oberkapitel Rechnung unter dem profunde Beiträge die aktuellen Entwicklungen der Energiesysteme und der Antriebstechnik beleuchten – ein Blick hinein lohnt sich sehr! Natürlich ist dieser Bereich nicht der einzige, indem es neues aus der Agrartechnik zu berichten gibt. Von daher freue ich mich, dass wir auch in diesem Jahr wieder die vielfältigen Entwicklungen in der Branche mit dem *Jahrbuch Agrartechnik* würdigen können. Die Autorinnen und Autoren des Jahrbuchs haben das alles wieder zusammengetragen. Ohne ihr nicht selbstverständliches, oft langjähriges Engagement wäre das Jahrbuch in dieser Form und diesem Umfang nicht umsetzbar – vielen herzlichen Dank dafür! Gleiches gilt für die Gutachter, die zur Wahrung der Qualität der Artikel einen wichtigen Beitrag leisten – ein herzliches Dankeschön.

Nun erscheint das *Jahrbuch Agrartechnik* in seiner 35. Fassung wie gewohnt auf der Homepage [www.jahrbuch-agrartechnik.de](http://www.jahrbuch-agrartechnik.de). Allen Leserinnen und Lesern eine gute Lektüre mit vielen positiven Eindrücken!

### Preface

Like agricultural engineering itself, the Yearbook Agricultural Engineering is constantly changing. The importance of individual subject areas shifts over time. We are now taking this into account with a new main chapter in which profound articles illustrate the current developments in energy systems and drive technology - it is well worth a look! Of course, this is not the only area in which there is news from agricultural engineering. I am therefore delighted that we are once again able to pay tribute to the diverse developments in the sector with this year's Yearbook Agricultural Engineering. The authors of the yearbook have once again brought it all together. Without their commitment, often over many years, the yearbook would not be possible in this form and scope - many thanks for that! The same applies to the reviewers, who make an important contribution to maintaining the quality of the articles - thank you very much.

The 35th edition of the Yearbook Agricultural Engineering will now be published as usual on the homepage [www.jahrbuch-agrartechnik.de](http://www.jahrbuch-agrartechnik.de). We wish all readers a good read with many positive impressions!



Prof. Dr. Ludger Frerichs

---

### Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

#### Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2023. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2024.

Frerichs, Ludger (ed.): Yearbook Agricultural Engineering 2023. Braunschweig: Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, 2024.

#### Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202401171517-0>

#### Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de>

## **Rahmenbedingungen und Optionen für eine tier- und umweltgerechte Schweinehaltung in Deutschland**

Jochen Hahne

### **Kurzfassung**

Die Schweinehaltung in Deutschland steht unter erheblichen Anpassungsdruck in Hinblick auf die Entwicklung und praktische Umsetzung tiergerechterer und zugleich emissionsarmer Halteverfahren. Neue Stallsysteme sollen den Tieren mehr Außenkontak und über größere strukturierte Flächen ein artgerechteres Verhalten ermöglichen. Der Beitrag beschreibt neben der aktuellen Entwicklung der Schweinehaltung die neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie vielfältige Möglichkeiten zur Emissionsminderung. Die Auswertung aktueller Forschungsarbeiten zeigt, dass eine abschließende Bewertung der Umweltwirkungen der neuen Stallsysteme noch nicht möglich ist und diese über einen bereits initiierten Forschungsverbund ermöglicht werden soll.

### **Schlüsselwörter**

Schweinehaltung, Außenklimaställe, Emissionsminderung, Umweltwirkungen

## **Framework conditions and options for animal and environmentally friendly pig farming in Germany**

Jochen Hahne

### **Abstract**

Pig farming in Germany is under considerable pressure to adapt with regard to the development and practical implementation of more animal-friendly and low-emission husbandry methods. New housing systems should allow the animals more contact with the outdoor climate and more species-appropriate behavior through larger structured areas. In addition to the current development of pig farming, the article describes the new legal framework conditions as well as various possibilities for reducing emissions. The evaluation of current research work shows that a conclusive assessment of the environmental impact of the new housing systems is not yet possible and that this should be made possible through a research network that has already been initiated.

### **Keywords**

Pig farming, outdoor climate housing, emission reduction, environmental impacts

## **Daten zur Schweinehaltung in Deutschland**

Der Schweinebestand in Deutschland ist seit vielen Jahren rückläufig. Insbesondere in den Jahren seit 2020 ist eine deutliche Abnahme von 26,1 Mio. Tieren (2020) auf 21,3 Mio. Tiere (2022) festzustellen [1]. Nach den letzten Zahlen für den Mai 2023 setzt sich dieser Trend mit rund 20,7 Mio. Tieren offensichtlich fort [2]. Die Schweinehaltung ist jedoch mit einem Produktionswert von ca. 7,6 Mrd. € ein nach wie vor bedeutender Wirtschaftsfaktor. Allerdings hat die Zahl der Betriebe mit Schweinehaltung seit 2010 mit 56.337 bis ins Jahr 2020 mit 29.851 Betrieben um rund 47 % stärker abgenommen als die Anzahl der Schweine [2]. Dies führt in der Konsequenz zu einzelbetrieblich wachsenden Tierbeständen. Während im Jahr 2010 50,8 % (= 8,43 Mio. Tiere) des Bestandes an Schweinen mit mehr als 20 kg in Betriebsgrößenklassen von mehr als 1.000 Tieren gehalten wurden, waren es im Jahr 2020 bereits 66,3 % (= 10,55 Mio. Tiere) [3]. Die ökologische Schweinehaltung umfasste im Jahr 2020 1.566 Betriebe mit insgesamt 212.000 Schweinen (0,81 % des Gesamtbestandes). Mit rund 96 % waren die meisten der insgesamt 27,76 Mio. Haltungsplätze im Jahr 2020 mit Voll- oder Teilspaltenböden ausgestattet. Etwa 4% der Haltungsplätze entfielen auf eingestreute planbefestigte Haltungsplätze, Tiefstreuverfahren oder andere Haltungsverfahren.

Ein Marktcheck der Verbraucherzentralen aus dem Jahr 2020 zeigt, dass das Schweinefleisch überwiegend aus der Haltungsform mit dem gesetzlichen Mindeststandard kam (65,3 %) [4]. Nach dem BMEL- Ernährungsreport 2023 achten allerdings 65 % der Befragten auf Tierwohlabel, welche Fleisch aus besonders tiergerechter Haltung kennzeichnen [5]. Ebenfalls 65 % der Befragten geben an, Produkte, die mit diesen Siegeln gekennzeichnet sind, häufiger zu kaufen. 94 % der Befragten halten bessere Tierhaltungsbedingungen mit weniger Tieren in Ställen für sehr wichtig oder wichtig.

Der Pro-Kopfverbrauch an Schweinefleisch fällt seit einigen Jahren deutlich. Während dieser im Jahr 2010 noch bei 49,3 kg lag, fiel er im Jahr 2020 auf 38,6 kg und im Jahr 2022 auf zuletzt 35,5 kg [6]. Der Selbstversorgungsgrad bei Schweinefleisch war 2022 mit 125,8 % allerdings immer noch hoch [7]. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass Verbraucherinnen und Verbraucher vor allem mageres Schweinefleisch nachfragen, während fettreichere Anteile und andere Teilstücke weiterverarbeitet oder exportiert werden.

## **Veränderte Rahmenbedingungen für die Haltung von Mastschweinen**

Das Tierhaltungskennzeichnungsgesetz [8] regelt die Kennzeichnung von Lebensmitteln tierischen Ursprungs mit der Haltungsform der Tiere. Es dient der Information der Endverbraucher, wie die Tiere im maßgeblichen Haltungsabschnitt gehalten worden sind und soll über eine Veränderung des Kaufverhaltens zu einer Verbesserung der Haltungsbedingungen der Tiere beitragen und den tierhaltenden Betrieben eine wirtschaftliche Perspektive für eine zukunftsfeste Tierhaltung bieten. Für den Neu- und Umbau zu tiergerechten Ställen sollen immissionschutzrechtliche Erleichterungen gelten, die gegenwärtig erarbeitet werden [9]. Das Baurecht wurde ebenfalls angepasst, um den Umbau der Ställe im Sinne einer artgerechten Haltung zu fördern [10]. Zu den wesentlichen Regelungen gehört, dass Tierhaltungsanlagen im Außenbereich zukünftig umgebaut werden dürfen, wenn ein Wechsel von der Haltungsform „Stall“ zu

höheren Haltungsformen erfolgt. Der Tierbestand darf nach dem Umbau gleichbleiben, was im Regelfall zu einer Vergrößerung der Anlage führt, da den Tieren mehr Platz zur Verfügung gestellt wird. Dies wiederum führt zu einer Verringerung der Abstände der Tierhaltungsanlagen von der Anwohnerschaft oder anderen Schutzgütern.

Im vorliegenden Gesetz werden zunächst die Haltungsformen für Mastschweine geregelt, die Grundlage für die Kennzeichnung der Haltungsformen sind. Weitere Tierarten sollen im Laufe der Legislaturperiode in die Tierhaltungskennzeichnung aufgenommen werden [9]. Es werden insgesamt fünf Haltungsformen für Mastschweine unterschieden; „Stall“, „Stall + Platz“, „Frischlufstall“, „Auslauf/Weide“ und „Bio“.

Bei der Haltungsformen „Stall“ und „Stall + Platz“ sind die allgemeinen Anforderungen der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung [11] zu erfüllen, die für die höheren Haltungsformen noch abschließend festgelegt werden müssen. Die allgemeinen Anforderungen betreffen die Bauweise des Stalles, Fütterungs- und Tränke-Einrichtungen, den Erhalt der tierischen Gesundheit sowie Anforderungen an die Lüftungsanlagen (§ 3). Weitere Anforderungen sind im § 22 der Verordnung präzisiert. Sie betreffen Vorgaben an Haltungseinrichtungen, die Bodengestaltung und an die Lichtansprüche. Die Platzansprüche für die Tiere sind im § 29 geregelt und bewegen sich zwischen 0,5 m<sup>2</sup> bei Tiergewichten von 30 – 50 kg bis zu 1,0 m<sup>2</sup> bei Tieren mit mehr als 110 kg. Ferner muss der uneingeschränkt verfügbare Liegebereich mindestens die Hälfte der Mindestfläche entsprechen und außerdem muss den Tieren jederzeit organisches Beschäftigungsmaterial zur Verfügung stehen.

Für die Haltungsform „Stall + Platz“ werden höhere Anforderungen gestellt. Sie betreffen weitere Haltungselemente wie Kontaktgitter, Trennwände zur Bildung von Funktionsbereichen, unterschiedliche Mikroklimabereiche und Lichtverhältnisse, geeignete Scheuervorrichtungen, Anforderungen an die Tränke – und Liegeraum-Gestaltung sowie optional die Integration eines Auslaufes mit der Möglichkeit zur Wahrnehmung äußerer Witterungs- und Umwelteinflüsse. Aus der Vielzahl der Gestaltungselemente und Gestaltungsoptionen müssen mindestens drei für diese Haltungsform oder ein entsprechender Auslauf realisiert werden. Im Vergleich zur Haltungsform „Stall“ wird den Mastschweinen mehr Platz zur Verfügung gestellt. Für Tiere mit Gewichten von 30 – 50 kg steigt die verfügbare Bodenfläche auf 0,563 m<sup>2</sup> (+ 12,6 %), bei Tieren mit 50 – 110 kg auf 0,844 m<sup>2</sup> (+12,5 %) und bei Tieren mit mehr als 110 kg auf 1,125 m<sup>2</sup> (+12,5 %). Auch für den Liegebereich gelten höhere Anforderungen. Dieser darf nur einen Perforationsgrad von 5 % aufweisen, muss eingestreut sein und über festgelegte Mindestflächen verfügen (0,3 – 0,9 m<sup>2</sup> je nach Tiergewicht). Für die Haltungsform „Stall + Platz“ wird es dementsprechend eine Fülle von Verfahrensvarianten geben.

Bei der Haltungsform „Frischlufstall“ gelten weitergehende Anforderungen. Das Außenklima muss in jeder Bucht einen wesentlichen Einfluss auf das Stallklima ausüben. Jedes Tier soll jederzeit Zugang zu unterschiedlichen Klimabereichen haben. Die uneingeschränkt verfügbare Bodenfläche steigt bei Tieren zwischen 30 und 50 kg auf 0,7 m<sup>2</sup>, bei Tieren zwischen 50 – 120 kg auf 1,3 m<sup>2</sup> und bei Tieren von mehr als 120 kg auf 1,5 m<sup>2</sup>. Alternativ kann der „Frischlufstall“ aus einem geschlossenen oder überwiegend geschlossenen Gebäude mit Auslauf

bestehen, der für die Tiere jederzeit zur Verfügung steht. Bei dieser Variante muss eine uneingeschränkt verfügbare Bodenfläche von 0,7 m<sup>2</sup> für Tiere zwischen 30 und 50 kg, 1,1 m<sup>2</sup> für Tiere mit 50 – 120 kg und 1,4 m<sup>2</sup> für Tiere mit mehr als 120 kg bereitgestellt werden.

Bei der Haltungsform "Auslauf/Weide" werden die Flächenansprüche der Tiere nochmals erweitert. Neben einer Bodenfläche von 0,5 – 1,5 m<sup>2</sup> je nach Tiergewicht werden ergänzend noch Ausläufe mit geschlossener Bodenfläche von 0,25 – 0,8 m<sup>2</sup> je nach Tiergewicht gefordert. Alternativ würde auch die dauerhafte Haltung ohne festen Stall in diese Haltungsform gehören.

Die Haltung von Tieren ist der Haltungsform „Bio“ zuzuordnen, wenn die Haltung der Tiere nach Artikel 35 Absatz 1 Satz 1 der Verordnung (EU 2018/848 zertifiziert ist [8; 12]. Für die ökologische Mastschweinehaltung gelten noch weitergehende Anforderungen [13]. Diese betreffen neben den Haltungsverfahren, die auf die Verhaltensweisen der Tiere abgestimmt sein müssen, u.a. Anforderungen an Transport und Schlachtung, die Verwendung wirtschaftseigenen Futters sowie der Bezug von Ferkeln aus ökologisch wirtschaftenden Sauen-Betrieben.

### **Aktuelle Forschungsarbeiten zur Minderung von Emissionen aus der Schweinehaltung**

Einen aktuellen Überblick über Forschungsarbeiten zur Minderung von Emissionen aus der Schweinehaltung liefert der KTBL-Tagungsband „Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern“ vom Oktober 2023 [14]. Neue Stallsysteme für die Schweinehaltung sind aktuell ein Forschungsschwerpunkt. Sie sollen einer artgerechten Tierhaltung dienen und gleichzeitig emissionsarm sein. Das vorgestellte Stallsystem [15] besteht aus einem vollüberdachten Außenbereich, wo sich der Aktivitäts-, Fress- und Mistbereich befindet, und einem klimatisierten Innenbereich. Der Mistbereich ist perforiert. Der gekapselte, wärmegeämmte, planbefestigte und eingestreute Innenbereich soll den Tieren als Liege- und Komfortbereich dienen. Wenn dieser Bereich für die Tiere ansprechend klimatisiert wird, erfolgt erfahrungsgemäß keine oder nur eine geringe Verschmutzung. Hierfür sind allerdings Heiz- und Kühlmöglichkeiten unerlässlich. Insbesondere die Überhitzung des Liegebereiches in den Sommermonaten muss verhindert werden. Im perforierten Mistbereich erfolgt unterflur die Kot-Harntrennung. Die Ableitung des Harns erfolgt über ein leichtes Gefälle und der Sammlung der Flüssigkeit über eine Harnrinne. Der Kot bleibt auf der Fläche liegen und wird über entsprechende Schieber aus dem Stall entfernt. Zur weiteren Verbesserung der Harnableitung können Sprühsysteme eingesetzt werden. Der Flächenbedarf je Schwein wird mit 1,1 – 1,5 m<sup>2</sup> angegeben und liegt somit deutlich über dem gesetzlichen Mindeststandard, der je nach Tiergewicht zwischen 0,5 und 1,0 m<sup>2</sup>/Tier liegt [11]. Erste Messungen zur Ammoniakkonzentration ergaben mit 0,5 ppm sehr geringe Ammoniakkonzentrationen im Stall. Bei zwangsbelüfteten Schweineställen nach gesetzlichem Mindeststandard liegen die Ammoniakkonzentrationen mit 12,8 +/- 3,3 ppm höher [16].

Der im Urin gelöste Harnstoff wird von harnstoffzersetzenden Bakterien enzymatisch unter Bildung von Ammoniak abgebaut, was zu entsprechenden Ammoniakemissionen führt. Wie Versuche zeigen, kann die Harnstoffhydrolyse über die Einstellung eines pH-Wertes von 2,5

(mit Schwefelsäure) bzw. 12,3 (mit Kalkhydrat) über mindestens 30 Tage unterbunden werden [17].

Messungen an acht Mastschweineställen (vier mit eingestreutem, planbefestigten Auslauf und vier mit Spaltenboden und Güllekanal im Auslauf) ergaben Ammoniakemissionsraten zwischen 0,9 und 4,2 kg/(TP a). Im Mittel der untersuchten Ställe lag die umgerechnete NH<sub>3</sub>-N-Emission mit 2,6 kg/(TP a) unterhalb der von zwangsbelüfteten Mastschweineställen nach gesetzlichem Mindeststandard mit 3,0 kg/(TP a). Vertiefende Ausführungen zu den NH<sub>3</sub>-Emissionen der unterschiedlichen Außenklimaställe sowie zur Methodik finden sich in [18]. Für genehmigungsbedürftige Mastschweinehaltungen nach gesetzlichem Mindeststandard gilt nach der neuen TA Luft ein NH<sub>3</sub>-N-Emissionswert von 2,4 kg/(TP a) bzw. 2,91 kg NH<sub>3</sub>/(TP a). Dieser soll bei Einsatz einer stark proteinreduzierten Fütterung sichergestellt werden [19]. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Außenklimaställen nach aktuellem Kenntnisstand in der Größenordnung der zwangsbelüfteten Ställe liegen und eine erhebliche, managementabhängige Spannweite aufweisen. Im Rahmen dieser Untersuchungen [18] wurden auch die Geruchsemissionen aus den Außenklimaställen gemessen. Die Ergebnisse bewegten sich zwischen 23 und 189 Geruchseinheiten je Großvieheinheit und Stunde. Eine Großvieheinheit entspricht einer Lebendmasse von 500 kg. Die Geruchsemissionen zwangsbelüfteter Mastschweineeställe nach gesetzlichem Mindeststandard liegen bei 50 Geruchseinheiten je Großvieheinheit und Stunde [20]. Auch diese Ergebnisse zeigen neben der hohen Schwankungsbreite die Vergleichbarkeit der Emissionen zu konventionellen Halteverfahren.

Gegenstand weiterer Untersuchungen waren Immissionsmessungen an frei belüfteten Schweineeställen. Im Gegensatz zu zwangsbelüfteten Ställen mit guten Ableitbedingungen über Abluftkamine werden die Emissionen aus frei belüfteten Ställen eher bodennah freigesetzt und können in der Nachbarschaft insbesondere zu Geruchsbelästigungen führen. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen Fahnenreichweiten zwischen 132 und 600 m, eine hedonische Bewertung als „eher unangenehm“ und die Einstufung der Geruchsqualität als „Gestank“ [21].

Für die Begrenzung der NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Schweinehaltung ist vor allem die bedarfsgerechte Fütterung maßgeblich. Eine überschüssige Proteinversorgung kann zu steigenden Ammoniakemissionen beitragen. Entsprechende Untersuchungen zur Proteinversorgung von Mastschweinen ergaben bei N/P reduzierter Fütterung einen Emissionswert von 3,31 kg NH<sub>3</sub>/(TP a), während die stark N-/P-reduzierte Fütterung einen sehr geringen Emissionswert von lediglich 2,56 kg NH<sub>3</sub>/(TP a) erbrachte [22]. Der neue NH<sub>3</sub>-Grenzwert in der TA Luft liegt mit 2,91 kg/(TP a) etwa im Mittel dieser Untersuchungsergebnisse. Untersuchungen zur moderaten Reduzierung des Rohproteingehaltes in der Futtermittelration für Mastschweine im Zeitraum von 2015 – 2023 haben gezeigt, dass dies ohne Leistungsverlust möglich war und eine Verringerung der N-Ausscheidung von 23 % ermöglichen kann [23].

Eine weitere Option zur Minderung von Ammoniak- und Methanemissionen stellt die Gülleansäuerung dar. Durch die Ansäuerung mit Schwefelsäure wird das Ammonium-/Ammoniak-Gleichgewicht zum Ammonium verschoben, dass in der Flüssigkeit gelöst bleibt und nicht abdampfen kann. Die mikrobiologische Methanbildung wird bei niedrigen pH-Werten gehemmt.

---

Die Untersuchungen ergaben, dass eine Absenkung des pH-Wertes in der im Stall lagernden Gülle auf 5,5 die Ammoniakemissionen aus dem Stall um ca. 40 % und die Methanemissionen um ca. 67 % reduzieren kann [24]. Angaben zum dafür erforderlichen Schwefelsäureeinsatz finden sich in [25]. Der Schwefelsäureverbrauch (96 %) betrug 15,7 – 18,2 kg/m<sup>3</sup> Gülle in der gesamten Mastperiode.

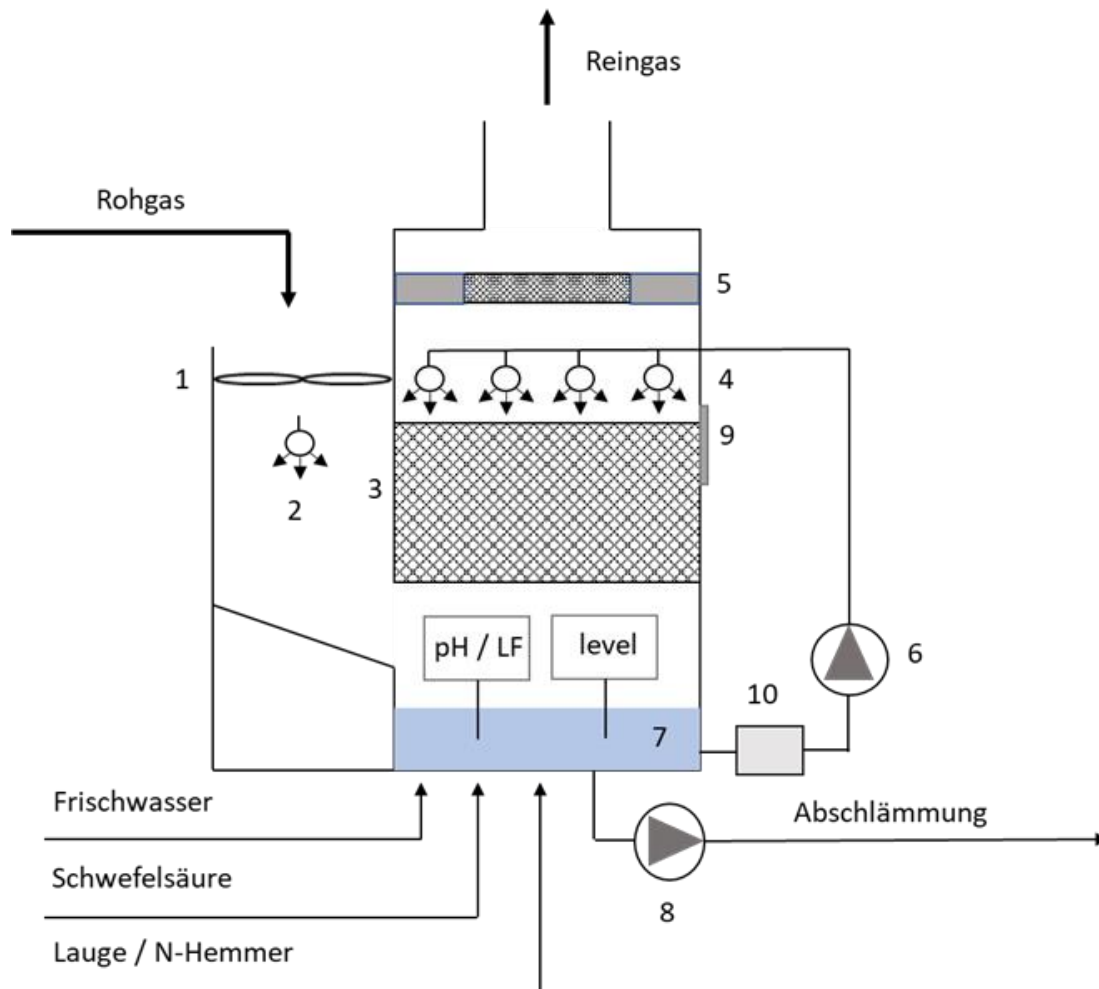
Der Einsatz von Urease-Inhibitoren soll die Harnstoffspaltung und damit die möglichen Ammoniakemissionen reduzieren. Die Dosierung in den untersuchten Abteilen erfolgte täglich mit einer handelsüblichen Rückenspritze. Eine Aufwandmenge von 10 mg/m<sup>2</sup> erbrachte eine Reduzierung der NH<sub>3</sub>-Emissionen um knapp 11 % und bei einer Aufwandmenge von 25 mg/m<sup>2</sup> betrug die NH<sub>3</sub>-Minderung 21 % [26].

Durch die Güllekühlung können Ammoniakemissionen reduziert werden, weil das Ammonium-Ammoniak-Dissoziationsgleichgewicht zugunsten des Ammoniums verschoben wird. Außerdem wird die Diffusion von Ammoniak an die Phasengrenzfläche verlangsamt. Wie Untersuchungen zeigen, konnten bei Absenkung der Gülletemperatur von ca. 22 °C auf 15 °C die NH<sub>3</sub>-Emissionen um 40 – 60 % reduziert werden [27].

Eine Verkleinerung der Güllekanäle kann ebenfalls zur Minderung von Ammoniakemissionen beitragen. Hier ist der emissionsmindernde Effekt vor allem auf die Verringerung der emittierenden Fläche zurückzuführen. Die erzielten Minderungen bewegten sich bei den Untersuchungen zwischen 10 und 55 % [27].

Die Abluftreinigung bietet für große zwangsgelüftete Tierhaltungsanlagen eine sichere und weitreichende Ammoniak-, Staub- und Geruchsminderung. Der aktuelle Stand der Technik für die Abluftreinigung in der Schweinehaltung wurde 2023 in einer KTBL-Schrift dokumentiert [28]. Neben der Beschreibung der immissionsschutzrechtlichen Anforderungen werden die verfügbaren Verfahren und die zu erwartenden Kosten ausführlich dargestellt. Ferner liegen aktuelle DLG-Merkblätter vor, die Hinweise zum Betrieb von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinemast geben und Betriebsdaten sowie Verbrauchswerte aus der Praxis dokumentieren [29; 30]. Die Ammoniakabscheidung von 146 vom Autor bewerteten Rieselbettfiltern lag im Mittel bei 92,5 %. Bei 82 zweistufigen Anlagen mit biologischer Wäsche und Biofiltration lag die mittlere Ammoniakabscheidung bei 97,1 %. 22 zweistufige Anlagen mit schwefelsaurer und biologischer Wäsche ergaben einen mittleren Abscheidegrad von 94,9 %. Die Abluftreinigung in der Schweinemast ist allerdings mit einem Stromverbrauch von 12 – 32 kWh je Tierplatz und Jahr energieaufwendig, da zur Reinigung großer Volumenströme entsprechend große, permanent berieselte Absorptionsflächen bereitgestellt werden müssen. Die Berieselung der Absorptionsflächen erfolgt über Umwälzpumpen, die den wesentlichen Energieverbrauch verursachen. Das grundsätzliche Verfahrensprinzip der Abluftreinigung verdeutlicht **Bild 1**.





**Bild 1:** Schematische Darstellung eines Rieselbettfilters zur Reinigung von Abluft aus der Schweinehaltung (1: Ventilator; 2: Vorbedüse; 3: Filterpackung; 4: Wasserverteilsystem; 5: Tropfenabscheider; 6: Umwälzpumpe; 7: Wasservorlage; 8: Abschlammpumpe; 9: Revisionsöffnung; 10: Wasserfilter)

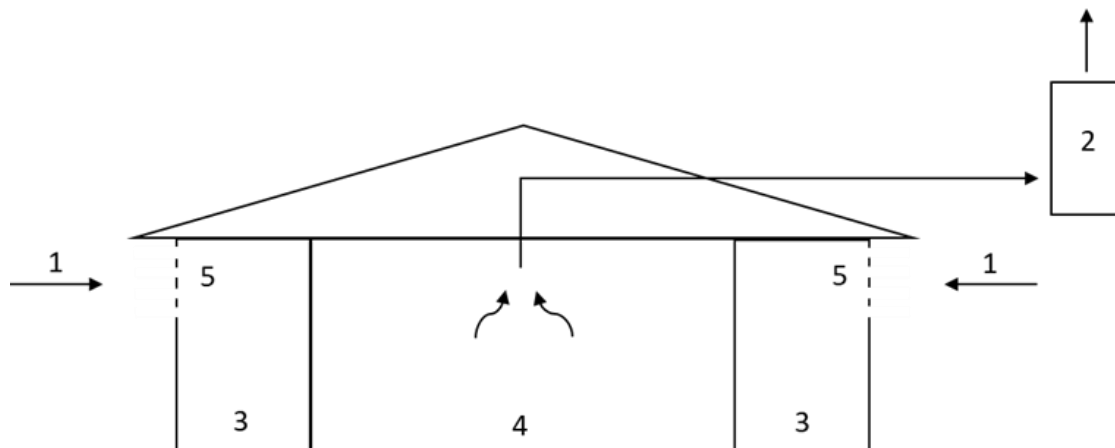
**Figure 1:** Schematic diagram of a trickle bed filter for the purification of exhaust air from pig farming (1: fan; 2: pre-spraying; 3: filter pack; 4: water distribution system; 5: mist eliminator; 6: circulation pump; 7: water supply; 8: blowdown pump; 9: inspection opening; 10: water filter)

Das Rohgas gelangt über Ventilatoren (1) aus dem Stall über eine optional bedühte Umlenkungsstrecke (2) in eine Vorkammer, in der sich auch die Wasservorlage (7) befindet. Nach der gleichmäßigen Verteilung in der Vorkammer durchströmt das Rohgas die Filterpackung (3), die aus unterschiedlichen Kunststoffen mit großer spezifischer Oberfläche besteht. Die Filterpackung wird permanent über ein Wasserverteilsystem (4) berieselt, dessen Wasserversorgung über die Umwälzpumpe (6) aus der Wasservorlage gewährleistet wird. Die bei der Abluftreinigung auftretenden Aerosole werden durch einen Tropfenabscheider (5) zurückgehalten. Nach der Passage des Tropfenabscheiders gelangt die gereinigte Luft in die Umwelt. Revisionsöffnungen (9) werden zur Reinigung der Füllkörperpackung und des Wasserverteilsystems benötigt. Zur Verringerung des Verstopfungsrisikos der Düsen dient ein Partikelfilter

(10) im Ansaugbereich der Umwälzpumpe. Der pH-Wert im Waschwasser wird über die Dosierung von Säure und Lauge geregelt. Inzwischen werden zur pH-Regelung auch vermehrt Nitrifikationshemmer eingesetzt. Die Frischwassereinspeisung erfolgt automatisch über eine Füllstandskontrolle. Das stickstoffhaltige Waschwasser wird abgeschlämmt (8) und im Regelfall zusammen mit der anfallenden Gülle landwirtschaftlich verwertet.

Zur Verbesserung der Klimabilanz von Abluftreinigungsanlagen bietet sich die Wärmerückgewinnung aus dem Waschwasser zur Vorerwärmung der Frischluft an [31]. Dieses Verfahren eignet sich besonders gut für die Haltung von Ferkeln, da diese besonders wärmebedürftig sind. Nach den Ergebnissen konnte dieses Verfahren in 71,6 % des Jahres die Zuluft um durchschnittlich 4,3 °C vorerwärmen (von 7,9 auf 12,2 °C) und damit zu einer Einsparung von Heizenergie beitragen.

In Hinblick auf eine tiergerechtere und zugleich emissionsarme Haltung können neue Haltungssysteme einen wertvollen Beitrag leisten. Bei diesen Stallsystemen (**Bild 2**) stehen den Tieren auf beiden Seiten des inneren Stallgebäudes (4) frei zugängliche Außenklimazonen (3) zur Verfügung. Die Frischluft (1) gelangt über Windschutznetze und verschließbare Jalousien (5) in die Außenklimazone und von dort in das innere Stallgebäude. Von hier erfolgt dann die Absaugung der belasteten Stallluft und dessen Reinigung in einer Abluftreinigungsanlage (2).



**Bild 2:** Schematische Darstellung eines Stallsystems für Mastschweine (1: Frischluftzufuhr; 2: Abluftreinigungsanlage; 3: Außenklimazone; 4: Stallbereich; 5: regelbare Zuluftöffnungen)

**Figure 2:** Schematic diagram of a barn system for fattening pigs (1: fresh air supply; 2: exhaust air purification system; 3: outdoor climate zone; 4: barn area; 5: adjustable supply air openings)

Weitere neu entwickelte Stallmodelle, die tierfreundlich, umweltgerecht, klimaschonend, verbraucherorientiert und wettbewerbsfähig sein sollen, sind in einer Broschüre der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung vertiefend dargestellt [32]. Ein Kernziel der verschiedenen Stallmodelle ist die verbesserte Buchtenstrukturierung in Liegefläche, Aktivitäts- und Fressbereich sowie in einen Kotbereich. Hierdurch soll einerseits eine artgerechtere Tierhaltung sichergestellt werden und andererseits der Anteil emittierender Oberflächen und damit

die Emissionen reduziert werden. Um die Funktionsbereiche aufrecht zu erhalten, sind verschiedene bauliche Maßnahmen erforderlich. Der Liegebereich sollte wärmegeklämt und mit Umluftventilatoren ausgestattet sein, um bei hohen sommerlichen Temperaturen für Kühlung zu sorgen. Denn insbesondere im Sommer müssen die Liegeflächen kühler sein als der Auslauf, weil ansonsten die Gefahr besteht, dass die Liegeflächen verschmutzt werden [33].

Die große Fülle von neuen Stallsystemen und die mögliche Kombination verschiedener baulicher und verfahrenstechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung erschwert die Einschätzung der Umweltwirkungen der Haltungskonzepte. Auch die Gesamtbewertung der emissionsmindernden Wirkung von einzelnen Verfahrenskombinationen ist noch nicht abschließend geklärt. Vor dem Hintergrund, dass tierwohlgerichte Ställe mit Auslauf und freier Lüftung aufgrund fehlender Emissionsdaten nur schwer beurteilt werden können, wurde daher ein neues Forschungsprojekt zur Weiterentwicklung von Methoden zur Erfassung, Modellierung und Beurteilung des Emissionsgeschehens in Nutztierställen aufgelegt [34].

### **Zusammenfassung**

Die Schweinehaltung in Deutschland ist in den letzten Jahren durch rückläufige Bestände gekennzeichnet. Da die Zahl der Schweine haltenden Betriebe noch stärker sinkt als der Bestand, nimmt die Zahl einzelbetrieblich gehaltener Tiere zu. Darüber hinaus steht die Schweinehaltung nach gesetzlich festgelegten Mindeststandard unter erheblichen Anpassungsdruck. Die Tierhaltungssysteme sollen ein artgerechtes Verhalten der Tiere und auf vielfältige Weise Zugang zu Außenklimareizen ermöglichen. Über das Tierhaltungskennzeichnungsgesetz sollen die Verbraucherinnen und Verbraucher transparent über die Form der Tierhaltung informiert werden mit dem Ziel, über ein verändertes Konsumverhalten zum Umbau der Tierhaltung beizutragen. Aufgrund der Vielzahl von Stallbauentwicklungen und der erheblichen Streuung gemessener Emissionsraten ist eine allgemeine Bewertung der Umweltwirkungen freibelüfteter Stallsysteme aktuell noch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Dennoch gibt es eine Fülle von Maßnahmen zur Minderung von Ammoniak- und Geruchsemissionen, die über bauliche Maßnahmen bereits im Stall zur Verringerung von Emissionen beitragen können. Diesbezüglich werden Stallsysteme mit verschiedenen Funktionsbereichen, verkleinerten Güllekanälen sowie die Verfahren zur Kot-Harntrennung untersucht. Neben einer laufenden Optimierung der Fütterung sind weiterhin Verfahren zur Güllekühlung und -ansäuerung sowie der Einsatz von Ureasehemmern Gegenstand von Forschungsarbeiten. Eine interessante Entwicklung bieten Stallbausysteme, die eine artgerechtere Tierhaltung mit Außenklimareizen und die wirksame Abluftreinigung verbinden.

### **Literatur**

- [1] N.N.: Schweinebestand in Deutschland in den Jahren 1900 bis 2022, URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/163424/umfrage/entwicklung-des-schweinebestands-in-deutschland/>, Zugriff am 16.10.2023.
- [2] N.N.: Schweinehaltung, URL: <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/tierhaltung/schweinehaltung>, Zugriff am 16.10.2023.

- [3] N.N.: Betriebe mit Haltung von anderen Schweinen nach Bestandsgrößenklassen, URL: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.bmel-statistik.de%2Ffileadmin%2Fdaten%2F0117430-0000.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>, Zugriff am 16.10.2023.
- [4] N.N.: Haltungsform-Label bei Frischfleisch, Orientierung ja. Auswahl Fehlanzeige, URL: [https://www.verbraucherzentrale.de/sites/default/files/2020-12/Faktenblatt\\_Haltungsformen.pdf](https://www.verbraucherzentrale.de/sites/default/files/2020-12/Faktenblatt_Haltungsformen.pdf), Zugriff am 16.10.2023.
- [5] N.N.: Deutschland, wie es isst. Der BMEL-Ernährungsreport, URL: [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ernaehrungsreport-2023.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ernaehrungsreport-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=4), Zugriff am 16.10.2023.
- [6] N.N.: Versorgungsbilanzen Fleisch, URL: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.bmel-statistik.de%2Ffileadmin%2Fdaten%2F0200503-0000.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>, Zugriff am 16.10.2023
- [7] N.N.: Selbstversorgungsgrad bei Schweinefleisch in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2022, URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/76637/umfrage/selbstversorgungsgrad-bei-fleisch-in-deutschland/>, Zugriff am 16.10.2023.
- [8] Gesetz zur Kennzeichnung von Lebensmitteln mit der Haltungsform der Tiere, von denen die Lebensmittel gewonnen wurden\*,\*\* (Tierhaltungskennzeichnungsgesetz – TierHaltKennzG). Bundesgesetzblatt 2023 Nr. 220.
- [9] N.N.: Fragen und Antworten zur Einführung einer verpflichtenden staatlichen Tierhaltungskennzeichnung, URL: <https://www.bmel.de/SharedDocs/FAQs/DE/faq-tierhaltungskennzeichnung/FAQList.html>, Zugriff am 16.10.2023.
- [10] N.N.: Anpassung des Baurechts für den Umbau der Tierhaltung, URL: <https://www.bmel.de/DE/themen/tiere/tierschutz/tierhaltungskennzeichnung/anpassung-baurecht.html>, Zugriff am 16.10.2023.
- [11] Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung - TierSchNutztV). Bundesgesetzblatt 2001 Teil 1 Nr. 54.
- [12] Verordnung (EU) 2018/848 des europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union 61. Jahrgang L 150.
- [13] N.N.: Grundlagen der Haltung von Öko-Mastschweinen, URL: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/tier/spezielle-tierhaltung/schweine/oekologische-mastschweinehaltung/grundlagen-der-haltung-von-oeko-mastschweinen/>, Zugriff am 16.10.2023.
- [14] KTBL (2023): Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL),
-

URL:

[https://www.ktbl.de/fileadmin/user\\_upload/Allgemeines/Download/Tagungen\\_2023/Emissionen\\_Nutztierhaltung/12642\\_Emissionen\\_der\\_Tierhaltung\\_2023\\_Buch\\_06102023.pdf](https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tagungen_2023/Emissionen_Nutztierhaltung/12642_Emissionen_der_Tierhaltung_2023_Buch_06102023.pdf), Zugriff am 18.10.2023.

- [15] Auinger, C.; Döhler, H. G.: Emissionsarmer Tierwohlstall für Mastschweine mit vollständiger Kot-Harn-Trennung – Konzept und praktische Ausführung. In: KTBL (2023): Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), S. 6 – 7.
- [16] Hahne, J.: Bewertung der Wirksamkeit von Biotrickling-Filtern zur Abluftreinigung in der Mastschweinehaltung. Gefahrstoffe 82 (2022) Nr. 05-06, S. 148 – 154.
- [17] Döhler, H. G.; Kaupenjohann, M.: Emissionsarmer Tierwohlstall für Mastschweine mit vollständiger Kot-Harn-Trennung – Laboruntersuchungen zur Harnstoffstabilisierung und Nährelementfällung im Urin. In: KTBL (2023): Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), S. 8 – 9.
- [18] Wolf, U., Eurich-Menden, B., Dehler, G., Smirnov, A., & Horlacher, D.: Wie beeinflusst Auslaufhaltung die Ammoniakemissionen aus Mastschweineeställen? Landtechnik 78 (2023) H 3.
- [19] Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technisch Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). Gemeinsames Ministerialblatt Nr. 48-54 (2021) S. 1050.
- [20] VDI 3894 Blatt 1: Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen, Haltungsverfahren und Emissionen Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Richtlinie, 2011.
- [21] Krischke, F.: Immissionsmessungen an frei belüfteten Schweineeställen – Vorstellung der Zwischenergebnisse. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern. Darmstadt: KTBL, S. 52 - 53.
- [22] Markus, J.; Broer, L.; Kosch, R.; Meyer, A.; Vogt, W.; Sagkob, S.: Bestimmung von Emissionsraten bei praxisüblicher Proteinversorgung von Mastschweinen. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern. Darmstadt: KTBL, S. 64 - 66.
- [23] Puntigam, R.; Krebelder, K.; Haberland Pimentel, A.; Scheider, S.; Spiekers, H.: Die praktische Umsetzung der nährstoffangepassten Mastschweine-Fütterung: ein wertvoller Beitrag zum Umwelt- und Ressourcenschutz in Bayern. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern. Darmstadt: KTBL, S. 73 – 75.
- [24] Ebertz, V.; Trimborn, M.; Clemens, J.; Hölscher, R.; Büscher, W.: Signifikante Ammoniak- und Methanminderung durch stallinterne Flüssigmistansäuerung. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.):
-

- Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern. Darmstadt: KTBL, S. 41 - 43.
- [25] Overmeyer, V.; Trimborn, M.; Clemens, J.; Hölscher, R.; Büscher, W.: Acidification of slurry to reduce ammonia and methane emissions: Deployment of a retrofittable system in fattening pig barns. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117263>. In: Journal of Environmental Management, Volume 331, 2023.
- [26] Schulte, H.; Ammon, C.; Hagenkamp-Korth, F.; Hartung, E.: Minderung der Ammoniakemissionen durch die Applikation eines Ureaseinhibitors in der Schweinemast. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern. Darmstadt: KTBL, S. 82 - 84.
- [27] Gallmann, E.; Wokel, L.: Güllekühlung und Güllekanalverkleinerung als Maßnahme zur Minderung von Ammoniakemissionen in zwangsgelüfteten Mastschweineeställen. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern. Darmstadt: KTBL, S. 97 - 99.
- [28] Arends, F., Bönsch, S., Gramatte, W., Grimm, E., Hahne, J., Pfeiffer, T.: Abluftreinigung für Schweinehaltungsanlagen. Verfahren – Leistungen – Kosten. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. 2023, ISBN: 978-3-945088-97-5.
- [29] Arends, F., Geburek, F., Hahne, J., Häuser, S., Pfeifer, T.: DLG-Merkblatt 483 - Hinweise zum Betrieb von Abluftreinigungsanlagen für die Schweinehaltung Teil 1: Grundlagen und Verfahrensübersicht, URL: <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/tierhaltung/schwein/dlg-merkblatt-483>, Zugriff am 19.10.2023.
- [30] Arends, F., Geburek, F., Hahne, J., Häuser, S., Pfeifer, T.: DLG-Merkblatt 484 Teil 2: Hinweise zum Betrieb von Abluftreinigungsanlagen für die Schweinehaltung, Betriebsdaten und Verbrauchswerte, <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/tierhaltung/schwein/dlg-merkblatt-484>, Zugriff am 19.10.2023.
- [31] Deeken, H.F.; Lengling, A.; Kromweh, M. S.; Büscher, W.: Wärmerückgewinnung mithilfe einer Abluftreinigungsanlage in einem Ferkelaufzuchtstall. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern. Darmstadt: KTBL, S. 23 - 25.
- [32] Braeutigam, V., Schretzmann, R.: Gesamtbetriebliches Haltungskonzept Schwein. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2019 URL: <https://www.ble-medien-service.de/simpliedownloadable/freedownload/link/hash/cdc7b08969125fe884b95f8cafe1103f/>, Zugriff am 08.11.2023.
- [33] N.N.: Emissionsminderung im Außenklimastall. Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, URL:
-

[https://www.nutztierhaltung.de/schwein/mast/stallbau/emissionsminderung im außenklimastall/](https://www.nutztierhaltung.de/schwein/mast/stallbau/emissionsminderung-im-außenklimastall/), Zugriff am 08.11.2023.

- [34] N.N.: Özdemir übergibt Förderbescheide für Projekt EmiMod: 10,5 Millionen Euro für mehr Tier- und Klimaschutz. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, URL: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Meldungen/DE/Presse/2023/230712-projekt-emimod.html>, Zugriff am 08.11.2023.

## Autorendaten

Dr. rer. nat. Jochen Hahne ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Thünen-Institut für Agrartechnologie.

### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

#### **Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 14.01.2024

#### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Hahne, Jochen: Rahmenbedingungen und Optionen für eine tier- und umweltgerechte Schweinehaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2023. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2024. S. 1-13

#### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202401171552-0>

#### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2023/chapter/bioverfahrens-und-umwelttechnik.html>

Dieser Beitrag wird unter einer CC-BY-NC-ND 4.0 Lizenz veröffentlicht.