

Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung: Umfang und Minderungsoptionen

Jochen Hahne, Stefan Linke, Klaus-Dieter Vorlop,
Thünen-Institut für Agrartechnologie, Braunschweig

Kurzfassung

Die Tierhaltung in Deutschland muss angesichts der erheblichen Überschreitung der nationalen Emissionsobergrenze für Ammoniak und als deren Hauptverursacher weitreichende Maßnahmen zur Emissionsminderung ergreifen und prüfbar umsetzen. Hierfür steht eine Fülle von Optionen in der gesamten Verfahrenskette, angefangen von der Fütterung bis hin zur Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, zur Verfügung. Die Abluftreinigung ist eine wirksame und prüfbare Maßnahme zur Minderung von Emissionen aus zwangsbelüfteten Tierhaltungsanlagen. Zur Reduzierung der Kosten für die Abluftreinigung und zur Verbesserung des Tierwohls könnte auch eine innovative Stallluftführung beitragen, bei der nur hochbelastete Teilströme unterflur abgesaugt und gereinigt werden.

Schlüsselwörter

Ammoniak, Tierhaltung, Minderungsoptionen, Abluftreinigung, partielle Unterflurabsaugung

Ammonia emissions from livestock: range and mitigation options

Jochen Hahne, Stefan Linke, Klaus-Dieter Vorlop,
Thünen-Institute of Agricultural Technology, Braunschweig

Abstract

In view of considerable exceeding the national emission limit for ammonia the livestock in Germany as its major source has to take extensive action for reduction and testable implementation. A package of measures is available for the whole production process, beginning with feeding up to application of manure. Exhaust air treatment is one effective and testable option for emission reduction from forced ventilated livestock housings. Innovative and intelligent stable air guidance with treatment of highly loaded, underfloor sucked branch current may contribute to both, a reduction of exhaust air treatment costs and for improving animal welfare.

Keywords

Ammonia, livestock, mitigation options, exhaust air treatment, partial underfloor air extraction

Ammoniak: Beitrag der Tierhaltung und Handlungsbedarf

Die Landwirtschaft verursacht knapp 95 % der nationalen Ammoniakemissionen in Höhe von 671.000 Tonnen im Jahr [1]. Dieser Wert übersteigt die in der NEC-Richtlinie [2] vereinbarten Emissionsobergrenzen von 550.000 t/a für Deutschland erheblich. Darüber hinaus soll Deutschland seine Ammoniakemissionen, bezogen auf das Jahr 2005, um weitere 5 % bis zum Jahr 2020 reduzieren. Die Europäische Kommission hat ferner im Dezember 2013 ein Legislativpaket zur Luftreinhaltung vorgelegt, das explizit auf die Verringerung des grenzüberschreitenden Transports von Luftschadstoffen abzielt. Zentrales Element ist hierfür die sogenannte NERC-Richtlinie, die für die wichtigsten Luftschadstoffe (Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ammoniak, flüchtige Kohlenwasserstoffe (ohne Methan) und Feinstaub (PM 2,5)) nationale Emissionsminderungsverpflichtungen (NERC) festlegt, die bis 2030 zu erreichen sind. Im Rahmen dieses Legislativpaketes soll Deutschland u.a. seine Ammoniakemissionen bis 2030 um 38 %, bezogen auf den Stand von 2005, reduzieren [3; 4]. Sofern Deutschland seinen Verpflichtungen diesbezüglich nicht nachkommt, drohen Vertragsverletzungsverfahren mit erheblichen Sanktionen in möglicherweise 5-stelliger Höhe je Tag bei einer entsprechenden Verurteilung [3]. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass Deutschland seine Bemühungen zur Minderung von Ammoniakemissionen erheblich verstärken muss. Die Landwirtschaft und insbesondere die Tierhaltung als deren Hauptverursacher müssen daher wesentliche Beiträge liefern. In Deutschland wurden nach Angaben des Statistischen Bundesamtes [5; 6; 7] 12,76 Mio. Rinder (Mai 2015), 27,69 Mio. Schweine (Mai 2013), 47,99 Mio. Legehennen, 15,64 Mio. Junghennen, 97,15 Mio. Masthähnchen und 16,6 Mio. sonstiger Geflügeltiere gehalten (März 2013). Ca. 52 % der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen stammen aus der Rinderhaltung, 20 % aus der Schweinehaltung und 9 % aus der Geflügelhaltung [8]. Die Probleme der deutschen Tierhaltung in Hinblick auf Tier- und Umweltschutz sowie der gesellschaftlichen Akzeptanz werden auch in dem Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates für Agrarpolitik dezidiert beschrieben [9]. Dort wird zusammenfassend festgestellt, dass die Auflagen zur Reduktion von Ammoniakemissionen in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern mit hoher Tierdichte gering sind und es erheblicher Investitionskosten in den Bereichen Filteranlagen in Ställen, Gülleabdeckung und Gülleausbringungstechnik bedarf, um die Ziele der NERC-Richtlinie bis 2030 erreichen zu können. Der Neufassung der NEC-Richtlinie steht der Deutsche Bauernverband hingegen skeptisch gegenüber [10]. Die vorgesehenen Obergrenzen würden die Tierhaltung am Standort Deutschland insgesamt in Frage stellen und würden zu einer Verlagerung der Tierhaltung ins Ausland beitragen. Der Verband fordert u.a. realistische Reduktionsziele sowie eine ausgewogene Verteilung der Minderungsaufgaben innerhalb der EU. Statistiken des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft weisen für die Fleisch- und Fleischerzeugnisse einen Selbstversorgungsgrad von 120 % für die Jahre 2012 und 2013 auf [11; 12]. Die Zahlen belegen, dass gerade die Schweine- und Geflügelfleischproduktion in den letzten Jahren erheblich gesteigert wurde, während die Produktion von Rind- und Kalbfleisch rückläufig war. Wegen der Umweltwirkungen der Tierhaltung, den vielfach nicht tiergerechten Haltungsverfahren sowie einer Produktionsmenge, die deutlich über den nationalen Bedarf hinausgeht, wird auch die Reduzierung der Tierzahlen als ein wirksames Mittel zur Emissionsminderung

diskutiert [9]. Soll jedoch die Intensität der Tierhaltung in Deutschland aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht reduziert werden, müssen auf allen Ebenen der Produktionskette wirksame und prüfbare Maßnahmen zur Emissionsminderung ergriffen werden.

Maßnahmen zur Emissionsminderung

Zur Minderung von Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung steht eine Fülle von Maßnahmen zur Verfügung [13], deren Potentiale zum Teil seit Jahrzehnten bekannt sind, aber aus unterschiedlichsten Gründen bislang zu wenig in der betrieblichen Praxis flächendeckend umgesetzt wurden. Sie betreffen die Bereiche Fütterung, Stallhaltung, Güllelagerung und Ausbringungstechnik und werden je nach Anwendbarkeit und Nutzen in verschiedene Kategorien eingeteilt. Kategorie 1 beschreibt Verfahren, die gut erforscht und praxistauglich sind. In der Kategorie 2 werden Maßnahmen zusammengefasst, die viel versprechend sind, bei denen aber noch Forschungsbedarf besteht und die nicht generell angewendet werden können. Alle Verfahren und Techniken, über die bislang kein Nachweis ihrer Wirksamkeit vorliegt bzw. deren praktischer Einsatz fragwürdig erscheint, wurden in Kategorie 3 zusammengefasst. Die einzelnen Optionen werden dann für die verschiedenen Tierarten (Rindvieh, Schweine, Geflügel) differenziert dargestellt. Die Herabsetzung des Proteingehaltes in den Futtermitteln wird als sehr wirksame Maßnahme beurteilt und in Kategorie 1 eingestuft. Das Ammoniakminderungspotential dieser Maßnahme wird auf 10 – 30 % geschätzt [14]. Im Bereich der Stallhaltung werden gefurchte Böden mit Gülleschiebern (Rinderhaltung, Minderungspotential für Ammoniak 25 – 46 %), Verfahren zur Reduzierung der emittierenden Oberflächen, Gülleensäuerung und Kühlung sowie Abluftreinigung u.a. (Schweinehaltung, Minderungspotential für Ammoniak 25 – 90 %), Verfahren zur Kotbandentmischung, Abluftreinigung u.a. (Geflügelhaltung, Minderungspotential für Ammoniak 30 – 90 %) der Kategorie 1 zugeordnet. Für die Güllelagerung stehen viele Kategorie 1-Verfahren zur Abdeckung mit Minderungspotentialen zwischen 40 und 80 % zur Verfügung. Entsprechendes gilt auch für die Ausbringungsverfahren für Gülle und Festmist. Je nach Art des Wirtschaftsdüngers und seiner Anwendung auf Ackerland oder Grasland sind Emissionsminderungen von 20 - 30 % (Schleppschlauch) bis hin zu 90 % bei vollständiger Einarbeitung innerhalb einer Stunde möglich [14].

Im Bereich der Milchviehhaltung werden aktuell Forschungsarbeiten zur Stickstoffdeposition im Umfeld eines Außenklimastalls mit dem Ziel der Überprüfung der Wirksamkeit von Depositionsbarrieren (Hecken, Agroforststreifen) durchgeführt [15]. Weitere Arbeiten beschäftigen sich mit der Untersuchung klimarelevanter Gase in einem planbefestigten Milchviehstall und der Lagerung. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Spurengasemissionen stark von den untersuchten Stallkompartimenten (Urinstelle, Kotstelle, Flüssigmistvorgrube, Flüssigmistbehälter) abhängen [16].

Die Abluftreinigung als eine Option zur Minderung von Emissionen (Ammoniak, Staub, Bioaerosole, Geruch) wird gegenwärtig an 24 Biowäscher-Anlagen in Nordwestdeutschland untersucht. Dabei wurde eine durchschnittliche Minderung von 80 % für Ammoniak gemessen. Allerdings wurde eine Zunahme von Lachgas im Rahmen der Reinigung festgestellt [17].

Untersuchungen an Abluftreinigungsanlagen in Bayern zeigen, dass Anlagen, bei denen zu wenig Austauschflächen geboten werden, keine ordnungsgemäße pH-Regelung erfolgt sowie keine Warnsysteme installiert sind (z. B. bei Pumpenausfall), die geforderten Reinigungsleistungen nicht dauerhaft gewährleisten können [18]. Gerade aus diesem Grund wurde für Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung ein entsprechender DLG-Test entwickelt, der neben hohen Reinigungsleistungen der Anlagen auch einen entsprechenden Gebrauchswert prüft [19]. Die Testergebnisse für die einzelnen Verfahrensprüfungen sind kostenlos und online verfügbar [20].

Die Abluftreinigung in der Schweinehaltung bietet für alle relevanten Parameter (Geruch, Ammoniak, Staub, Bioaerosole) ein enormes Minderungspotential [20; 21]. Bei klassischen Unterflurabsaugungen und bei Einsatz von Lebensmittelresten als Futtermittel können jedoch deutlich höhere Schadgasfrachten auftreten. Diese können - insbesondere bei einstufigen, biologisch arbeitenden Rieselbettfiltern - zu Problemen bei der Einhaltung der DLG-Kriterien hinsichtlich der Geruchsabscheidung führen.

Um die umfassende Emissionsminderung dauerhaft gewährleisten zu können, müssen Abluftreinigungsanlagen ordnungsgemäß betrieben, gewartet und auch routinemäßig überwacht werden. Dies zeigt die Auswertung von 164 Messberichten entsprechender Anlagenprüfungen. Während am Tag der Messung die Anlagen die geforderten Reinigungsleistungen weitgehend erbracht haben, gab es nicht unerhebliche Mängel im Langzeitbetrieb. Dieser soll anhand des elektronischen Betriebstagebuches überprüft werden, in dem betriebsrelevante Messwerte als Halbstundenmittelwerte zu speichern sind [22].

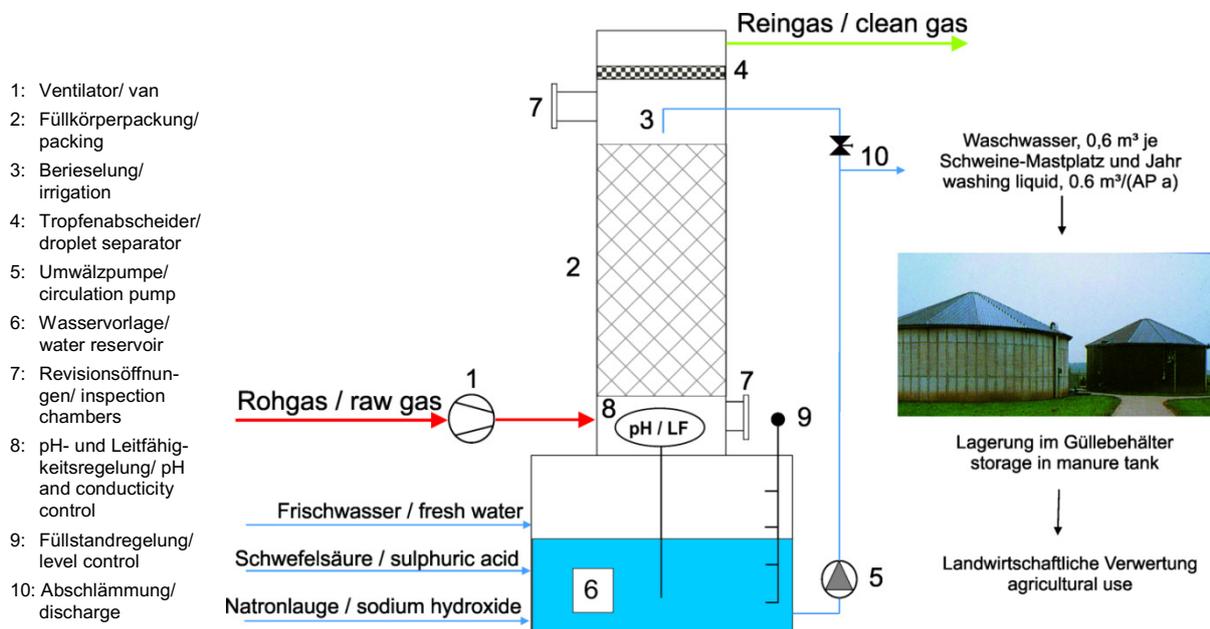


Bild 1: Schema eines einstufigen Rieselbettfilters zur Reinigung von Abluft aus Schweinehaltungen
Figure 1: Schema of a single stage trickling filter for exhaust air cleaning from pig stables

Bei einstufigen Rieselbettfiltern (**Bild 1**) wird die Abluft aus dem Stall durch eine geordnete Füllkörperpackung geleitet, die im Gegenstrom permanent mit Waschwasser berieselt wird.

Auf dem Füllkörpermaterial und in der Waschflüssigkeit wachsen Mikroorganismen, die Geruchsstoffe und gelöste Staubpartikel abbauen. Ammoniak wird im Waschwasser gelöst und von Mikroorganismen zu Nitrit und Nitrat oxidiert. Ein sachgerecht dimensionierter Tropfenabscheider verhindert die Freisetzung von Aerosolen. Für die sichere Anlagenfunktion muss der abgeschiedene Stickstoff sowie überschüssige Biomasse mit dem Waschwasser aus der Anlage entfernt werden. Dies erfolgt mit einer automatisch arbeitenden über die Leitfähigkeit geregelten Abschlämung. Ferner muss über die Dosierung von Säure und Lauge ein pH-Wert von minimal 6,0 und maximal 7,5 im Waschwasser eingehalten werden, um einerseits die Ammoniakabscheidung zu gewährleisten und andererseits die Bildung nitroser Gase zu unterbinden (**Bild 2**). Über eine entsprechende farbliche Ampelmarkierung lässt sich somit sofort zeigen, dass die Anlage nicht durchgehend ordnungsgemäß betrieben wurde. Das Thünen-Institut für Agrartechnologie hat im Auftrag des Landkreises Cloppenburg entsprechende, anlagenspezifische Prüfprotokolle entwickelt, die eine effiziente und kostengünstige Anlagenkontrolle im Langzeitbetrieb sicherstellen [23].

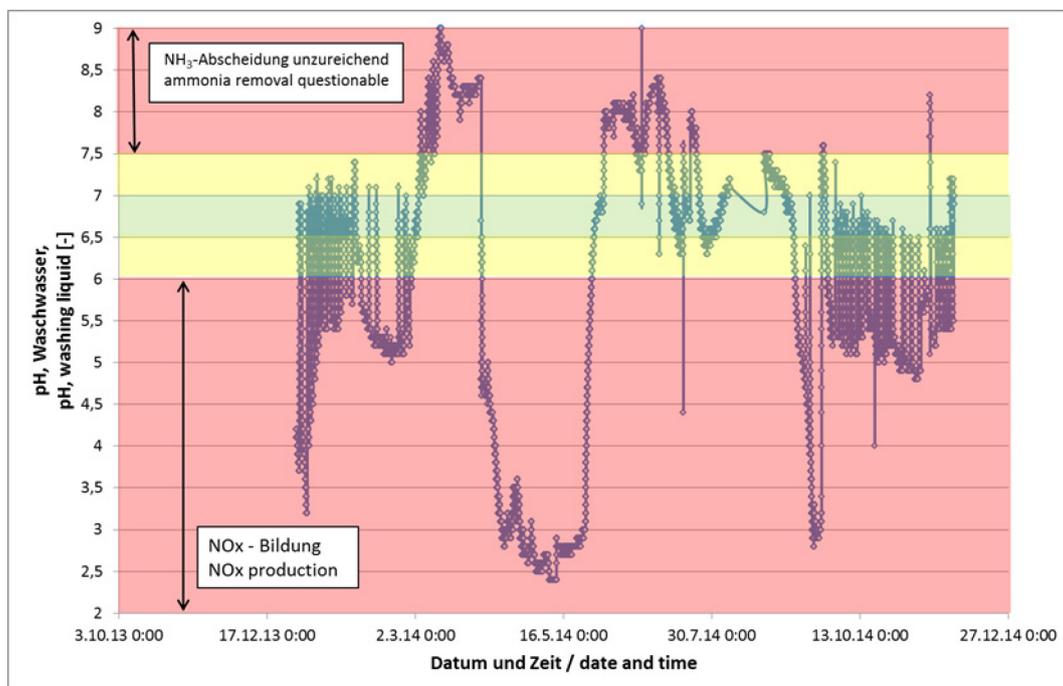


Bild 2: Verlauf des pH-Wertes im Waschwasser eines einstufigen Rieselbettfilters
Figure 2: Course of pH value in the washing liquid of a trickle bed filter

Eine Ergänzung zur Abluftreinigung stellt die intelligente Stallluftführung dar. Ein Beispiel ist die partielle Unterflurabsaugung, die ebenfalls am Thünen-Institut für Agrartechnologie untersucht wurde [24]. Mit ihrer Hilfe können gleichzeitig Emissionen gemindert und das Tierwohl gesteigert werden. Sie ist zudem bereits als aufkommende Technik in die Neufassung des BVT-Merkblatts (BREF) Intensivtierhaltung aufgenommen worden [25]. Bei der partiellen Unterflurabsaugung, nicht zu verwechseln mit der herkömmlichen Unterflurabsaugung, wird ein Teil des nach DIN 18910 [26] geforderten Volumenstromes unterhalb des Spaltenbodens abgesaugt. Dabei taucht ein Kanal in den Unterflurbereich ein (**Bild 3**, Mitte) und greift dort auf einen linienförmig ausgebildeten Abluftkanal zu. Aufgrund der daraus resultierenden ho-

hen Belastung an Ammoniak wird diese Abluft einem Wäscher zugeführt. Der Rest des Luftvolumenstromes wird Oberflur, ebenfalls durch linienförmige Abluftkanäle (Bild 3, links an der Wand), abgeführt. Durch die geringe Belastung an Geruch und Ammoniak kann das Verblasen der Oberflurablufte unter gegebenen Umständen direkt erfolgen. Die Frischluft strömt durch eine Schlitzöffnung nach (Bild 3, über dem Mittelgang). Wichtig ist bei dieser Technik ein ausgeglichenes Druckpotenzial im Bereich des Spaltenbodens. Die Lüftung muss so geregelt werden, dass keine Luft aus dem Unterflurbereich in den Tierbereich über den Spalten angesaugt wird.

Ergebnisse von Messungen in einem Stall (Bild 3) und Berechnungen mittels numerischer Simulation zeigen, dass das Ammoniak aus der Gülle im Unterflurbereich gehalten wird [27]. Hier treten wesentlich höhere Konzentrationen auf als Oberflur. Der Bereich in dem sich die Tiere aufhalten hat somit eine bessere Luftqualität. Das System verteuert das erzeugte Schweinefleisch lediglich um ca. 10 Cent/kg.



Bild 3: Blick in den Oberflurbereich des Projektstalles.

Figure 3: View into the stable of the project.

Zusammenfassung

Deutschland verursacht Ammoniakemissionen in Höhe von 671.000 Tonnen im Jahr und überschreitet die in der NEC-Richtlinie vereinbarte Emissionsobergrenze bereits jetzt um 121.000 Tonnen. 95 % dieser Emissionen stammen aus der Landwirtschaft. Angesichts der vorgeschlagenen weiteren Emissionsminderung von 38 % bis zum Jahr 2030 müssen die Landwirtschaft und insbesondere die Tierhaltung erhebliche und weitreichende Maßnahmen zur Emissionsminderung ergreifen, um die Umweltschutzziele zu erreichen und möglichen Sanktionen aus Vertragsverletzungsverfahren vorzubeugen. Anderenfalls ist eine spürbare Verringerung der Tierbestände kaum vermeidbar.

Zur Reduzierung der Ammoniakemissionen steht ein ganzes Bündel von Maßnahmen zur Verfügung, deren Wirksamkeit und Praxistauglichkeit zuverlässig beurteilt werden kann. Sie

umfassen die gesamte Produktionskette, angefangen von der Fütterung über die Stallhaltung bis hin zur Wirtschaftsdüngerlagerung und dessen Ausbringung.

Maßnahmen zur Emissionsminderung müssen nicht nur wirksam sondern auch überprüfbar sein. Die Abluftreinigung bietet bei zwangsbelüfteten Tierhaltungsanlagen neben einer umfassenden Wirksamkeit in Hinblick auf die Abscheidung von Ammoniak, Staub, Bioaerosolen und Geruch auch eine sichere und verhältnismäßige Überprüfbarkeit der Emissionsminderung. Zur Kostenminderung bei der Abluftreinigung und zur Verbesserung des Tierwohls kann eine innovative Luftführung mit einer partiellen Unterflurabsaugung beitragen, wie erste Ergebnisse aus praktischen Untersuchungen andeuten. Ob die erhöhten Schadstofffrachten dieser Teilströme jedoch von den bisher in der Praxis eingesetzten Abluftreinigungsanlagen wirksam und weitgehend eliminiert werden können, muss noch geprüft werden.

Literatur

- [1] Umweltbundesamt: Ammoniakemissionen nach Quellkategorien. URL https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_abb_a_mmoniak-emi_2015-06-01.pdf - Aktualisierungsdatum: 17.11.2015.
- [2] Richtlinie 2001/81/EG des Parlaments und des Europäischen Rates vom 23. Oktober 2001. URL <http://eur-lex.europa.eu/legal-ontent/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&from=DE> – Aktualisierungsdatum: 17.11.2015.
- [3] Hummel, H-J.: Neue Entwicklungen zum Immissionsschutz. URL http://www.bast.de/DE/FB-V/Publikationen/Veranstaltungen/V3-Luftqualitaet-2015/luftqualit%C3%A4t-vortrag-hummel.pdf?__blob=publicationFile&v=2 - Aktualisierungsdatum: 17.11.2015.
- [4] Appelhans, J.: Vorstellung des Pakets zur Luftreinhaltepolitik (Clean Air Policy Package) der EU-Kom. URL https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/370/dokumente/1_vorstellung_des_eu-luftpakets_appelhans.pdf - Aktualisierungsdatum: 17.11.2015.
- [5] Statistisches Bundesamt: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Fachserie 3, Reihe 4.1: Viehbestand. URL https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ViehbestandTierischeErzeugung/Viehbestand2030410155314.pdf?__blob=publicationFile. Aktualisierungsdatum: 17.11.2015
- [6] Statistisches Bundesamt: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Fachserie 3, Reihe 4: Viehbestand und tierische Erzeugung. URL https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ViehbestandTierischeErzeugung/ViehbestandtierischeErzeugung2030400147004.pdf?__blob=publicationFile – Aktualisierungsdatum: 18.11.2015.
- [7] Statistisches Bundesamt: Tiere und tierische Erzeugung. URL <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/TiereundtierischeErzeugung/Tabellen/BetriebeGefluegelBestand.html> – Aktualisierungsdatum: 18.11.2015.
- [8] Umweltbundesamt: Emissionen der Landwirtschaft. URL <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/ammoniak-geruch-staub> - Aktualisierungsdatum: 17.11.2015.
- [9] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. URL <http://www.bmel.de/DE/Ministerium/Organisation/Beiraete/Texte/AgrVeroeffentlichungen.html> - März 2015
- [10] Deutscher Bauernverband: Neufassung der NEC-Richtlinie, Erklärung des Präsidiums des Deutschen Bauernverbandes, Berlin, 10. März 2015. URL <http://media.repro-mayr.de/04/630604.pdf> - Aktualisierungsdatum: 16.11.2015.

- [11] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Statistik und Berichte. URL <http://www.bmelv-statistik.de/index.php?id=139&stw=Selbstversorgungsgrad> – Aktualisierungsdatum: 20.11.2015.
- [12] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Statistik und Berichte. URL <http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-4010200-0000.pdf> - Aktualisierungsdatum: 20.11.2015.
- [13] Bittman, S.; Dedina, M.; Howard, C.M.; Oenema, O.; Sutton, M.A. (eds). 2014: Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen, Centre for Ecology and Hydrobiology, Edinburgh, UK.
- [14] Umweltbundesamt (Hrsg.): UBA-Texte 79/2011: UN ECE-Luftreinhaltekonvention – Task Force on Reactive Nitrogen. Dessau-Roßlau, November 2011.
- [15] Bonkoss, K.; Nesper, S.: Stickstoffdeposition im Umfeld eines Außenklimastalls für Milchvieh. In KTBL (Hrsg.): 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, Darmstadt 2015, S. 300 – 305.
- [16] Schmitthausen, A.; Trimborn, M.; Büscher, W.: Untersuchung klimarelevanter Gase in einem planbefestigten Milchviehstall und der anschließenden Flüssigmistlagerung. In KTBL (Hrsg.): 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, Darmstadt 2015, S. 306 – 311.
- [17] Fang, LIU; Fiencke, C.; Wienke, C.; Cuhls, C., Nguyen Thanh Phong; Radau, C.; Dong, R., Pfeifer, E.-M.: Bioscrubber for removal of NH₃, CH₄, N₂O, CO₂ emissions from intensive livestock house exhaust air. In KTBL (Hrsg.): 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, Darmstadt 2015, S. 306 – 311.
- [18] Pöhlmann, K.; Nesper, S.: Untersuchungen zum Stand der Abluftreinigung in der Nutztierhaltung in Bayern. In KTBL (Hrsg.): 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, Darmstadt 2015, S. 323 – 328.
- [19] DLG-Prüfrahmen: Abluftreinigungssysteme für Tierhaltungsanlagen. URL http://2015.dlg.org/fileadmin/downloads/tests/Abluftreinigung_Tierhaltung.pdf - Aktualisierungsdatum: 01.12.2015.
- [20] DLG: Prüfberichte von Abluftreinigungsanlagen. URL <http://www.dlg.org/?id=1351#Abluft> – Aktualisierungsberichte: 01.12.2015.
- [21] Abschlussbericht im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Prüfung und Bewertung der biologischen Sicherheit von anerkannten Abluftreinigungsanlagen in der Nutztierhaltung (BioAluRein). URL http://download.ble.de/07UM003/07UM003_BioAbluftRein_AB.pdf – Aktualisierungsdatum: 01.12.2015.
- [22] Hahne, J.; Günster, H.: Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung. In KTBL (Hrsg.): 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, Darmstadt 2015, S. 438 – 443.
- [23] Hahne, J.: Projektbericht Analyse der Funktionserfüllung von Abluftreinigungsanlagen aufgrund von Messergebnissen und Ableitung von Handlungsempfehlungen für die praktische Überprüfung – Teil B: Ableitung von Handlungsempfehlungen für die

praktische Überprüfung. URL http://www.lkclp.de/bauen-umwelt/bauen-planen/abluftreinigungsanlagen-z.b.-biofilter.php#anchor_1 – Aktualisierungsdatum: 02.12.2015.

- [24] Krause K-H, Linke S (2009) How to describe animal welfare in stable design? In: Briesse A, Clauß M, Hartung J, Springorum A C (eds) Proceedings of the 14th ISAH Congress 2009 : 19th to 23rd July ; Vechta, Germany ; Vol. 1. Brno: Tribun EU, pp 529-532.
- [25] Entwurf für das "Best available techniques Reference document" (BREFs) in Bezug auf "Intensive Rearing of Poultry and Pigs" (IRPP), des "Joint Research Centre" der EU. URL http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/IRPP_Final_Draft_082015_bw.pdf - Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.
- [26] DIN 18910-1:2004-11, Wärmeschutz geschlossener Ställe - Wärmedämmung und Lüftung - Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe.
- [27] Abschlussbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) zum Projekt: Verfahren zur Be- und Entlüftung eines Maststalles mit Frischluftzufuhr über Deckenkanäle. URL http://www.umweltinnovationsprogramm.de/sites/default/files/benutzer/36/dokumente/alternative_raumluffttechnische_konzepte_endfassung_juli_2015.pdf – Aktualisierungsdatum: 03.12.2015.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 16.02.2016

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Hahne, Jochen; Linke, Stefan; Vorlop, Klaus-Dieter: Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung: Umfang und Minderungsoptionen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-10

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055131>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/264.html>