

**Aus dem Institut für Tierzucht Mariensee und dem
Institut für Technologie und Biosystemtechnik**

Torsten Hinz
Jutta Berk

Stefan Linke
Stephanie Wartemann

**Luftfremde Stoffe in einem alternativen Putenmaststall
1. Gase**

Veröffentlicht in: Landbauforschung Völkenrode ; 56(2006)3-4:173-179

Braunschweig

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

2006

Luftfremde Stoffe in einem alternativen Putenmaststall

1. Gase

Torsten Hinz¹, Stefan Linke¹, Jutta Berk² und Stephanie Wartemann²

Zusammenfassung

Puten werden in Deutschland zumeist in Bodenhaltung gemästet. Erhöhte Ansprüche bezüglich des Tier- und Umweltschutzes sowie der Ökonomie erfordern Alternativen in der Haltung. Eine Möglichkeit ist die Anreicherung der Haltungsumgebung mit Strohballen oder erhöhten Ebenen. Als eine weitere Alternative wird die Schaffung eines Außenklimabereiches gesehen. Die Nutzung eines Außenbereiches führt zu einer zeitlich begrenzten Absenkung der Besatzdichte mit möglichen Konsequenzen bezüglich der Tieraktivitäten und damit verbunden der Freisetzung luftgetragener Kontaminanten.

Eine Wirkung auf Wohlbefinden und Gesundheit der Tiere kann von dem Auftreten von Zugluft durch die Öffnungen zum Außenklimabereich ausgehen.

Die Gaskonzentration wurden mit einem opto-akustischen Gasmonitor gemessen. Während der gesamten Untersuchungszeit lagen die Konzentrationswerte in einem Bereich von 1 - 42 ppm NH₃ und von 364 - 2290 ppm CO₂ in der Stallluft. Die gemessenen Werte für die Zugluft lagen zumeist in einem Bereich von 0,4 - 0,6 m/s. Insgesamt ist keine Beeinträchtigung der Gesundheit oder des Wohlbefindens von Mensch und Tier durch die Gase und Zugluft im untersuchten Stall abzuleiten.

Schlüsselworte: Puten, Außenklimabereich, Stallhygiene, Luftgüte, NH₃, CO₂, Zugluft

Summary

Airborne contaminants in an alternative turkey house

1. Gases

In Germany turkeys are mainly kept in floor housing. To meet increased demands on animal welfare and environmental protection, alternatives are needed which also take into account the economic requirements. Enrichment of animal environment by straw balls or elevated areas is seen to be an opportunity. Another alternative is given by a veranda - an outside area. This temporally leads to a reduced stocking density with possible consequences on animal behaviour and may cause emissions of airborne contaminants.

In addition, draught air may flow through the openings to the veranda and affect the birds comfort and health.

To measure gas concentration an opto-acoustic gas monitor was used. During the investigations concentration varied from 1 to 42 ppm for NH₃ and from 364 to 2290 ppm for CO₂, respectively. Draught air flow velocity mainly ranged between 0.4 m/s and 0.6 m/s. In conclusion, in the investigated stable there is no indication for an impairment of health or welfare of both humans and animals.

Key words: Turkeys, veranda, stable hygiene, air quality, NH₃, CO₂, draught air

¹ Institut für Technologie und Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

² Institut für Tierschutz und Tierhaltung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Dörnbergstr. 25/27, 29223 Celle

1 Einleitung

Seit Jahren steigt Geflügelfleisch in der Gunst der deutschen Verbraucher. Nach einem Pro-Kopf-Verbrauch von 7,3 kg im Jahre 1991 wurden 2004 bereits 10,6 kg pro Person und Jahr verzehrt.

Der Anteil von Putenfleisch erhöhte sich im selben Zeitraum von 28 % auf 38 %. Die Putenmast ist somit als ein wichtiger Wirtschaftsfaktor in der deutschen Landwirtschaft zu sehen. Gehalten werden Puten in Deutschland zumeist in natürlich belüfteten Ställen, wenn auch Ställe mit Zwangslüftung vorkommen. In diesen konventionellen Häusern mit Bodenhaltung sind kaum Anreicherungen der Haltungsumgebung oder Zugang in Außenbereiche gegeben. Dieses würde natürlichen Ansprüchen der Tiere entgegenkommen. Es wurden deshalb Studien über die Akzeptanz von Strohbällen und erhöhten Ebenen durch die Vögel durchgeführt (Berk et al. 2002, Hinz et al. 2002).

Als eine weitere Alternative wird die Schaffung eines Wintergartens oder einer Veranda als Außenklimabereich gesehen. Im Jahr 2000 wurde erstmals in Deutschland ein natürlich belüfteter, konventioneller Putenmaststall derartig ergänzt und unter Förderung durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) wissenschaftlich begleitet (Berk et al. 2004). Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen die Tiergesundheit, das Wohlbefinden der Tiere wie auch Aspekte der Ökonomie und einer möglichen Umwelrelevanz. Über alle Teilaspekte wird in getrennten Beiträgen berichtet (Berk 2003; Hinz 2003; 2004). Die Behandlung der Thematik Staub ist für eine Veröffentlichung in der Landbauforschung Völkenrode 2007 vorgesehen.

Die Nutzung eines Außenbereiches führt zu einer zeitlich begrenzten Absenkung der Besatzdichte mit möglichen Konsequenzen bezüglich der Tieraktivitäten und damit verbunden der Freisetzung von luftgetragenen Kontaminantien. Um hierüber Informationen zu erhalten, wurde an einem Referenzpunkt im Stall die Konzentration der Gase und Partikeln gemessen. Gegenstand dieses Berichtes sind jedoch nur Ammoniak und Kohlenstoffdioxid.

Kohlenstoffdioxid gilt als ein allgemeiner Indikator für die Luftgüte im Stall. Als Grenzwert wird eine Konzentration von 3000 ppm betrachtet. Vom Ammoniak gehen jedoch Wirkungen aus, die das Tierverhalten deutlich verändern, aber bei hohen Konzentrationen auch gesundheitsschädlich sind. Als Grenzwert gilt hier eine Konzentration von 20 ppm, wenn auch Konzentrationen unterhalb von 10 ppm anzustreben sind. Dieses ist jedoch wegen einer Vielzahl von Einflussfaktoren nicht ohne weiteres möglich. Einen Anhaltspunkt über die zu erwartenden Konzentrationen gibt Tabelle 1, die sich auf diverse Untersuchungen stützt (Oldenburg 1989, Hartung 2000, Groot Koerkamp 1998, Radon 2002, Hinz 2000).

Tabelle 1:
Gaskonzentrationen in Nutztierställen

Tierart	NH ₃ [ppm]	CO ₂ [ppm]
Geflügel	5 – 30	600 – 3000
Schwein	5 – 18	300 – 3000
Rind	< 8	600 – 2000

Eine nicht zu unterschätzende Wirkung auf Wohlbefinden und Gesundheit der Tiere kann von dem Auftreten von Zugluft ausgehen. Zugluft kann durch die Öffnungen zur Veranda entstehen, wobei diese sowohl aus dem Stall nach außen wie auch umgekehrt strömen kann. Durch eine richtungsempfindliche Messeinrichtung wurde dieses berücksichtigt.

2 Material und Methoden

Der untersuchte Putenstall war ca. 80 m lang, 16 m breit und beherbergte 3500 Hähne von der 5. Lebenswoche an bis zur Schlachtung nach ca. 21 Wochen. Durch die 3 m



Abb. 1:
Putenstall mit Veranda

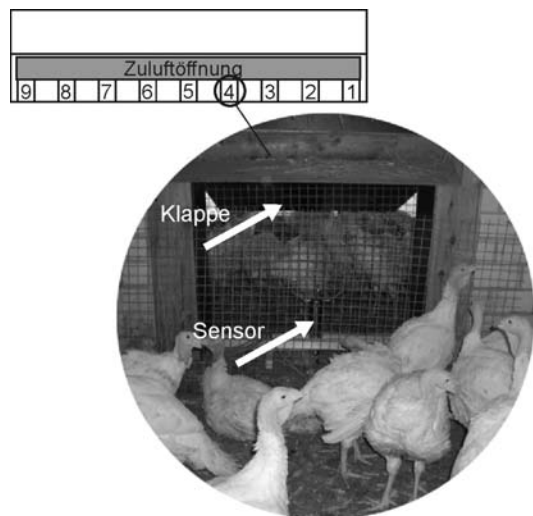


Abb. 2:
Öffnungen vom Stall zum Freiraum - Anordnung der Zugluftmessungen

Tabelle 2:
Eingesetzte Geräte

Konzentrationen von NH_3 und CO_2 im Stall	Brüel & Kjaer 1302 Gasmonitor - opto-akustisch
Konzentration von Gesamtstaub	MLU 1400a Staubmonitor - gravimetrisch
Konzentration von PM_{10}	MLU 1400a Staubmonitor mit Vorabscheider - gravimetrisch
Windgeschwindigkeit und -richtung	Ultraschallanemometer
Konzentration von NH_3 in der Umgebungsluft	Passivsammler nach Ferm
Lärm	Pegelmessgerät

breite Veranda an der einen Längsseite vergrößert sich die Gesamtfläche um ca. 18 %, Abb. 1.

Neun Öffnungen in nahezu gleichmäßigen Abständen in der Stallwand ermöglichten den Ausgang. Die Messungen der Zugluft erfolgte in Auslaufluke 4, wie in Abb. 2 dargestellt.

Der Durchgang konnte durch Klappen geöffnet und geschlossen werden. Für den Zeitraum der Messungen war dieser Mechanismus blockiert, wie auch die Öffnung an sich für die Tiere verstellt war, um das eingesetzte Anemometer zu sichern.

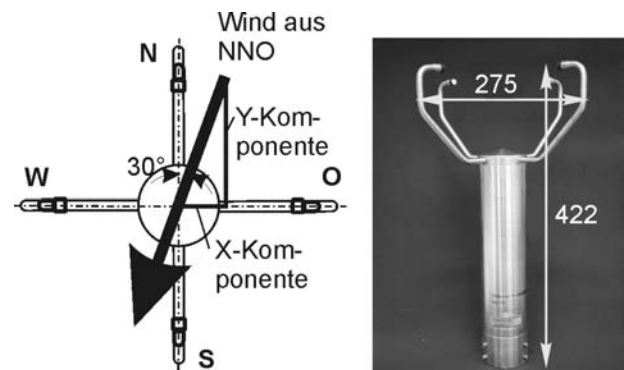
Die Qualität der Stallluft wurde als Faktor der Hygiene für Mensch und Tier untersucht. Dazu wurden die Konzentrationen der luftfremden Stoffe möglichst online gemessen. Die einzelnen Messgrößen im gesamten Projekt und die eingesetzte Messtechnik sind in Tabelle 2 enthalten.

Die Konzentration der Gase NH_3 und CO_2 wurden mittels Multi-Gasmonitor nach dem opto-akustischen Prinzip an einem zentralen Ort in der Mitte des Stalles gemessen. Über die Aussagekraft dieser Messungen wurde an anderer Stelle berichtet (Caspary et al. 2000).

Über vier Mastdurchgänge im Sommer und Winter wurden wöchentlich zwei Messungen von jeweils 18 Uhr bis 18 Uhr am darauf folgenden Tag durchgeführt. Dabei wurde alle 90 Sekunden ein Wert aufgenommen. Aus diesem quasi-kontinuierlichen Verlauf wurden dann Verläufe mit unterschiedlichen Beurteilungszeiträumen bestimmt, um so Tagesgänge und mögliche saisonale oder Wachstumseffekte aufzeigen zu können.

Für die Erfassung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit wurde das Ultraschallanemometer zur zweidimensionalen Erfassung der horizontalen Komponente genutzt. Dies wird durch die Verwendung von vier Messwandlern erreicht, die sich paarweise gegenüberstehen (Abb. 3).

Beim Messprinzip handelt es sich um eine Laufzeitmessung. Der Messbereich des eingesetzten Sensors reicht

Abb. 3:
Prinzip Ultraschallanemometer

von 0 bis 60 m/s mit einer Auflösung von 0,1 m/s. Die entsprechenden Werte für die Richtung sind 0° bis $360^\circ \pm 1^\circ$. Die auflaufenden Daten des Anemometers werden in einem externen Datenlogger abgespeichert. Die Daten wurden analog zu den Stallluftmessungen im Abstand von 5 Minuten an je zwei Tagen pro Woche über einen Zeitraum von 24 Stunden aufgenommen.

Bei der Messung der Zugluft kann durch die Richtungsempfindlichkeit des Anemometers unterschieden werden, ob die Luft aus dem Stall oder in den Stall strömt. Da zumindest im Sommer in erster Linie der Betrag der Geschwindigkeit das Wohlbefinden der Tiere beeinflusst, wird bei der Erstellung der Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit aber auf diese Differenzierung verzichtet.

Abb. 4:
Anordnung des Ultraschallanemometers auf dem Silo

Ein wesentlicher Parameter, auch bei der Durchströmung des natürlich belüfteten Stalles, ist die Windgeschwindigkeit nach Betrag und Richtung. Um diese Größen anlagenbezogen zu ermitteln, wurde ein Ultraschallanemometer über der Traufhöhe des Stallgebäudes auf dem Futtersilo befestigt, Abb. 4.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden für die Gase einzeln, aber für gleiche Beurteilungszeiträume, dargestellt. Für NH_3 und CO_2 ergaben sich zum Teil unterschiedliche Verläufe der Konzentrationen über der Zeit. Werden die Werte im Vergleich zu den Grenzwerten gesehen, so ist festzustellen, dass CO_2 für alle Beurteilungszeiträume die 3000 ppm nicht annähernd erreicht, während eine Aussage über die Überschreitungshäufigkeit bei NH_3 vom Zeitmaßstab abhängig ist. Hierauf wird später noch eingegangen.

Die Beschreibung der Zugluftmessergebnisse folgt zuletzt und hat aufgrund der Kürze der Messzeit exemplarischen Charakter.

3.1 Ammoniak

Während der gesamten Untersuchungszeit lagen die Konzentrationswerte in einem Bereich von 1 bis 42 ppm Ammoniak in der Stallluft.

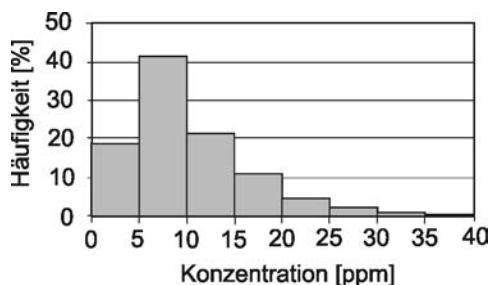


Abb. 5: Häufigkeiten der NH_3 -Konzentration - alle Durchgänge, $n = 24043$

Abb. 5 zeigt, welche Konzentrationen am häufigsten auftraten. Die Messwerte wurden in Klassen zusammengefasst (Klassenbreite 5 ppm) und die Häufigkeiten dieser Klassen sind in folgendem Histogramm abgebildet.

Am häufigsten traten Werte zwischen 5 und 10 ppm Ammoniak auf. Kumulativ bewegten sich fast 60 % der Einzelmessungen im Bereich bis 10 ppm Ammoniak und 92 % im Bereich bis 20 ppm. 8 % der Einzelwerte gingen darüber hinaus.

Wie schon in den früheren Untersuchungen in einem Stall mit künstlichem Lichtprogramm zeigt sich auch für den natürlich beleuchteten Stall ein lichtabhängiger Tagesgang der NH_3 -Konzentration. In Abb. 6 ist der online gemessene Verlauf für einen ausgewählten Tag im Winterdurchgang aufgetragen.

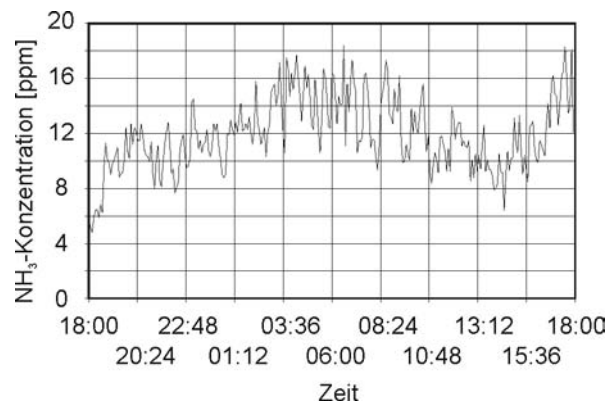


Abb. 6: Tagesgang der NH_3 -Konzentration (Wintertag)

Aus dem Verlauf sind auch relativ große und rasche Fluktuationen ersichtlich.

Dieser Tagesverlauf ergab sich als typisch, wie aus Abb. 7 zu entnehmen ist, in dem alle gemessenen Tagesgänge eingetragen sind: mit Beginn der Messungen steigt die Konzentration an und erreicht in der Dunkelzeit gegen 6 Uhr ein Maximum. Hiernach fällt die Konzentration auf ein relativ niedriges Tagesniveau ab.

Ein saisonaler Einfluss zeigt sich in einem deutlich höheren Wertebereich im Winter.

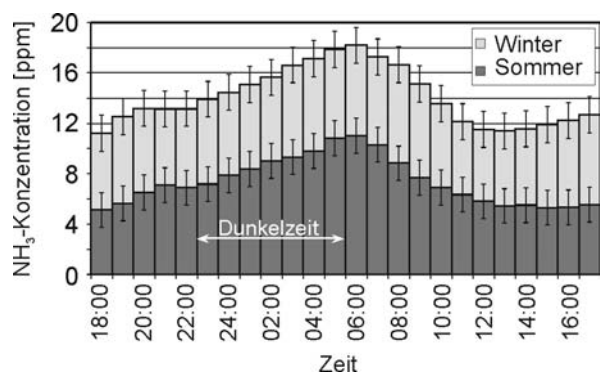


Abb. 7: Tagesgang der NH_3 -Konzentration für alle untersuchten Durchgänge, Sommer/Winter

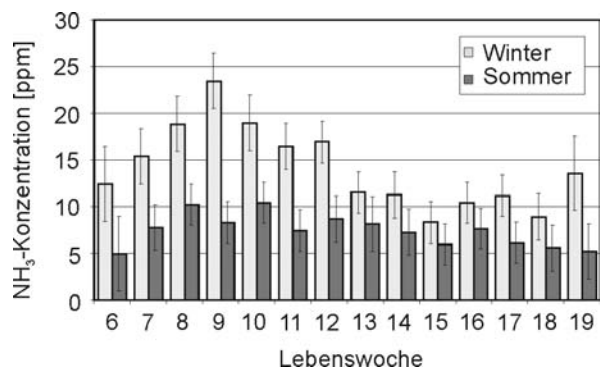


Abb. 8: NH_3 -Konzentration über dem Mastverlauf

Von der Broilerhaltung ist bekannt, dass die NH₃-Konzentration in der Stallluft mit dem Lebensalter der Vögel steigt. Dieses Verhalten konnte für die Putenhähne nicht gefunden werden, Abb. 8. Die Unterschiede waren für Sommer- und Winterdurchgang ausgeprägter. Im Winter lagen nicht nur die Werte über denen des Sommers, sondern auch der zeitliche Verlauf wich deutlich ab. Im Winter gab es ein ausgeprägtes Maximum in der 9. und ein Minimum in der 15. Lebenswoche. Für das Maximum zu Beginn ist wahrscheinlich eine Erkrankung der Tiere verantwortlich, die eine Reduzierung der Lüftungsrate bedingte. Im Sommer war die Variabilität deutlich niedriger und zeigt keine eindeutigen Trends.

3.2 Kohlenstoffdioxid

Während der gesamten Untersuchungszeit lagen die Konzentrationswerte in einem Bereich von 364 bis 2290 ppm Kohlenstoffdioxid in der Stallluft.

Abb. 9 zeigt, welche Konzentrationen am häufigsten auftraten. Die Messwerte wurden wieder in Klassen zusammengefasst. Am häufigsten traten Werte zwischen 500 und 1500 ppm CO₂ auf. Kumulativ bewegten sich 87 % der Einzelmessungen in diesem Bereich.

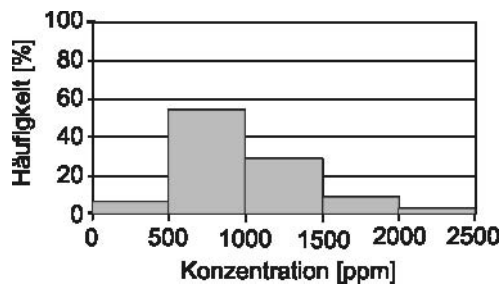


Abb. 9: Häufigkeiten der CO₂-Konzentration - alle Durchgänge, n = 24043

Wie schon für Ammoniak, so ergab sich auch für Kohlenstoffdioxid ein typischer Tagesgang, wie er exemplarisch in Abb. 10 dargestellt ist.

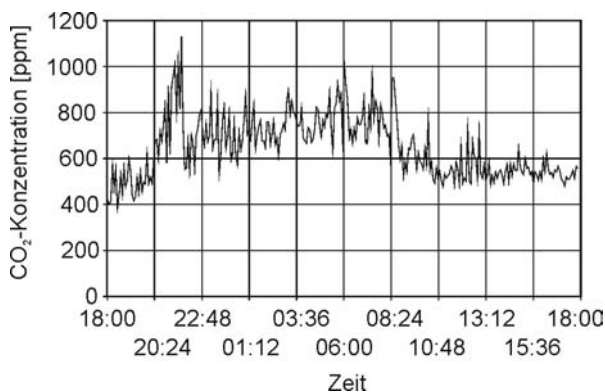


Abb. 10: Tagesgang der CO₂-Konzentration (Sommertag)

Besonders in der Darstellung aller gemessenen Tagesgänge, Abb. 11, wird deutlich, dass während des Tages die Werte nur wenig unter den Werten in der Dunkelzeit lagen. Maximalwerte traten in den frühen Morgenstunden auf. Im Winter waren die Konzentrationen im Stundenmittel deutlich höher als im Sommer.

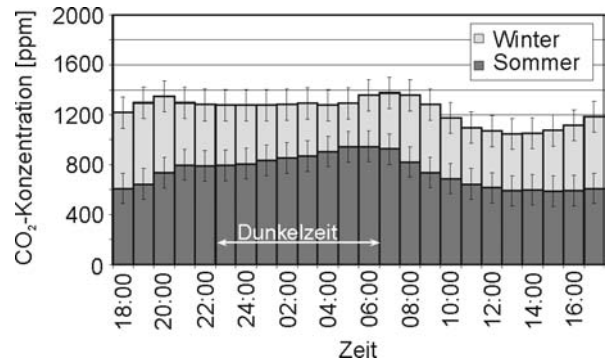


Abb. 11: Tagesgang der CO₂-Konzentration für alle untersuchten Durchgänge, Sommer/Winter

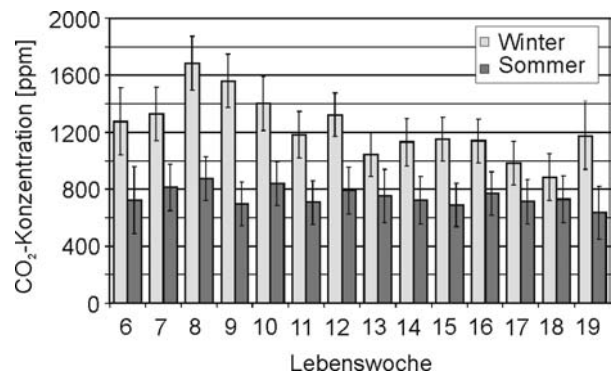


Abb. 12: CO₂-Konzentration über dem Mastverlauf

Abb. 12 zeigt wieder den Verlauf der Wochenmittelwerte im Verlauf der Mast.

Wie schon für Ammoniak beobachtet, waren die Konzentrationen im Sommer niedriger als im Winter und der zeitliche Verlauf lag ohne große Variabilität nahezu konstant bei ca. 700 ppm. In den ersten Wochen im Winter waren höhere Konzentrationswerte über 1600 ppm zu beobachten, die dann ab der 12. Woche unter den Wert von 1200 ppm abfielen, ohne ein einheitliches Verhalten aufzuweisen.

3.3 Zugluft

Die Zugluftmessungen stammen aus dem Sommerdurchgang 2003 im Zeitraum vom 3. September bis 10. September 2003. Die Temperaturen innerhalb und außerhalb des Stalles waren in diesem Zeitraum nahezu gleich bei einem Niveau von ca. 18° C.

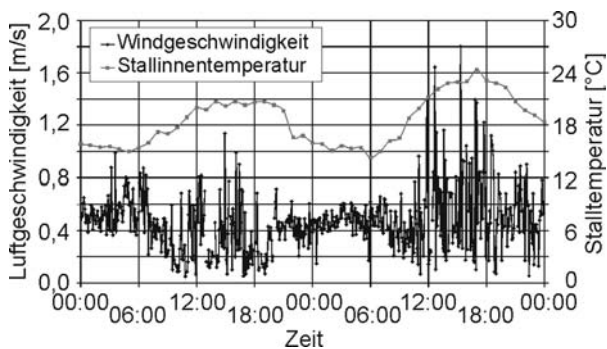


Abb. 13: Geschwindigkeitsverlauf für 48 h in der Luke 4 und Stallinnentemperatur

Die Zeitreihen für die einzelnen Tage zeigen zwar unterschiedliche Verläufe, aber zumeist Werte > 0,2 m/s. Abb. 13 gibt den zeitlichen Verlauf der Zugluftgeschwindigkeit an zwei aufeinander folgenden Tagen (4.9. und 5.9.2003) in Luke 4 wieder.

Im Bild mit dargestellt ist der Verlauf der Stallinnentemperatur, die für die Steuerung der Lüftungsjalousien herangezogen wird und somit möglicherweise die Höhe der Zugluftgeschwindigkeit beeinflusst. Dies ist am dargestellten Beispiel nicht erkennbar. Am 4.9. sinkt die Zugluftgeschwindigkeit bei steigender Temperatur, am 5.9. steigt sie.

Die gemessenen Werte lagen zumeist in einem Bereich von 0,4 bis 0,6 m/s, wenn auch Werte bis 2 m/s auftraten. Bei den im Sommer vorherrschenden Temperaturen empfinden Puten Zugluft ab ca. 0,6 m/s als unangenehm. Die Häufigkeitsverteilung zeigt, dass dieser Wertebereich im wesentlichen eingehalten wird. Nur zu ca. 22 % wird diese Grenze überschritten, Abb. 14.

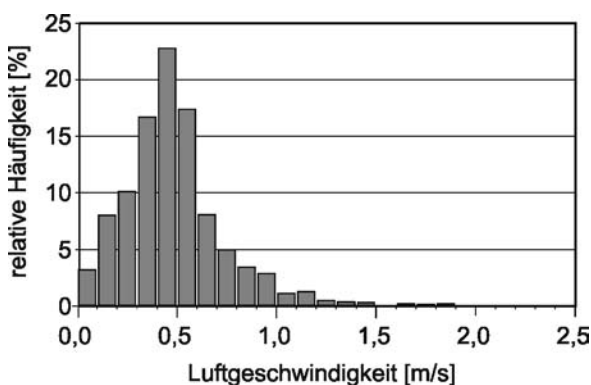


Abb. 14: Relative Häufigkeit der Zugluftgeschwindigkeit im gesamten Messzeitraum

In der dargestellten Verteilung wird nicht nach Richtung unterschieden. Die Berechtigung zu diesem Vorgehen wird unterstützt durch die Tatsache, dass die überwiegen-

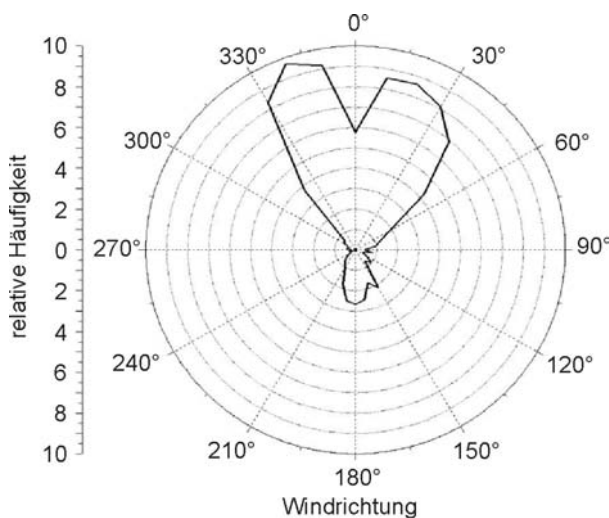


Abb.15: Richtungsverteilung der Zugluft

de Strömungsrichtung von innen nach außen (0°-Normalenrichtung) weist, Abb. 15.

4 Diskussion

In der Untersuchung wurden Erkenntnisse bestätigt, die bereits aus Versuchen in einem zwangsbelüfteten Putenstall gewonnen wurden. Für die Gase NH₃ und CO₂ ergaben sich typische Tagesgänge in der online Darstellung, wie auch für die Stundenmittel aller untersuchten Durchgänge. Die Werte lagen tagsüber stets über denen in der Dunkelphase, wobei der Unterschied für NH₃ ausgeprägter war als für CO₂. Im Verlauf der Mast kam es insbesondere in der späten Anfangsphase zu erhöhten Werten. In dieser Zeit treten häufig Erkrankungen des Respirations- und Darmtraktes auf, die zumindest für NH₃ diesen Effekt erklären. Zudem ist bei den jüngeren Tieren die Lüftungsrate geringer und es wird zum Teil geheizt, was zur Erhöhung der CO₂-Konzentration im Stall führt. Diese Zusammenhänge traten somit auch im Winter stärker auf als im Sommer. Generell ergaben sich im Winter höhere Werte als im Sommer. Hinsichtlich einer Bewertung werden für CO₂-Konzentrationen Werte von 3000 ppm und für NH₃ von 20 ppm herangezogen. Diese Werte sollten nicht dauerhaft überschritten werden, wobei eine Definition fehlt, was unter dauerhaft zu verstehen ist. Für CO₂ ist diese Frage nicht relevant, da auch als Einzelwert maximal 2290 ppm gemessen wurden. Anders ist es bei NH₃, wo es abhängig vom Beurteilungszeitraum Überschreitungen gab. Insgesamt wurden 236 Werte oberhalb von 20 ppm gemessen. Diese „Überschreitungen“ dauerten jedoch überwiegend nicht länger als 15 Minuten und traten überwiegend im Winter auf. Im gesamten Untersuchungszeitraum gab es 26 Episoden, die eine Stunde oder länger andauerten. Für den Tag, Monat oder die Mastpe-

riode lagen die Mittelwerte deutlich unterhalb von 20 ppm.

Zusammenfassend ist als Untersuchungsergebnis festzustellen, dass von der Luftqualität im untersuchten Putenmaststall keine negativen Einwirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier abzuleiten sind. Dies bezieht sich im Rahmen dieses Beitrages auf die Gase Ammoniak und Kohlenstoffdioxid.

Literatur

- Berk J, Hinz T (2002) Behaviour and welfare of tom turkeys under enriched husbandry conditions. *Ann Anim Sci Suppl* 1:35-37
- Berk J, Wartemann S, Feldhaus L, Hinz T, Linke S (2003) Praxisuntersuchung zum Einsatz eines Außenklimabereiches in der Putenmast als Pilotprojekt in Deutschland. In: 6. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“ : Vechta, 25.-27.03.2003. Münster : Landwirtschaftsverlag, pp 76-81
- Berk J, Wartemann S, Hinz T (2004) Einsatz eines Außenklimabereiches in der Putenmast als Möglichkeit der Strukturierung der Haltungsumwelt zur Verbesserung der Tiergesundheit, des Wohlbefindens und der Ökonomie unter Beachtung umweltrelevanter Aspekte. Abschlußbericht zum FuE-Vorhaben 99UM019
- Caspary V, Hinz T, Krause K-H, Linke S (2000) Numerical modelling of aerial pollutant emissions in and from livestock buildings. *Landbauforsch Völkenrode* 50(1-2): 76-84
- Groot Koerkamp PWG, Metz JHM, Uenk GH, Phillips VR, Holden MR, Sneath RW, Short JL, White RP, Hartung J, Seedorf J, Schröder M, Linkert K-H, Pedersen S, Takai H, Johnsen JO, Wathes CM (1998) Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. *J Agric Eng Res* 70: 79-95
- Hartung J (1990) Wirkung von Ammoniak auf Nutztiere. In: Hagemann D et al. (eds) Ammoniak in der Umwelt : Kreisläufe, Wirkungen, Minderung ; gemeinsames Symposium 10. bis 12. Oktober 1990, FAL Braunschweig. KTBL-Schrift 341, pp 14.1-14.11
- Hinz T, Berk J (2002) Airborne contaminants in tom-turkey production under enriched husbandry conditions. *Ann Anim Sci Suppl* 1:39-41
- Hinz T, Linke S, Berk J, Wartemann S (2003) Die Luftgüte in einem Putenmaststall mit natürlicher Lüftung und Außenklimabereich. In: 6. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“ : Vechta, 25.-27.03.2003. Münster : Landwirtschaftsverlag, pp 82-87
- Hinz T, Linke S, Berk J, Wartemann S (2004) The veranda – a new alternative housing system for fattening turkeys in Germany : impact of airborne contaminants and noise on animal health and the environment. In: Menesis JF, Silva LL Baptista F (eds) New trends in farm building : International Symposium of the CIGR ; 2nd technical section, May 02-06 2004, Evora, Portugal. 8 p
- Oldenburg J (1989) Geruchs- und Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Schrift 333
- Radon K, Danuser B, Iversen M, Monso E, Weber C, Hartung J, Donham KJ, Palmgren U, Nowak D (2002) Air contaminants in different European farming environments. *Ann Agric Environ Med* 9: 41-48