

## Luftfremde Stoffe in einem alternativen Putenmaststall - 2. Partikel

Torsten Hinz<sup>1</sup>, Stefan Linke<sup>1</sup>, Stephanie Wartemann<sup>2</sup> und Jutta Berk<sup>2</sup>

### Zusammenfassung

Die Putenmast ist mit 35 % Anteil an der Geflügel- und 6.5 % der gesamten Fleischproduktion beteiligt und 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. Um den natürlichen Anforderungen der Tiere besser zu entsprechen, wurde ein natürlich belüfteter, konventioneller Putenmaststall durch einen Außenklimabereich ergänzt.

Die Nutzung eines Außenbereiches kann zu einer zeitlich begrenzten Absenkung der Besatzdichte führen mit möglichen Konsequenzen bezüglich der Tieraktivitäten und damit verbunden der Freisetzung der luftgetragenen Kontaminantien. Um hierüber Informationen zu erhalten, wurde an einem Referenzpunkt im Stall die Konzentration der Gase und Partikeln gemessen. Gegenstand dieses Berichtes sind Partikel als Gesamtstaub und PM10. Zu 95 % lagen die Konzentrationen von Gesamtstaub und der Fraktion PM10 unterhalb von 4 mg/m<sup>3</sup> bzw. 1 mg/m<sup>3</sup>.

Abhängigkeiten von der Jahres- und Tageszeit wurden festgestellt.

*Schlüsselwörter: Puten, Außenklimabereich, Stallhygiene, Luftgüte, Gesamtstaub, PM10, Endotoxine*

### Summary

#### **Airborne contaminants in an alternative turkey house 2. Particulate matter**

Turkeys are engaged with a share of 35 % on poultry and 6.5 % on total meat production and, thus are a major economic factor for German agriculture. Turkeys mainly are kept in naturally ventilated stables even though forced ventilated ones exist. To fit natural requirements of the birds in a better way an outside area (roofed veranda) was build onto a conventional naturally ventilated turkey house. The use of the outside area may temporally lead to a reduced stocking density with eventual consequences on animal behaviour which may cause emissions of airborne contaminants. To gather information about these contaminants concentrations were measured at a central position in the stable. This report deals with particles as total dust and PM10. Concentrations were found to be mainly below 4 mg/m<sup>3</sup> and 1 mg/m<sup>3</sup> respectively and depended on season and time of day.

*Keywords: turkeys, roofed veranda, stable hygiene, air quality, total dust, PM10, endotoxins*

---

<sup>1</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig/Deutschland; Email: torsten.hinz@fal.de

<sup>2</sup> Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Tierschutz und Tierhaltung, Dörnbergstraße 25 + 27, 29223 Celle/Deutschland

## 1 Einleitung

Die Putenmast ist derzeit mit 35 % Anteil an der Geflügel- und 6,5 % an der gesamten Fleischproduktion beteiligt und 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. Um den natürlichen Anforderungen der Tiere besser zu entsprechen, wurde im Jahr 2000 erstmals in Deutschland ein natürlich belüfteter, konventioneller Putenmaststall durch einen Außenklimabereich (AKB) ergänzt und unter Förderung durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) wissenschaftlich begleitet (Berk et al., 2003; 2004, Hinz et al., 2004).

Im Rahmen dieses Projektes sollte die Akzeptanz des AKB durch die Puten, unter der Berücksichtigung des Einflusses tierrelevanter Parameter, untersucht werden. Hierzu gehörte auch die Luftgüte im Stall, die aber auch ein Problem der Arbeitsplatzbelastung für den Landwirt darstellen kann. Um hier ein mögliches Belastungspotential abschätzen zu können, wurde die Konzentration luftgetragener Stoffe im Stall gemessen. Über Gase wurde in Teil 1 (Hinz et al., 2006) berichtet. In diesem Bericht wird das Auftreten von luftgetragenen Partikeln behandelt.

Im Hinblick auf eine mögliche Belastung der Atemwege ist die Partikelgröße ein entscheidendes Maß. Je nach Eindringtiefe in den Atemtrakt sind die verschiedenen Fraktionen definiert: einatembar (gesamt), thorakal und alveolar (CEN, 1993).

Dieses wird bei den Messungen und der Beurteilung der Staubkonzentration berücksichtigt.

Individuelle Reaktionen können aus mikrobiellen Bestandteilen der Stallluft resultieren. Zu einer orientierenden Einschätzung wurden Staubproben auf Endotoxine untersucht, wobei auch hier die Partikelgröße mit berücksichtigt wurde.

Zu einer Beurteilung der Luftgüte werden für die einzelnen Komponenten vorhandene oder diskutierte Grenzwerte aus dem Arbeitsschutz herangezogen.

## 2 Material und Methode

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 den 3 m breiten AKB an der einen Längsseite vergrößert sich die Gesamtfläche um ca. 18 % (Abbildung 1).



Abbildung 1:  
Putenstall mit Außenklimabereich

Neun Öffnungen in nahezu gleichmäßigen Abständen in der Stallwand ermöglichten den Ausgang.

Die Messungen wurden zwischen 2001 und 2005 in Sommer- und Winterdurchgängen der Mast durchgeführt. Die Messdauer innerhalb eines Mastdurchganges betrug 24 h (online) an 2 Tagen jeder Woche. Folgende Messtechnik wurde eingesetzt:

- MLU 1400a Staubmonitor nach dem gravimetrischen Prinzip für Gesamtstaub und mit aerodynamischer Vorabscheidung für die thorakale Fraktion (PM10)
- Grimm 1.105 Staubmonitor nach dem Streulichtprinzip zur Messung des gesamten Partikelkollektivs und der Berechnung bestimmter Fraktionen (thorakal, alveolar)
- Staubsammelgerät mit Planfilter für Gesamtstaub und Endotoxine, absetzige Probenahme
- Kaskadenimpaktor nach Berner zur Sammlung von Endotoxinen, absetzige Probenahme

Bei der Messung der Staub- (Partikel)konzentration wurde die Bedingung der konstanten Ansaugeschwindigkeit von 1,25 m/s eingehalten, wie es für den Arbeitsplatz gefordert wird.

Die Konzentration der einzelnen Fraktionen wurde an einem zentralen Ort in der Mitte des Stalles gemessen. Über die Aussagekraft dieser Messungen wurde an anderer Stelle berichtet (Caspary et al., 2000).

## 3 Ergebnisse, Darstellung und Diskussion

Aus den Messwerten wurden Verläufe mit unterschiedlichen Zeitmaßstäben bestimmt, um so Tagesgänge und mögliche saisonale oder Wachstumseffekte aufzeigen zu können. In den Darstellungen wird zwischen Gesamtstaub, PM10 und Endotoxinen unterschieden.

### 3.1 Gesamtstaub

Während der gesamten Untersuchungszeit lagen die Konzentrationswerte des Gesamtstaubes in der Stallluft in einem Bereich unterhalb von  $34 \text{ mg/m}^3$ . Werden die Messwerte nach der Häufigkeit ihres Auftretens dargestellt, so zeigt sich, dass Werte im Bereich zwischen  $0,5 \text{ mg/m}^3$  und  $2,5 \text{ mg/m}^3$  am häufigsten auftraten (Abbildung 2). Kumulativ lagen 95,5 % aller Werte unterhalb von  $4 \text{ mg/m}^3$ .

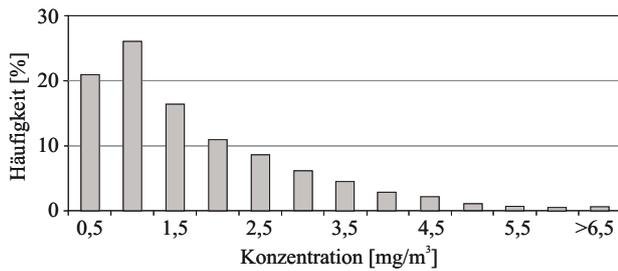


Abbildung 2:  
Häufigkeiten der Gesamtstaubkonzentrationen - alle Durchgänge, n = 24.216

Wie schon in früheren Untersuchungen (Hinz et al., 1999) in einem Stall mit künstlichem Lichtprogramm zeigte sich auch für den natürlich beleuchteten Stall ein lichtabhängiger Tagesgang. In Abbildung 3 ist der online gemessene Verlauf für einen ausgewählten Tag im Sommerdurchgang aufgetragen.

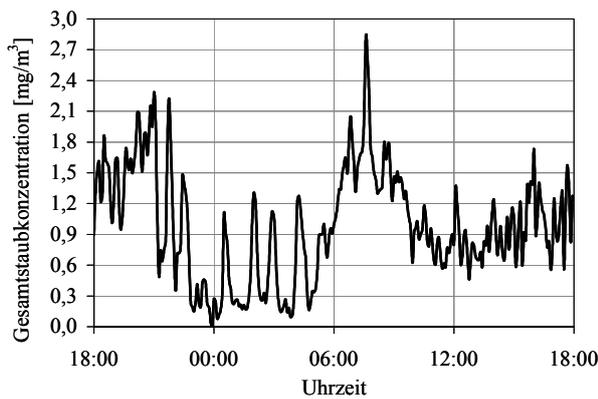


Abbildung 3:  
Tagesgang der Gesamtstaubkonzentration (Sommertag)

Aus dem Verlauf sind relativ große und rasche Fluktuationen ersichtlich.

Dieser Tagesverlauf ergab sich als typisch, wie aus Abbildung 4 zu entnehmen ist, in der alle gemessenen Tagesgänge eingetragen sind: am Tage wurden höhere Werte gemessen als in der Dunkelzeit.

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

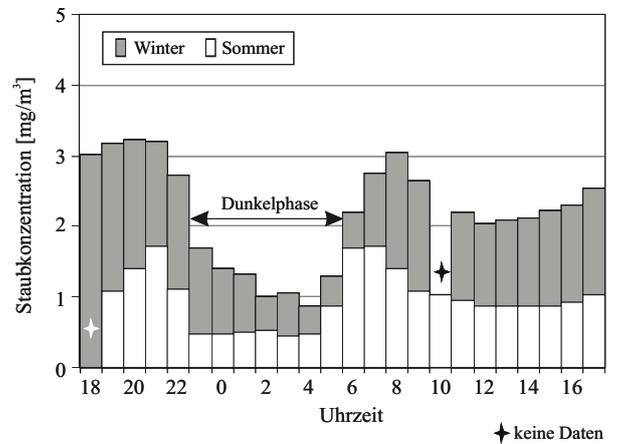


Abbildung 4:  
Tagesgang (Stundenmittel) der Gesamtstaubkonzentration für alle untersuchten Durchgänge, Sommer und Winter

Von der Broilerhaltung ist bekannt, dass die Gesamtstaubkonzentration in der Stallluft mit dem Lebensalter der Vögel steigt (Hinz et al., 1993). Diese Tendenz konnte für die Putenhähne nicht gefunden werden. In Abbildung 5 sind die jeweiligen 24 h Messungen von der 7. bis zur 20. Lebenswoche dargestellt.

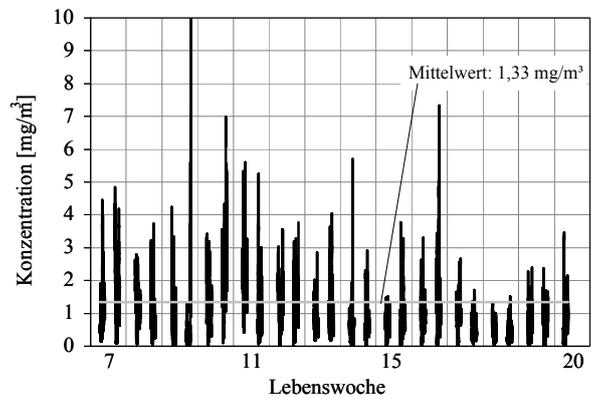


Abbildung 5:  
Gesamtstaubkonzentration in Abhängigkeit vom Lebensalter, Sommerdurchgang

Die gemessenen Konzentrationsverläufe sind relativ gleichmäßig, wenn auch für den gezeigten Mastdurchgang ein Trend zur Abnahme mit ansteigendem Lebensalter und somit Gewicht zu erkennen ist. In der Summe der untersuchten Mastdurchgänge für Sommer und Winter wurde diese Aussage jedoch nicht bestätigt (Abbildung 6).

Für die 6. und 7. Woche existieren messtechnisch bedingt keine Werte für den Sommer bzw. den Winter.

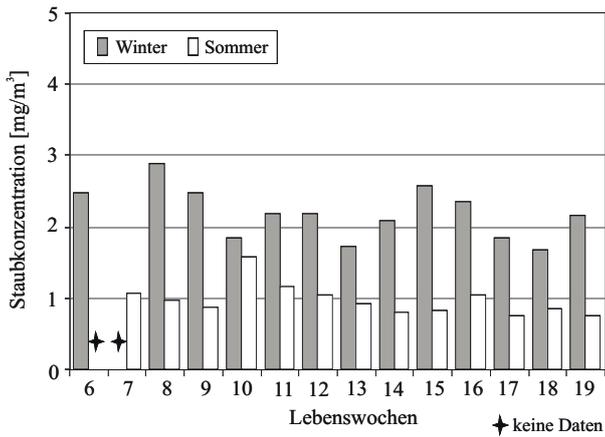


Abbildung 6: Wochenmittelwerte der Gesamstaubkonzentration- Sommer und Winter

3.2 PM10

Die Staubfraktion PM10 wurde ursprünglich als umweltrelevanter Feinstaub definiert, aber häufig der wirkungsbezogenen thorakalen Fraktion gleichgesetzt. Die Abbildungen 7 bis 10 zeigen die gefundenen Abhängigkeiten auf.

Abbildung 7 zeigt den zeitlichen Verlauf für einen Tag im Sommerdurchgang. Tageswerten von 600 µg/m³ standen Nachtwerten von unter 100 µg/m³ gegenüber.

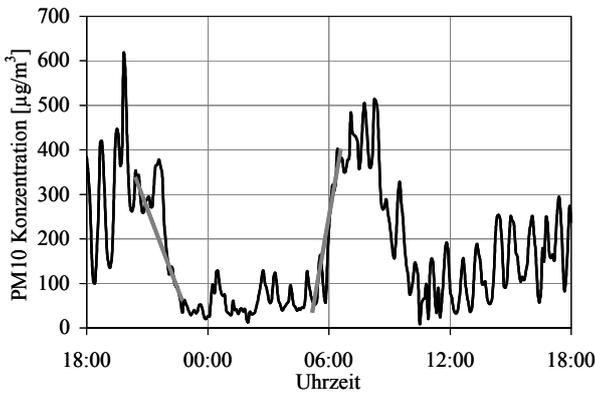


Abbildung 7: Tagesgang von PM10

Dieser exemplarische Verlauf ergab sich prinzipiell für alle Tage eines Sommerdurchganges, an denen PM10 gemessen wurde (Abbildung 8).

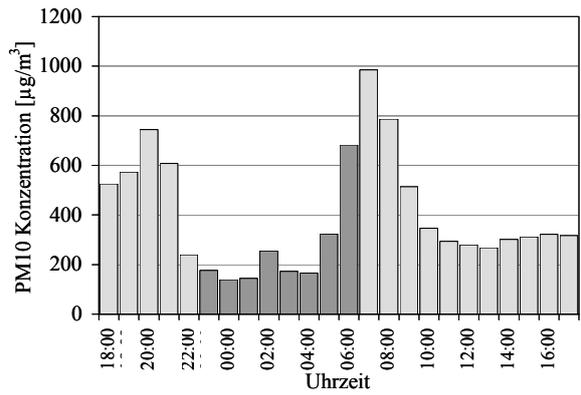


Abbildung 8: Gemittelte Tagesgänge von PM10

In Abhängigkeit von der Lebenswoche der Vögel zeichnete sich für PM10 ein etwas anderes Ergebnis ab: im Trend lagen die Werte bis zur 10. Lebenswoche etwas niedriger als in den folgenden Wochen bis zum Ende der Mast (Abbildung 9).

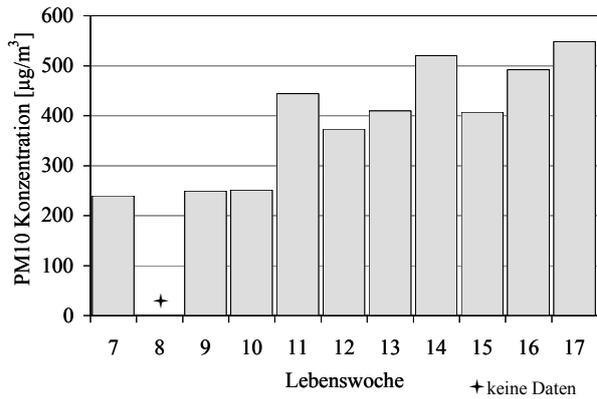


Abbildung 9: PM10 in Abhängigkeit von der Lebenswoche

3.3 Endotoxine

Spezifische Wirkungen von Partikeln auf den Menschen resultieren nicht nur aus der örtlichen Deposition im Atemtrakt sondern auch aus Inhaltsstoffen. Hierbei sind besonders mikrobiologische Bestandteile zu betrachten. Endotoxine gelten als Verursacher von Atemwegserkrankungen.

In einer Stichprobe ergab sich bei einer Gesamstaubkonzentration von 0,91 mg/m³ bezogen auf das Probenahmevolumen eine Endotoxinkonzentration von 1236 ng/m³.

Auch bei den Endotoxinen ist es von Interesse, ob eine Größenabhängigkeit vorliegt und wenn, in welcher Staubfraktion die höchsten Gehalte zu finden sind. Dieser Frage wurde ebenfalls mit einer Stichprobe nachgegangen. Das Ergebnis zeigt Tabelle 1. Der relative Gehalt der auf die

Staubmasse bezogenen Endotoxine war in den Klassen mit den groberen Partikeln deutlich höher als im Feinanteil.

Tabelle 1:

Endotoxinverteilung in Abhängigkeit vom aerodynamischen Partikeldurchmesser, fraktionierende Messung mit dem Kaskadenimpaktor nach Berner

Partikeldurchmesser (nm)	Endotoxingehalt (ng/µg)
15 - 30	0,00013
30 - 60	0,00020
60 - 125	0,00013
125 - 250	0,00100
250 - 500	0,00850
500 - 1.000	0,00300
1.000 - 2.000	0,09000
2.000 - 4.000	0,32000
4.000 - 8.000	0,52000
8.000 - 16.000	0,37000

**4. Resumee**

Die Untersuchungen bestätigen frühere Erkenntnisse, die für zwangsbelüftete Putenställe gefunden wurden (Hinz et al., 1999). Es ergaben sich typische Tagesgänge für die Konzentrationen von Gesamtstaub und PM10, die am Tage höhere Werte aufwiesen als in der Dunkelzeit. Ursache dürfte die tagsüber höhere Aktivität der Vögel im Stall sein. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu der Aussage zu dem Konzentrationsverlauf von Ammoniak, der am Tag niedrige und hohe Werte in der Dunkelzeit aufwies (Hinz et al., 2006, Teil 1). Die Staubkonzentration im Stall wird zusätzlich zur Tieraktivität von Arbeiten im Stall beeinflusst, wie es in Abbildung 10 für das Einstreuen dargestellt ist.

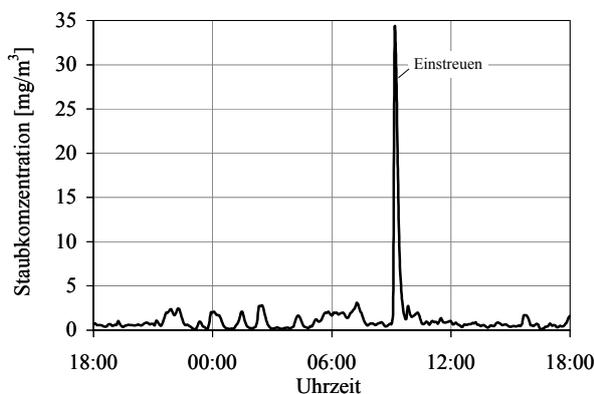


Abbildung 10: Einfluss des Einstreuens auf die Staubkonzentration im Stall am 15./16. Juli 2002

Es ist zu ersehen, dass kurzzeitige Einzelereignisse Konzentrationen bis 34 mg/m<sup>3</sup> zur Folge haben. Wird als Beurteilungskriterium eine Konzentration von 4 mg/m<sup>3</sup> (ehem. MAK-Wert) herangezogen, so ergibt sich für die Dauer von Überschreitungen eine Häufigkeitsverteilung entsprechend Bild 11. Von insgesamt 24216 Einzelwerten überschreiten nur ca. 250 Werte im Winter den Grenzwert für 15 - 30 Minuten. Der korrespondierende Wert für den Sommer liegt bei ca. 20 Überschreitungen.

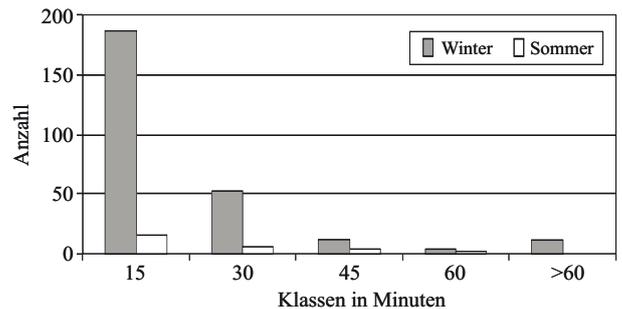


Abbildung 11: Häufigkeiten der Dauer der Überschreitungen (Gesamtstaub) getrennt nach Jahreszeit

Für den Anteil von PM10 am Gesamtstaub wurde die Größenordnung von 25 - 30 % bestätigt.

Für Endotoxine werden derzeit Grenzwerte diskutiert, die von 20 ng/m<sup>3</sup> bis über 100 ng/m<sup>3</sup> reichen. Die in der Tierhaltung gemessenen Konzentrationen überschreiten diese Werte für bestimmte Zeitabschnitte zum Teil deutlich (Seedorf, 1998). Eine abschließende Bewertung bezüglich der Wirkung auf Mensch und Tier steht noch aus (Radon et al., 2002).

In einer Stichprobe während der Untersuchungen ergab sich bei einer Gesamtstaubkonzentration von 0,91 mg/m<sup>3</sup> eine Endotoxinkonzentration von 1236 ng/m<sup>3</sup>. Hinsichtlich einer Wirkung durch inhalative Aufnahme ist zu beachten, dass sich die höchsten Endotoxingehalte den groben Fraktionen zuordnen lassen. Dieses bestätigt die Ergebnisse einer früheren Untersuchung in der Broilerhaltung (Hinz et al., 1993).

Abschließend ist als Untersuchungsergebnis festzustellen, dass von der Kontamination der Stallluft durch Partikel im untersuchten natürlich belüfteten Putenmaststall keine negativen Einwirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier abzuleiten sind.

## Literatur

- 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
- 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 : KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverl., pp 76-87
- 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
- CEN (1993) EN 481 Arbeitsplatzatmosphäre, Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel
- Hinz T, Wiemann H-D, Hartung J, Wiegand B (1993) Luftqualität in Louisiana-Ställen : Teil 1. System- und Methodenbeschreibung sowie erste Ergebnisse- Schwerpunkt Staub. *Landbauforsch Völkenrode* 43(1):39-46
- Hinz T, Berk J, Hartung J, Linke S (1999) Environment enrichments and dust emissions in turkey production. In: Danmarks Jordbrugsforskning, Tjele (eds) International symposium on Dust Control in Animal Production Facilities : congress proceedings ; Scandinavian Congress Center, Aarhus, 30 May - 2 June 1999. Horsens : DIAS, pp 237-243
- 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: Meneses 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.
- Hinz T, Linke S, Berk J, Wartemann S (2006) Luftfremde Stoffe in einem alternativen Putenmaststall : 1. Gase. *Landbauforsch Völkenrode* 56(3/4):173-179
- 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(1):41-48
- Seedorf J, Hartung J, Schröder M, Linkert KH, Phillips VR, Holden MR, Sneath JL, White RP, Pedersen S, Takai H, Johnsen JO, Metz JHM, Groot Koerkamp PWG, Uenk GH, Wathes CM (1997) Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe. *J Agric Eng Res* 70(1):97-109