

air Umwelt GmbH • Hexenberg 18 • D – 52074 Aachen

Frau
Dr. Daniela Schäfrich
Dombert Rechtsanwälte
Mangerstraße 26
14467 Potsdam

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Dott
em. Direktor: Inst. für Hygiene u. Umweltmedizin
Institut für Arbeits-, Sozial- u. Umweltmedizin
Universitätsklinikum
Medizinische Fakultät der RWTH Aachen

Pauwelsstrasse 30
D – 52074 Aachen
Tel.: +49 (0) 241-80 88 485
Fax: +49 (0) 241-80 82 477
wolfgang.dott@post.rwth-aachen.de

Hexenberg 18
D – 52074 Aachen
Mobil: +49 (0) 171 42 67 271
dott@air-umwelt.de

Aachen, am 04. März 2018

Wissenschaftliche Begutachtung zur Abschätzung eines umweltmedizinischen Gefährdungs-/Risikopotentials durch Bioaerosole beim Betrieb der bestehenden Legehennenanlagen und nach Erweiterung um 12.000 Bio-Freiland- sowie 15.000 konventionelle Bodenhaltungs-Tierplätze am Standort Fahrenkruger Ziegelei 2 - 4, der Gemeinde Fahrenkrug (Bebauungsplan Nr. 21, für das Sondergebiet „Legehennenanlage Fahrenkrug“ - Hof Spahr)

Zusammengestellt von

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Dott

Im Auftrag von
Herrn Christian Spahr
Fahrenkruger Ziegelei 3
23795 Fahrenkrug
(Mail von Dr. Daniela Schäfrich vom 29.01.2018)

Wissenschaftliche Begutachtung zur Abschätzung eines umweltmedizinischen Gefährdungs-/Risikopotentials durch Bioaerosole beim Betrieb der bestehenden Legehennenanlagen und nach Erweiterung um 12.000 Bio-Freiland- sowie 15.000 konventionelle Bodenhaltungs-Tierplätze am Standort Fahrenkruger Ziegelei 2 - 4, der Gemeinde Fahrenkrug (Bebauungsplan Nr. 21, für das Sondergebiet „Legehennenanlage Fahrenkrug“ - Hof Spahr)

Gliederung

- 1. Zielsetzung und Fragestellung**
- 2. Materialien**
 - 2.1 Literatur**
 - 2.2 Richtlinien und Regelwerke**
 - 2.3 Antrag, Gutachten und Stellungnahmen**
 - 2.4 Aktuelle Literaturrecherche**
- 3. Ergebnisse**
 - 3.1 Expositionsgefahr – Emissionen, Immission und Erkrankungsmöglichkeiten**
 - 3.1.1 Bioaerosol-Emission aus unterschiedlichen Anlagen
 - 3.1.2 Transmissionswege über Luft: Anlagenspezifische Emissionen und Transmission in die Umwelt (Luft, Abfall, Produkttransport)
 - 3.1.3 Immissionsbelastungen Bioaerosole (Mikroorganismen, Toxine, Allergene)
 - 3.1.4 Erkrankungsmöglichkeiten durch luftgetragene biologische Agenzien (Infektionen, Sensibilisierungen, Allergisierungen, toxische Reaktionen)
 - 3.2 Umweltmedizinische Bewertung Bioaerosol-Immissionen**
 - 3.2.1 Gesundheitliche Wirkung von Emissionen
 - 3.2.2 Toxikologische Wirkmechanismen von biogenen und chemischen Partikeln
 - 3.2.3 Gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung (Epidemiologie)
 - 3.3 Expositionsvorsorge - Ableitung einer umweltmedizinischen Risikobewertung**
 - 3.3.1 Worst-Case-Szenario: Arbeitsplatzexpositionen und berufsbedingte Erkrankungen
 - 3.3.2 Gefahren-/risikobasierte umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosolen
 - 3.3.3 Ableitung von Gesundheitsrisiken durch Bioaerosole
 - 3.4 Bewertung der anlagenbezogenen Bioaerosol-Emissionen/Immissionen**
 - 3.4.1 Anlagenspezifische (Bioaerosol)-Emissionen
 - 3.4.2 Bewertung der prognostizierten Immissionskonzentrationen für den anlagenspezifischen Bioaerosol-Leitparameter "Staphylokokken" Aussagekraft von LAI-Leitfaden (31.01.2014) und VDI(4250 Bl. 1:2014-08)-Richtlinien
 - 3.4.3 Immissionsprognosen für Feinstaub (PM₁₀) und Bioaerosole
 - 3.4.4 Standort- und Betriebsbedingungen
- 4. Beantwortung der eingangs gestellten Fragen**
- 5. Zusammenfassende Bewertung**
- 6. Unterschrift**

1. Zielsetzung und Fragestellung

Herr Christian Spahr betreibt etwa 900 m nördlich von Fahrenkrug, 1.200 m östlich von Wahlstedt und 840 m westlich der Bundesautobahn A 21 am Standort Fahrenkruger Ziegelei 2 – 4 eine Legehennenhaltung mit 56.000 Tierplätzen.

Zur Optimierung der Haltungsbedingungen ist der Abbruch von älteren und kleineren Stallgebäuden und Errichtung eines Stallneubaues für 12.000 Bio-Freilandlegehennenplätze (Nr. 7) vorgesehen. Der vorhandene Bio-Legehennenstall mit 4.500 Tierplätzen (Nr. 8) soll bezüglich der Stalleinrichtung und des Entmistungssystems modernisiert werden. Die zwei vorhandenen Stallgebäude mit 19.700 Tierplätzen (Nr. 13) und 17.408 Tierplätzen (Nr. 14) sollen wie bisher weiter bewirtschaftet werden.

Für die konventionellen Legehennenhaltung soll im Bebauungsplan die Option für eine Erweiterung um bis zu 15.000 Legehennen (Nr. 20) vorgesehen werden. Damit beträgt die Gesamt tierplatzzahl im Plangebiet 68.008 Tierplätze (Abbildung 1).

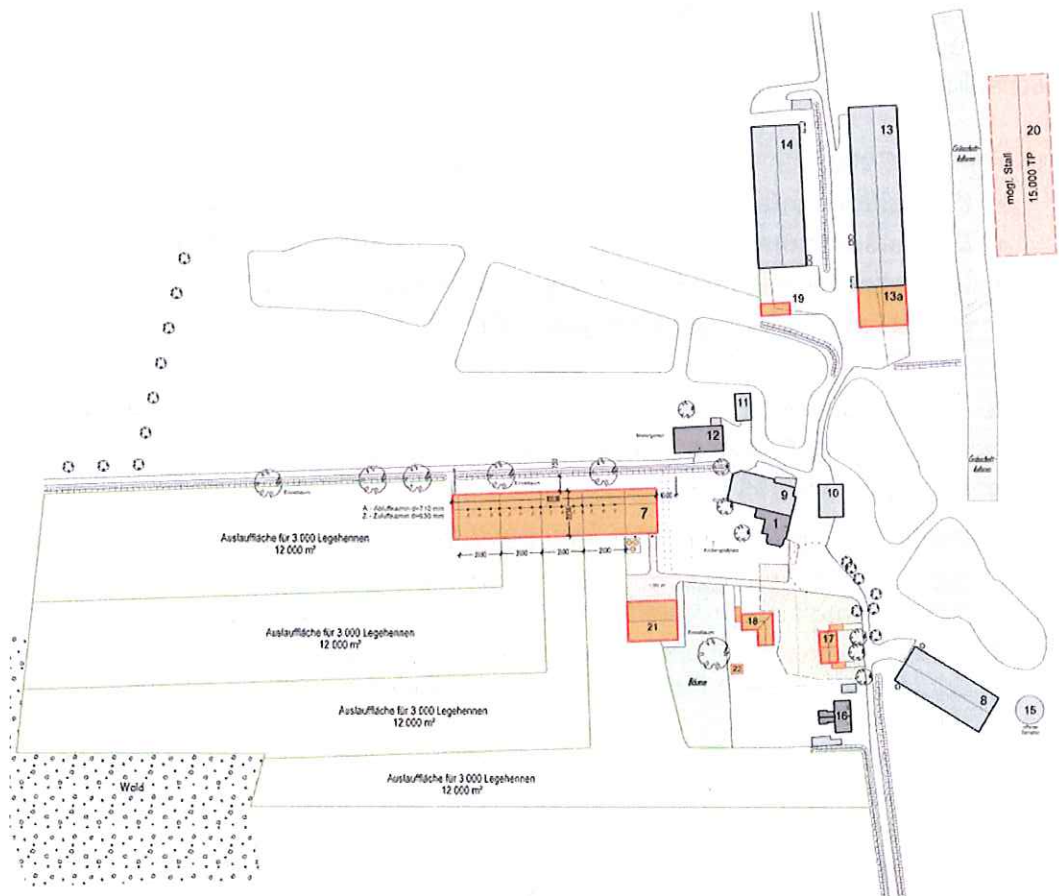


Abbildung 1: Plangebiet der Legehennenanlage von Herrn Christian Spahr am Standort Fahrenkruger Ziegelei 2 - 4, der Gemeinde Fahrenkrug - Kennzeichnung: Bestand grau, neu geplante Gebäude orange und Erweiterungsoption rot (Holste 2017).

Nach § 2 Abs. 4 BauGB ist im Verfahren der Aufstellung eines Bebauungsplans eine Umweltprüfung durchzuführen. Das Ergebnis ist in dem Umweltbericht, der ein gesonderter Teil der Begründung des Bebauungsplans ist, darzustellen.

Da in der Ausbreitungsrechnung für Feinstaub (PM₁₀) der Bagatellwert von 1,2 µg/m³ im Bereich der Wohnbebauung Fahrenkruger Ziegelei, im Gewerbegebiet Wahlstedt, in Wierensiek und an der Tankstelle Schackendorf-Ost überschritten wurde, ist eine gesonderte umweltmedizinische Begutachtung notwendig.

Mit Mail vom 29.01.2018 wurden wir von Frau Dr. Daniela Schäfrich, (DOMBERT Rechtsanwälte) Potsdam, im Namen ihres Mandanten Herrn Christian Spahr, um die wissenschaftliche Begutachtung/Bewertung des umweltmedizinischen Gefährdungs-/Risikopotentials durch Bioaerosole nach Errichtung und Betrieb einer neuen Legehennen-Anlage gebeten. Der Anfrage waren die unter Absatz 2.3 gelisteten Unterlagen beigelegt.

In dem Gutachten sollte dargelegt werden, dass von der geplanten Anlage, auch ohne Abluftreinigungsanlage, mit hinreichender Wahrscheinlichkeit für Schutzobjekte in der Umgebung schädliche Umwelteinwirkungen durch Bioaerosole ausgeschlossen werden können.

In unserem Gutachten wird daher zu folgenden Punkten Stellung bezogen:

- **Expositionsgefahr - Emissionen, Immission und gesundheitliche Beeinträchtigung**
- **Expositionsvorsorge - Ableitung einer umweltmedizinischen Risikobewertung**
- **Umweltmedizinische Bewertung der Bioaerosol-Immissionen**
- **Bewertung der anlagenbezogenen Bioaerosol-Emissionen/Immissionen**

Dazu soll im Folgenden eine Aussage über das Risiko und die möglichen umweltmedizinischen Auswirkungen von Bioaerosolen aus der Tierhaltung anhand der Beantwortung nachstehender Fragen getroffen werden:

- 1. Welche prinzipiellen gesundheitlichen Wirkungen sind durch Bioaerosole möglich?**
- 2. Gibt es berufsbedingte Erkrankungen in dem besonders stark gegenüber Bioaerosolen exponierten Personenkreis (Worst-Case-Szenario)?**
- 3. Welche gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Bevölkerung sind aufgrund von epidemiologischen Daten und z.B. bei einer Besiedlung mit multiresistenten Erregern (MRE) ableitbar?**
- 4. Gibt es eine gefahren- oder ausschließlich eine risikobasierte Bewertung der gesundheitlichen Beeinträchtigung? Wie stellt sich eine umweltmedizinische Risikobewertung dar?**
- 5. Welche Messparameter sind geeignet, das Risiko für eine gesundheitliche Beeinträchtigung aus Immissionsprognosen abzuleiten?**
- 6. Stellt die zukünftig zu erwartende Bioaerosolbelastung durch die Legehennenhaltung von Herrn Christian Spahr mit 56.000 bzw. 68.008 Tierplätzen ein Risiko für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bewohner in der Nachbarschaft dar?**

2. Materialien

2.1 Literatur

- AABEL: "Atemwegserkrankungen und Allergien bei Einschulungskindern in einer ländlichen Region." (2004) Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, Hannover
- Althaus, H., Jung, K.D., Matthess, G. and Pekdeger, A., 1982. Lebensdauer von Bakterien und Viren in Grundwasserleitern. Umweltbundesamt Materialien, 1/82:190 pp.
- BMGS: „Von Tieren auf den Menschen übertragbare Krankheiten.“ Merkblatt zu den Berufskrankheiten Nr. 3102 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung (BKV), BMGS (2003) 414-45222-3102, BAbI 10/2003
- Berufskrankheiten-Verordnung (BKV): Von Tieren auf den Menschen übertragbare Krankheiten – Merkblatt zu den Berufskrankheiten Nr. 3102 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung (BKV), BMGS (2003) 414-45222-3102, BAbI. 10/2003
- Bünnger J.: Arbeitsmedizinische Krankheitsbilder. In: Bioaerosole aus Geflügelställen – Gesundheitliche Beeinträchtigung der Nachbarschaft? Fachgespräch Bioaerosole. LGA Niedersachsen. 20. Juni 2011
- Clauß, M., J. Hahne, A. Munack und K.-D. Vorlop (2015): Aktuelle Entwicklung im Bereich der Bioaerosole und der Abluftreinigung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge. S. 1-10
- Clauß, M. (2015): Particle size distribution of airborne microorganisms in the environment – a review. Landbauforsch., Appl. Agric. Forestry. Res., DOI: 10.3220/LBF1444216736000, Landbauforschung Volkenrode 65 (2):77-100
- Chinivasagam, H. N., T. Tran, L. Maddock, A. Gale, and P. J. Blackall: Mechanically ventilated broiler sheds: A possible source of aerosolized *Salmonella*, *Campylobacter*, and *Escherichia coli*. Appl. Environ. Microbiol. 75 (2009) 7417–7425.
- Dott W., Merck H.F., Neuser J., Osieka R: Lehrbuch der Umweltmedizin, Grundlagen – Untersuchungsmethoden - Krankheitsbilder - Prävention, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 2002
- Dott, W. und Michael, S. (2011): Dosis, Dauer und Häufigkeit – Für die toxikologische Wirkung und umweltmedizinische Bewertung von Luftinhaltsstoffen spielen viele Faktoren eine Rolle-, In: ReSource – Fachzeitschrift für nachhaltiges Wirtschaften, 11(29), S. 61-66
- Dott, W. und G.A. Wiesmüller (2012): Wissenschaftliche Begutachtung der Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt „BioAluRein“ S. 1-43
- Dott, W. und G.A. Wiesmüller (2013): Wissenschaftliche Begutachtung der Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt „BioAluRein“. Teil II: Aktuelle Daten zum Biowäscher und Rieseltrektor aus dem Zeitraum vom 24.07.2012 bis 05.03.2013, S. 1-40
- Douwes J et al.: Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects. Ann Occup Hyg 47 (2003) 187-200 .
- Dungan RS.: BOARD-INVITED REVIEW: „Fate and transport of bioaerosols associated with livestock operations and manures.“ J Anim Sci 88 (2010) 3693-3706
- Fachgespräch Bioaerosole: „Bioaerosole aus Geflügelställen – Gesundheitliche Beeinträchtigung der Nachbarschaft?“ (20. Juni 2011) Niedersächsisches Landesgesundheitsamt.
- Fischer G et al.: "Dispersal and diversity of pathogenic and non-pathogenic microfungi in the surrounding of waste-handling facilities." VAAM Tagung (2003) Braunschweig.
- Gärtner, A., A. Gessner und U. Jäckel (2009): Ermittlung von Mikroorganismen-Emissionen einer Hähnchen-mastanlage. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 69, 359–362.
- Gärtner, A., A. Gessner, E. Martin und U. Jäckel (2011): Emissionsmessungen von Mikroorganismen aus Hähnchenmastanlagen – Aktuelle Messergebnisse und vergleichende Untersuchungen von drei verschiedenen Ställen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 71, Nr. 9, 362–366
- Gärtner, A., A. Gessner und S. Knust (2014): Ermittlung der Emissionen von Mikroorganismen aus Schweinemastanlagen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 74 (2014) Nr. 11/12, 505–510
- Gärtner, A., A. Gessner, S. Gromöller, K. Klug, S. Knust, U. Jäckel (2016): Emissionen aus Schweinemastanlagen – Untersuchungen zur Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft und Antibiotikaresistenz. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 76, 31–38.

- Gärtner, A., F. Geburek, J. Geiger, A. Gessner, D. Gladke, H. Hebbinghaus, D. Heller, V. Müller-Keilholz, P. Scholten und S. Wurzler (2017): Bioaerosole aus der Tierhaltung. LANUV-Fachbericht 80. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, 1 – 58
- Gerba, C. P. and G. Bitton: Applied and Theoretical Aspects of Virus Adsorption to Surfaces. Adv. Appl. Microbiol. 30:133 (1984)
- Green C.F.: The potential for community exposures to pathogens from an urban dairy. J Environ Health 74 (2012) 22-28
- HBM Anonym: Stellungnahme der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes (2011), Aktualisierung der Stoffmonographie Cadmium-Referenz- und Human-Biomonitoring (HBM)-Werte, Bundesgesundheitsblatt, 54:981-996
- Hartung J.: Beurteilung von Bioaerosol-Emissionen und -Immissionen aus der Tierhaltung. Vortrag aus dem Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Bünteweg 17p, 30559 Hannover (2005), LAGuS, Umweltmedizinisches Symposium Mecklenburg-Vorpommern 05.05.2012
- Hartung J, Stratmann-Selke J, Clauß M.: Efficiency of a bioscrubber/biofilter combination to reduce air pollutants from exhaust air of a piggery – techniques, efficiency, costs. CIGR 2011 vom 25. November 2011
- Hartung, M. und A. Käsbohrer: Erreger von Zoonosen in Deutschland im Jahr 2011. BfR Wissenschaft (2013) 1–285, ISBN 3-943963-01-4
- Heederik, D., H. Graveland, M. Bos, K. Bergs and J. Wagenaar: Persistence of ST398 MRSA carriage in livestock farmers, Occup Environ Med (2011) 68:A36 doi:10.1136/oemed-2011-100382.115
- Herr CEW, Wiesmüller GA, Twardella D.: Umweltmedizinische Relevanz von Gerüchen in der Umwelt. Umweltmed – Hygiene – Arbeitsmed 18 (2013) 27-29
- Köller, B.; Heller, D.: Bioaerosole aus Tierhaltungsanlagen – aktuelle Untersuchungen in NRW (Bioaerosols from farms – current investigations in North-Rhine Westphalia). Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, 65 (2005) 374-376.
- KRINKO - Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI), 2010. Anforderungen an die Hygiene bei der medizinischen Versorgung von immunsupprimierten Patienten. Bundesgesundheitsbl 53 (2010) 357–388
- Lippmann, J., H. Mietke-Hofmann, J. Deichmann und T. Heidenreich: Bestimmung und Beurteilung wichtiger Bestandteile des Bioaerosols in der Stall- und Abluft sowie im Stallumfeld (Luv/Lee) zur Bereitstellung von Kenndaten und Bewertung des Emissions- und Immissionsverhaltens mikrobieller Luftbestandteile aus Tierställen (Geflügel). In: Schriftenreihe - Bioaerosole aus Anlagen der Geflügelhaltung, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Sachsen, Heft 13 (2016) 1 – 104
- Marquardt, S. (2015): Bioaerosole aus der Schweinemast – Charakterisierung und Quantifizierung luftgetragener Mikroorganismen. Bachelorarbeit, Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Prof. Dr. W. Dott UKA/RWTH (August 2015) 1 - 49 Aachen
- Michael, S., Montag, M., Dott, W. (2013): Pro-inflammatory effects and oxidative stress in lung macrophages and epithelial cells induced by ambient particulate matter, Environmental Pollution, 183, 19-29
- Michael, S. and Dott, W. (2013): Toxicological response and chemical characteristics of ambient particulate matter - Seasonal and locational variation, In: International Union of Air Pollution Prevention and Environmental Protection Association (Hrsg.): Proceedings of the 16th IUAPPA World Clean Air Congress, ISBN: 978-0-620-58320-6
- Neumann, M.: "Environmental Risk Assessment" SETAC GLB 10. – 13. September 2012 Leipzig
- Nowak D.: "Atemwegserkrankungen in der Landwirtschaft." In: Gottwald FT, Nowak D.: Nutztierhaltung und Gesundheit. 2002, ISBN 978-3-89958-334-2.
- Nowak, N. (2014): Bioaerosole aus Legehennenbetrieben Biologische und chemische Charakterisierung und Quantifizierung umweltmedizinisch relevanter Emissionen. Masterarbeit, Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Prof. Dr. W. Dott UKA/RWTH (September 2014) 1 - 91 Aachen
- Oldenburg, J.: Geruchs und Staubimmissionen Bioaerosole. von Essen, B. und S. Franke-Scherbath: GA Bebauungsplan Nordholz. 11.09.2013 Osterende
- Opplinger, A, N. Charriere, PO Droz and T. Rinsoz: Exposure to bioaerosols in poultry houses at different stages of fattening; use of real-time PCR for airborne bacterial quantification. Ann Occup Hyg 52 (2008) 405–12.

- Radon K.: "Atemwegsgesundheit und Allergiestatus bei jungen Erwachsenen in ländlichen Regionen Niedersachsens." – Niedersächsische Lungenstudie, NiLS 2005. Inst. f. Arbeits- und Umweltmedizin, Prof. Dr. D. Nowak, LMU München
- Samadi S.: Occupational bio-aerosol exposure in veterinary medicine: a comprehensive assessment of exposure and exploration of bio-aerosol related health effects authors. Dissertation Utrecht University, Institute for Risk Assessment (Heederik DJJ, Wouters IM) 2011
- Seedorf, J.; Schulz, J.; Hartung, J.: Outdoor measurements of airborne emission of staphylococci from a broiler barn and its predictability by dispersion models. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 85 (2005) 33-42
- Seedorf, J.: Systemimmanente Biopartikel mit potentieller Hygienerelevanz in biologischen Abluftreinigungsanlagen der Tierproduktion (2016). in: Seedorf, J.: Systemimmanente Biopartikel in biologischen Abluftreinigungsanlagen 2012, 1 – 283, A 1 – 29, F 1 -10, T 2 Seiten, G 1 – 14.
- TRBA 450: Einstufungskriterien für Biologische Arbeitsstoffe, Ausgabe: Juni 2016, GMBI. Nr. 23 vom 22. Juni 2016, S. 445
- Venter, P., J. F. R. Lues, and H. Theron: Quantification of bioaerosols in automated chicken egg production plants. Poult. Sci. 83 (2004) 1226 – 1231.
- Wiesmüller GA, Heinzow B, Herr CEW.: Befindlichkeitsstörungen in Innenräumen. Umweltmed – Hygiene – Arbeitsmed 18 (2013) 30-34
- Wiesmüller GA, Heinzow B, Herr CEW (Hrsg.) Mitherausgeber: Eikmann Th, Fischer G, Gabrio Th, Szewzyk R. Gesundheitsrisiko Schimmelpilze im Innenraum. Heidelberg, München, Landsberg, Frechen, Hamburg: ecomed Medizin 2013, ISBN 978-3-609-16464-9

2.2 Richtlinien und Regelwerke

- Anonym: „Von Tieren auf den Menschen übertragbare Krankheiten.“ Merkblatt zu den Berufskrankheiten Nr. 3102 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung (BKV), BMGS (2003) 414-45222-3102, BABI. 10/2003.
- Anonym: LAI-Leitfaden „Bioaerosole“ zur Ermittlung und Bewertung von Bioaerosol-Immissionen der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz vom 31.01.2014.
- DLG-Merkblatt 403 – Hinweise zum Betrieb von Abluftreinigungsanlagen für die Schweinehaltung. DLG e.V. 1. Auflage, Stand 10/2014.
- DIN EN 13098: Arbeitsplatzatmosphäre – Leitlinien für die Messung von Mikroorganismen und Endotoxin in der Luft, 2001-02.
- DIN CEN/TS 16115-1, DIN SPEC 91221: Messen von Bioaerosolen – Teil 1: Bestimmung von Schimmelpilzen mittels Probenahme auf Filtern und kulturellem Nachweis. (Dt. Fassung CEN/TS 16115-1:2011), 2011-07.
- GIRL (Geruchsimmissions-Richtlinie): Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie - GIRL -) RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz - V-3-8851.4.4 - v. 5.11.2009
- MELUR SH (2014): Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an Tierhaltungsanlagen und an Anlagen zur Lagerung von Gülle vom 26.06.2014, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, V 64/V 62 570.220.200, Amtsblatt Schleswig-Holstein vom 14.07.2014, S. 523, Kiel
- VDI 2263 Blatt 6.1: Staubbrände und Staubexplosionen Gefahren - Beurteilung – Schutzmaßnahmen, Brand- und Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen Beispiele, 2009-10.
- VDI 4250 Blatt 1: Bioaerosole und biologische Agenzien Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen, 2014-08.
- VDI 4250 Blatt 2: Entwurf Bioaerosole und biologische Agenzien Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen Risikobeurteilung von legionellenhaltigen Aerosolen, 2014-05
- VDI 4250 Blatt 3: Bioaerosole und biologische Agenzien; Anlagenbezogene umweltmedizinische relevante Messparameter und grundlegende Beurteilungswerte, 2016-08
- VDI 4251 Blatt 1 Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft Planung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen Fahnenmessung, 2007-02.
- VDI 4252 Blatt 2: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft Aktive Probenahme von Bioaerosolen Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern, 2004-06.

- VDI 4252 Blatt 3: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft Aktive Probenahme von Bioaerosolen Abscheidung von luftgetragenen Bakterien mit Impingern nach dem Prinzip der kritischen Düse, 2008-08.
- VDI 4253 Blatt 2: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilz-Konzentration in der Luft Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern, 2004-06.
- VDI 4253 Blatt 3: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis von Bakterien in der Luft Verfahren nach Abscheidung in Flüssigkeiten, 2008-08.
- VDI 4253 Blatt 4: Bioaerosole und biologische Agenzien Bestimmung der Gesamtkeimzahl mittels Fluoreszenzanalyse nach Anfärbung mit DAPI, 2011-04.
- VDI 4255 Blatt 1: Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen – Übersicht, 2005-10.
- VDI 4255 Blatt 2: Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung – Übersicht, 2009-12.
- VDI 4255 Blatt 3: Bioaerosole und biologische Agenzien - Emissionsfaktoren für Geflügelhaltung. (Entwurf) August 2014
- VDI 4256 Blatt 1: Ermittlung von Verfahrenskenngrößen – Zählverfahren basierend auf kulturellem Nachweis, 2010-10.
- VDI 4257 Blatt 1 E: Emissionsmessungen – Planung und Durchführung, 2010-12.
- VDI 4257 Blatt 2: Emissionsmessung von Bioaerosolen und biologischen Agenzien – Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung in Flüssigkeiten, 2011-09.

2.3 Antragsunterlagen, Gutachten und Stellungnahmen

- BK (2017a): Vorhabensbezogener Bebauungsplan Nr. 21 der Gemeinde Fahrenkrug für das Gebiet „Gelände des Betriebs Hof Spahr, Fahrenkruger Ziegelei 2 – 4, Sondergebiet Legehennenanlage Fahrenkrug“. Entwurf November 2017, (eine Seite), BK Baukonzept – Architekten und Ingenieure, Neubrandenburger GmbH, Neubrandenburg
- BK (2017b): Vorhabensbezogener Bebauungsplan Nr. 21 der Gemeinde Fahrenkrug für das Gebiet „Gelände des Betriebs Hof Spahr, Fahrenkruger Ziegelei 2 – 4, Sondergebiet Legehennenanlage Fahrenkrug“. Entwurf November 2017, 1 – 20, BK Baukonzept – Architekten und Ingenieure, Neubrandenburger GmbH, Neubrandenburg
- BK (2017c): Gemeinde Fahrenkrug - Vorhabensbezogener Bebauungsplan Nr. 21 der Gemeinde Fahrenkrug für das Gebiet „Gelände des Betriebs Hof Spahr, Fahrenkruger Ziegelei 2 – 4, Sondergebiet Legehennenanlage Fahrenkrug“ – 11. Umweltbericht als gesonderter Teil der Begründung. November 2017, 1 – 47 BK Baukonzept – Architekten und Ingenieure, Neubrandenburger GmbH, Neubrandenburg
- Holste, D. (2017): Immissionsprognose zur Aufstellung des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr. 21 der Gemeinde Fahrenkrug für das Gebiet „Gelände des Betriebes Hof Spahr, Fahrenkruger Ziegelei 2-4, Sondergebiet Legehennenanlage Fahrenkrug“. vom 27.05.2016, 1 – 110, Projektnummer 15043 Rev.00, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Ottendorf
- Sönnichsen, H. (2017): Landschaftspflegerischer Begleitplan für den Neubau einer Legehennenstalles. September 2017, 1 - 30, Landwirtschafts- Consulting GmbH, Rendsburg
- Sönnichsen, H. (2017): Fachbeitrag zum Artenschutz (Faunistische Potenzialanalyse und artenschutzrechtliche Prüfung) für den Neubau einer Legehennenanlage. September 2017, 1 - 31, Landwirtschafts- Consulting GmbH, Rendsburg
- Barre, D. (2017): Abriss von 2 landwirtschaftlichen Gebäuden – Gebäudekontrolle vom 17. Februar 2017 – Artenschutzrechtliche Kurzstellungnahme. Vom 21.02.2017, 1 – 2 Bioplan, Biologie und Planung, Melsdorf
- Barre, D. (2017): Abriss von 2 landwirtschaftlichen Gebäuden und Beseitigung einer eingefallenen Ruine, Kontrolle: August 2017 - Artenschutzrechtliche Kurzstellungnahme. Vom 07.08.2017, 1 – 2 Bioplan, Biologie und Planung, Melsdorf

2.4 Aktuelle Literaturrecherche

- Aktuelle Literaturrecherche in PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)

3. Ergebnisse

3.1 Expositionsgefahr – Emissionen, Immission und Erkrankungsmöglichkeiten

3.1.1 Bioaerosol-Emissionen aus unterschiedlichen Anlagen

Bei Bioaerosolen (Biologische Agenzien/Arbeitsstoffe) aus Tierhaltungsanlagen kann es sich handeln um:

- Subzelluläre Erreger (ohne eigenständigen Stoffwechsel bzw. ohne eigenständige Vermehrung) wie Prione, Viroide (RNS Partikel), Viren,
- Prokaryonten (Einzeller ohne Zellkern) wie Bakterien, Mykoplasmen, Blaualgen,
- Eukaryonten wie Protozoen (Einzeller), Pilze (Hefen, Schimmelpilze), Algen, Zellen, Zellkulturen,
- Eukaryotische Parasiten wie Fadenwürmer (Spulwürmer) oder auch Bandwürmer,

Die Tabelle 1 (modifiziert nach Dungan, 2010) zeigt die Infektionswege von bakteriellen, viralen und parasitären (durch Protozoen) Zoonosen. Wie diesem Überblick entnommen werden kann, besteht nur für einige Zoonosen eine grundsätzliche inhalative Übertragung (fett und rot hervorgehoben) und nur für wenige Erreger eine ausschließlich inhalative Übertragung.

Tabelle 1: Bakterielle, virale und parasitäre Zoonosen, Infektionswege, Erkrankungen¹.

Bacteria	Animal hosts	Transmission routes	Disease	Non fecal sources	In manure
<i>Campylobacter jejuni</i>	Poultry and wild birds	Food, water, direct contact	Campylobacteriosis	?	+
<i>Clostridium perfringens</i>	Many	Food, wounds	Gastroenteritis, gas gangrene	Soil, sediments	+
<i>Escherichia coli</i> (EHEC)	Cattle, sheep, goats, pigs	Food, water	Hemorrhagic colitis, hemolytic uremic syndrome	No	+
<i>Leptospira spp.</i>	Cattle, many others	Direct contact, skin lesions	Leptospirosis	Urine, stagnant water	+
<i>Salmonella spp.</i> (nontyphoidal)	Calves, pigs, poultry	Food, fomites, water	Salmonellosis, GBS, acute gastroenteritis,	No	+
<i>Yersinia enterocolit.</i> , <i>Y. pseudotubercul.</i>	Pigs, others	Food, direct contact, water	Yersiniosis	?	+
Virus (family/genus)					
SARS coronavirus (Coronaviridae/Coronavirus)	Pigs, chickens, other animals	Inhalation	Severe acute respiratory syndrome	-	+
Protozoan					
-	-	-	-	-	+

¹ Dungan (2010), Krauss et al. (2003) and Sobsey et al. (2006), GBS: Guillain-Barré syndrome

3.1.2 Transmissionswege über Luft: Anlagenspezifische Emissionen und Transmission in die Umwelt (Luft, Abfall, Produkttransport)

Einen Überblick über Quellen und die Mikroorganismen aus der Tierhaltung gibt Tabelle 2.

Tabelle 2: Quellen und von diesen freigesetzte Mikroorganismen (Emission) in der Tierhaltung (Dungan 2010).

Operation	Organisms identified	Reference
Cattle, swine, and poultry barns	<i>Acinetobacter</i> sp., <i>Chryseomonas luteola</i> , <i>Citrobacter freundii</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter agglomerans</i> , <i>Klebsiella</i> sp., <i>Oligella urethralis</i> , <i>Moraxella</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Xanthomonas maltophilia</i> , <i>Shewanella putrefaciens</i>	Zucker et al. 2000
Swine concent. animal feeding	Coliforms, <i>Staphylococcus aureus</i>	Green et al. 2006
Duck fattening unit	Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Vibrionaceae, Legionellaceae,	Zucker et al. 2006
Poultry & duck facilities	<i>Salmonella</i>	Fallschissel et al. 2009
Swine barns	<i>Methanospaera stadmanae</i> , other <i>Methanobacteriales</i> and <i>Methanosarcinales</i>	Nehme et al. 2009

Die Überlebensfähigkeit von Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Viren) bei der Transformation über den Luftweg als Bioaerosol hängt neben den spezifischen Eigenschaften der Erreger von physikalischen und chemischen Umweltfaktoren wie relative Feuchte, Temperatur, UV-Strahlung, Tröpfchengröße, pH-Wert und Partialdruck der Gase O₂, CO und NO_x ab.

Wissenschaftliche Untersuchungen dazu wurden bereits seit den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts durchgeführt und spiegeln sich in der Literaturliste von Dungan, in JANIM 2010, 88, Tabelle 4 auf Seite 3697, wider: „Akers et al., 1966; Akers et al., 1973; Beebe, 1959; Cox and Baldwin, 1967; Cox und Goldberg, 1972; Cox et al., 1974; Cox, 1976; Ehrlich et al., 1970a und b; Ehrlich and Miller, 1973; Jensen, 1964; Poon, 1966; Hatch und Dimmick, Ko et al., 2000; 1966; Lighthart, 1973; Marthi et al., 1990; Riley und Kaufman, Songer, 1967; 1972; Theunissen et al., 1993; 1982; Walter et al., 1990“.

Hartung (2011) stellt für verschiedene Erreger den prozentualen Verlust der Vermehrungsfähigkeit nach 250 sec. dar (Tabelle 3). Gram-positive Bakterien der Gattungen *Staphylococcus* und *Mykobakterien*, wie aber auch Pilze erweisen sich in der Umwelt als relativ persistent und sind damit als Indikatororganismen gut nachweisbar.

Tabelle 3: Ausmaß des Einflusses von relativer Luftfeuchtigkeit und Temperatur auf den Verlust der Überlebensfähigkeit für ausgewählte Keime (Hartung 2011).

Erreger	Rel. Feuchte [%]	Temperatur [°C]	Verlust der Vermehrungsfähigkeit nach 250 sec [%]
<i>Escherichia coli</i> (O78)	15 - 40	22	14
<i>Mycoplasma gallisepticum</i>	40 - 50	25	< 3
<i>Salmonella enteritidis</i>	75	24	< 20
<i>Salmonella newbrunswick</i>	30 - 70	10 - 21	38 - 11
<i>Salmonella typhimurium</i>	75	24	< 20
<i>Staphylococcus aureus</i>	50	22	< 1
Influenza A Viren	50 - 70	21	> 70 - > 66
Newcastle disease Virus	10, 35 und 90	23	n.n. - 20

Mit dem Ziel dieser der Entwicklung eines reduzierten und angepassten Messprogramms zur Quantifizierung und Charakterisierung von Emissionen aus der Intensivtierhaltung wurden seit

2013 vom Institut für Hygiene und Umweltmedizin unterschiedliche Anlagen untersucht. Für Geflügelanlagen (Legehennen, Hähnchen- und Putenmast) wurde ein anlagenspezifisches Bioaerosol-Monitoring erprobt, bei dem sich als mikrobiologische Messparameter der Nachweis von Staphylokokken, Enterokokken, thermophilen Pilzen und als Vertreter der Enterobacteriaceae (Fäkalindikatoren) *Escherichia coli* und coliforme Bakterien als geeignete Indikatororganismen herausgestellt haben (Nowak 2014). Neben den ausgewählten mikrobiologischen Parametern eignen sich Feinstaub(PM₁₀)- und Ammoniak-Messungen/-Berechnungen als gute Indikatoren für die Emission-/Immissionsbetrachtung.

Tabelle 4: Immission von Mikroorganismen und Endotoxinen aus der Tierhaltung (modifiziert und ergänzt nach Dungan 2010).

Operation	Microbe or agent	Sample location	Concentration ¹ [cfu·m ⁻³]	Reference
Landspreeding of cattle, swine waste	Total culturable bacteria	Upwind 20 to 200 m downwind	10 ¹ 10 ¹ - 10 ³	Boutin et al. 1988
Cattle, swine, and poultryhouses	Inhalable endotoxin Respirable endotoxin	Inside houses	3 - 64,347 EU·m ⁻³ 0.1 - 260 EU·m ⁻³	Seedorf et al. 1998
Swine house	Total endotoxin Respirable endotoxin	Inside houses	14 - 818 EU·m ⁻³ 0.02 - 1,643 EU·m ⁻³	Chang et al. 2001a
Swine barn	Total culturable bacteria	Upwind / Inside barn 150 m downwind	10 ¹ / 10 ³ 10 ²	Green et al. 2006
Cattle, swine, and poultry houses	gram-neg. bacteria	Inside houses	10 ⁰ to 10 ²	Zucker et al. 2000
Open-air swine house	Total gram-neg. bact. Total culturable fungi	Inside house	10 ³ - 10 ⁶ / 10 ⁰ - 10 ³ 10 ² to 10 ⁴	Chang et al. 2001b
Dairy shed Broiler shed	Total cultural fungi <i>Escherichia coli</i> / <i>Salmonella</i>	Inside shed Inside and outside	10 ² to 10 ³ 10 ² - 10 ⁴ / 0.7-2.3 _(MPN)	Adhikari et al. 2004 Chinivasagam et al. 2009
Swine shed	Total culturable bacteria / <i>E. coli</i>	Inside shed	10 ⁵ cfu·m ⁻³ 10 ¹ cfu·m ⁻³	Chinivasagam & Blackall, 2005
Various animal operations	Inhalable endotoxin	Personal samplers	2 to 8,120 EU·m ⁻³	Spaan et al. 2006
Cattle, swine, and poultry houses	Inhalable endotoxin Respirable endotoxin	Inside houses	3 - 21,933 EU·m ⁻³ 0.3 - 12,282 EU·m ⁻³	Schierl et al. 2007
Duck fattening	<i>Salmonella</i>	Inside unit	10 ¹ - 10 ⁶ targets·m ⁻³	Fallschissel et al. 2009
Dairy	Total culturable fungi	Upwind / Inside barn 5 - 50 m downwind	10 ³ / 10 ³ - 10 ⁵ 10 ² - 10 ⁴	Matković et al. 2009
Open-lot dairy	Total endotoxin	Upwind 5 / 200 m downwind	1 - 88 EU·m ⁻³ 3-849 / 2-261 EU·m⁻³	Dungan et al. 2010a
Open-lot dairy	Total culturable bacteria	Upwind 5 / 200 m downwind	10 ³ - 10 ⁴ 10 ⁴ - 10 ⁷ / 10 ³ - 10 ⁵	Dungan et al. 2010b

Das Ausmaß der Immissionsbelastung durch Mikroorganismen und Endotoxine aus der Tierhaltung ist der Tabelle 4 zu entnehmen. Für alle kulturell nachgewiesenen Mikroorganismen-Gruppen kann man bei dem Vergleich der Vorbelastung (Luv), der im Stall herrschenden Belastung und der tatsächlichen Emission/Immission festhalten, dass sich die KBE/m³ von 10¹ über 10³ bis 10⁶ (Stallluft) bis hin zu 10² bis 10³ immissionsseitig entwickeln.

Für die Endotoxine gelten luvseitig Konzentrationen von 1 – 88 EU/m³, in Ställen von 3 – 34.000 EU/m³ und leeseitig von 3 – 261 EU/m³. In der Außenluft von Geflügelbetrieben wurden nach 50 Meter Entfernung nur vereinzelt Endotoxine (Nachweisgrenze 1 EU/m³) nachgewiesen.

3.1.3 Immissionsbelastungen Bioaerosole (Mikroorganismen, Toxine, Allergene)

Bei der Immissionsbetrachtung spielen neben den gasförmigen (Geruchsstoffe) vor allem partikelgebundene Stoffe (Bakterien, Pilze, Toxine, Allergene) als gesundheitsrelevante Noxen eine entscheidende Rolle. Daher kann neben den direkten Mess-Indikatoren, wie Staphylokokken, Pilzsporen und Endotoxinen die Feinstaubbelastung (PM₁₀) als übergeordneter Summenparameter zur Beurteilung der möglichen Gesundheits- / Umweltbeeinträchtigung herangezogen werden.

Abbildung 2 zeigt am Beispiel der Schimmelpilz-Immission aus Kompostieranlagen, dass die Emission von Mikroorganismen nicht nur anlagen- und artspezifisch ist, sondern zudem von den jeweiligen Prozessbedingungen beeinflusst wird. Unabhängig davon reduziert sich der Nachweis der untersuchten luftgetragenen Pilzsporen in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit linear oder exponentiell mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle (Fischer et al. 2003).

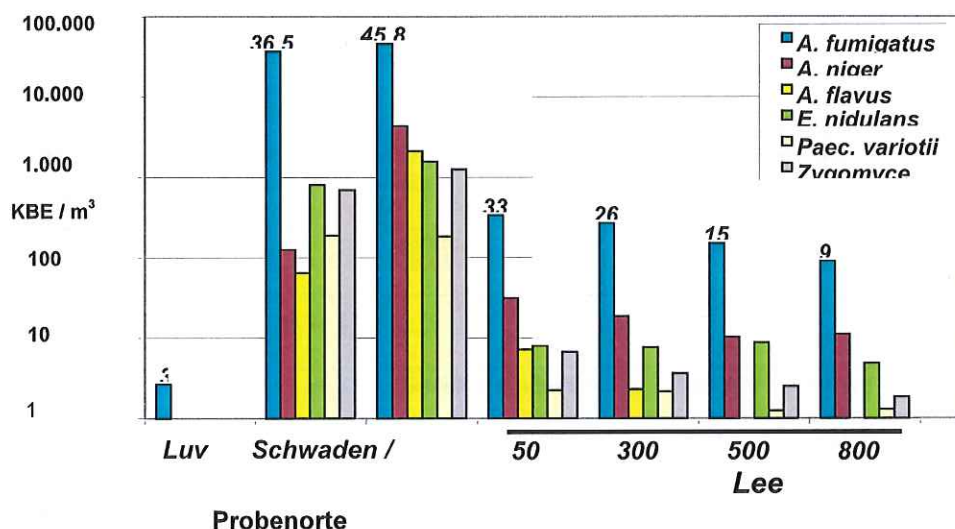


Abbildung 2: Transport von Pilzsporen (*A. fumigatus*) in der Umgebung von Kompostieranlagen (Fischer et al. 2003).

Die Reduktion der als KBE (Kolonie-Bildende-Einheiten) /m³ erfassten Bakterien (z.B. Staphylokokken) und Pilzsporen erfolgt exponentiell mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle. Gleiches gilt für die partikelgebundenen Geruchsstoffe, Endotoxine und Allergene.

Damit kann bzgl. einer Immissions-Minderung aus Tierhaltungsanlagen für den Luftpfad festgestellt werden:

- Immissionsminderung der Mikroorganismen [KBE/m³]:
 - innen/außen → 1 Zehnerpotenz
 - 100 m Abstand → 2 bis 3 Zehnerpotenzen
- (Dott, Wiesmüller - BioAluRein 2012, 2013, Fischer et.al. 2003)

Der Nachweis von Toxinen hängt wesentlich von der Partikelzahl, im Fall der Mykotoxine von der Zahl der luftgetragenen Sporen ab.

Endotoxine stehen im Wesentlichen für Zellwandbestandteile von gramnegativen Bakterien. In Abbildung 3 ist die exponentielle Abnahme von Endotoxinen mit Entfernung der Lee-Messorte von der Emissionsquelle dargestellt.

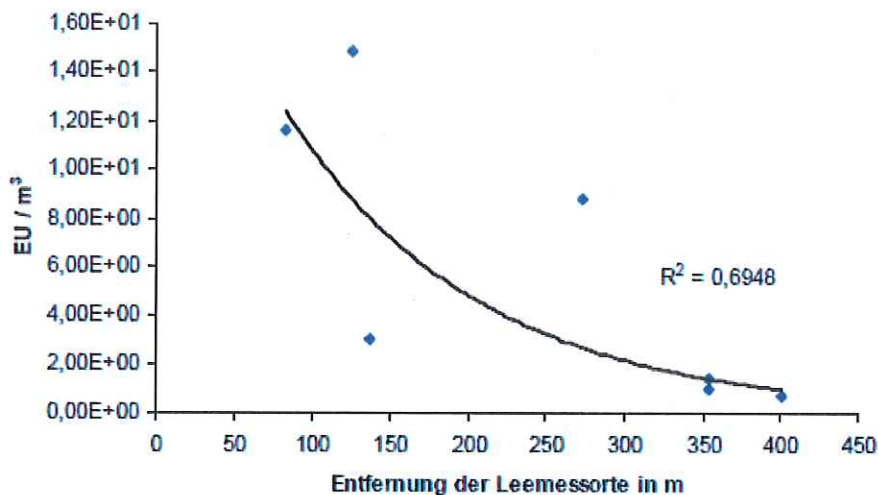


Abbildung 3: Exponentielle Abnahme von Endotoxinen (Hartung 2011).

Für die (Myko-)Toxine gilt, dass deren Emission anlagen- und artspezifisch erfolgt.

Die Konzentrationsabnahme der Toxine erfolgt ebenfalls linear oder exponentiell mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle (Hartung 2011).

- Mykotoxine spielen grundsätzlich erst ab 10^6 KBE/m³ eine Rolle.
- Endotoxine (Nachweisgrenze 1 EU/m³) konnten in der Außenluft von Intensivtierhaltungen nach 50 Meter Entfernung nur sporadisch nachgewiesen werden.

Bei den geruchsintensiven Immissionen aus der Intensivtierhaltung handelt es sich neben dem Ammoniak und den organischen Stickstoffverbindungen um weitere flüchtige organische Verbindungen (Engl.: volatile organic compounds, VOC) einschließlich der sogenannten MVOC (Engl.: microbial volatile organic compounds), wie Dimethylsulfoxid, 3- und 2-Methyl-1-Butanol, DMDS, 2-Heptanon, α -Pinen und α -Pinen-ähnliche Verbindungen, Camphen, Limonen, γ -Terpinen, Camphor sowie endo-Borneol.

Während die Belastung mit Mikroorganismen exponentiell abnimmt (Ausnahme hohe Windgeschwindigkeit und Trockenwetter-Periode), erfolgt die Abnahme der nicht partikelgebundenen Geruchsstoffe meist linear (Fischer et al. 2003).

3.1.4 Erkrankungsmöglichkeiten durch luftgetragene biologische Agenzien (Infektionen, Sensibilisierungen, Allergisierungen, toxische Reaktionen)

Gemäß ihrer gesundheitlichen Auswirkungen kann von Bioaerosolen ein infektiöses, sensibilisierendes/allergisierendes und/oder toxisches Potential ausgehen:

- **Infektionen** Ornithose (Psittakose),
Leptospirose (M. Weil, Fleckfieber),
Hantavirus (Puumala-Virus),
Darmerkrankungen,
Aspergillose,
- **Allergien** Heuschnupfen,
Allergisches Asthma bronchiale,
Exogen Allergische Alveolitis (EAA),
Allergische Bronchopulmonale Aspergillose (ABPA),
- **Intoxikationen** Mucous Membrane Irritation (MMI)
Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS)

Flüchtige organische Verbindungen (VOC) können direkt (Toxizität) oder über geruchliche Belastungen zu unterschiedlichen Gesundheitsstörungen führen (Herr et al. 2013, Wiesmüller et al. 2013).

- **Störungen** Irritationen von Augen, Nase und Rachen,
Kopfschmerzen,
Befindlichkeitsstörungen und
Stressreaktionen.

Bei den Infektionen spricht man auch von Zoonosen, d.h. die Krankheitserreger können sowohl vom Tier auf den Menschen als auch vom Menschen auf das Tier übertragen werden. Allerdings unterscheiden sich die Erreger der etwa 200 bekannten Zoonosen (Bakterien, Viren, Pilze, Protozoen, Helminthen, Arthropoden oder Prione) hinsichtlich der möglichen Übertragungs-/ Infektionswege beträchtlich. Die meisten Erreger werden durch Schmierinfektion, d.h. den direkten Kontakt mit den Tieren und/oder deren Ausscheidungen übertragen. Nur wenige Erreger sind so widerstandsfähig, dass sie lange persistieren und in ausreichender Menge als Bioaerosole oder gebunden an Stäube aus der Luft inhalativ aufgenommen werden können, um eine Infektion zu ermöglichen (vgl. hierzu Tabellen 3 und 4 in Kapitel 3.1.2).

Sensibilisierende Stoffe in Bioaerosolen weisen eine wesentlich höhere Persistenz in der Umwelt auf und können bereits in sehr niedrigen Konzentrationen als Auslöser und Trigger von Allergien angesehen werden.

- **Um toxische Reaktionen auszulösen, sind deutlich höhere Immissionsbelastungen notwendig als bislang im Umfeld von Biotechnologischen Anlagen und Tierställen nachgewiesen wurden.**

3.2 Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen

Der Bereich der Umweltmedizin umfasst die Erkennung, Erfassung, Bewertung sowie Vermeidung schädlicher exogener Einflussgrößen, welche die Gesundheit des Einzelnen oder der Bevölkerung beeinflussen. Dabei liegt ein besonderer Schwerpunkt auf der humanmedizinischen Wirkungsforschung von natürlichen und anthropogenen Umweltfaktoren, die allein oder in Kombination das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen beeinträchtigen.

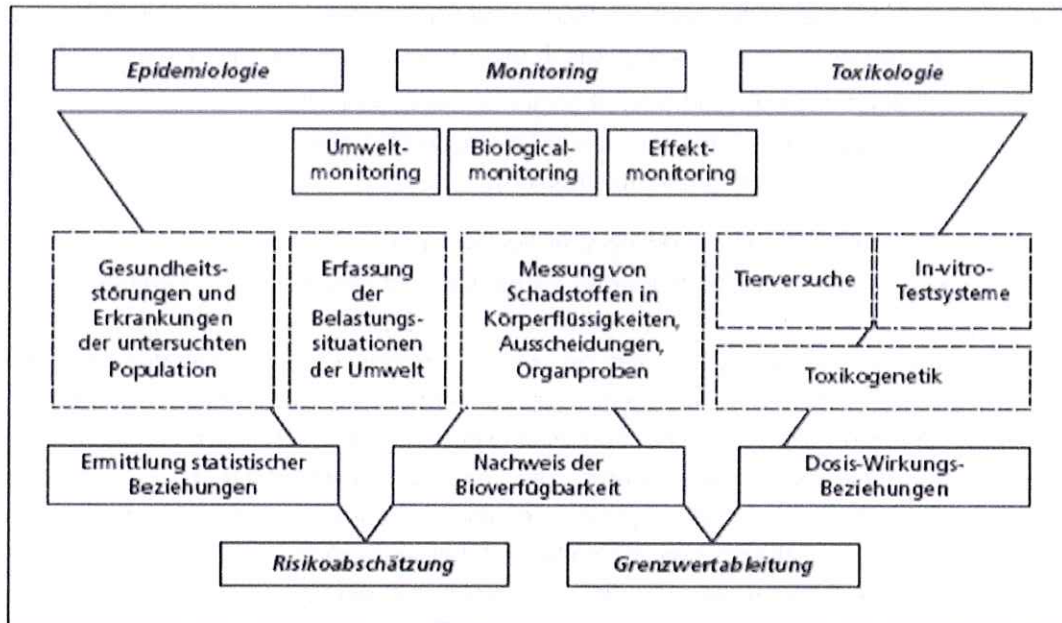


Abbildung 4: Methodische Ansätze in der Umweltmedizin (Dott und Michael 2011)

Im Fokus stehen dabei die Umweltkompartimente Wasser, Boden, Luft sowie Teilgebiete der Lebensmittelsicherheit und des Verbraucherschutzes. Grundlage der umweltmedizinischen Bewertung bilden die Bereiche Epidemiologie, Monitoring und Toxikologie, auf deren Basis die Ableitung von Grenzwerten und Risikobewertung unterschiedlicher Schadstoffklassen (z. B. Emissionen) beruht (Abbildung 4).

Die umweltmedizinische Bewertung von Emissionen muss den Erkrankungsmöglichkeiten durch luftgetragene biologische Agenzien wie Infektionen, Sensibilisierungen, Allergisierungen und toxische Reaktionen Rechnung tragen und umfasst in erster Linie (präventiv)medizinische Aspekte sowie die individuelle Suszeptibilität verschiedener Personengruppen (Kinder, Ältere, Immunsupprimierte). Hierbei spielen insbesondere Leit- und Richtwerte, wie der Referenz- und die Human-Biomonitoring (HBM)-Werte eine entscheidende Rolle. Der Referenzwert ist eine rein statisch abgeleitete Größe (95. Perzentil), welche die Hintergrundbelastung der Referenzpopulation zu einem bestimmten Zeitpunkt beschreibt (keine gesundheitliche Bewertung). Die Human-Biomonitoring-Werte werden dagegen auf der Grundlage von toxikologischen und epidemiologischen Untersuchungen abgeleitet. Eine Differenzierung erfolgt hierbei in HBM I und HBM II. Der HBM I-Wert (Prüfwert) repräsentiert die Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium (Blut oder Urin), bei dessen Einhaltung nicht mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist. Der HBM II-Wert ist als Interventionswert konzipiert und liegt im Vergleich zum HBM I-Wert höher. Bei einer Überschreitung des HBM II-Wertes ist eine als

relevant einzustufende gesundheitliche Beeinträchtigung möglich (Dott et al. 2002, HBM-Anonym 2011).

Für die Abschätzung bzw. Beurteilung des Gefährdungspotentials von Emissionen werden im Allgemeinen die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Schadstoffes, der Aufnahmepfad, Expositionshöhe (Konzentration), die Quelle/Vorkommen, Wirkmechanismus als auch bestehende Beurteilungswerte (Grenzwerte, Leitwerte, Richtwerte, Schwellenwerte) berücksichtigt. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Diversität im Wirk- und Risikospektrum und den daraus resultierenden Bewertungsszenarien, erfolgt exemplarisch eine umweltmedizinische Bewertung für je einen:

- Partikelgebundenen Schadstoff (organisch/anorganisch),
- Gasförmigen Schadstoff (organisch/ anorganisch) sowie
- Bioaerosol (biologisch/mikrobiologisch).

3.2.1 Gesundheitliche Wirkung von Emissionen

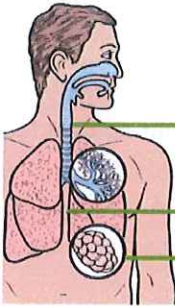
Im Allgemeinen können Luftschadstoffe zu akuten und chronischen Gesundheitsschäden führen, wobei sie allein oder in Kombination mit anderen Stoffen wirken. Die gesundheitlichen Effekte reichen dabei von vorübergehenden Beeinträchtigungen der Atemfunktion über einen erhöhten Medikamentenbedarf bei Asthmatikern bis zu vermehrten Krankenhausaufnahmen sowie einer Zunahme der Mortalität aufgrund von Atemwegserkrankungen oder Herz-Kreislauf-Problemen. Das Wirkpotential wird dabei durch die physikalisch-chemischen Eigenschaften, wie die Wasserlöslichkeit, Größe, Eindringtiefe oder die Zusammensetzung (biologisch oder chemisch) des luftgetragenen Schadstoffes beeinflusst (Dott und Michael 2011). Wirkort dieser inhalativ aufgenommenen Substanzen ist der Atemtrakt mit seinen Schleimhäuten, dem komplexen Röhrensystem der Bronchien, Bronchiolen und Alveolen. Neben dem Gasaustausch (Alveolen) fungieren die Bronchien auch als Filter, der die Lunge vor Fremdkörpern und Krankheitserregern schützt. Dieser Reinigungsmechanismus basiert auf den funktionellen Bestandteilen der Bronchialschleimhaut, den schleimproduzierenden Becherzellen und dem Flimmerepithel, welche den Fremdstoff im Mucus binden und über die beweglichen Flimmerhärchen aus der Lunge transportieren.

Gasförmige Luftschadstoffe

Nach ihrer Wirkung auf den menschlichen Organismus werden gasförmige Luftschadstoffe in Reizgase, Stickgase und narkotische Gase eingeteilt. Der Angriffsort ist dabei abhängig von der Wasserlöslichkeit (Hydrophilie) und Reaktivität der inhalierten Verbindung.

Reizgase und -dämpfe wie Schwefeldioxid (SO_2), Ammoniak (NH_3) oder Halogenwasserstoffsäuren (HCl , HF) wirken aufgrund ihrer guten Wasserlöslichkeit bereits in den oberen und mittleren Atemwegen stark reizend, wo sie eine reduzierte mukoziliäre Reinigung durch Verengung der Bronchien hervorrufen. Eine andauernde, übermäßige Mucussekretion sowie Reizung der Schleimhäute kann zu verschiedenen chronischen Atemwegserkrankungen, wie Bronchitis, Asthma oder COPD (Chronisch obstruktive Lungenerkrankung) führen. Schadgase mit einer geringen Wasserlöslichkeit, wie Ozon (O_3) oder Stickstoffdioxid (NO_2), dringen bis in die Bronchiolen und Alveolen vor, wo sie je nach Expositionszeit und Konzentration, Störungen der Lungenfunktion als auch ein toxisches Lungenödem hervorrufen können. Stickgase (CO oder NO) gelangen aufgrund ihrer geringen Hydrophilie direkt in die Alveolen, diffundieren ins Blut, wo sie anstelle von Sauerstoff mit einer höheren Affinität an das Hämoglobin binden. Die reduzierte Sauerstoffsättigung im Blut führt zum Tod durch Ersticken ($> 60\% \text{ COHb}$) (Dott et al. 2002). Viele organische Verbindungen wirken aufgrund ihrer hohen Lipophilie narkotisch auf das

Zentralnervensystem. Weitere Effekte organischer Stoffe (PAK, BTEX) hängen von den jeweiligen physikalisch-chemischen Eigenschaften und den metabolischen Aktivierungsreaktionen (Phase I und II, z. B. Cytochrom P-450 Enzyme) der verschiedenen Stoffe im Körper ab (Dott und Michael 2011). Eine Übersicht über die Angriffsorte sowie schadstoffspezifischen Einflussgrößen ist Abbildung 5 zu entnehmen.



Stäube		Gase		Angriffsorte	Wirkung
Bezeichnung	Partikelgröße	Wasser-löslichkeit	Substanz		
Inhalierbarer Feinstaub	< 10 µm	Hoch	HCL HF NH ₃ HCHO	Auge Kehlkopf Luftröhre	• Atemwegserkrankungen • Sensibilisierung (z. B. Allergien)
Lungengängiger Feinstaub	< 2,5 µm	Mittel	SO ₂ Cl ₂ Br ₂	Bronchien Bronchiolen	• Herz-Kreislauf Erkrankungen
	< 1 µm	Gering	NO ₂ O ₃ O ₂	Alveolen Kapillarwände	• Allgemeine Intoxikation
Ultrafeine Partikel	< 0,1 µm				

Abbildung 5: Wirkort und Schädigungspotential von Emissionen (verändert nach Dott et al. 2002)

Partikuläre Luftschadstoffe

Im Allgemeinen werden partikuläre Luftschadstoffe als Feinstaub bzw. international als „Particulate Matter (PM)“ bezeichnet, welche ein komplexes, heterogenes Gemisch aus festen und flüssigen Bestandteilen darstellen. Den Ursprung können natürliche sowie anthropogene Quellen bilden, die während ihrer Verweilzeit in der Atmosphäre ständigen Veränderungen unterliegen. Hierbei vermischen sich Stäube aus dem Verkehr, Kraft- oder Fernheizwerken (anthropogen) mit natürlichen Partikeln wie Pflanzenpollen, Sand oder Pilzsporen. Die chemische Zusammensetzung ist somit keine einheitliche Konstante, sondern stets ein Spiegelbild von Partikelquelle nebst meteorologischen und atmosphärischen Wechselwirkungen (Dott und Michael 2011).

Die Eindringtiefe und Wirkung der partikulären Luftschadstoffe richtet sich vor allem nach Partikelgröße, -masse und Zusammensetzung. Die Charakterisierung von Stäuben und Partikeln erfolgt im Wesentlichen über den aerodynamischen Durchmesser (dae) eines Teilchens. Dieser wird für Partikel beliebiger Form und Dichte auf die Sinkgeschwindigkeit einer Kugel mit der Dichte 1g/cm³ in Luft bezogen und bestimmt den Ort der Deposition von inhalierten Partikeln (> 0,5 µm) im menschlichen Respirationstrakt. Größere Teilchen des Schwebstaubes (dae > 15 µm) werden nahezu ausschließlich im Nasen-, Rachen- oder Kehlkopfbereich abgelagert, wohingegen kleinere Partikel (dae < 10 µm) im Tracheo-Bronchial- bzw. Alveolarraum deponiert werden (Abbildung 2). Durch die Translokation von Partikeln der Größe < 0,1 µm von dem Luft- in den Blutraum können die Teilchen in periphere Zielorgane wie Gehirn, Herz, Leber oder Milz gelangen und dort übergeordnete Effekte (Erhöhung der Blutviskosität, Herz-Kreislaufkrankungen) hervorrufen (BGMS 2003, Michael et al. 2013). In diesem Zusammenhang gewinnt die Partikelanzahlkonzentration gegenüber der massenkonzentrationsabhängigen Bewertung immer mehr Zuspruch, da sie im Bereich der ultrafeinen Partikel eine realistischere Dosis-Wirkungsbeziehung herstellt.

Bioaerosole

Unter den partikulären Luftschadstoffen kommt den Bioaerosolen eine Sonderstellung zu, da sie die biologisch aktive Fraktion unter den Luftbestandteilen repräsentiert. Gemäß DIN EN 13098 (2001) und VDI 4250 Blatt 1 (2007) sind Bioaerosole als „Luftgetragene Partikel biologischer Herkunft“ definiert, wozu alle im Luftraum befindlichen Ansammlungen von Partikeln, denen Pilze (Sporen, Konidien, Hyphenbruchstücke), Bakterien, Viren und/oder Pollen, sowie deren Zellwandbestandteile und Stoffwechselprodukte (z. B. Endotoxine, Mykotoxine, MVOC) anhaften, gehören. Eine Beschreibung der Unterteilung der Bioaerosole erfolgt bereits vorstehend (Kapitel 3.1.4).

Dabei können sie als Einzelzelle oder Einzelpartikel, als Zell- oder Partikelaggregat oder gebunden an andere Partikel (Agglomerat) in der Luft vorkommen. Aufgrund ihres geringen Eigengewichts und Größe werden sie weit über ihren Freisetzungsort hinweg verbreitet. Das Medium Luft ist jedoch kein natürlicher Lebensraum für Mikroorganismen oder Viren, in dem eine Ansiedlung oder dauerhafte Vermehrung möglich ist, daher liegen sie in der Luft meist als vorübergehende Zellen oder Überdauerungsformen vor (Michael und Dott 2013).

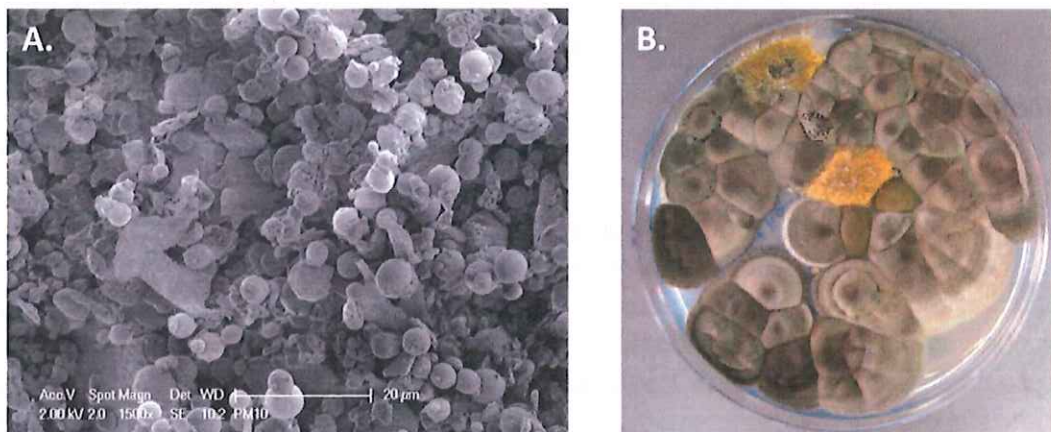


Abbildung 6: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Staubfraktion PM₁₀ mit Staphylokokken (A., 1500-fache Vergrößerung) und Pilzkolonien (KBE) auf DG18 Agarplatten von einer Bioaerosolprobe (B.)

In der Natur treten Bioaerosole ubiquitär auf, wobei eine mikrobielle Belastung von 10-1000 KBE/m³ (koloniebildende Einheit) als normal angesehen wird. Potentielle Punktquellen mit deutlich höheren Emissionen sind Kläranlagen, Kühltürme, Klimaanlage, Abfallbehandlungsanlagen (Kompostierungsanlagen) sowie Tiere/Tierställe und der Mensch selbst (Abbildung 5). So werden durch Niesen bis zu 10⁶, beim Husten ca. 10⁴ Partikel, zumeist gebunden an 1 µm große Tröpfchen freigesetzt. Im Gegensatz zu Stäuben und Fasern (Asbest), deren Toxizität durch ihre Form, Oberflächenchemie und Biopersistenz bestimmt wird, kommen Bioaerosole meist erst in gelöster Form zur Wirkung (z. B. Organic Dust Toxic Syndrom (ODTS), was durch die systemische Wirkung von Endotoxinen ausgelöst wird). Im Allgemeinen können Bioaerosole Infektionen, Intoxikationen und Sensibilisierungsreaktionen auslösen. Die Symptomatik reicht dabei von verstärktem Husten über eine chronische Bronchitis, allergischem Asthma, verschiedenen Formen der exogen-allergischen Alveolitis (EAA) über toxische Syndrome (ODTS) bis hin zu Infektions- und Krebserkrankungen. Die Prävalenz für bioaerosolinduzierte Erkrankungen ist bei berufsbedingter Exposition deutlich höher als im Privatbereich (Dott et al. 2002. Die wichtigsten berufsbedingt übertragbaren Infektionen sind im Kapitel beschrieben (BMGS 2003).

3.2.2 Toxikologische Wirkmechanismen von biogenen und chemischen Partikeln

Neben der durch die Partikeldeposition ausgelösten Reizwirkung im gesamten Respirationstrakt, spielt die Absorption toxikologisch relevanter Komponenten (Schwermetalle, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Pilzsporen oder Bakterien) auf der Partikeloberfläche eine entscheidende Rolle für die beobachteten toxikologischen und gesundheitlichen Effekte. Als Initialreaktion der beobachteten Effekte gilt die Induktion von oxidativem Stress und die damit verbundene Induktion einer pulmonalen Entzündung, die zur Freisetzung verschiedener Entzündungsmarker (Zytokine oder Chemokine) sowie reaktiven Sauerstoff- oder Stickstoffspezies (ROS/RNS) führt (Michael et al. 2013). Abbildung 7 veranschaulicht die möglichen partikel-induzierten intra- und extrazellulären Prozesse in der Lunge.

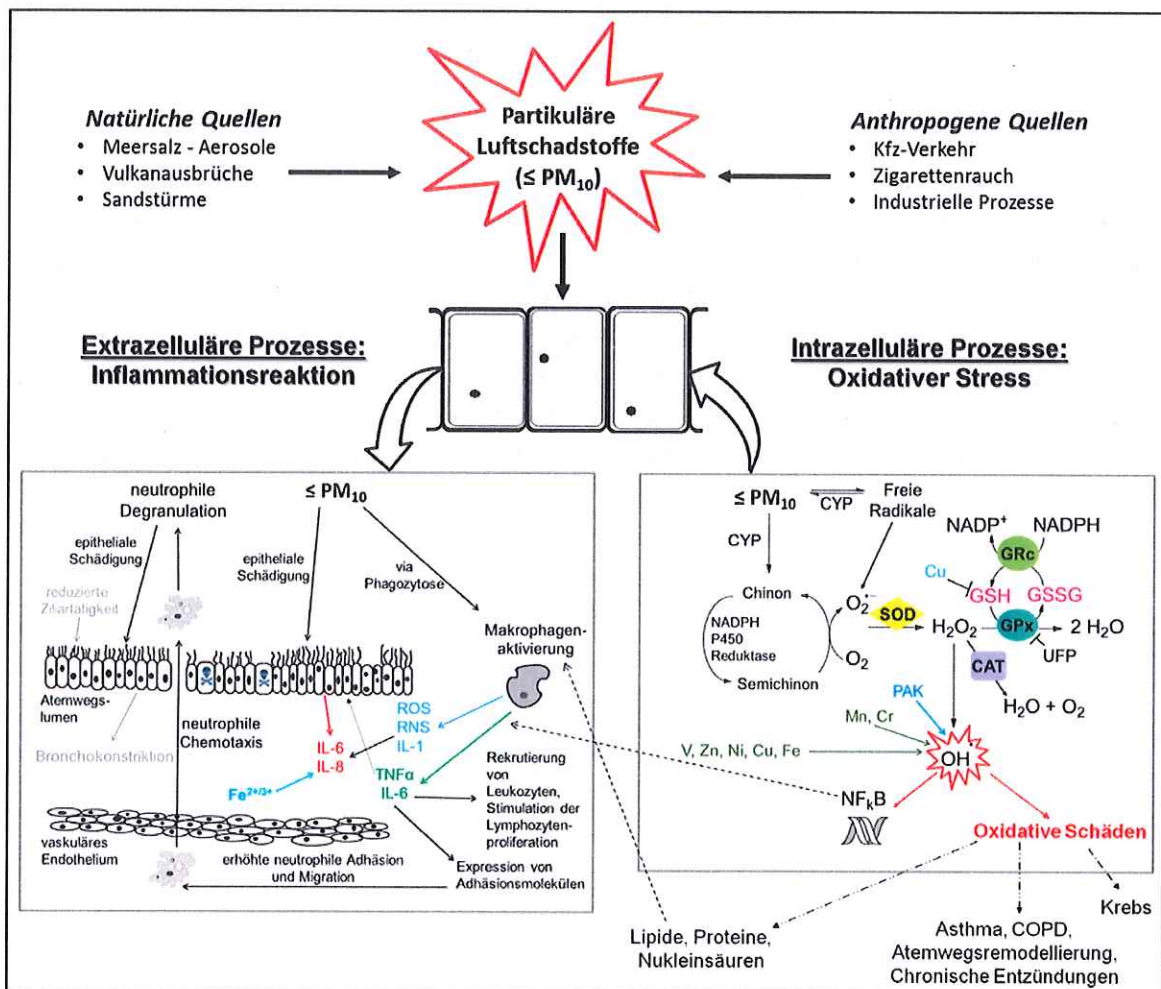


Abbildung 7: Partikelinduzierte intra- und extrazelluläre Wirkmechanismen am Beispiel der Lunge (Michael et al. 2013)

Oxidativer Stress

Übersteigt die Bildung freier Radikale die antioxidativen Schutzmechanismen, so wird dies als „oxidativer Stress“ bezeichnet. Freie Radikale gehören zu den sogenannten „Reaktiven Sauerstoffspezies“ (ROS), welche endogen als Nebenprodukt der Zellatmung aber auch exogen durch Alkohol, Medikamente, Verletzungen oder Luftschadstoffe generiert werden. Zu den ROS gehören das Hyperoxid-Anion ($O_2^{\cdot-}$), das hochreaktive Hydroxyl-Radikal ($OH^{\cdot}$), das Peroxylradikal

(ROO·), das Alkoxyradikal (RO·), Wasserstoffperoxid (H₂O₂), Hydroperoxid (ROOH) sowie angeregte Sauerstoffmoleküle (¹O₂). Die luftschadstoffinduzierte ROS Produktion kann durch partikelgebundene Übergangsmetalle (Eisen, Vanadium, Nickel, Kobalt, Kupfer, Chrom oder Zink), Chinone oder organische Verbindungen wie Polyzyklisch aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Endotoxine (Zerfallsprodukte von Bakterien) erfolgen (Michael und Dott 2013). Durch die Störung des prooxidativen - antioxidativen Gleichgewichtes kann die Ausbildung von oxidativen Schäden an Proteinen, DNS oder Lipiden wichtige Funktionen und Strukturen im menschlichen Körper zerstören. Durch diese Reaktion werden zudem redoxsensitive Transkriptionsfaktoren wie NFκB mobilisiert, welche die Expression pro-inflammatorischer Zytokine (z.B. IL-6) oder Chemokine (z.B. IL-8) aktivieren und die Entzündungsreaktion fördern. Als Schutz vor oxidativen Angriffen besitzt der menschliche Körper eine Reihe von enzymatischen (Superoxid-Dismutase, Katalase) und nicht enzymatischen Antioxidantien (Vitamine, Mineralien und sekundäre Pflanzenstoffe), welche als Radikalfänger fungieren (Michael et al. 2013).

Entzündungsreaktionen

Die Entzündung bzw. der Inflammatorische Effekt ist Teil der Immunabwehr und ein wichtiger Schutzmechanismus, der durch Krankheitserreger, Allergene, chemische/thermische/mechanische Reize, sowie endogene Stimuli, wie dem oxidativen Stress, aktiviert wird. Ziel der Entzündung ist die Beseitigung des schädigenden Reizes sowie die Herstellung optimaler Bedingungen für Reparaturprozesse (Dott et al. 2002). Grundlage dieser komplexen Reaktion bildet die Rekrutierung von Immunzellen wie Makrophagen, Mastzellen oder Granulozyten zum Ort der lokalen Entzündung, wo sie an der Expression und Regulation spezifischer Botenstoffe wie Zytokinen und Zelladhäsionsmolekülen beteiligt sind. Der Nachweis dieser Botenstoffe ermöglicht somit eine detaillierte Risikoeinschätzung des oxidativen- und inflammatorischen Potentials der partikelinduzierten Effekte (Michael et al. 2013, Michael und Dott 2013).

3.2.3 Gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung (Epidemiologie)

Während für Beschäftigte in der Tierhaltung Zoonosen, allergische und toxische Atemwegsreaktionen und –Erkrankungen belegt sind (Nowak 2002), lassen sich in der Bevölkerung aus der Nachbarschaft von Tierhaltungsanlagen gesundheitliche Beschwerden nur bei Atopikern (Personen, die eine genetisch festgelegte Bereitschaft haben, auf luftgetragenen (pulmonal), über den Magendarmtrakt (gastrointestinalen) oder über den Hautkontakt (kutanen) mit natürlichen oder künstlichen Umweltstoffen mit einer gesteigerten IgE-Bildung zu reagieren) schwache Zusammenhänge durch erhöhte Bioaerosolexpositionen nachweisen (Abbildungen 8 und 9) (AABEL 2004, Radon 2005).

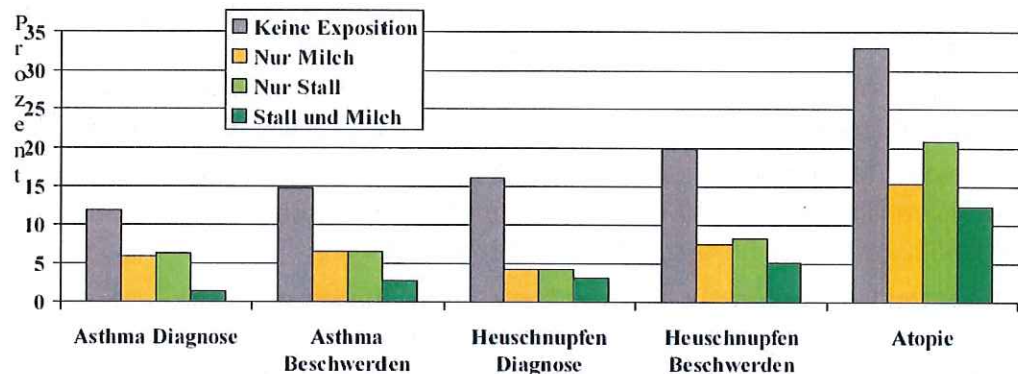


ABB 1: Prävalenzen (in Prozent) in Abhängigkeit von Stallexposition und Bauernmilchkonsum im 1. Lebensjahr (Braun-Fahrlander, Ch., et al, NEJM 347 (2002) 869-877)

Abbildung 8: Gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung (Epidemiologie) (Nowak, 2002).

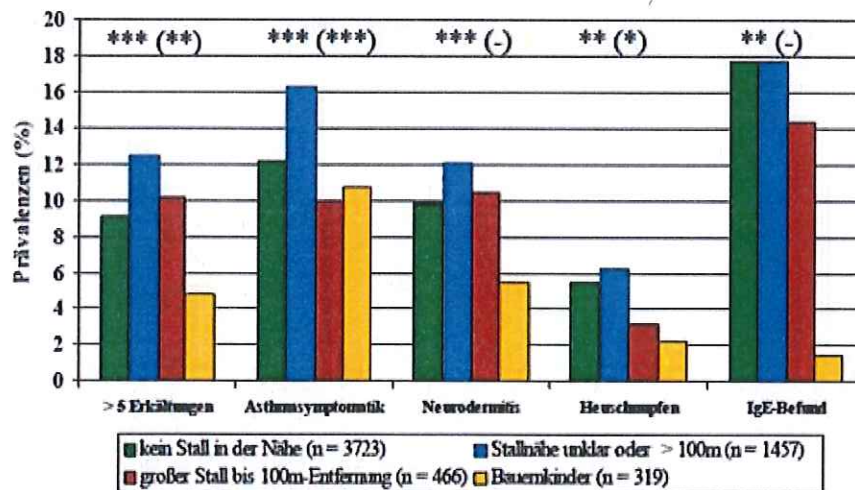


Abbildung 9: Bioaerosole aus der Nutztierhaltung und Symptome / Erkrankungen (Radon 2005).

Aus den bisher vorliegenden epidemiologischen Daten zur gesundheitlichen Beeinträchtigung der Bevölkerung, also Nachbarschaft von Tierhaltungsanlagen, kann festgestellt werden:

Für Bioaerosole aus Tierhaltungsanlagen und gesundheitliche Beschwerden/Erkrankungen bestehen:

- schwache Zusammenhänge zwischen Exposition und Symptomatik,
- keine erhöhten Erkrankungsrisiken für normal empfindliche Kinder,
- erhöhte Symptom-Häufigkeiten bei Kindern von atopischen Eltern,
- geringere Sensibilisierungen bei stärkerer Exposition.

3.3 Expositionsvorsorge - Ableitung einer umweltmedizinischen Risikobewertung

Die umweltmedizinische Bewertung bezieht sich auf die Bevölkerung (Nachbarschaft von Anlagen der Tierhaltung). Als Worst-Case-Szenario werden arbeitsplatzrelevante Expositionen und deren berufsbedingte Erkrankungen herangezogen.

3.3.1 Worst-Case-Szenario: Arbeitsplatzexpositionen und berufsbedingte Erkrankungen

Belastbare Daten zur Wirkung von luftgetragenen biologischen Agenzien können aus dem arbeitsmedizinischen Bereich der in der Tierzucht und Tierhaltung beschäftigten Personen (Veterinärmediziner und/oder deren Angehörige) herangezogen werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass neben der inhalativen Aufnahme auch eine Übertragung der Erreger durch den direkten Kontakt (Schmierinfektion) zu den Tieren oder deren Ausscheidungen zustande kommen kann. Als Worst-Case-Szenario können diese verstärkte Exposition und die damit verbundenen berufsbedingten Erkrankungen Ausgangspunkt für eine Risikobewertung geben.

Die von Tieren auf den Menschen übertragbaren Krankheiten sind im „Merkblatt zu den Berufskrankheiten“ Nr. 3102 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung (BKV), BMGS (2003) 414-45222-3102, BABI. 10/2003 zusammengestellt.

Insgesamt werden hier 37 berufsbedingte Erkrankungen genannt (Tabelle 5), von denen nur 10 prinzipiell über den Luftweg als Bioaerosole nachgewiesenermaßen übertragen, d.h. inhalativ aufgenommen wurden (in Tabelle 5 fett gedruckt).

Besiedlungen, Infektionen oder Intoxikationen mit Staphylokokken, v.a. *Staphylococcus aureus* werden nicht genannt.

Tabelle 5: Berufsbedingte Erkrankungen durch Bioaerosol-Übertragung; die 10 inhalativ übertragenen Erkrankungen sind fett gedruckt (Anonym 2003).

Nr.	Krankheit	inhalativ	Nr.	Krankheit	inhalativ
1	Balantidiose		19	Mikrosporidie	
2	Bläschenkrankheit des Schweines (SVD)		20	Milzbrand (Anthrax)	
3	Brucellose	+	21	Newcastle-Krankheit	
4	Campylobacter-Infektionen		22	Pasteurellose	+
5	Chlamydiosen	+	23	Pneumozystose	+
6	Echinokokkosen		24	Q-Fieber	+
7	(EHEC)-Infektionen		25	Rattenbisskrankheit	
8	Frühsommer-Meningoenzephalitis		26	Rotlauf (Erysipeloid)	
9	Giardiasis (Lamblasis)		27	Salmonellose	
10	Hantavirus-Erkrankungen	+	28	Sporotrichose	
11	Katzenkrankheit		29	Streptococcus equi-Infektionen	?
12	Kryptosporidiose		30	Streptococcus suis-Infektionen	?
13	Leptospirosen		31	Tierpocken	
14	Listeriose	+	32	Tollwut	+
15	Lyme-Borreliose		33	Toxoplasmose	
16	Lymphozytäre Choriomeningitis		34	Trichophytie	
17	Maul- und Klauenseuche	+	35	Tuberkulose	+
18	Melkerknoten		36	Tularämie	

3.3.2 Gefahren-/risikobasierte umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosolen

Für Bioaerosole und ihre gesundheitliche Bedeutung gibt es bisher keine belastbare Erkenntnis zur Dosis-Wirkungs-Beziehung, so dass auch keine Richt- oder Grenzwerte existieren, die für eine gesundheitliche Gefährdung durch biogene Emissionen aus Tierhaltungen relevant sind.

Auch die VDI-Richtlinie 4250, Blatt 1E: "Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosolimmissionen – Wirkungen mikrobieller Verunreinigungen auf den Menschen" gibt nur an, dass ein Überschreiten der lokalen Hintergrundkonzentrationen als umweltmedizinisch unerwünscht anzusehen ist.

Bioaerosole und Geruchstoffe haben eine begrenzte Transmission, eine geringe Persistenz, Toxizität/Infektiosität und die Betroffenen weisen eine geringe Empfindlichkeit auf. Daher können für umweltmedizinisch relevante gesundheitliche Beeinträchtigungen in der Regel keine gefahrens- sondern nur risikobasierte Bewertungen vorgenommen werden (Abbildung 10).

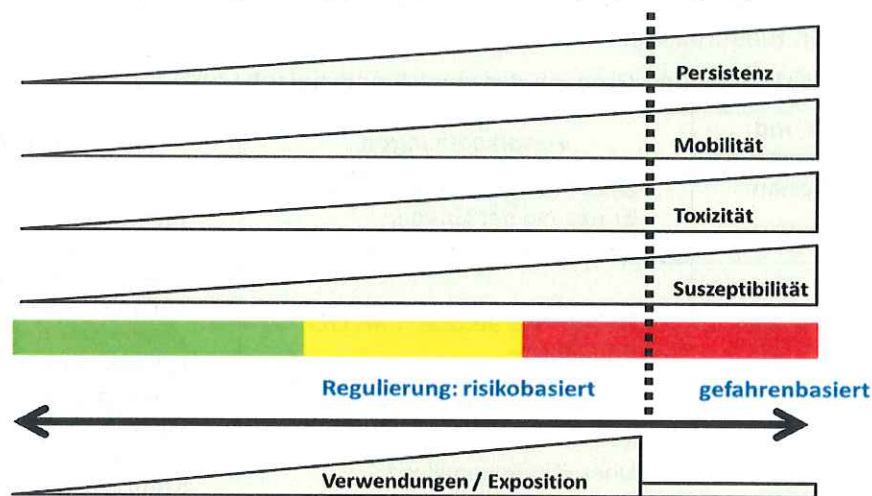


Abbildung 10: Gefahren- oder Risikobasierte Bewertung der gesundheitlichen Beeinträchtigung (Neumann, 2010).

- Insgesamt lässt sich festhalten, dass eine **GEFAHREN-basierte umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosolen bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Gesundheit NICHT möglich ist.**

Aufgrund umfangreicher wissenschaftlicher Literaturdaten, Erhebungen, Berichte und Befunde aus den Bereichen:

- Bioaerosol-Emission aus unterschiedlichen Anlagen,
- Persistenz und Ausbreitung von Infektionserregern,
- Ausbreitung von biogenen Stoffen (Gerüche, MVOC, Allergene),
- Immissionsbelastung durch Bioaerosole und
- Erkrankungsmöglichkeiten durch luftgetragene biologische Agenzien (Infektionen, Sensibilisierungen, Allergiesierungen, toxische Reaktionen),
- Arbeitsplatzbelastungen und arbeitsplatzbedingte Erkrankungen von Beschäftigten in der Tierzucht und Tierhaltung (Worst-Case-Szenario),
- Epidemiologische Untersuchungen zu Atemwegserkrankungen und Sensibilisierungen

kann abgeleitet werden:

- Es ist LEDIGLICH eine RISIKO-basierte umweltmedizinische Bewertung zu Auswirkungen von Bioaerosolen aus der Tierhaltung möglich.
- Hierbei spielt die Disposition der exponierten Personen die alles entscheidende Rolle.

Hierbei kann im Wesentlichen auf die epidemiologischen Daten der AABEL-Studie: "Atemwegserkrankungen und Allergien bei Einschulungskindern in einer ländlichen Region" (2004) sowie der Nils-Studie: "Atemwegsgesundheit und Allergiestatus bei jungen Erwachsenen in ländlichen Regionen Niedersachsens" (Radon 2005) verwiesen werden.

3.3.3 Ableitung von Gesundheitsrisiken durch Bioaerosole

Tabelle 6 veranschaulicht die möglichen Risiken und Probleme bei der Untersuchung und Bewertung von Bioaerosolen.

Tabelle 6: Möglichkeit und Grenzen der umweltmedizinischen Risikobewertung von Bioaerosolen

Risiko und Risikobewertung	Voraussetzungen	Probleme
Infektionen → ist gegeben	- Quantitative und qualitative Erfassung der Erreger - Kenntnis des Infektionsweges	- Speziesidentifizierung - unterschiedliche Pathogenität - Antibiotikaresistenz
Intoxikationen → ist möglich	- Mykotoxine aerogen / MVOC - Endotoxine - Abhängigkeit von Konzentration	- Dosis / Wirkungsbeziehung - Unterschied zwischen oraler und pulmonaler Aufnahme? - Unbekannte Wirkkonzentration - Abhängigkeit der Bildung von Spezies, Stamm und Substrat
Allergien → ist unvollständig	- Über 600 Aspergillus / Penicillium-Arten - 55 Allergene identifiziert - ca. 20 diagnostisch erfasst	- Vielfalt der Allergene - Kreuzreaktivität? - Bildung von Allergenen ist Spezies-, Stamm- und Substrat-Spezifisch - Schwelle für Sensibilisierung?

Während das Risiko der Infektionsmöglichkeit durch Mikroorganismen aus Bioaerosolen nach Identifizierung und Einstufung in Risikogruppen möglich ist (Tabelle 7), kann für Intoxikationen nur bedingt und für Allergien eigentlich keine Risikobewertung vorgenommen werden.

Somit ist aus präventiv- und umweltmedizinischer Sicht eine über die Hintergrundbelastung hinausgehende Bioaerosol-Konzentration unerwünscht, auch wenn derzeitig kein konkretes quantitatives Gesundheitsrisiko abgeleitet werden kann.

Infektionsrisiko

Das Infektionsrisiko durch Bioaerosole kann nur nach eindeutiger Identifizierung der Mikroorganismen, deren Pathogenität und Persistenz nach Einstufung in Risikogruppen erfolgen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Klassifizierung von Mikroorganismen in Risikogruppen (TRBG 450, 2016)

Risikogruppe	Krankheit	Verbreitung in der Bevölkerung	Vorbeugung oder Behandlung
Risikogruppe 1	unwahrscheinlich	ohne Bedeutung	nicht erforderlich
Risikogruppe 2	Krankheitsgefahr für Beschäftigte	unwahrscheinlich	normalerweise möglich
Risikogruppe 3/3**	schwere Krankheit ernste Gefahr für Beschäftigte	Gefahr kann bestehen	normalerweise möglich
Risikogruppe 4	schwere Krankheit ernste Gefahr für Beschäftigte	Gefahr ist groß	normalerweise nicht möglich

Für die Exposition von Bioaerosolen aus Tierhaltungsanlagen kann ein numerisches Risiko auf der Grundlage des aktuellen Wissensstandes nicht abgeleitet werden. Es kann lediglich semi-quantitativ ein mögliches Infektionsrisiko abgeleitet werden, das in Abbildung 11 dargestellt ist. Danach besteht mit zunehmender Abwehrschwäche (Immunsuppression/-defizienz) in unmittelbarer Nähe zur Tierhaltungsanlage ein mögliches zunehmendes Infektionsrisiko. Aufgrund des derzeitigen Wissens über Emission und Immission (s. oben) sowie die innerhalb kurzer Zeit abnehmende Überlebensfähigkeit der emittierten Erreger kann zurzeit davon ausgegangen werden, dass ein Infektionsrisiko für durch Abwehrschwäche prädisponierte Personen im Bereich von bis zu 50 Metern um eine Tierhaltungsanlage bestehen kann.

Prädisposition Mikroorganismen	Keine Immun-suppression*	Mittelschwere Immun-suppression*	Schwere Immun-suppression*	Sehr schwere Immun-suppression*
Bioaerosol-Exposition ab 50 Meter				
Bioaerosol-Exposition bis 50 Meter				

* Erläuterungen zu den Einteilungen der Immunsuppression ist Abbildung 11 zu entnehmen.

Abbildung 11: Semiquantitative Risikobewertung eines möglichen Infektionsrisikos durch Bioaerosol-Emissionen aus der Tierhaltung (Wiesmüller 2010).

Risikogruppe 1 (mittelschwere Immunsuppression/-defizienz)

- Granulozytopenie $<0,5 \times 10^9/l$ ($<500/\mu l$) bis zu 10 Tage (analog Leukopenie $<1 \times 10^9/l$; $<1000/\mu l$)
 - Mangel an CD4-positiven T-Helfer-Zellen $<250/\mu l$ (cave: altersentsprechende Normwerte bei Kindern); autologe Stammzelltransplantation bis drei Monate nach intensiver Therapiephase
- Patienten, die mehr als 1 Merkmal der unter Risikogruppe 1 aufgeführten Immunsuppression/-defizienz aufweisen, kommen in Risikogruppe 2.*

Risikogruppe 2 (schwere Immunsuppression/-defizienz)

- Granulozytopenie $<0,5 \times 10^9/l$ ($<500/\mu l$) über mehr als 10 Tage (analog Leukopenie $<1 \times 10^9/l$; $<1000/\mu l$)
- Schwere aplastische Anämie oder Makrophagen-Aktivierungssyndrom während einer intensiven immunsuppressiven Therapie
- Allogene Knochenmark- oder Stammzelltransplantation bis 6 Monate nach Abschluss der intensiven Therapiephase (wichtig: Ausmaß der GVHD und der anhaltenden iatrogenen Immunsuppression)
- Akute stationäre Behandlungsphase bei autologer Stammzelltransplantation oder nach Transplantation solider Organe (bis zur Entlassung)

Risikogruppe 3 (sehr schwere Immunsuppression/-defizienz)

- Allogene KMT/PBSCT in intensiver Therapiephase (bis zum Engraftment = Regeneration der Granulopoese)
 - Schwere GVHD Grad III oder IV unter intensiver Immunsuppression
- Die Entscheidung über die Zuordnung zu Gruppe 3 bei Patienten nach allogener Stammzelltransplantation wird letztlich in Zusammenschau aller Befunde von den behandelnden Onkologen getroffen.*

Abbildung 12: Einteilung der Abwehrschwäche (Immunsuppression/-defizienz) in drei Risikogruppen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI) (KRINKO 2010).

Zur Ermittlung von Personen unter einem möglichen Infektionsrisiko wird die Einteilung der Abwehrschwäche (Immunsuppression/-defizienz) in drei Risikogruppen der Kommission für Krankenhaushygiene u. Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI) (KRINKO 2010) herangezogen (Abbildung 12). Unabhängig davon haben Personen mit Mukoviszidose (Zystische Fibrose; nicht heilbare Erbkrankheit der Drüsen) ein Infektions- und Allergierisiko.

Intoxikationsrisiko

In Tabelle 8 sind toxikologisch relevante Verbindungen, ihre Konzentrationen in der Außenluft sowie die möglichen durch Bioaerosole verursachten Gesundheitsstörungen aufgelistet.

Tabelle 8: Bioaerosolbelastung und Hintergrundwerte

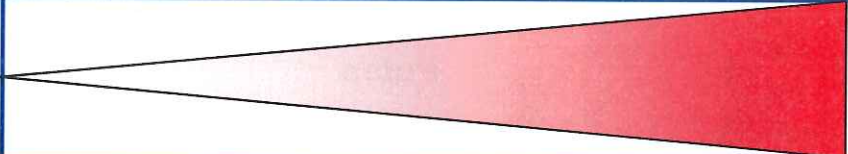
Toxikol. relevante Verbindungen	KBE in der Außenluft	ETOX-(NO)EL Richtwerte	Symptome	Reference
VOC / MVOC [mg/m ³]	0,1 - 10	0,2 0,3	Atemwegs-Entzündungen	Mølhave, 1991 Seifert, 1999
Mykotoxine [ng/m ³]	1 – 100 (-> 10 ⁶ KBE)	10 (-> 10 ⁶ KBE)	Pulmonale Effekte	Fischer et al. 2003
Endotoxine [EU/m ³]	Upwind: 10 ⁰ - 9x10 ¹ Downwind: 2x10 ⁰ - 2,3x10 ²	9x10 ¹ - 1,8x10 ³ 2x10 ³ 2x10 ³ 1,5x10 ² 1,5x10 ² 9x10 ¹	Pulmonale Effekte Tox. Pneumonitis FEV1 vermindert Chron. Pulm. Effekte Atemwegs-Entzünd. FEV1 vermindert	Hartung 2011 Rylander 2002 Donham et al. 89 Smid 1992/93 Rylander 2002 Castellan 1987

- Nach aktuellem Wissensstand reichen die Konzentrationen an Mykotoxinen und Endotoxinen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen nicht aus, um toxische Reaktionen bei der Bevölkerung (Nachbarschaft von Anlagen der Tierhaltung) auszulösen.

Allergierisiko

Grundsätzlich kann ein Allergierisiko für die Bevölkerung (Nachbarschaft von Anlagen der Tierhaltung) nicht ausgeschlossen werden. Ein numerisches Risiko kann auf der Grundlage des aktuellen Wissensstandes nicht abgeleitet werden. Dieses ist nur semiquantitativ möglich (Abbildung 13).

Das Risiko steigt mit Zunahme der atopischen Prädisposition exponierter Personen. Je stärker und spezifischer (bezogen auf Bestandteile des Bioaerosols der Exposition) eine Person atopisch prädisponiert ist, desto höher ist das Risiko, auf den entsprechenden Bestandteil des Bioaerosols zu reagieren. Unabhängig davon haben Personen mit Mukoviszidose (Zystische Fibrose; nicht heilbare Erbkrankheit der Drüsen) ein Allergie- und Infektionsrisiko. Die Wahrscheinlichkeit eines Allergierisikos ist umso höher, je näher die prädisponierte Person sich an der Tierhaltungsanlage aufhält. Aufgrund des oben dargestellten Emissions- und Immissionsverhaltens von Bioaerosolen kann zurzeit davon ausgegangen werden, dass hierzu ein Radius von bis zu 50 Meter um die Tierhaltungsanlage entscheidend ist.

Prädisposition Mikroorganismen	Keine Allergie		Allergie* <u>ohne</u> Allergie gegen Bioaerosol- bestandteile	Allergie* gegen Bioaerosol- bestandteile
	<u>ohne</u> familiäre Prädisposition	<u>mit</u> familiärer Prädisposition		
Bioaerosol-Exposition ab 50 Meter				
Bioaerosol-Exposition bis 50 Meter				

* Nachweis der klinischen Relevanz (im Regelfall durch Provokationstestung) einer im Allergietest festgestellten Sensibilisierung erforderlich!

Abbildung 13: Semiquantitative Risikobewertung eines möglichen Allergierisikos durch Bioaerosol-Emissionen aus der Tierhaltung (Wiesmüller 2010).

Risiko durch Geruchsbelastungen

Gerüche können auch ohne direkte Gesundheitsschädigung als Belästigung wahrgenommen werden und damit zu Befindlichkeitsstörungen führen (Herr et al. 2013, Wiesmüller et al. 2013). Chemisch/physikalisch relevante Geruchs-Parameter (PM₁₀, Ammoniak, VOC) sind bei den meisten Wettersituationen ab 50 Metern Entfernung von Geflügelmastanlagen nicht mehr nachzuweisen.

Risiko von Befindlichkeitsstörungen, Belästigungsreaktionen

Die bloße Wahrnehmung von Tierhaltungsanlagen kann als Stressor zu Befindlichkeitsstörungen und/oder Belästigungsreaktionen führen.

3.4 Bewertung der anlagenbezogenen Bioaerosol-Emissionen/Immissionen

In Bezug auf die Bioaerosol-Emissionen beim Betrieb nach Optimierung und Erweiterung der Bio-Legehennenställe und der Ställe zur konventionellen Legehennenhaltung von Herrn Christian Spahr am Standort Fahrenkruger Ziegelei 2 - 4, der Gemeinde Fahrenkrug, ist folgendes zu bemerken:

Stallstaub kann für die Gesundheit des Menschen eine Gefährdung darstellen. Dies trifft in erster Linie für die Menschen zu, die innerhalb des Stalles der Bioaerosol-Belastung direkt ausgesetzt sind. Eine Gesundheitsgefährdung des Menschen durch Zoonose-Erreger ist immer dann gegeben, wenn in der Stallluft hohe Konzentrationen solcher infektiöser Einheiten vorhanden sind (Hartung, 2005).

Selbstverständlich können alle von den Tieren ausgeschiedenen Krankheitserreger aerosolisieren und in die Stallluft übergehen.

Die ermittelten Gesamtbakterienzahlen (GBZ) sind nicht zuletzt von der Sammeltechnik abhängig und schwanken in weiten Bereichen (Hartung, 2005). Für Geflügelbetriebe (Hühnerställe) wird für die Gesamtmikroorganismenzahl ein Bereich von 250 – 5.000 KBE / Liter Stallluft angegeben. Methodenbedingt kann der Bereich um bis zu 2 Zehnerpotenzen höher liegen (Hartung, 2005; Opplinger et al., 2008; Venter et al., 2004).

Lippmann et al. 2016 konnten belegen, dass die Mikroorganismen-Flora der Emission aus Geflügelställen überwiegend aus grampositiven Bakterien der Gattungen *Staphylococcus* (bis zu 60%) und *Streptococcus* (Enterokokken) zwischen 5 und 25 % sowie in wechselnden Anteilen aus Sporenbildnern und Schimmelpilzsporen besteht. Gramnegative Bakterien wie Enterobakterien (Endotoxinbildner) spielen eine untergeordnete Rolle (Abbildung 14).

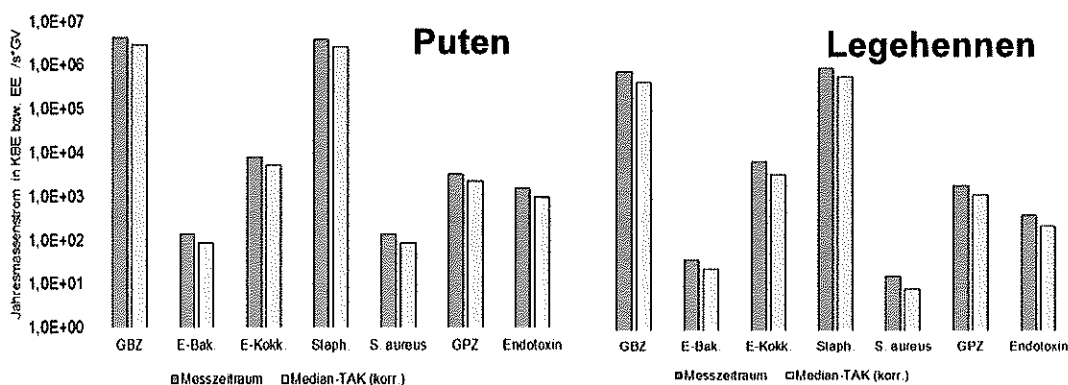


Abbildung 14: Emissionsfaktoren für Bakterien, Pilze und Endotoxine (Lippmann et al. 2016)

410 Bakterienisolate aus der Emission von Putenställen wurden klassisch biochemisch mittels FT-IR-Spektroskopie sowie nach Sequenzierung und MALDI-TOF-Untersuchung identifiziert (Lippmann et al. 2016).

Dabei zeigte sich, dass in Abhängigkeit vom Lebensalter der Tiere ganz unterschiedliche Anteile grampositiver Bakterienarten aus der Familie *Staphylococcaceae*, *Corynebacterium stationis* und *Aerococcus viridans* nachgewiesen werden. Der Anteil von Mikroorganismen in der Risikogruppe 2 bewegte sich zwischen 0 und 33 % – der eigentliche pathogene Leitparameter *Staphylococcus aureus* spielte allerdings keine Rolle (Abbildung 15).

Diese Ergebnisse verdeutlichen den dringenden Bedarf einer eindeutigen Differenzierung der Bioaerosolkeime im Rahmen der Neufassung der VDI-Richtlinie 4253 Blatt 3 „Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis von Bakterien in der Luft – Verfahren nach Abscheidung in Flüssigkeiten“, ohne die eine anlagenbezogene umweltmedizinische Risikobewertung nicht möglich ist.

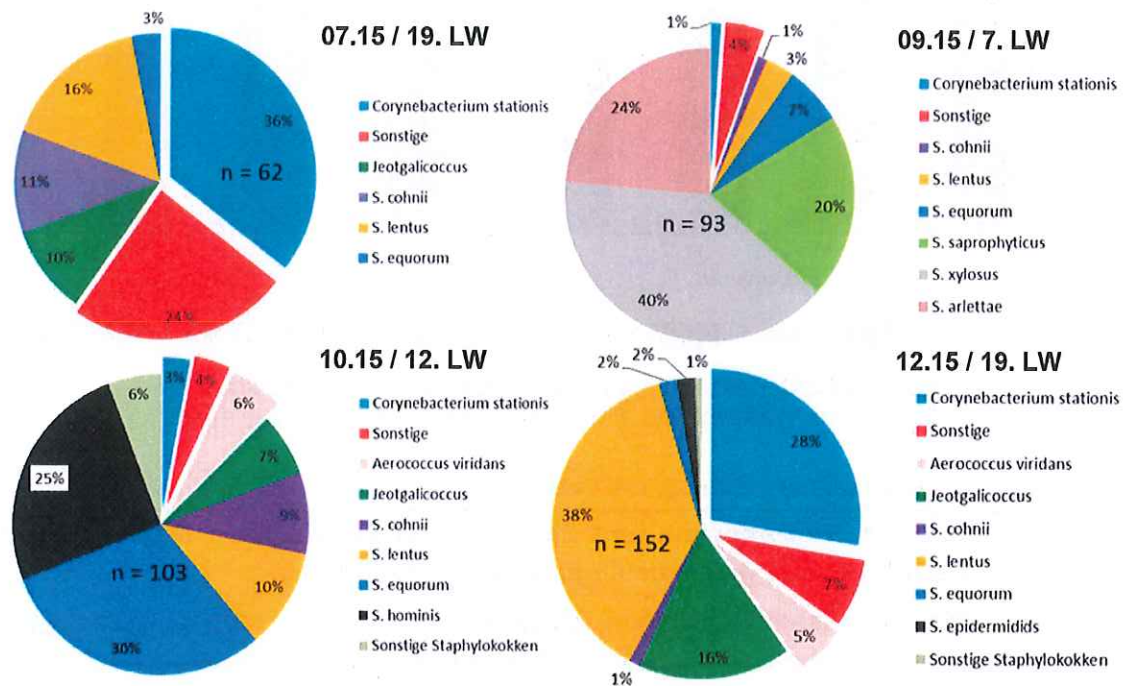


Abbildung 15: Prozentuale Zusammensetzung der von Mannit-Kochsalz-Agar isolierten Staphylokokken Flora aus Bioaerosolen der Putenmast (Lippmann et al. 2016)

Die Aerosolisierung bedeutet für die Mikroorganismen einen traumatischen Prozess und ihre Überlebensfähigkeit hängt sehr von den Mechanismen der Aerosolisierung und den sonstigen Stallklimafaktoren (insbesondere Temperatur und Feuchte) ab. Im Regelfall sind sie in der Stallluft in deutlich geringeren Mikroorganismengehalten nachzuweisen als beispielsweise in der Einstreu. So konnten Chinivasagam et al. (2009) *Salmonella spp.* und *Campylobacter spp.* nur sporadisch und in geringen Keimzahlen in der Stallluft von Broilerhaltungen nachweisen. Der Nachweis des Transfers von Salmonellen nach außerhalb des Stalles gelang nur ein einziges Mal, *Campylobacter spp.* konnten zu keinem Zeitpunkt in der Luft außerhalb des Stalles nachgewiesen werden.

Auf Basis der o. g. Messparameter (Nowak 2014, Dott et.al. 2014) konnte festgestellt werden, dass bei der Emission aus Geflügelanlagen der überwiegende Teil der Bakterien Gattung *Staphylococcus* zugeordnet werden kann, die mikrobielle, umweltmedizinisch relevante Abluftbelastung in 50 Metern Entfernung um 2 bis 3 Zehnerpotenzen niedriger ist als im Stall und die Werte, die allgemein als normale Hintergrundbelastung für Außenluft angesehen werden, bereits in 50 Metern Entfernung unterschritten werden (Abbildung 16). *Staphylococcus aureus*, resistente Mikroorganismen (MRSA, MRGN oder ESBL), Fäkalindikatoren oder andere stallungsspezifische Krankheitserreger wurden bei Geflügelbetrieben nach 50 Metern Entfernung nicht mehr nachgewiesen.

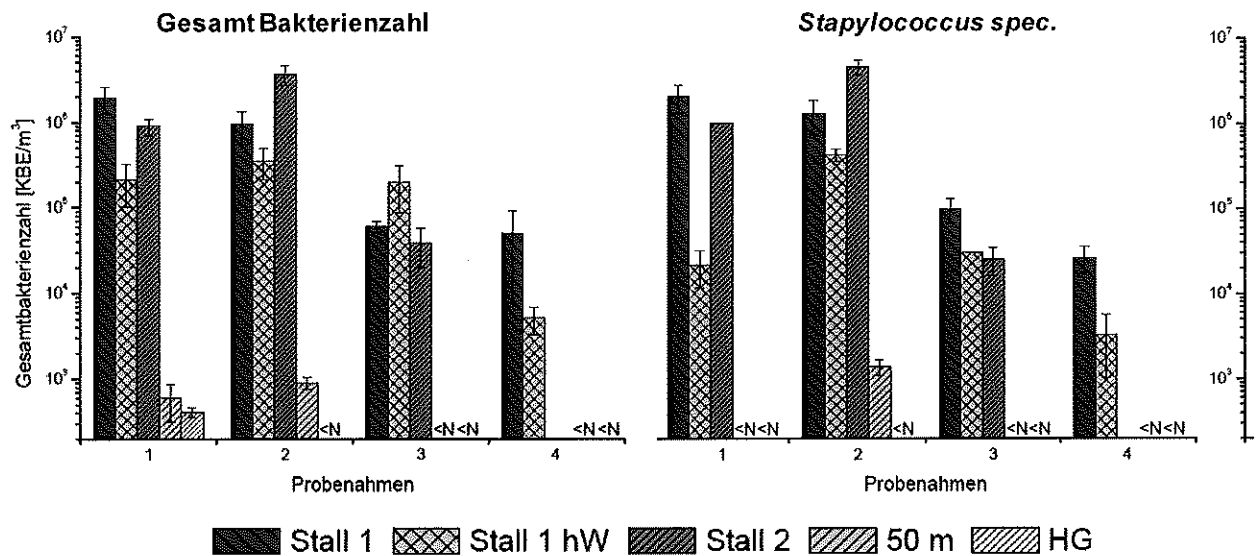


Abbildung 16: Gesamt Bakterienzahlen und Staphylokokken (Nowak 2014)
hW = hinter Wellblechfilter, HG = Hintergrundwert (Luv), 50 m = Lee

Somit kann zusammenfassend festgestellt werden:

- Emissionen von Bioaerosolen sind anlagen- und artspezifisch (Absterbekinetik) und hängen zusätzlich von Prozessbedingungen (Deposition) ab.
- Bei Geflügel-Intensivtierhaltungen (Legehennenanlagen) stehen partikelgebundene (Staub)-Emissionen mit grampositiven Mikroorganismen im Vordergrund.
- Reduktion der luftgetragenen Mikroorganismen erfolgt mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle in der Regel exponentiell (Ausnahme: hohe Windgeschwindigkeiten und Trockenwetter-Lage können eine lineare Abnahme bedingen).
- Umweltmedizinisch relevante, pathogene oder resistente Mikroorganismen (MRSA, VRE, ESBL oder MRGN) sind in der Außenluft ab 50 Metern Entfernung von den Stallungen in der Regel nicht mehr nachzuweisen.

3.4.2 Bewertung der prognostizierten Immissionskonzentrationen für den anlagenspezifischen Bioaerosol-Leitparameter "Staphylokokken" Aussagekraft von LAI-Leitfaden (31.01.2014) und VDI(4250 Bl. 1:2014-08)-Richtlinien

Für die umweltmedizinische Bewertung der prognostizierten Bioaerosol-Immissionen wird die VDI Richtlinie VDI 4250 Blatt 1:2014-08 sowie der LAI-Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Bioaerosol-Immissionen vom 31.01.2014 über Bioaerosole herangezogen. Der LAI-Leitfaden stellt eine bundesweit einheitliche, standardisierte Methodik zur Ermittlung und Bewertung von Bioaerosolbelastungen dar, insbesondere für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen, für die hinreichende Anhaltspunkte vorliegen, dass der Schutz der menschlichen Gesundheit vor Bioaerosolbelastungen nicht immer gewährleistet ist.

Der Erlass des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (MELUR SH 2014) sieht zur Prüfung auf Bioaerosole im ersten Prüfschritt die Ausbreitungsrechnung der Feinstaubanteile als PM₁₀ vor und den Irrelevanzwert der TA Luft (1,2 µg/m³) als Bewertungsmaßstab heranzuziehen.

Falls dieser Wert überschritten wird, sieht der Erlass eine Ausbreitungsrechnung für tierhaltungsspezifische Bakterien, sog. Leitparameter, vor. Bei einer Überschreitung des Orientierungswertes von 240 KBE/m³ für *Staphylococcus aureus*, Staphylokokken, Enterokokken, Enterobacteriaceen des Entwurfes angegebenen Leitparameter wird ein umweltmedizinisches Gutachten erforderlich.

Eine prognostizierte Immissionskonzentration für den anlagenspezifischen Bioaerosol-Leitparameter "Staphylokokken" gemäß den Beurteilungsgrundlagen des LAI-Leitfadens bezieht sich im Wesentlichen auf den Orientierungswert für die Bakteriengruppe „Staphylokokken“.

Aus umweltmedizinischer Sicht sind Staphylokokken im Allgemeinen für Bioaerosole nicht anlagenrelevant: Statt der Bakteriengattung „Staphylokokken“ müsste es *Staphylococcus aureus* heißen, da nur für diese human-pathogene Species eine umweltmedizinische Relevanz belegt ist.

Bei den Leitparametern und Orientierungswerten im LAI-Leitfaden (Stand 31.01.2014) steht in Tabelle 1 bei den Bakterien in der 1. Zeile richtiger Weise *Staphylococcus aureus*, jedoch in der 2. Zeile auch die Gruppenbezeichnung „Staphylokokken“, die als Immissionsparameter wegen ihrer relativ einfachen Nachweisbarkeit gerne herangezogen werden, jedoch für eine umweltmedizinische Risikobewertung keine Bedeutung haben.

Unter anderem wegen dieser Unstimmigkeit haben einige Bundesländer die Anwendung dieses LAI-Leitfadens zunächst ausgesetzt.

Neuere Untersuchungen von Anlagen zur Intensivtierhaltung haben gezeigt, dass weniger als 1% der nachgewiesenen Staphylokokken als *Staphylococcus aureus* identifiziert wurden und in der Außenluft nicht bzw. nur im Nahbereich von Ställen mit geringer Konzentration nachzuweisen sind (Lippmann et al. 2016).

Des weiteren ist ein Bezug zu Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA)-Stämmen im Zusammenhang mit Bioaerosolen aus Geflügelmastbetrieben wenig zielführend, da diese sogenannten livestock-associated Methicillin-resistenten Stämme des Typs 398 in der Schweinemast zwar nachgewiesen wurden (Heederik et al., 2011), sich jedoch von den humanmedizinisch bedeutsamen hospital- bzw. community-acquired-MRSA deutlich unterscheiden und im Staub von Geflügelhaltungen bislang nicht nachgewiesen wurden (Hartung und Käsbohrer, 2011).

In seiner Stellungnahme „Bioaerosole aus der Tierhaltung, Forderung von Gutachten zur Bioaerosolemission aus einer Stallanlage“ kommt Professor Oldenburg (2013) zu dem Schluss,

dass nur unzureichendes Wissen über Konzentrationen, Auslöseschwellen, Wirkungen und Dosis-Wirkungsbeziehungen zu Bioaerosolen vorliegt, und stellt Bewertungen von Mindestabständen zwischen Anlagen und Wohnnutzungen als Grundlage für Anlagengenehmigungen in Frage.

Dr. Balfanz (2012) legt in seiner Stellungnahme zur Bioaerosol-Problematik dar, dass Keimgutachten lediglich einen Ist-Zustand beschreiben und nicht zur Gefährdungsanalyse beitragen können, weil sowohl verbindliche Durchführungsbestimmungen für die Erfassung von Bioaerosolen als auch Richt- oder Grenzwerte fehlen.

Um einen Anlageneinfluss ermitteln und bewerten zu können, wurden in der Richtlinie VDI 4250, Blatt 3, Leitparameter und spezielle Messparameter festgelegt. Diese wurden nach bisherigem Kenntnisstand als anlagentypisch und umweltmedizinisch relevant eingestuft:

- **Intestinale Enterokokken** (Streptokokken) sind typische Darmbakterien bei Warmblütern. Eine wichtige Rolle im Verdauungssystem spielen insbesondere die Spezies *E. faecalis* und *E. faecium*. Intestinale Enterokokken können bei immungeschwächten Menschen Infektionen auslösen und werden immer wieder im Zusammenhang mit schweren Krankenhausinfektionen erwähnt.
- **Staphylokokken**: Bakterien der Gattung *Staphylococcus*, die fast 50 Arten umfasst, besiedeln Haut- und Schleimhäute von Warmblütern, kommen aber auch sonst in der Umwelt vor. Hierzu gehören sowohl harmlose Vertreter als auch Bakterien mit hohem pathogenem Potential.
- ***Staphylococcus aureus*** ist in der Natur weit verbreitet und besiedelt insbesondere Haut und Schleimhäute von Warmblütern. Bei immungeschwächten Menschen und unter bestimmten Voraussetzungen kann *S. aureus* schwere, auch lebensbedrohende Infektionen hervorrufen. Von besonderer Bedeutung sind hierbei Antibiotika resistente *S. aureus*.
- **Enterobakterien** (Enterobacteriaceae) kommen sowohl in der gesunden Darmflora von Mensch und Tier, als auch in anderen Umweltbereichen vor. Auch einige Krankheitserreger gehören zu der großen Familie der gramnegativen Enterobakterien. Als typisches Darmbakterium ist *Escherichia coli* zu erwähnen.
- **Endotoxine** gehören zu einer chemisch und thermisch sehr stabilen Substanzklasse der Lipopolysaccharide, die beim Zerfall von gramnegativen Bakterien, wie z. B. *E. coli*, freigesetzt werden können.

- Für Bioaerosole und ihre gesundheitliche Bedeutung gibt es bisher keine belastbare Erkenntnis zur Dosis-Wirkungs-Beziehung, so dass auch keine Richt- oder Grenzwerte existieren, die eine klare Aussage über die gesundheitliche Gefährdung durch biogene Emissionen aus Tierhaltungen zulassen.
- Eine Gesundheitsgefährdung kann nur nach Quantifizierung und eindeutiger Charakterisierung und Identifizierung pathogener Mikroorganismen aus emittierten Bioaerosolen abgeleitet werden.

3.4.3 Immissionsprognosen für Feinstaub (PM₁₀) und Bioaerosole

Da bei Geflügelhaltungen (Legehennenanlagen) partikelgebundene (Staub)-Emissionen mit grampositiven Mikroorganismen im Vordergrund stehen, kann die Abschätzung der Zusatzbelastung der Gesamtanlage im Planzustand mit Bioaerosolen über eine Ausbreitungsrechnung des Parameters Feinstaub (PM₁₀) erfolgen.

Hierbei ist vorallem dem umweltmedizinisch relevanten Leitparameter *Staphylococcus aureus* Beachtung zu schenken (MELUR SH 2014, LAI-Leitfaden 2014).

Im Immissionsschutzgutachten (Holste 2017) für die geplanten Legehennen-Anlage von Christian Spahn wird die lokale Situation detailliert beschrieben (Abbildung 17).

Von den Immissionsbezugspunkte für Feinstaub PM₁₀ und Bioaerosol haben nur die Außenbereiche der Wohnhäuser (WH 1) südlich und süd/östlich (WH 2) mit einem Abstand von 185 bzw. 150 m zu den Emissionsquellen der Legehennenanlage eine gewisse Relevanz.

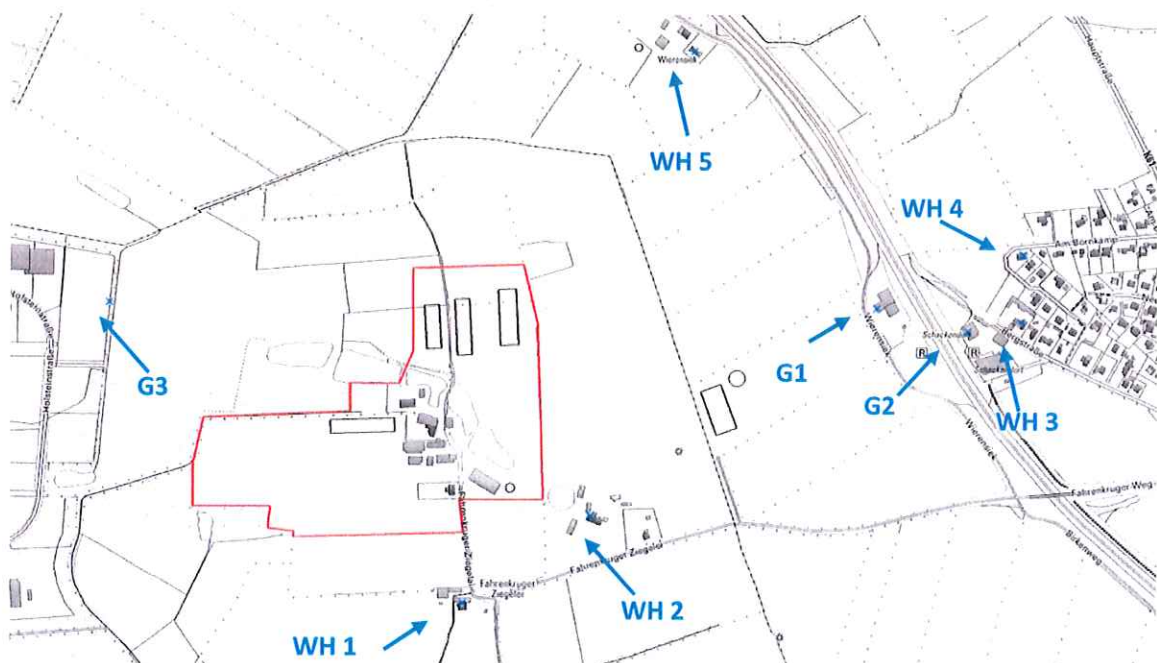


Abbildung 17: Relevante Immissionsbezugspunkte für Feinstaub PM₁₀ und Bioaerosol (Holste 2017)

Die Ergebnisse der Prognoseberechnung durch Zusatzbelastung beim Betrieb der geplanten Legehennen-Anlage mit Feinstaub PM₁₀ sind bezogen auf die Luftkonzentration (µg/m³) und die Fracht (Flächendeposition g/m²*d), in den Abbildungen 18 dargestellt.

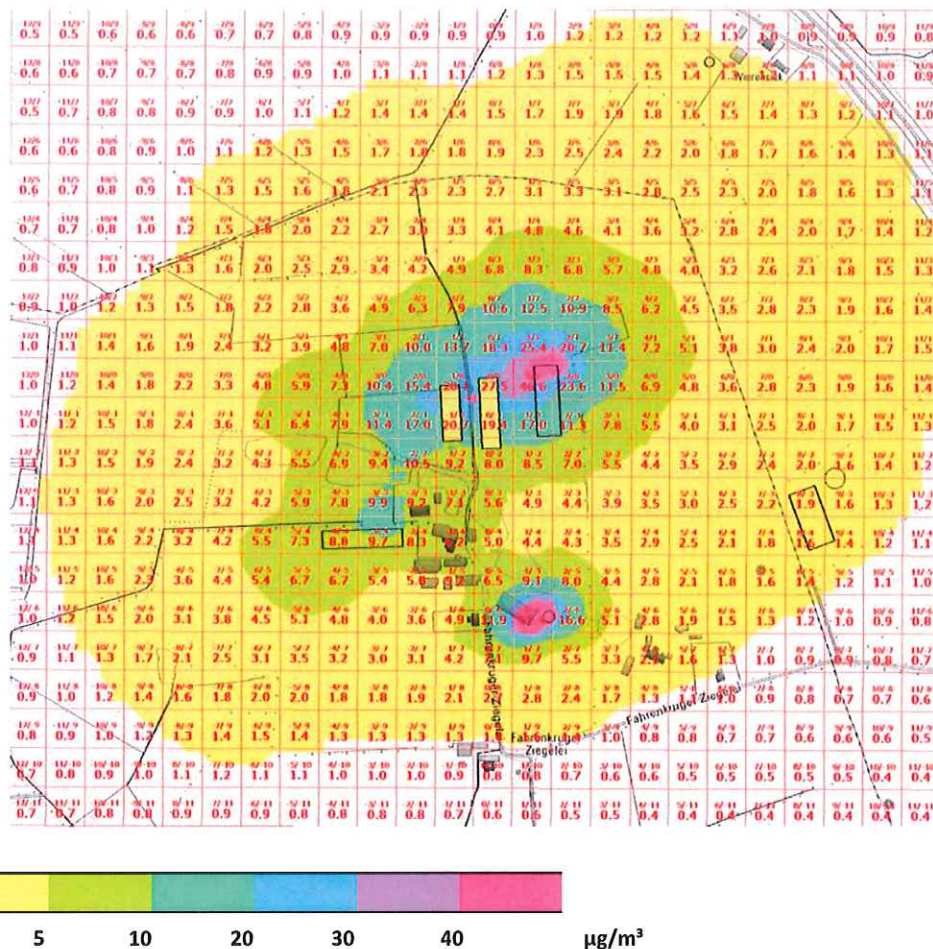


Abbildung 18: Zusatzbelastung durch Feinstaub PM₁₀ der Legehennen-Anlage (Holste 2017)

Wie unter 3.4.1 dargelegt ist, kann die Abschätzung Immissionsbelastung durch anlagespezifische Bioaerosole über eine Ausbreitungsrechnung des Parameters Feinstaub (PM₁₀) erfolgen.

Im LAI-Leitfaden ist ein mehrstufiges Prüfungsschema vorgegeben, dessen erste Stufe im Hinblick auf Anlagen zur Geflügelhaltung nahezu deckungsgleich mit den Forderungen des Niedersächsischen Filtererlasses ist.

In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 4250 Bl. 1 E beschreibt das LAI-Papier ebenfalls einen Bereich von <500 m zwischen „Wohnort/Aufenthaltsort“ und „Tierhaltungsanlagen“, für den „die Notwendigkeit einer Prüfung auf Bioaerosolemissionen zutrifft.“

Stufe 2 des Prüfschemas sieht im ersten Schritt eine "Prüfung auf Irrelevanz" vor, wobei ersatzweise die von der geplanten Gesamtanlage zukünftig zu erwartende Zusatzbelastung für PM₁₀ zugrunde zu legen ist.

Liegt die Immissionsprognose bei <3,0 % des Immissions-Jahreswertes von 40 µg x m⁻³ (Nr. 4.2.2 a) TA-Luft), d.h. bei <1,2 µg x m⁻³, ist eine geplante Maßnahme im Hinblick auf die Bioaerosolproblematik als „genehmigungsfähig“ einzustufen.

Die dieser Prüfung zugrundeliegende Gleichsetzung der Verteilungsausbreitung (PM₁₀) mit der Schädlichkeit von Bioaerosolen zwar legitim, bedarf jedoch bei Überschreitung des

Irrelevanzwertes von $3\% \times 40 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß LAI-Leitfaden im Einzelfall „eine Gesamtwürdigung der Situation“ und damit einer hygienisch/umweltmedizinischen Risikobewertung.

Der auf einen Tierplatz (TP) bezogene Emissionsfaktor für *Staphylococcus aureus* ist von ursprünglich 60 KBE/TP * s ("vorläufig" aus Arbeitshilfe NRW vom 08.08.2013) auf 3000 KBE/TP * s (VDI 4255-4 vom März 2017) angehoben worden. Dies bedeutet, dass für den vorliegenden Fall mit 56.000 bzw. 68.008 Tierplätzen und einer Luftwechselzahl von 10 mit Emissionskonzentrationen von $1 \cdot 10^5$ bzw. $1 \cdot 10^7$ KBE/ m^3 ausgegangen werden kann.

Derartige Emissionswerte für *Staphylococcus aureus* (max. 10^1 KBE/ m^3) sind bei der Geflügelmast bislang um den Faktor 1.000 bis 100.000 unterschritten worden (Tabelle 9, Abbildung 18).

Tabelle 9: Emissionskonzentrationen in der Abluft verschiedener Tierhaltungsanlagen
(Gärtner et. al. 2009 – 2017)

Leitparameter	Tierhaltungsanlage				
	Masthähnchen	Legehennen	Putenmast	Schweinemast	Sauenzucht
	Emissionskonzentration [KBE/ m^3]				
Gesamtzahl Bakterien (36 °C)	$10^5 - 10^8 (*)$	$1,5 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$
<i>Staphylococcus</i> spp.	$10^5 - 10^8 (*)$	$1,3 \cdot 10^6$	$8,3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^4$
<i>Staphylococcus aureus</i>	n.n.	$5,5 \cdot 10^1$	$7,4 \cdot 10^1$	n.e.	(***)
Enterokokken	$10^4 - 10^5$	$1,0 \cdot 10^4$	$6,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$
Enterobacteriaceae	(***)	$4,5 \cdot 10^1 (**)$	$4,0 \cdot 10^2 (**)$	n.n. oder (**)	n.e.

n.n. = nicht nachweisbar; n.e. = nicht ermittelt; (*) = starke Abhängigkeit vom Mastverlauf; (**) = Nachweis nur aus Anreicherungskultur; (***) = nur sporadisch ermittelt und nicht quantifizierbar

Der Tabelle 9 ist zu entnehmen, dass die höchsten Konzentrationen an Gesamtbakterien und Staphylokokken bei Geflügelbetrieben auftreten. Die Zahlen für Enterokokken (Streptokokken) liegen mindestens eine Größenordnung niedriger als die der Staphylokokken. *Staphylococcus aureus* und Enterobakterien liegen, sofern nachweisbar, nur in sehr geringen Konzentrationen vor. Wie unter 3.1.2 und 3.4.1 beschrieben, sind die Emissionen von Bioaerosolen anlagen- und art-spezifisch:

- Bei Intensivtierhaltungen (Geflügelmastanlagen) stehen partikelgebundene (Staub)-Emissionen mit grampositiven Mikroorganismen der Gattungen *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus* und Pilzsporen im Vordergrund.
- Auch wenn diese Mikroorganismen sich durch ihre Trockenresistenz gegenüber gram-negativen Bakterien auszeichnen, erfolgt die Reduktion der an Feinstaub (PM_{10}) gebundenen, luftgetragenen Mikroorganismen aufgrund der schnellen Deposition exponentiell mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle, so dass in der Regel umweltmedizinisch relevante, pathogene oder resistente Mikroorganismen (MRSA, VRE, ESBL oder MRGN) in der Außenluft ab 50 Metern Entfernung von den Stallungen nicht mehr nachzuweisen sind.

3.4.4 Standort- und Betriebsbedingungen

Herr Christian Spahr betreibt etwa 900 m nördlich von Fahrenkrug, 1.200 m östlich von Wahlstedt und 840 m westlich der Bundesautobahn A 21 am Standort Fahrenkruger Ziegelei 2 – 4 eine Legehennenhaltung mit 56.000 Tierplätzen (Abbildung 1).

Zur Optimierung der Haltungsbedingungen ist der Abbruch von älteren und kleineren Stallgebäuden und Errichtung eines Stallneubaues für 12.000 Bio-Freilandlegehennenplätze (Nr. 7) vorgesehen. Der Stall wird als Bio-Legehennenstall im Haltungsverfahren Bodenhaltung mit Volierengestellen und Kotbandbelüftung betrieben und die Tiere haben Zugang zu einer ca. 4,8 ha großen Auslauffläche. Die 7 Abluftkamine befinden sich dezentral angeordnet auf dem Giebel. Die Austrittshöhe beträgt 10 m bei einer Firsthöhe von 6 m.

Bei einer Tierplatzzahl von 12.000 Tierplätzen und einer mittleren Tierlebensmasse von 0,0034 GV je Tier ergibt sich ein Tierbestand von 40,8 GV.

Der vorhandene Bio-Legehennenstall mit 4.500 Tierplätzen (Nr. 8) soll bezüglich der Stalleinrichtung und des Entmistungssystems modernisiert und als Bio-Legehennenstall mit Bodenhaltung und Kotgrube betrieben werden. Die Tiere haben Zugang zu einer großen Auslauffläche.

Bei einer Tierplatzzahl von 4.500 Tierplätzen und einer mittleren Tierlebensmasse von 0,0034 GV je Tier ergibt sich ein Tierbestand von 15,3 GV.

Die zwei vorhandenen Stallgebäude mit 19.700 Tierplätzen (Nr. 13) und 17.408 Tierplätzen (Nr. 14) sollen wie bisher weiter bewirtschaftet werden.

Der Stall Nr. 13 wird im Haltungsverfahren Bodenhaltung mit Volierengestellen betrieben und ist in Längsrichtung in zwei gleich große Stallabteile unterteilt. Die Tiere in der östlichen Stallhälfte (9.850) haben Zugang zu einer ca. 4 ha großen Auslauffläche.

Der Legehennenstall ist mit einer zentralen Entlüftung im Bereich der nördlichen Giebelseite ausgestattet. Die Abluft wird über mehrere Kamine über das Dach abgeführt. Die Austrittshöhe beträgt 10 m. Bei einer Firsthöhe von 6,50 m sind damit die Anforderungen der TA-Luft an die Ableitung der Abluft (3 m über First, mind. 10 m über Flur) erfüllt.

Bei einer Tierplatzzahl von 19.700 Tierplätzen und einer mittleren Tierlebensmasse von 0,0034 GV je Tier ergibt sich ein Tierbestand von 67,0 GV.

Das Haltungsverfahren für den Stall Nr. 14 ist Bodenhaltung mit Volieren und belüftetem Kotband. Die Hälfte der Tiere hat Zugang zu einem Auslauf. Der Legehennenstall ist mit einer zentralen Entlüftung im Bereich der nördlichen Giebelseite ausgestattet. Die Abluft wird über mehrere Kamine über das Dach abgeführt. Die Austrittshöhe beträgt 10 m. Bei einer Firsthöhe von 6,80 m sind damit die Anforderungen der TA-Luft an die Ableitung der Abluft (3 m über First, mind. 10 m über Flur) erfüllt.

Bei einer Tierplatzzahl von 17.408 Tierplätzen und einer mittleren Tierlebensmasse von 0,0034 GV je Tier ergibt sich ein Tierbestand von 59,2 GV.

Für die konventionellen Legehennenhaltung soll im Bebauungsplan die Option für eine Erweiterung um bis zu 15.000 Legehennen (Nr. 20) vorgesehen werden. Damit beträgt die Gesamt-Tierplatzzahl im Plangebiet 68.008 Tierplätze.

Dieser Stall soll mit einer Abluftreinigungsanlage ausgerüstet werden, die für Gerüche, Ammoniak und Staub zertifiziert ist. Entsprechende Anlagen stehen mittlerweile zur Verfügung.

Damit kann bei den vorliegenden Abständen von deutlich mehr als 200 m zu den nächstgelegenen nichtbetrieblichen Wohnhäusern der Geruch immissionsseitig vollständig

eliminiert werden und für Ammoniak und Staub wird ein Minderungsgrad von mindestens 70% erzielt.

Bei einer Tierplatzzahl von 15.000 Tierplätzen und einer mittleren Tierlebensmasse von 0,0034 GV je Tier ergibt sich ein Tierbestand von 51,0 GV.

Abluftableitung

Die Ausbreitungsrechnung für Feinstaub PM_{10} (Abbildung 17) basiert auf der Windhäufigkeitsverteilung aus den verwendeten Wetterdaten (Lübeck 2008/2009, DWD 2014). Die Abbildung 19 zeigt die Hauptwind- und die Haupttransport-Richtung (Ost /Nordost) für die an Feinstaub gebundenen Bioaerosole.

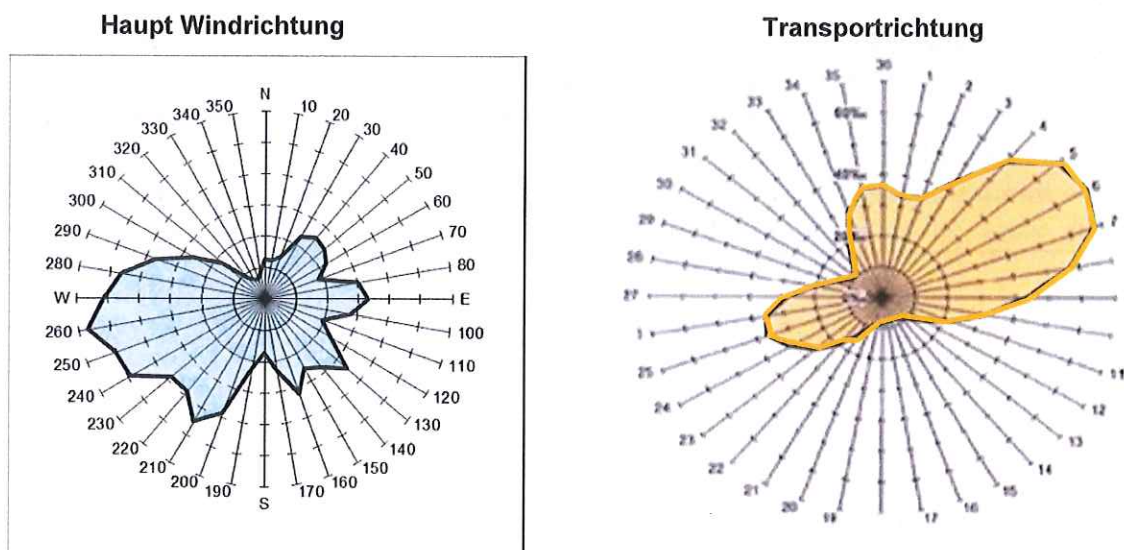


Abbildung 19: Windhäufigkeitsverteilung aus den verwendeten Wetterdaten (Lübeck 2008/2009)

Die konservative Auslegung der Immissionsprognose führt zu einer Überschätzung der tatsächlichen Immissionsbelastung, die bei realen Betriebsbedingungen nicht zutrifft.

Lage und Topographie

Das umliegende flache Gelände wird überwiegend agrarwirtschaftlich (Landbau) genutzt und weist kleineren Waldflächen auf.

Innerhalb des Plangebietes befinden sich ausschließlich betriebseigene Wohnhäuser. Die Lage der nächstgelegenen Wohnhäuser ist aus 17 zu entnehmen.

Gewerblich genutzte Gebäude im Umfeld sind eine Tankstelle westlich der B404 (590 m östlich des nächstgelegenen Abluftaustrittes), die Raststätte östlich der B404 (730 m östlich des nächstgelegenen Abluftaustrittes) und ca. 390 m westlich des nächstgelegenen Abluftaustrittes beginnt ein Gewerbegebiet am Ortsrand von Wahlstedt.

Geschlossene Wohnbebauung befindet sich erst an der Peripherie des Beurteilungsgebietes in Schackendorf (810 m östlich), Fahrenkrug (830 m südlich) und Wahlstedt (1,05 km westlich).

Betriebsbedingungen und Auslegung der Abluftableitung

Bei der Legehennenhaltung liegt der größte Anteil der Bioaerosole und der Geruchstoffe an der Feinstaubfraktion (PM_{10}) partikelgebunden vor, die bei Normalwetterlage mit der Entfernung von der Emissionsquelle exponentiell reduziert wird und nach 50m das Niveau der Luv-seitigen Vorbelastung erreichen.

Die Partikelgrößenverteilung in der Abluft ist ein wichtiger Eingangsparameter für die Immissionsprognose. Aus massenbezogenen Emissionsmessungen ist bekannt, dass es sich bei dem aus Anlagen der Legehennenhaltung freigesetzten Staub etwa zur Hälfte um Partikel der PM₁₀-Fraktion handelt. Partikel der PM_{2,5}-Fraktion wurden mit einem deutlich geringeren Anteil von etwa 25 % ermittelt (Claus 2015).

Für die vorliegende Prognosesituation ist nicht von relevanten Kaltluftabflüssen auszugehen.

Aus den Wetterdaten und der Immissionsprognose lassen sich daher keine Hinweise für eine tiefer- und weitergehende Prüfung ableiten, da

- der Abstand zwischen den nächsten Wohngebieten (Wahlstedt, Fahrenkrug und Schackendorf) und der geplanten Legehennen-Anlagen nur nicht weniger als 500 m beträgt,
- keine ungünstigen Ausbreitungsbedingungen vorliegen (z.B. Kaltluftabflüsse in Richtung der benachbarten Wohnbebauung),
- keine empfindlichen Nutzungen in der Nachbarschaft (z. B. Krankenhäuser, Altenheime, Kindergärten) bestehen und
- die Immissionserwartung im nahen Umfeld (≥ 50 m) der geplanten Legehennenanlagen für *Staphylococcus aureus* unter 240 KBE/m³ (Orientierungswerte) liegt.

4. Beantwortung der eingangs gestellten Fragen

Im Folgenden werden die im Abschnitt 1. aufgeführten Fragen beantwortet:

Ad 1. Welche prinzipiellen gesundheitlichen Wirkungen sind durch Bioaerosole möglich?

Bioaerosole können grundsätzlich in Abhängigkeit von der Exposition und der Disposition des Menschen zu Infektionen, Sensibilisierungen, Allergisierungen, toxischen Reaktionen, Geruchswirkungen, Befindlichkeitsstörungen und Belästigungsreaktionen führen.

Ad 2. Gibt es berufsbedingte Erkrankungen in dem besonders stark gegenüber Bioaerosolen exponierten Personenkreis (Worst-Case-Szenario)?

Es gibt berufsbedingte Zoonosen, allergische und toxische Atemwegsreaktionen und -erkrankungen. Personen, die in Tierhaltungsanlagen arbeiten, sind besonders gegenüber Bioaerosolen exponiert.

Ad 3. Welche gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Bevölkerung sind aufgrund von epidemiologischen Daten und z.B. bei einer Besiedlung mit multiresistenten Erregern (MRE) ableitbar?

In der Bevölkerung (Nachbarschaft von Anlagen der Tierhaltung) wurden bisher lediglich für Atopiker (Personen, die eine genetisch festgelegte Bereitschaft haben, bei pulmonalem, gastrointestinalem oder kutanem Kontakt mit natürlichen oder künstlichen Umweltstoffen mit gesteigerter IgE-Bildung zu reagieren) schwache Zusammenhänge zwischen Bioaerosolexpositionen und gesundheitlichen Beschwerden nachgewiesen. Zur Auslösung sensibilisierender, allergischer Reaktionen bedarf es ebenfalls einer entsprechenden Prädisposition.

Die Besiedlung mit multiresistenten Erregern (MRE) stellt keine Erkrankung in Sinne einer Infektion, Intoxikation oder Sensibilisierung dar.

Im Gegensatz zu direkt berufsbedingt exponierten Personen gibt es keine Evidenz für eine gehäufte Besiedlung in der Bevölkerung in Nachbarschaft zu Anlagen der Tierhaltung.

Die Auslösung einer Infektion ist nur bei entsprechender Prädisposition der exponierten Personen möglich.

Ad 4. Gibt es eine gefahren- oder ausschließlich eine risikobasierte Bewertung der gesundheitlichen Beeinträchtigung? Wie stellt sich eine umweltmedizinische Risikobewertung dar?

Es gibt keine Gefahren- sondern lediglich eine risikobasierte Bewertung gesundheitlicher Beeinträchtigung für die Bevölkerung (Nachbarschaft von Anlagen der Tierhaltung). Diese Risikobewertung kann nur semi-quantitativ erfolgen. Hierbei spielt expositionsseitig die Nähe zur Lee-Seite der Tierhaltungsanlage und die Hintergrundbelastung sowie wirkungsseitig die Prädisposition (Empfänglichkeit) exponierter Personen eine Rolle.

Ad 5. Welche Messparameter sind geeignet, das Risiko für eine gesundheitliche Beeinträchtigung aus Immissionsprognosen abzuleiten?

Nur wenige Erreger von Zoonosen werden über den Luftpfad übertragen. Obwohl Infektionen in der Bevölkerung in Nachbarschaft von Schweine-Mastanlagen bislang nicht nachgewiesen sind, erhöht sich in Abhängigkeit von der Immissionsbelastung das mögliche Infektionsrisiko.

Grundsätzlich ist in der engeren Umgebung (Umkreis von 50 m) einer Tierhaltungsanlage eine Transmission möglich.

Eine generelle Risikobewertung über die Ausbreitung des Feinstaubes (PM₁₀) bedarf im Einzelfall der quantitativen Analyse anlagenspezifischer Emissionen, der Wertung der lokalen Situation (Schutzgüter) sowie die Betrachtung der die Transmission beeinflussenden Faktoren (Haupt-Windrichtung, Geländetopographie etc.).

Ad 6. *Stellt die zukünftig zu erwartende Bioaerosolbelastung durch die Legehennenhaltung von Herrn Christian Spahr mit 56.000 bzw. 68.008 Tierplätzen ein Risiko für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bewohner in der Nachbarschaft dar?*

Bioaerosol-Immissionen von Anlagen der Tierhaltung sind Bakterien, Viren, Protozoen, VOC/MVOC, Myko- und Endotoxine.

Grundsätzlich können hierdurch Infektionen, Sensibilisierungen/Allergien, toxische Reaktionen (z.B. Mucous Membrane Irritation - MMI) und Befindlichkeitsstörungen (durch Gerüche) ausgelöst werden.

Die Errichtung und der Betrieb der Legehennenhaltung mit 56.000 bzw. 68.008 Tierplätzen wird bezüglich der Feinstaub- und Bioaerosol-Immissionen keine nennenswerte zusätzliche Belastung für die Nachbarschaft darstellen.

- Zur umweltmedizinischen Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigung durch Tierhaltungsanlagen liefern Prognoseberechnungen und unspezifische Keimgutachten keinen endgültigen Beitrag.
- Bei der risikobasierten Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigung durch Tierhaltungsanlagen sind neben der quantitativen Ausbreitungsbetrachtung des Feinstaubes (PM₁₀) die anlagenspezifischen Emissionen (Artenspektrum), die die Transmission beeinflussenden Faktoren (Haupt-Windrichtung, Geländetopographie) sowie lokale Situation mit besonderen Schutzgütern (Krankenhäuser, Kindergärten) zu betrachten.
- Die Größe, das Ausmaß und die individuelle Disposition der möglicher Weise betroffenen Personen fließt in eine dispositionsbasierte Risikobewertung.
- Aus der zu erwartenden Immissionsbelastung der geplanten Anlage zur Legehennenhaltung von Herrn Christian Spahr lässt sich kein erhöhtes Risiko für die Gesundheit der Bevölkerung im Umkreis des Betriebsstandortes Fahrenkruger Ziegelei 3 – 4 in der Gemeinde Fahrenkrug ableiten.

5. Zusammenfassende Bewertung

- Zur Beurteilung der primären und sekundären Emission sowie der umweltmedizinischen Bewertung von Bioaerosolen aus der Tierhaltung werden in Analogie zu biotechnologischen Anlagen (Kompostierungs-, Biogas-, Abwasserbehandlungsanlagen) der Vergleich zwischen Lee und Luv bzw. die ortsüblichen Hintergrundbelastungen herangezogen.
- Die Beurteilungskriterien gemäß LAI-Leitfaden und VDI (4250)-Richtlinien sind nur nach eindeutiger mikrobiologischer Identifizierung der Mikroorganismen justizierbar.
- Bei der Emission aus Schweinemastanlagen stehen partikelgebundene grampositive Mikroorganismen der Gattungen Staphylococcus, Streptococcus, Bacillus sowie gelegentlich Pilzsporen im Vordergrund.
- Daher kann die Abschätzung Immissionsbelastung durch Bioaerosole der Anlage im Plan-Zustand über eine Ausbreitungsrechnung des Parameters Feinstaub (PM_{10}) erfolgen.
- Die Reduktion der überwiegend am Feinstaub (PM_{10}) gebundenen, luftgetragenen Mikroorganismen erfolgt aufgrund der Deposition exponentiell mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle.
- Umweltmedizinisch relevante, pathogene oder resistente Mikroorganismen (MRSA, VRE oder MRGN) sind in der Außenluft ab 50 Metern Entfernung von Schweinemastbetrieben in der Regel nicht mehr nachzuweisen.
- Mit Ausnahme der Wohnbebauung Fahrenkruger Ziegelei 5 – 6 und Wierensiek 1 – 3, dem Gewerbegebiet Wahlstedt (östlicher Teil der Holsteinstraße) und der Tankstelle Schackendorf-Ost an der A 21 werden in den Bereichen der Wohnbebauung der Gemeinden Wahlstedt, Fahrenkrug und Schackendorf die Staubirrelevanzwerte der TA-Luft von $1,2 \text{ mg/m}^3$ unterschritten und entsprechen somit den Vorsorgeanforderungen nach § 5 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG.
- Für Staubbiederschläge (Deposition) wird das Irrelevanzkriterium von $10,5 \text{ mg}/(\text{m}^2\text{d})$ an allen umliegenden nichtbetrieblichen Wohnhäusern eingehalten.
- Mit temporär seltenen Ausnahmen (Gebäude an der Fahrenkruger Ziegelei 5 – 6) ist für die in der Umgebung liegenden Wohngebiete (Wahlstedt, Fahrenkrug und Schackendorf) keine erhöhte Belastung mit Bioaerosolen zu erwarten. Ein erhöhtes Gesundheitsrisiko ist für alle Bereiche auszuschließen.
- Arbeitsmedizinische Untersuchungen belegen, dass die in Tierhaltungsanlagen auftretenden Bioaerosole bei Beschäftigten zu Atemwegs- und allergischen Erkrankungen führen können („Worst case-Betrachtung“).
- Die gesundheitlichen Auswirkungen auf die Bevölkerung der Nachbarschaft von Tierhaltungsanlagen wurde epidemiologisch (AABEL, NiLS) untersucht. Epidemiologisch wurden schädliche und nützliche Effekte beobachtet.

- Bei einer **Dispositionsbasierten Risikobewertung** lässt sich ausschließlich für susceptible oder prädisponierte Personen im unmittelbaren Bereich der Emissionsquelle (≤ 50 Meter Abstand) ein mögliches Gesundheitsrisiko ableiten.
 - ➔ Umweltmedizinisch relevante, pathogene oder resistente Mikroorganismen (MRSA, VRE, ESBL oder MRGN) sind in der Regel in der Außenluft ab 50 Metern Entfernung von Schweinemastanlagen nicht mehr nachzuweisen.
 - ➔ Eine präventiv- und umweltmedizinisch unerwünschte, über die Hintergrundwerte hinausgehende Bioaerosol-Konzentration, von der ein konkretes quantitatives Gesundheitsrisiko abgeleitet werden kann, ist bei den geplanten Anlagen nicht zu erwarten.
 - ➔ Besonders schützenswerte Bereiche, wie Krankenhäuser, Rehakliniken, Alten-, Pflegeheime und Kindergärten sind durch die geplante Neuerrichtung der Schweinemastanlagen nicht betroffen.

Durch den Bau und Betrieb der Legehennen-Anlage von Herrn Christian Spahr mit 56.000 bzw. 68.008 Tierplätzen am Standort Fahrenkruger Ziegelei 3 – 4 in der Gemeinde Fahrenkrug lässt sich unter Berücksichtigung der vorstehenden Ausführungen kein erhöhtes umweltmedizinisches Gefährdungs-/Risiko-potential durch Bioaerosole für die Bewohner der umliegenden Wohngebäude ableiten.

6. Unterschrift

Aachen, 04.03.2018

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Dott