

UNIV.-PROF. DR. WOLFGANG DOTT

Direktor des Instituts für Hygiene und Umweltmedizin AD

Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin

Universitätsklinikum der Medizinischen Fakultät der RWTH Aachen

Prof. Dr. Wolfgang Dott • Hexenberg 18 • D - 52074 Aachen

Johannes Korte
Werringser Straße 66
58706 Menden

Pauwelsstr. 30

D-52074 Aachen

☎: +49-(0)241 8088-485

Fax: +49-(0)241 8082-477

Hexenberg 18

D-52074 Aachen

☎: +49-(0)241 603512

Mobil: +49-(0)241 603512

Fax: +49-(0)241 603536

e-mail: Wolfgang.Dott@post.rwth-aachen.de

Steuer-Nr. 201/5087/5241

Finanzamt Aachen-Innenstadt

Aachen, am 14. November 2018

Wissenschaftliche Begutachtung zur Abschätzung eines umweltmedizinischen Gefährdungs-/Risikopotentials durch Bioaerosole durch die Errichtung und Betrieb eines Mastschweinestalls mit 1.350 Tierplätzen am Standort Dentern (Denter Eck / Am Rübengraben) in Menden, Gemarkung Schwitten, Flur 3, Flurstücke 99 (Baugenehmigung 7712/0440/1616 vom 12.08.2016)

Zusammengestellt von

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Dott

Im Auftrag von
Herrn Johannes Korte
Werringser Straße 66
58706 Menden
(Mail vom 14.09.2017
Angebot vom 12.09.2017)

Wissenschaftliche Begutachtung zur Abschätzung eines umweltmedizinischen Gefährdungs-/Risikopotentials durch Bioaerosole durch die Errichtung und Betrieb eines Mastschweineestalls mit 1.350 Tierplätzen am Standort Dentern (Denter Eck / Am Rübengraben) in Menden, Gemarkung Schwitten, Flur 3, Flurstücke 99 (Baugenehmigung 7712/0440/1616 vom 12.08.2016)

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 Emissionen, Immission und gesundheitliche Beeinträchtigung (EXPOSITIONSGEFAHR)**
 - 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 Immissionsbelastung (Mikroorganismen, VOC/MVOC, Toxine, Allergene)
 - 3.2 Bewertung anlagenbezogener Bioaerosol-Emissionen (EXPOSITIONSVORSORGE)**
 - 3.2.1 Anlagenspezifische (Bioaerosol)-Emissionen
 - 3.2.2 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
 - 3.2.3 Immissionsprognosen für Feinstaub (PM₁₀) und Bioaerosole
 - 3.2.4 Emissionsmindernde Maßnahmen durch Auslegung der Stallentlüftung
 - 3.3 Umweltmedizinische Bewertung Bioaerosol-Immissionen (HAZARD ASSESSMENT)**
 - 3.3.1 Gesundheitliche Wirkung von Emissionen
 - 3.3.2 Toxikologische Wirkmechanismen von biogenen und chemischen Partikeln
 - 3.3.3 Erkrankungsmöglichkeiten durch luftgetragene biologische Agenzien (Infektionen, Sensibilisierungen, Allergisierungen, toxische Reaktionen)
 - 3.4 Ableitung einer umweltmedizinischen Risikobewertung (RISK ASSESSMENT)**
 - 3.4.1 Gefahren-/risikobasierte umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosolen
 - 3.4.2 Worst-Case-Szenario: Arbeitsplatzexpositionen und berufsbedingte Erkrankungen
 - 3.4.3 Gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung (Epidemiologie)
 - 3.4.4 Ableitung von Gesundheitsrisiken durch Bioaerosole
- 4. Beantwortung der eingangs gestellten Fragen**
- 5. Zusammenfassende Bewertung**
- 6. Unterschrift**

1. Zielsetzung und Fragestellung

Mit Mail vom 14.09.2017 wurden wir von Herrn Johannes Korte, Werringser Straße 66, 58706 Menden um die wissenschaftliche Begutachtung/Bewertung des umweltmedizinischen Gefährdungs-/Risikopotentials durch Bioaerosole nach Errichtung und Betriebs eines neuen Mastschweinestalls gebeten.

Der bereits genehmigte Mastschweinestall für 1.350 Tierplätze soll am Standort Dentern (Denter Eck / Am Rübengraben) in Menden, Gemarkung Schwitten, Flur 3, Flurstücke 99 (Baugenehmigung 7712/0440/1616 vom 12.08.2016) errichtet werden.

Die von der Nachbarschaft verwaltungsgerichtlich angefochtene Genehmigung hat über eine Petition beim Landtag dazu geführt, dass behördlicherseits ein Gutachten zur Klärung der Frage, ob durch den geplanten Stall schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne von Gefahren durch Bioaerosolimmissionen hervorgerufen werden könnten, gefordert wird.

Maßgeblich ist nur das unmittelbar nördlich benachbarte Wohnhaus, Dentern 41 betroffen; weitere Wohnhäuser befinden sich erst in deutlich größeren Entfernungen.

Bezüglich biogener gasförmiger Luftinhaltsstoffe wie Gerüche (VOC/MVOC) und Ammoniak sowie möglicher Befindlichkeits-Beschwerden wird auf das Immissionsschutzgutachten von Herrn Dipl.-Ing. Martin Kamp, Landwirtschaftskammer NRW, Fachbereich 51, Betriebswirtschaft, Bauen, Energie, Arbeitnehmerberatung verwiesen (Kamp 2018).

Der Anfrage waren die unter Absatz 2.3 gelisteten Unterlagen beigefügt.

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. ***Kann es zur Besiedlung mit multiresistenten Erregern (MRE) kommen?***
4. ***Lassen sich aus einer Bioaerosolberechnung Infektionswege bzw. Expositionswege für Sensibilisierungen, Allergisierungen aus der Tierhaltung ableiten und wie weit ist eine Transmission möglich?***
5. ***Welche gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Bevölkerung sind aufgrund von epidemiologischen Daten ableitbar?***
6. ***Gibt es eine gefahren- oder ausschließlich eine risikobasierte Bewertung der gesundheitlichen Beeinträchtigung? Wie stellt sich eine umweltmedizinische Risikobewertung dar?***
7. ***Stellt die zukünftig zu erwartende Bioaerosolbelastung eines Mastschweinestalls mit 1.350 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: Aktuelle Entwicklung im Bereich der Bioaerosole und der Abluftreinigung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-10
- 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 Forschungsprojektorjekt „BioAluRein“. Teil II: Aktuelle Daten zum Biowäscher und Rieselbettreaktor 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, U. Jäckel: Ermittlung von Mikroorganismen-Emmissionen einer Hähnchenmastanlage. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 69 (2009) 359–362.
- Gärtner, A., A. Gessner, S. Gromöller, K. Klug, S. Knust, U. Jäckel: Emissionen aus Schweinemastanlagen – Untersuchungen zur Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft und Antibiotikaresistenz. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 76 (2016) 31–38.
- 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
- LANUV NRW 2011: <http://www.lanuv.nrw.de/gesundheit/schadstoffe/bioaerosole.htm>; zuletzt aufgerufen am 12.03.2013
- 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 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
- 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 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 Probennahme 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

- Anonym (2017): Abschrift der Klageabweisung in dem verwaltungsgerichtlichen Verfahren Josef Wiethmann / Stadt Menden (Az.: 8K 4146/16) vom 11.09.2017, Baumeister Rechtsanwälte, Münster
- Baumeister (2017): Abschrift der Klageabweisung in dem verwaltungsgerichtlichen Verfahren Kaspar Erich Hans / Stadt Menden (Az.: 8K 4146/16) vom 11.09.2017, Baumeister Rechtsanwälte, Münster
- Baumeister (2017): Abschrift der Klageabweisung in dem verwaltungsgerichtlichen Verfahren Paul Heinrich Jost / Stadt Menden (Az.: 8K 4146/16) vom 11.09.2017, Baumeister Rechtsanwälte, Münster
- Baumeister (2017): Abschrift der Klageabweisung in dem verwaltungsgerichtlichen Verfahren Fernande (Ferdinande) Jost / Stadt Menden (Az.: 8K 4146/16) vom 11.09.2017, Baumeister Rechtsanwälte, Münster
- Baumeister (2017): Abschrift der Klageabweisung in dem verwaltungsgerichtlichen Verfahren Roman und Gisela Demski / Stadt Menden (Az.: 8K 4146/16) vom 11.09.2017, Baumeister Rechtsanwälte, Münster
- Baumeister (2017): Abschrift der Klageabweisung in dem verwaltungsgerichtlichen Verfahren Josef Korte / Stadt Menden (Az.: 8K 4146/16) vom 11.09.2017, Baumeister Rechtsanwälte, Münster
- Baumeister (2017): Abschrift der Klageabweisung in dem verwaltungsgerichtlichen Verfahren Martin Pingel u.a. / Stadt Menden (Az.: 8K 4146/16) vom 11.09.2017, Baumeister Rechtsanwälte, Münster
- Kamp, Martin (2018): „Immissionsschutzgutachten – Geruch, Ammoniak, Staub; für Johannes Korte, Standort Denter Ecke Am Rübengraben (GA-Korte-Johannes-2018-11-13), Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Fachbereich 51, Münster vom 13.11.2018“
- Müller, F. (2017): Immissionsschutz-Gutachten – Geruchsimmission am Wohnhaus der Familie Jost in Menden. Geruchsimmissionsprognose Nr. 15 0503 17, Uppenkamp und Partner, 23 Seiten, Anhang 17 Seiten vom 13.06.2017
- Verwaltungsgericht Arnsberg (2017): Verwaltungsgerichts Verfahren Jost, Paul-Heinrich / Stadt Menden Az.: 8 K 4146/16 vom 23.06.2017
- WITECH GmbH Architektur (2016): 1 Lageplan und 12 Ausführungspläne (Bauzeichnungen) für den von Herrn Johannes Korte geplanten Mastschweinestall mit 1.350 Tierplätzen am Standort Dentern von Dipl.-Ing. Wolfgang von Brocke, WITECH GmbH Architektur, Münster vom 26.04.2016
- WITECH GmbH Architektur (2016): Leistungsverzeichnis für den von Herrn Johannes Korte geplanten Mastschweinestall mit 1.350 Tierplätzen am Standort Dentern, WITECH GmbH Architektur, Münster vom 31.01.2017

2.4 Aktuelle Literaturrecherche

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

3. Ergebnisse

3.1 Emissionen, Immission und gesundheitliche Beeinträchtigung (EXPOSITIONSGEFAHR)

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	Campylobacterioses	?	+
<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 (<i>Coronaviridae/ Coronavirus</i>)	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)

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.

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 sp.</i> , <i>Chryseomonas luteola</i> , <i>Citrobacter freundii</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter agglomerans</i> , <i>Klebsiella sp.</i> , <i>Oligella urethralis</i> , <i>Moraxella sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Xanthamonas 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	Salmonella	Fallschissel et al. 2009
Swine barns	<i>Methanosphaera stadtmanae</i> , other Methanobacteriales and Methanosarcinales	Nehme et al. 2009

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 (O78)</i>	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
Landspreading of cattle, swine waste	Total culturable bacteria	Upwind 20 to 200 m downwind	10 ¹ 10¹ - 10³	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 ³ 10²	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 ² - 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 ⁵ 10² - 10⁴	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 ⁴ 10⁴ - 10⁷ / 10³ - 10⁵	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 (Mikroorganismen, VOC/MVOC, Toxine, Allergene)

Abbildung 1 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).

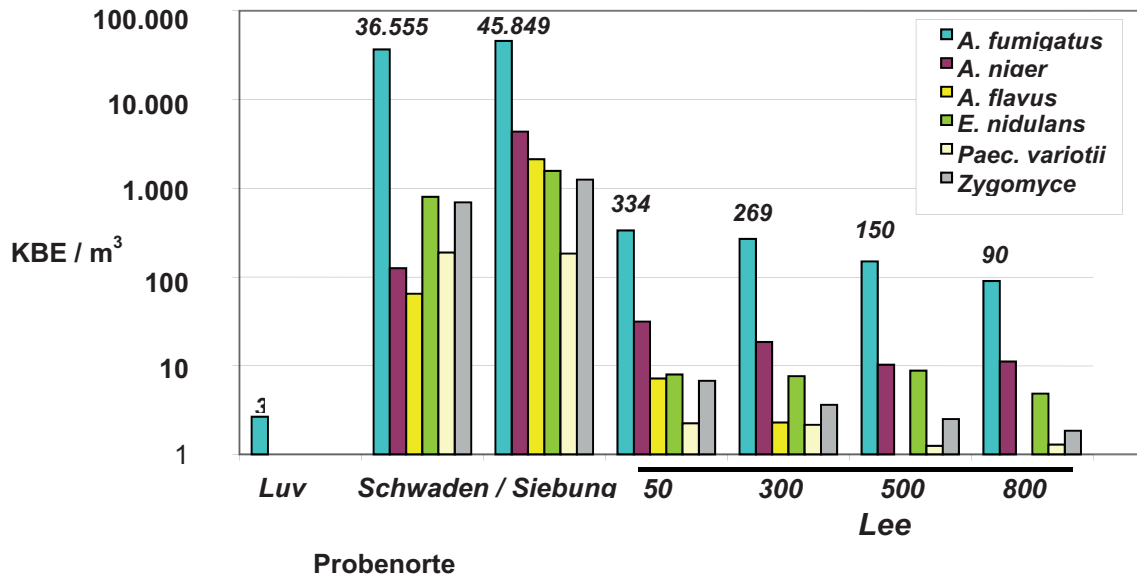


Abbildung 1: Transport von Pilzsporen (*A. fumigatus*) in der Umgebung von Kompostierungsanlagen (Fischer et al. 2003).

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. Die letztgenannten, den Terpenen zuzuordnenden Substanzen werden überwiegend von Pilzen produziert und stellen auch typische Emissionen aus Kompostierungsanlagen dar.

Die flüchtigen organischen Verbindungen können direkt (Toxizität) oder über geruchliche Belastungen zu unterschiedlichen Gesundheitsstörungen führen (Herr et al. 2013, Wiesmüller et al. 2013) wie beispielsweise:

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

Für Terpene konnten, jedoch bei wesentlich höheren Konzentrationen und dermalen Applikation (\rightarrow Gabe über die Haut) in Parfüms und Seifen, sensibilisierende Wirkungen beobachtet werden. *In vitro*-Untersuchungen (Untersuchungen „im Reagenzglas“) belegen sogar toxische und mutagene (erbgutverändernde) Wirkungen.

Am Beispiel von Kompostieranlagen konnte belegt werden, dass flüchtige organische Verbindungen bis zu einem Abstand von ca. 300 m nachweisbar sind (Abbildung 2).

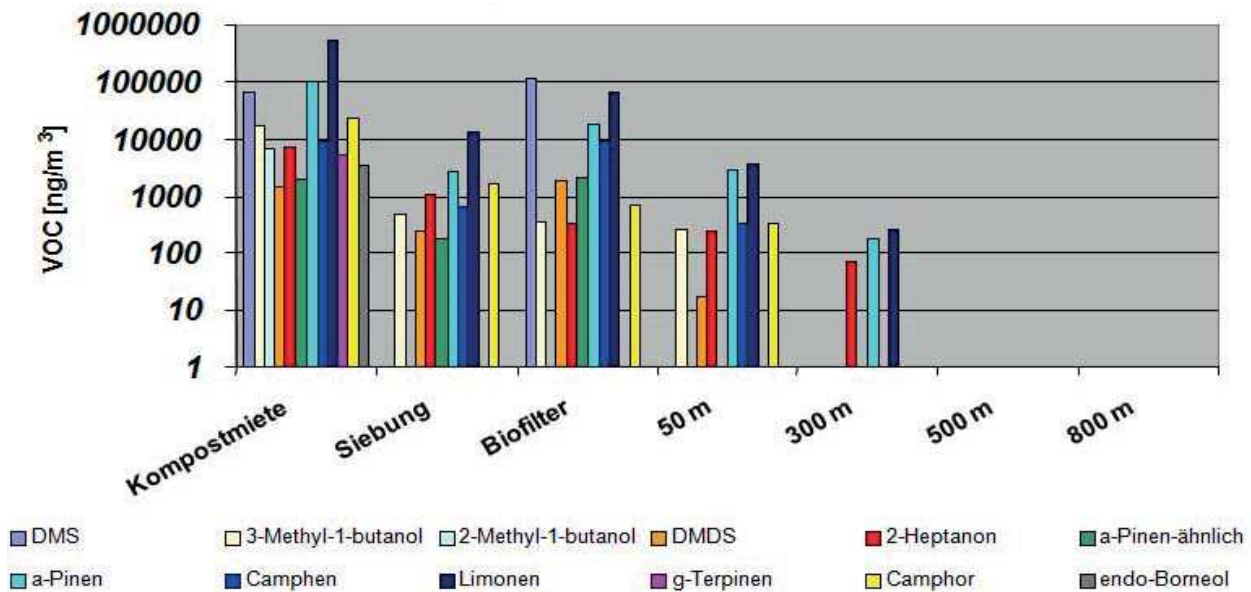


Abbildung 2: Immissionen von VOC/MVOC (Geruchsstoffe) in der Umgebung von Kompostierungsanlagen (Fischer et al. 2003).

Die Immissionsbelastung in der Umgebung von Kompostierungsanlagen für VOC/MVOC (Gerüche) korreliert mit der nachgewiesenen Immissionsbelastung durch Mikroorganismen (KBE/m^3). Während die Belastung mit Mikroorganismen exponentiell abnimmt (Ausnahme hohe Windgeschwindigkeit und Trockenwetter-Periode), erfolgt die Abnahme für Geruchsstoffe linear.

Neben der Abnahme der KBE/m^3 in der Größenordnung von zwei bis drei Zehnerpotenzen nehmen mit der Entfernung der Emissionsquelle entsprechend auch die Konzentrationen an VOC/MVOC ab (Abbildung 3).

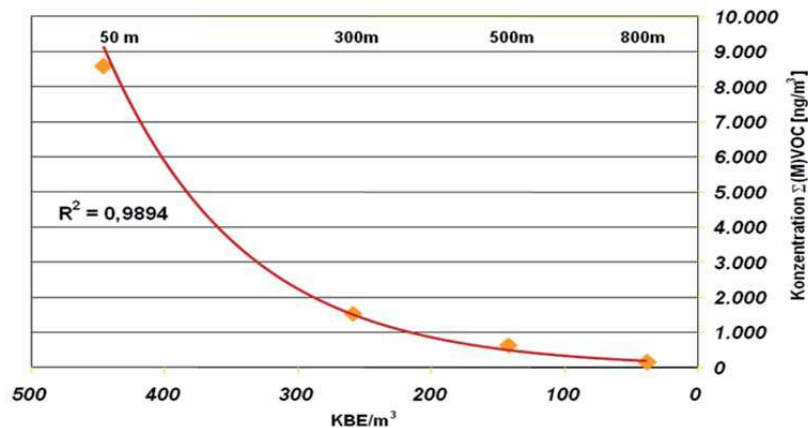


Abbildung 3: Korrelation der Immissionen von VOC/MVOC (Gerüche) mit der mikrobiellen Belastung in der Umgebung von Kompostierungsanlagen (Fischer et al. 2003).

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

Immissionsminderung:

- **Mikroorganismen [KBE/m³]:**
 - innen/außen → 1 Zehnerpotenz
 - 100 m Abstand → 2 bis 3 Zehnerpotenzen
- **Geruchsstoffe: Stickstoffverbindungen, VOC/MVOC [ng/m³]:**
 - innen/außen → 2 Zehnerpotenzen
 - 300 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 gram-negativen Bakterien. In Abbildung 4 ist die exponentielle Abnahme von Endotoxinen mit Entfernung der Lee-Messorte von der Emissionsquelle dargestellt.

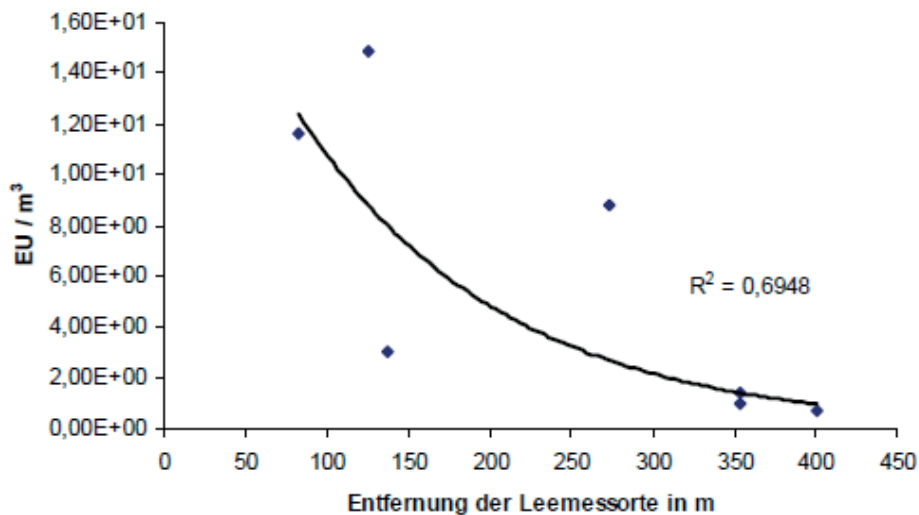


Abbildung 4: Exponentielle Abnahme von Endotoxinen (Hartung 2011).

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

- **Mykotoxine spielen grundsätzlich erst ab 10⁶ KBE/m³ eine Rolle.**
- **Endotoxine (Nachweisgrenze 1 EU/m³) konnten in der Außenluft von Geflügelbetrieben nach 50 Meter Entfernung nur sporadisch nachgewiesen werden.**

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

3.2 Bewertung anlagenbezogener Bioaerosol-Emissionen (EXPOSITIONSVORSORGE)

3.2.1 Anlagenspezifische (Bioaerosol)-Emissionen

In Bezug auf die Bioaerosol-Emissionen beim Betrieb des Mastschweinebestalls mit 1.350 Tierplätzen am Standort Dentern (Denter Eck / Am Rübengraben) in Menden, Gemarkung Schwitten, Flur 3, Flurstücke 99, 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 infektiösen 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 Schweinemastbetriebe wird für die Gesamtmikroorganismenzahl ein Bereich von $10^4 - 10^5$ KBE/Liter Stallluft angegeben (Abbildung 8). Methodenbedingt kann der Bereich um eine Zehnerpotenz niedriger liegen (Dott und Wiesmüller 2012, Hartung, 2005; Opplinger et al., 2008; Venter et al., 2004).

Bei zwangsbelüfteten Ställen ohne oder mit Abluftreinigung (Biowäscher mit Tropfenabscheider oder Rieselbettreaktor) reduzieren sich die Gesamtbakterienzahlen gleichermaßen nur um eine Zehnerpotenz (Dott und Wiesmüller 2013).

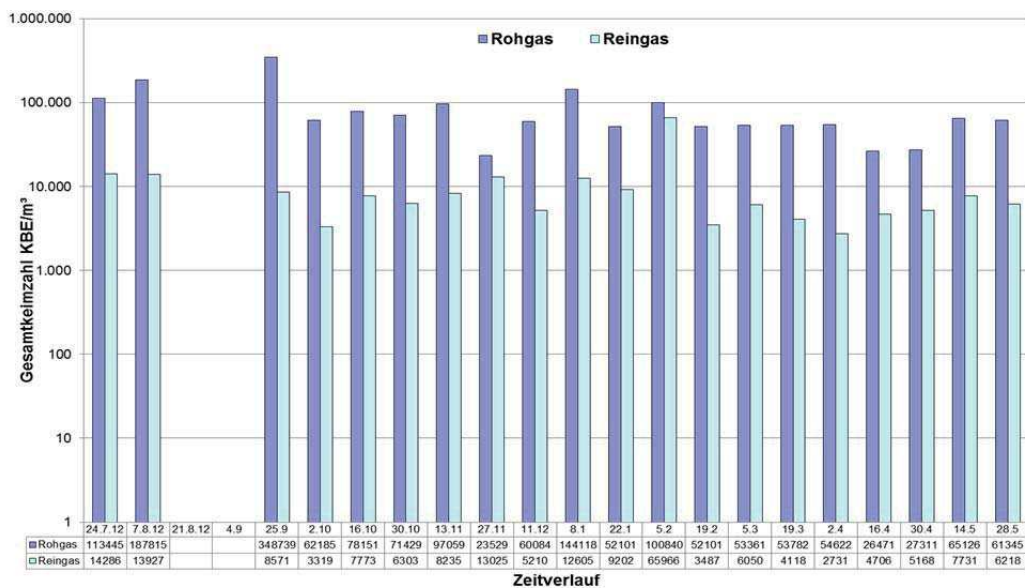


Abbildung 5: Gesamtzahl an Mikroorganismen im Roh- und Reingas aus dem Rieselbettreaktor, Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013 (Dott und Wiesmüller, BioAluRein, 2012)

Lippmann et al. 2016 konnten am Beispiel von Geflügelställen belegen, dass die Mikroorganismen-Flora der Emission aus 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 6).

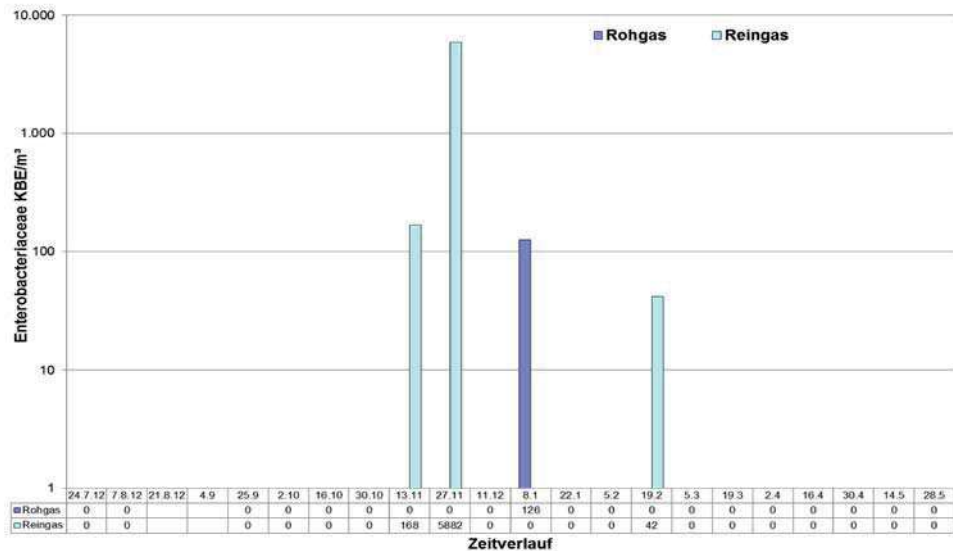


Abbildung 6: Enterobacteriaceae [KBE/m³] im Roh- und Reingas aus dem Rieselbettreaktor, Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013 (Dott und Wiesmüller, BioAluRein, 2012)

Analoges gilt auch für Schweinemastanlagen, bei denen die Emissionen für Staphylokokken wegen des geringeren Feinstaubanteils mit 10² bis 10³ KBE deutlich niedriger liegen (Abb. 7).

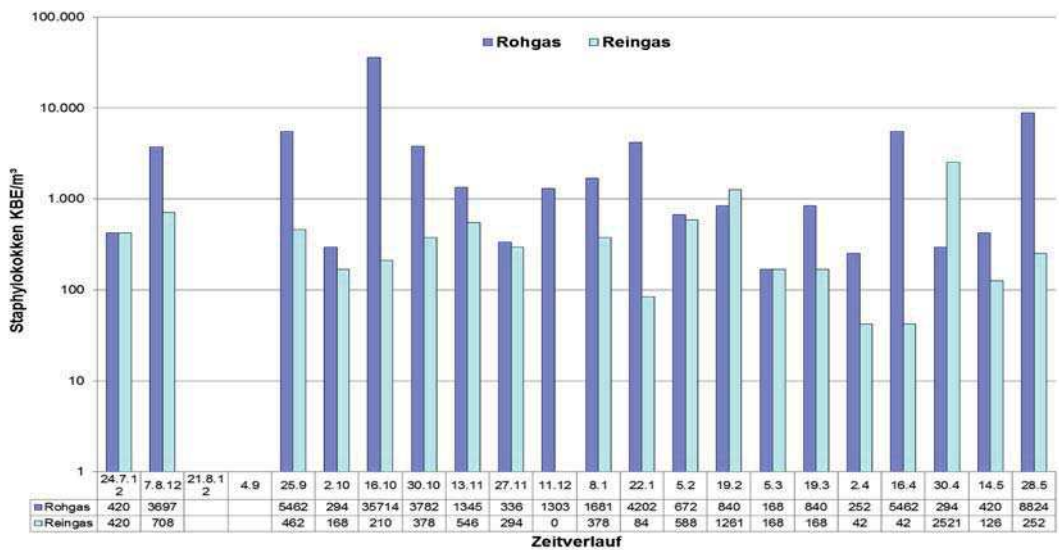


Abbildung 7: Gesamtzahl an Staphylokokken im Roh- und Reingas aus dem Rieselbettreaktor, Untersuchungszeitraum Juli 2012 – Mai 2013 (Dott und Wiesmüller, BioAluRein, 2012)

Für den hygienisch relevanten Anteil von *Staphylococcus aureus* wurden über den betrachteten Zeitverlauf nur in 3 von 30 Abluftproben maximal 100 KBE nachgewiesen.

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 (Marquardt 2015, Dott et.al. 2014) konnte festgestellt werden, dass bei der Emission aus Schweinemastbetrieben der überwiegende Teil der Bakterien Gattung *Staphylococcus* zugeordnet werden kann und in 50 Metern Entfernung als Immission nicht mehr nachzuweisen waren.

Die hier nach gewiesenen Mikroorganismen entsprachen der normalen Hintergrundbelastung für Außenluft. *Staphylococcus aureus*, resistente Mikroorganismen (MRSA, MRGN oder ESBL), Fäkalindikatoren oder andere stallungsspezifische Krankheitserreger wurden bei Schweinemastbetrieben nach 50 Metern Entfernung nicht mehr nachgewiesen.

Abbildung 8 zeigt, dass Analoges auch für Immissions-Untersuchungen von Geflügelanlagen gilt (Nowack 2013).

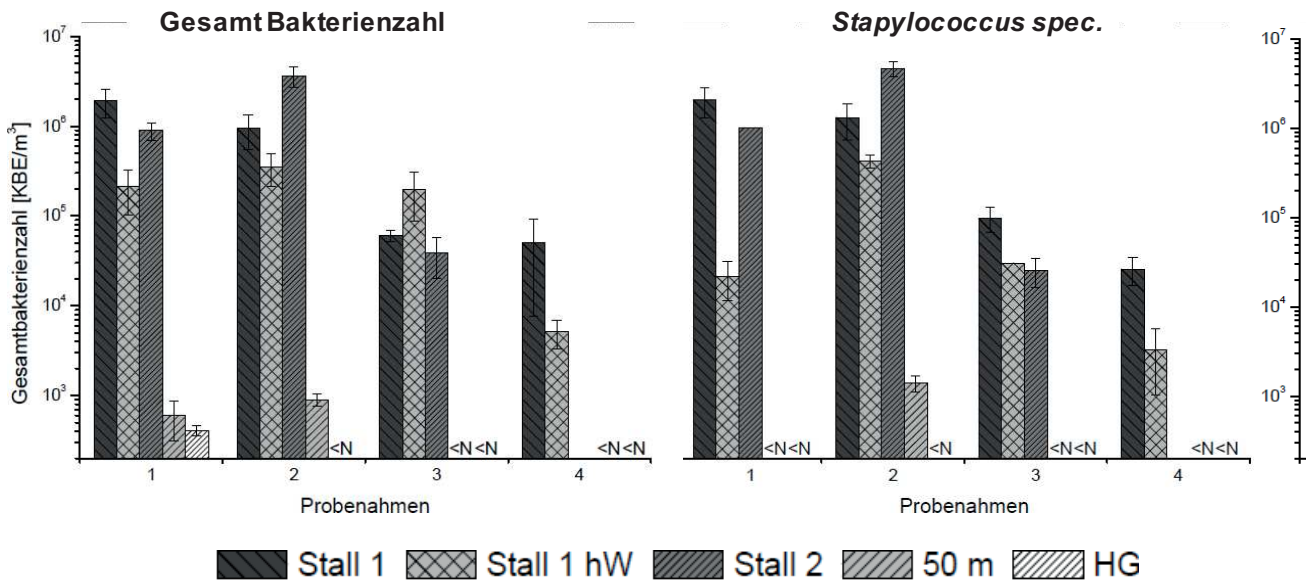


Abbildung 8: Gesamt Bakterienzahlen und Staphylokokken (Nowak 2014)
hW = hinter Wellblechfilter, HG = Hintergrundwert (Luv), 50 m = Lee

Somit kann zusammenfassend festgestellt werden:

- Emissionen von Bioaerosolen sind anlagen- und artspezifisch (Absterbe Kinetik) und hängen zusätzlich von Prozessbedingungen (Deposition) ab.
- Bei Geflügel-Intensivtierhaltungen (Putenmastanlagen) 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 als Immission in der Regel nicht mehr nachzuweisen.

3.2.2 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.

Die Luft in Nutztierställen setzt sich aus Bestandteilen der Außenluft und aus Stoffen zusammen, die innerhalb des Stalls neu oder im Vergleich zur Außenluft in erhöhter Konzentration gebildet und an die Luft abgegeben werden. Bei den im Stall gebildeten Stoffen handelt es sich in erster Linie um Gase, Gerüche, Stäube, Toxine, aber auch Mikroorganismen, die von den Tieren, dem Futter, der Einstreu oder den Fäkalien ausgehen. Man spricht auch von Bioaerosolen und versteht darunter luftgetragene Partikel mit biologischer Aktivität, die sich durch ihr Potential zur Auslösung von Infektionen und Allergien oder anderen toxischen oder pharmakologischen Wirkungen bei Mensch und Tier auszeichnen (Hartung, 2005).

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.

- 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.

3.2.3 Immissionsprognosen für Feinstaub (PM₁₀) und Bioaerosole

Im Immissionsschutzgutachten für den geplanten Schweinestall von Johannes Korte wird von Herrn Dipl.-Ing. Martin Kamp (Kamp 2018) die lokale Situation detailliert beschrieben.

Abbildung 18 zeigt das Ergebnis einer Prognoseberechnung durch Zusatzbelastung durch Feinstaub PM₁₀. Wie unter 3.2.1 dargelegt wird, kann die Abschätzung Immissionsbelastung durch anlagespezifische Bioaerosole über eine Ausbreitungsrechnung des Parameters Feinstaub (PM₁₀) erfolgen.

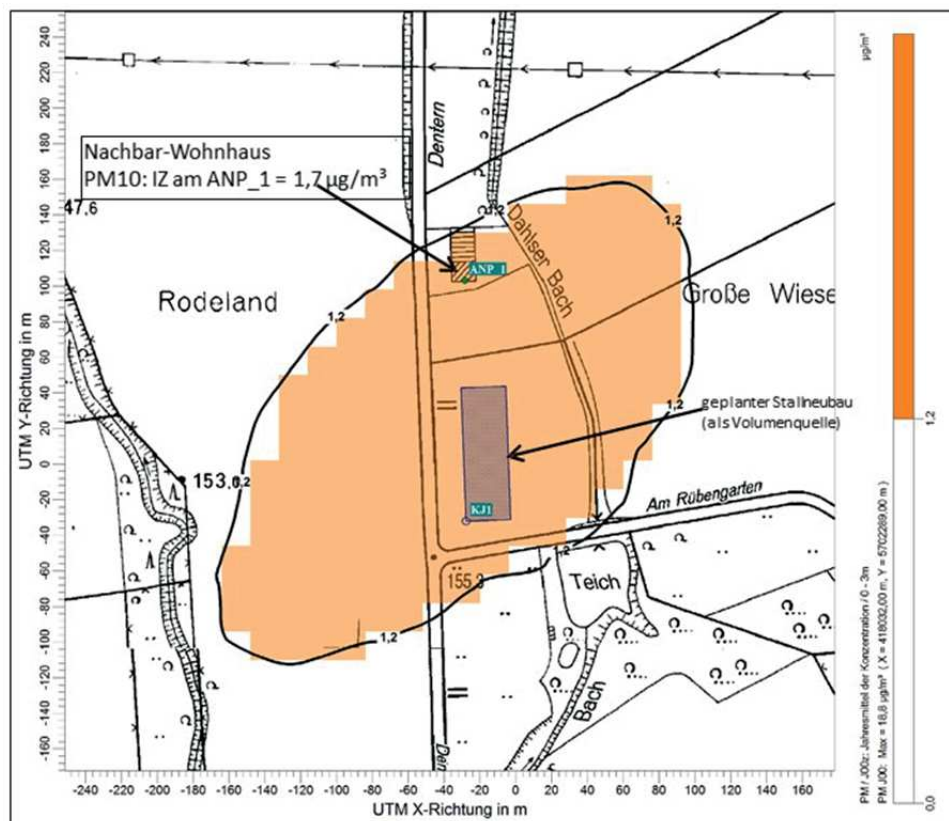


Abbildung 9: Zusatzbelastung durch Feinstaub PM₁₀ (Kamp 2018)

Im LAI-Leitfaden ist ein mehrstufiges Prüfungsschema vorgegeben, dessen erste Stufe im Hinblick auf Anlagen zur Schweinehaltung 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 PM_{10} zugrunde zu legen ist.

Liegt die Immissionsprognose bei $<3,0\%$ des Immissions-Jahreswertes von $40\ \mu\text{g} \times \text{m}^{-3}$ (Nr. 4.2.2 a) TA-Luft), d.h. bei $<1,2\ \mu\text{g} \times \text{m}^{-3}$, ist eine geplante Maßnahme im Hinblick auf die Bioaerosolproblematik als „genehmigungsfähig“ einzustufen.

Die dieser Prüfung zugrundeliegende Gleichsetzung der Verteilungsausbreitung (PM_{10}) 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 ist von ursprünglich 60 KBE/(TP s) Staphylokokken ("vorläufig" aus Arbeitshilfe NRW vom 08.08.2013) auf 3000 KBE/(TP s) Staphylokokken (VDI 4255-4 vom März 2017) angehoben worden. *(Dies bedeutet, dass im vorliegenden Fall mit 1.350 Tierplätzen und einer Luftwechszahl von 20 mit Emissionskonzentrationen von 3×10^5 bzw 2×10^7 KBE/ m^3 gerechnet wird.)*

Derartige Emissionswerte (max. 10^4 KBE/ m^3) sind bei der Schweinemast bislang um den Faktor 30 bis 2000 unterschritten worden (Abbildung 7).

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

- **der Abstand zwischen der nächsten Wohnbebauung bzw. dem nächsten Aufenthaltsort, an dem sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten, und der geplanten Schweinemastanlage nur in einem nördlich gelegenen Wohnhaus (Dentern 41) 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 Schweinemastanlagen weit unter dem auf einen Tierplatz (TP) bezogenen Emissionsfaktor für Staphylokokken von 3000 KBE/(TP s) liegt.**

Wie unter 3.1.2 und 3.2.1 beschrieben, sind die Emissionen von Bioaerosolen anlagen- und art-spezifisch:

- Bei Intensivtierhaltungen (Schweinemastanlagen) 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 umwelt-medizinisch relevante, pathogene oder resistente Mikroorganismen (MRSA, VRE, ESBL oder MRGN) in der Außenluft ab 50 Metern Entfernung von den Stallungen nicht mehr nachzuweisen sind.

3.2.4 Emissionsmindernde Maßnahmen durch Auslegung der Stallentlüftung

Bei dem geplanten Mastschweinestall für 1.350 Tierplätze am Standort Dentern in Menden, Gemarkung Schwitten, Flur 3, Flurstücke 99 handelt sich zwar um einen Flüssigmiststall (Gülle Keller), aber das Haltungsverfahren weicht erheblich von dem einer konventionellen Intensivtierhaltung ab.

Die Stallbelegung erfolgt mit nachställen quasikontinuierlich. Die Besatzdichte beträgt mindestens 1,2 m²/Tierplatz, also erheblich über der nach Haltungsverordnung erforderlichen Mindestanforderung.

Für die Stallung ist keine aktive Be- und Entlüftung sondern eine freie Lüftung mit Regulierung über Klappen an den Stalllängsseiten Ost-/Westausrichtung vorgesehen (Abbildung 10).



Abbildung 10: Freie Lüftung mit Klappen (Vergleichstall der Inhaberin „Baudissin“)

Bei der Prognoseberechnung wird der Staubemissionsfaktor der Richtlinie VDI 3894 Blatt 1 für Mastschweine im Flüssigmistverfahren eingesetzt, der nur für Anlagen mit Zwangslüftung gilt.

Dem Unterzeichner liegen keine Untersuchungsdaten über die Bioaerosol-Freisetzungen unter solchen abweichenden Haltungsbedingungen vor, jedoch lässt sich folgendes ableiten:

Durch die freie Lüftungsart (Luftwechselraten von 10 – 20) sollte das Aufwirbeln von Feinstaub (PM₁₀) und partikelgebundenen hygienisch/umwelt-medizinisch relevanten Mikroorganismen aus dem Einstreu minimiert werden.

Die hohen Luftaustrittsgeschwindigkeiten bei Über-/Unterdrucklüftungsanlage mit zentralem Abluftturm (Punktquelle) kann bei dezentrale großflächige Öffnungen in der Stallaußenwand und verstärkt bei freier Querlüftung mit Regulierung über Klappen an den gesamten Stalllängsseiten reduziert werden (Volumenquelle), was auch die Emission von Feinstaub (PM₁₀) und partikelgebundenen Bioaerosolen vermindern sollte.

Ferner sind getrennte Funktionsbereiche wie Hütten mit Trog mit Einstreu zum artgerechten Liegen und Außenbereich mit Spalten zum Liegen und Koten mit Tränken vorgesehen (Abbildung 11).



Abbildung 11: Funktionsbereiche (Vergleichstall der Inhaberin „Baudissin“)

Abluftableitung

Die Ausbreitungsrechnung für Feinstaub PM_{10} (Abbildung 9) basiert auf der Windhäufigkeitsverteilung aus den verwendeten Wetterdaten (Kamp 2018). Die Abbildung 12 zeigt die Hauptwind- und die Haupttransport-Richtung für die an Feinstaub gebundenen Bioaerosole an.

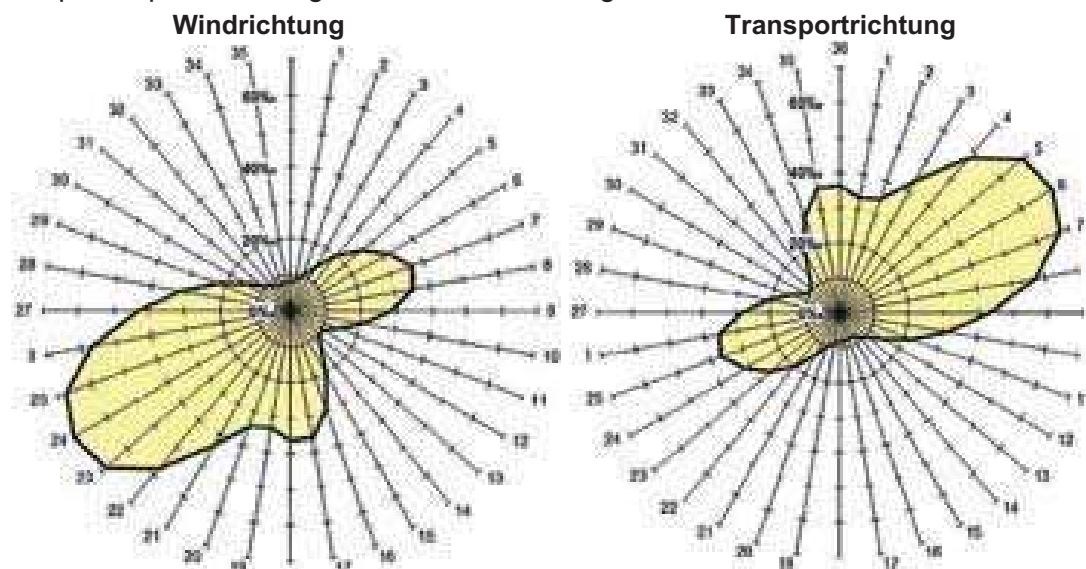


Abbildung 12: Windhäufigkeitsverteilung aus den verwendeten Wetterdaten (Kamp 2018)

Der Offenstall für die Mastschweine wurde als Volumenquelle mit einer vertikalen Ausdehnung von 8 m angesetzt.

Die relativ große Ausdehnung und die Annahme, dass der Stall über die gesamte Gebäudefläche (2.508 m^2) ständig emittiert, reduziert die Ausströmgeschwindigkeit und bewirkt eine schnelle Deposition der partikelgetragenen Bioaerosole.

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

Mantelbepflanzung

Das Gelände hat großräumig eine Neigung Richtung Norden und mit dem Flusstal Richtung Westen. Kaltluftabflüsse würden durch den Talabfluss bestimmt sein, also Richtung Westen. Die

Bildung von Kaltluft wird allerdings durch relativ großflächige Waldbestände südlich des Standortes behindert. Insgesamt ist daher nicht von einem für die vorliegende Prognosesituation relevanten Einfluss durch Kaltluftabflüsse auszugehen.

Nicht nur aus psycho-hygienischen Gründen empfehlen wir nach Norden hin an der Grundstücksgrenze eine heckenartige Mantelbepflanzung, die sowohl die Transportrichtung bei seltenen Südwindlagen als auch die Sedimentation der an Feinstaub gebundenen Bioaerosole positiv beeinflussen kann.

Beurteilungskriterien für Bioaerosole bei Schweinemastbetrieben

Da bei Intensivtierhaltungen (Schweinemastanlagen) 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 (PM_{10}) erfolgen.

Bei der Schweinemasthaltung 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.

3.3 Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen (HAZARD ASSESSMENT)

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.

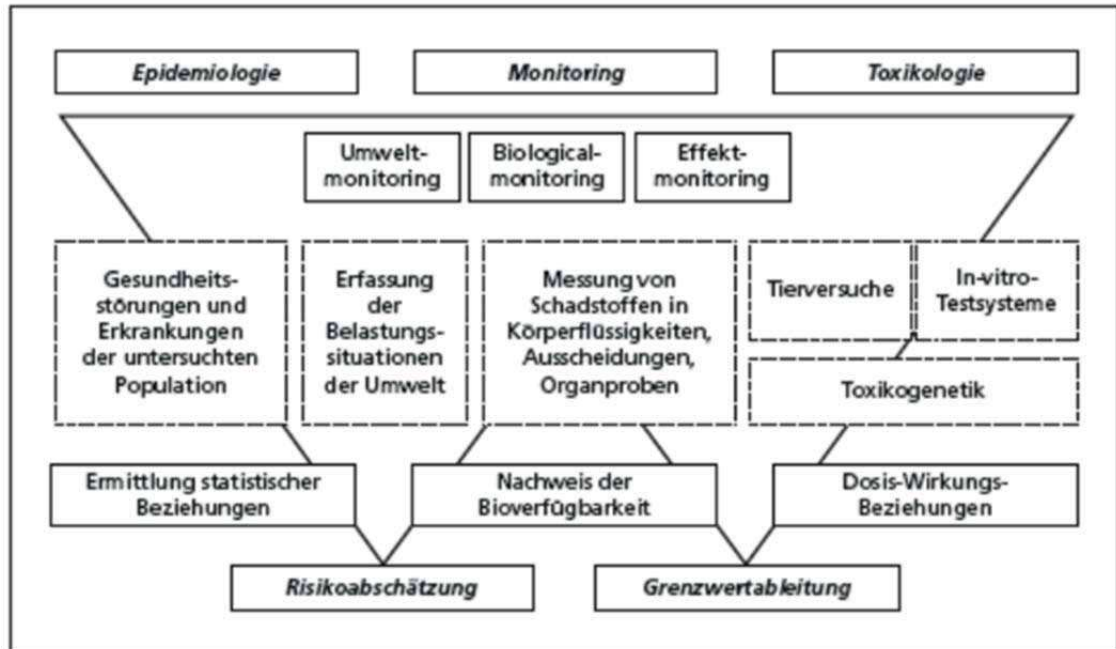


Abbildung 13: Methodische Ansätze in der Umweltmedizin (Dott und Michael 2011)

Im Fokus stehen dabei die Umweltkompartimente Wasser, Boden, Luft sowie Teilgebiete der Lebensmittel-sicherheit und des Verbraucherschutzes. Grundlage der umweltmedizinischen Bewertung der Gefahren bilden dabei die beiden Arbeitsbereiche Monitoring und Toxikologie, auf deren Basis die Ableitung von vorsorge bezogenen Grenzwerten unterschiedlicher Schadstoffklassen (z. B. Emissionen) beruht (Abbildung 13).

Die umweltmedizinische Bewertung der Gefahren 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 Referenz-population 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).

3.3.1 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 Erstickung ($> 60\% \text{ COHb}$) (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 14 zu entnehmen.



Stäube		Gase		Angriffsorte	Wirkung
Bezeichnung	Partikelgröße	Wasserlöslichkeit	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				
Ultrafeine Partikel	< 0,1 µm	Gering	NO ₂ O ₃ O ₂	Alveolen Kapillarwände	• Allgemeine Intoxikation

Abbildung 14: 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 (d_{ae}) eines Teilchens. Dieser wird für Partikel beliebiger Form und Dichte auf die Sinkgeschwindigkeit einer Kugel mit der Dichte 1g/cm^3 in Luft bezogen und bestimmt den Ort der Deposition von inhalieren Partikeln ($> 0,5 \mu\text{m}$) im menschlichen Respirationstrakt. Größere Teilchen des Schwebstaubes ($d_{ae} > 15 \mu\text{m}$) werden nahezu ausschließlich im Nasen-, Rachen- oder Kehlkopfbereich abgelagert, wohingegen kleinere Partikel ($d_{ae} < 10 \mu\text{m}$) im Tracheo-Bronchial- bzw. Alveolarraum deponiert werden (Abbildung 2). Durch die Translokation von Partikeln der Größe $< 0,1 \mu\text{m}$ 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 (siehe Kapitel 3.3.3).

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).

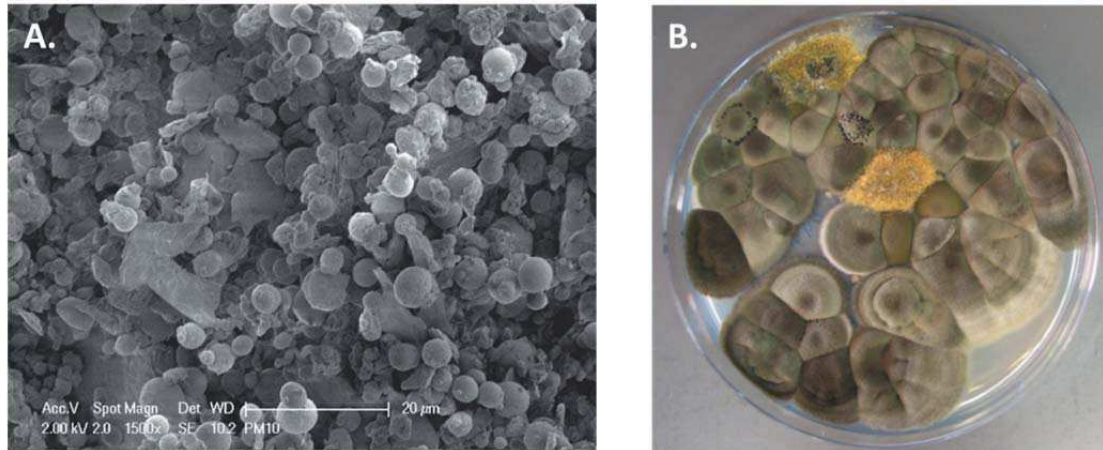


Abbildung 15: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Staubfraktion PM₁₀ mit Staphylokokken (A., 1500-fache Vergrößerung) und Pilzkolonien auf DG18 Agarplatten (B.) Bioaerosolprobe

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 15). 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).

3.3.2 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 16 veranschaulicht die möglichen partikelinduzierten intra- und extrazellulären Prozesse in der Lunge.

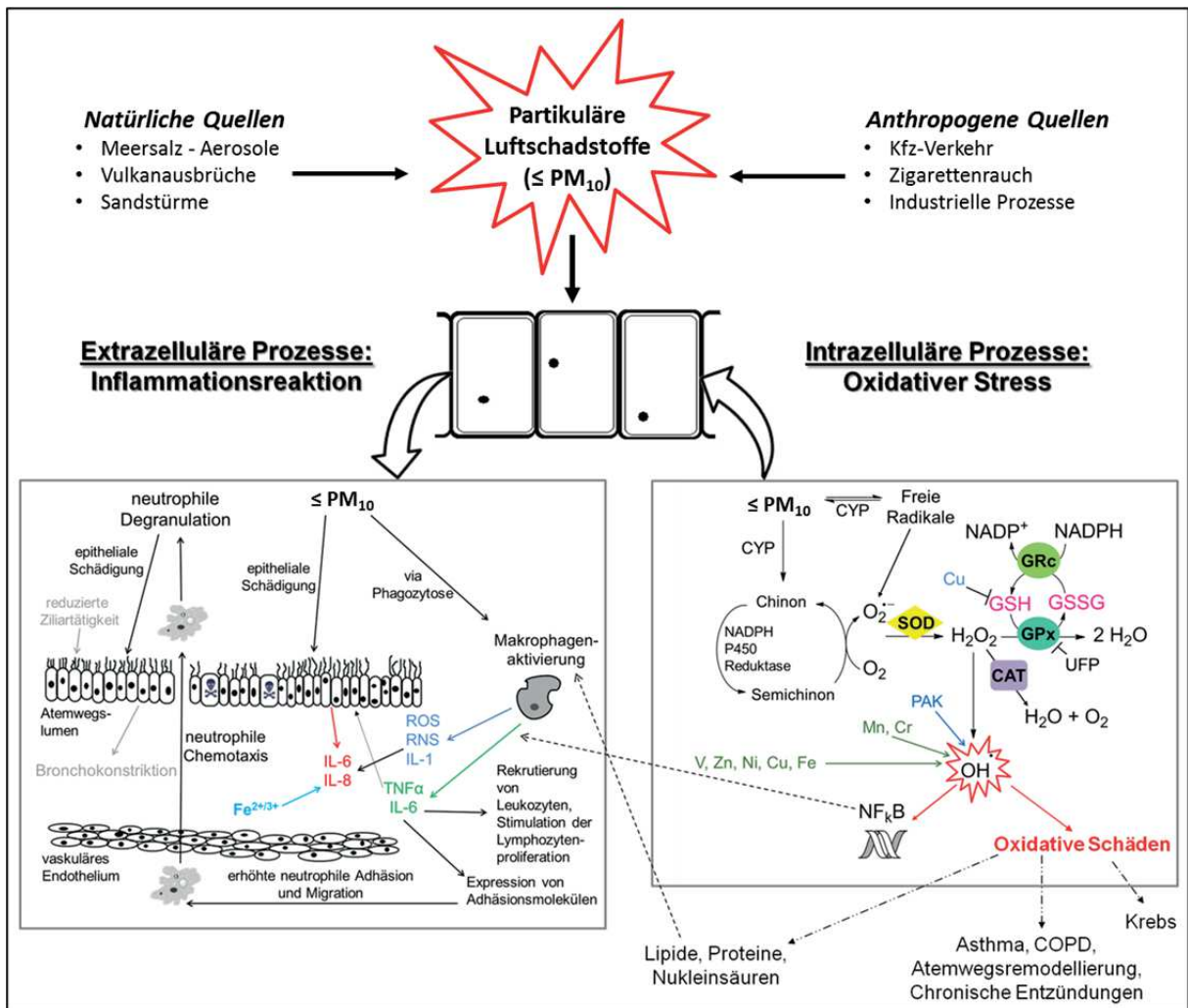


Abbildung 16: Partikelinduzierte intra- und extrazelluläre Wirkmechanismen am Beispiel der Lunge (Michael et al. 2013)

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 ($ROO\cdot$), das Alkoxyradikal ($RO\cdot$), Wasserstoffperoxid (H_2O_2), Hydroperoxid ($ROOH$) sowie angeregte Sauerstoffmoleküle (1O_2). 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 NF κ B 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).

3.3.3 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).

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.**

3.4 Ableitung einer umweltmedizinischen Risikobewertung (RISK ASSESSMENT)

Die umweltmedizinische Risikobewertung von Bioaerosolen bezieht sich auf die Bevölkerung im Allgemeinen und auch auf Einzelpersonen, die in der Nachbarschaft von Anlagen der Tierhaltung möglichen Immissionen ausgesetzt sind.

Im Fokus steht dabei insbesondere das Umweltkompartiment Luft über das die Bioaerosole transportiert werden sowie die pulmonale Aufnahme von lebenden Mikroorganismen, Toxinen und Allergenen.

In Erweiterung der gefahrenbasierten Bewertung durch Monitoring und Toxikologie basiert die umweltmedizinische Risikobewertung im Wesentlichen auf Erhebungen und Daten aus dem Arbeitsbereich der Epidemiologie (Abbildung 13).

Dabei ist nicht nur die Möglichkeit sondern die Häufigkeit oder die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Erkrankungen oder Gesundheitsstörungen eine wesentliche Bestimmungsgröße für das Risiko.

Als Worst-Case-Szenario werden arbeitsplatzrelevante Expositionen und deren berufsbedingte Erkrankungen herangezogen.

3.4.1 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 17).

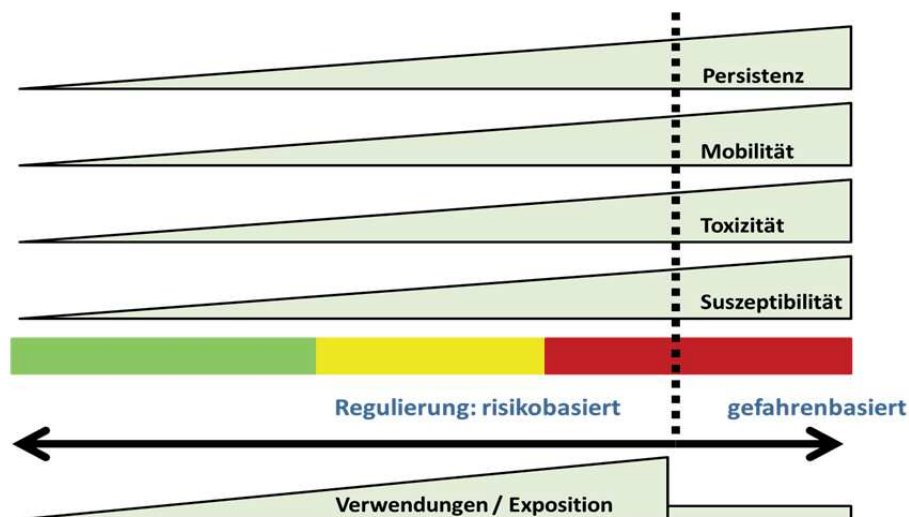


Abbildung 17: Gefahren- oder Risikobasierte Bewertung der gesundheitlichen Beeinträchtigung (Neumann, 2010).

- 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.

3.4.2 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	Frühsummer-Meningoenzephalitis		26	Rotlauf (Erysipeloid)	
9	Giardiasis (Lambliasis)		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	

3.4.3 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 18 und 6) (AABEL 2004, Radon 2005).

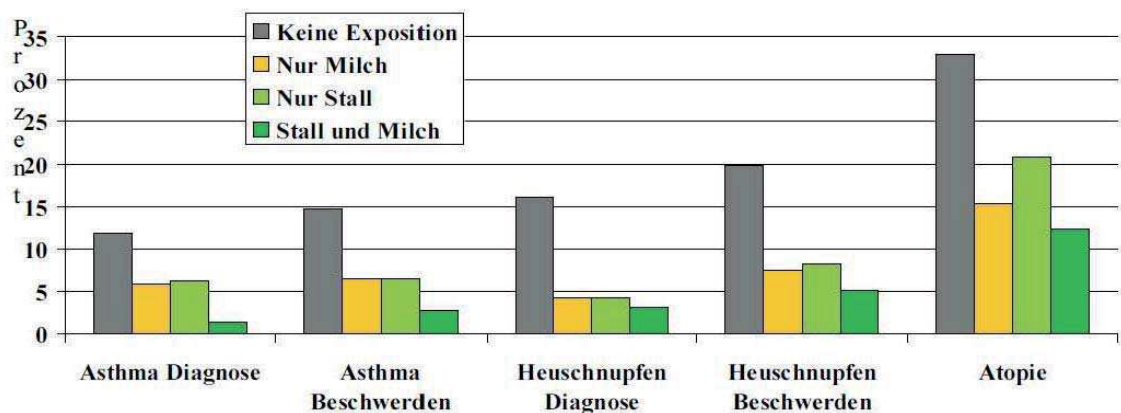


ABB 1: Prävalenzen (in Prozent) in Abhängigkeit von Stallexposition und Bauernmilchkonsum im 1. Lebensjahr (Braun-Fahrlander, Ch., et al, NEJM 347 (2002) 869-877)

Abbildung 18: Gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung (Epidemiologie) (Nowak, 2002).

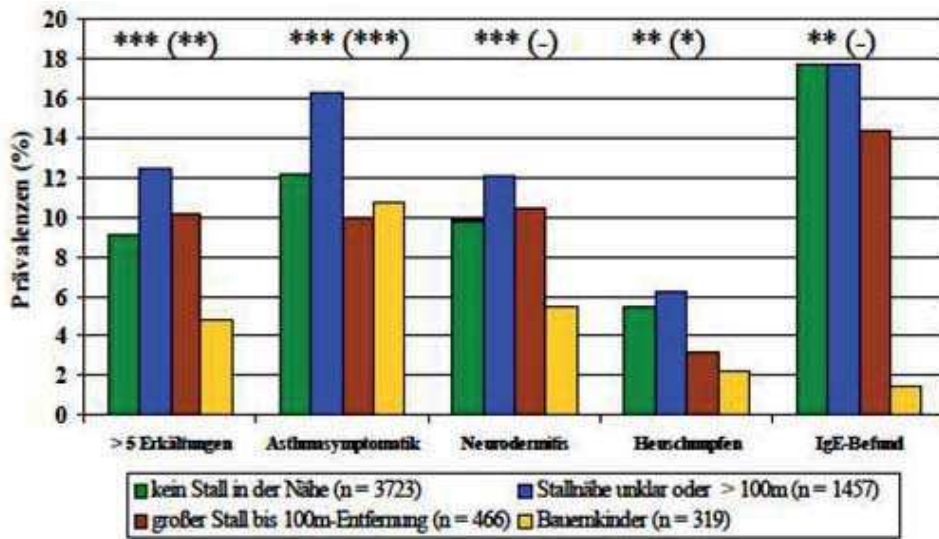


Abbildung 19: Bioaerosole aus der Nutztierhaltung und Symptome / Erkrankungen (Radon 2005).

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.

3.4.4 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 8), kann für Intoxikationen nur bedingt und für Allergien eigentlich keine Risikobewertung vorgenommen werden (Tabelle 7).

Somit ist aus präventiv- und umweltmedizinischer Sicht eine über die Hintergrundbelastung hinausgehende Bioaerosol-Konzentration unerwünscht, auch wenn derzeit 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 20 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 Immunsuppression*	Mittelschwere Immunsuppression*	Schwere Immunsuppression*	Sehr schwere Immunsuppression*
Bioaerosol-Exposition ab 50 Meter				
Bioaerosol-Exposition bis 50 Meter				

* Erläuterungen zu den Einteilungen der Immunsuppression ist Abbildung 8 zu entnehmen.

Abbildung 20: Semiquantitative Risikobewertung eines möglichen Infektionsrisikos durch Bioaerosol-Emissionen aus der Tierhaltung (Wiesmüller 2010).

Zur Ermittlung von Personen unter einem möglichem 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 21). Unabhängig davon haben Personen mit Mukoviszidose (Zystische Fibrose; nicht heilbare Erbkrankheit der Drüsen) ein Infektions- und Allergierisiko.

<p>Risikogruppe 1 (mittelschwere Immunsuppression/-defizienz)</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 <p><i>Patienten, die mehr als 1 Merkmal der unter Risikogruppe 1 aufgeführten Immunsuppression/-defizienz aufweisen, kommen in Risikogruppe 2.</i></p>
<p>Risikogruppe 2 (schwere Immunsuppression/-defizienz)</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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)
<p>Risikogruppe 3 (sehr schwere Immunsuppression/-defizienz)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Allogene KMT/PBSCT in intensiver Therapiephase (bis zum Engraftment = Regeneration der Granulopoese) – Schwere GVHD Grad III oder IV unter intensiver Immunsuppression <p><i>Die Entscheidung über die Zuordnung zu Gruppe 3 bei Patienten nach allogener Stammzelltransplantation wird letztlich in Zusammenschau aller Befunde von den behandelnden Onkologen getroffen.</i></p>

Abbildung 21: Einteilung der Abwehrschwäche (Immunsuppression/-defizienz) in drei Risikogruppen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI) (KRINKO 2010).

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	Mølhav, 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	9x10 ¹ - 1,8x10 ³ 2x10 ³	Pulmonale Effekte Tox. Pneumonitis	Hartung 2011 Rylander 2002
	Downwind: 2x10 ⁰ - 2,3x10 ²	2x10 ³ 1,5x10 ²	FEV1 vermindert Chron. Pulm. Effekte	Donham et al. 89 Smid 1992/93
		1,5x10 ² 9x10 ¹	Atemwegs-Entzünd. FEV1 vermindert	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 21).

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 22: 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.

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. Kann es zur Besiedlung mit multiresistenten Erregern (MRE) kommen?

Es gibt bisher keine Evidenz dafür, dass es bei der Bevölkerung, die ausschließlich in der Nachbarschaft Kontakt zu Anlagen der Tierhaltung hat, zur Besiedlung mit multiresistenten Erregern (MRE) kommt.

Ad 4. Lassen sich aus einer Bioaerosolberechnung Infektionswege bzw. Expositionswege für Sensibilisierungen/Allergisierungen aus der Tierhaltung ableiten und wie weit ist eine Transmission möglich?

Nur für wenige Erreger von Zoonosen besteht die Möglichkeit der Übertragung über den Luftpfad und damit die Aufnahme durch Einatmen (inhalative Übertragung). Infektionen der Bevölkerung in der Nachbarschaft von Geflügelanlagen sind bislang nicht nachgewiesen.

Von einem Kontakt zu sensibilisierenden, allergisierenden Inhaltsstoffen aus Bioaerosolen der Tierhaltung über den Luftpfad kann grundsätzlich ausgegangen werden.

Zur Auslösung von Infektionen bzw. sensibilisierender, allergischer Reaktionen bedarf es aber zusätzlich einer entsprechenden Prädisposition der exponierten Personen.

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

Ad 5. Welche gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Bevölkerung sind aufgrund von epidemiologischen Daten ableitbar?

In der Bevölkerung (Nachbarschaft von Anlagen der Tierhaltung) wurden bisher lediglich für Atopiker (Personen, die eine genetisch festgelegte Bereitschaft haben, auf aerogenen (luftgetragenen), gastrointestinalen (über den Magendarmtrakt) oder kutanen (über die Haut) Kontakt mit natürlichen oder künstlichen Umweltstoffen mit gesteigerter IgE-Bildung zu reagieren) schwache Zusammenhänge zwischen Bioaerosolexpositionen und gesundheitlichen Beschwerden nachgewiesen.

Ad 6. 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 7. Stellt die zukünftig zu erwartende Bioaerosolbelastung eines Mastschweinestalls mit 1.350 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 eines Mastschweinestalls mit 1.350 Tierplätzen wird bezüglich der Feinstaub- und Bioaerosol-Immissionen keine nennenswerte zusätzliche Belastung für die Nachbarschaft darstellen.

- Zur risikobasierten umweltmedizinischen Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigung durch Tierhaltungsanlagen liefern Prognoseberechnungen und unspezifische Keimgutachten keinen validen Beitrag.
- Bei der risikobasierten Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigung durch Tierhaltungsanlagen spielt die individuelle Disposition die entscheidende Rolle => Dispositionsbasierte Risikobewertung.
- Aus der zu erwartenden Immissionsbelastung der geplanten Anlage zur Haltung von Mastschweinen von Herrn Johannes Korte lässt sich kein erhöhtes Risiko für die Gesundheit der Bevölkerung im Umkreis des geplanten Betriebsstandortes Dentern in Menden, Gemarkung Schwitten, Flur 3, Flurstücke 99 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 (PM₁₀) erfolgen.
- Die für Schweinemastbetriebe im Flüssigmistverfahren durch Prognoseberechnung, gemäß Richtlinie VDI 3894, zu erwartenden spezifischen mikrobiellen und chemischen Emissionen erfahren durch das geplante Haltungsverfahren mit Trennung in Funktionsbereiche und freier Lüftung an den Stalllängsseiten eine signifikante Reduzierung.
- Die Reduktion der überwiegend am Feinstaub (PM₁₀) 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 seltenen Ausnahmen für das Gebäude Dentern 41, ist für die anderen in der Umgebung liegenden Wohngebäude keine erhöhte Belastung mit Bioaerosolen 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 suszeptible oder prädisponierte Personen im unmittelbaren Bereich der Emissionsquelle (≤ 50 Meter Abstand) ein nennenswertes 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 eines Mastschweinestalls mit 1.350 Tierplätzen am Standort Dentern in Menden, Gemarkung Schwitten, Flur 3, Flurstücke 99 lässt sich unter Berücksichtigung der vorstehenden Ausführungen kein erhöhtes umweltmedizinisches Gefährdungs-/Risikopotential durch Bioaerosole für die Bewohner der umliegenden Wohngebäude ableiten.

6. Unterschrift

Aachen, 14.11.2018



W. Dott