

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

Stadt Ellwangen
Amt für Stadtentwicklung
Sachgebiet Stadtplanung
z. Hd. Herrn Michael Bader
Patrick Salzer
Spitalstraße 4
73479 Ellwangen

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)171 4267271
Fax: +49-(0)241 603536
e-mail: Wolfgang.Dott@post.rwth-aachen.de
Steuer-Nr. 201/5087/5241
Finanzamt Aachen-Innenstadt

Aachen, am 10. Oktober 2022

Wissenschaftliche Begutachtung zur Abschätzung eines umweltmedizinischen Risikopotentials durch Bioaerosole aus einem landwirtschaftlichen Betrieb mit Masthähnchenhaltung und entsprechenden Nebenanlagen auf die im Rahmen des Bebauungsplans „Gewerbegebiet Neunheim IX“ geplante Erweiterung.
Bezug: Anfrage vom 23.09.2022

Zusammengestellt von

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Dott

Im Auftrag von
Herrn Michael Bader
Stadt Ellwangen, Amt für Stadtentwicklung,
Sachgebiet Stadtplanung
Spitalstraße 4, 73479 Ellwangen
Vom 10.10.2022

GLIEDERUNG

Gliederung

- 1. Zielsetzung und Fragestellung**
- 2. Materialien**
 - 2.1 Literatur (gesundheitsbezogene in Fettdruck)**
 - 2.2 Richtlinien und Regelwerke**
 - 2.3 Planungsunterlagen, Gutachten und Stellungnahmen**
 - 2.4 Aktuelle Literaturrecherche**
- 3. Ergebnisse**
 - 3.1 Emissionen, Immission und Erkrankungsmöglichkeiten (EXPOSITIONSVORSORGE)**
 - 3.1.1 Bioaerosol-Emission aus unterschiedlichen Anlagen
 - 3.1.2 Transmission und Immissionsbelastung von Mikroorganismen, (Myko)Toxinen und (M)VOC
 - 3.2 Umweltmedizinische Bewertung Bioaerosol-Immissionen (HAZARD ASSESSMENT)**
 - 3.2.1 Gesundheitliche Wirkung von Emissionen
 - 3.2.2 Toxikologische Wirkmechanismen von biogenen und chemischen Partikeln
 - 3.2.3 Erkrankungsmöglichkeiten durch luftgetragene biologische Agenzien (Infektionen, Sensibilisierungen, Allergisierungen, toxische Reaktionen)
 - 3.3 Bewertung der standortbezogenen Bioaerosol-Emissionen/Immissionen**
 - 3.3.1 Anlagenspezifische (Bioaerosol)-Emissionen
 - 3.3.2 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
 - 3.3.3 Standort- und Betriebsbedingungen
 - 3.3.4 Immissionsprognosen für Feinstaub und Bioaerosole
 - 3.3.4.1 Zusatzbelastung für Feinstaub (PM₁₀)
 - 3.3.4.2 Ausbreitungsberechnung von Staphylokokken (Leitparameter)
 - 3.3.5 Emissionsmindernde Maßnahmen durch Mantelbepflanzung bzw. eine Grünbarriere
 - 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
 - 3.4.4.1 Infektionsrisiken
 - 3.4.4.2 Intoxikationsrisiken
 - 3.4.4.3 Allergie-/Sensibilisierungsrisiken
 - 3.4.4.4 Risiken durch Geruchsbelastungen
 - 3.4.4.5 Risiken von Befindlichkeitsstörungen, Belästigungsreaktionen
- 4. Beantwortung der eingangs gestellten Fragen**
- 5. Zusammenfassende Bewertung**
- 6. Unterschrift**

ZIELSETZUNG - FRAGESTELLUNG

1. Zielsetzung und Fragestellung

Die Gemeinde Ellwangen plant nördlich von Ellwangen-Neunheim das bestehende Gewerbegebiet im Rahmen des Bebauungsplans „Gewerbegebiet Neunheim IX“ zu erweitern. Dazu ist vorgesehen, die landwirtschaftlich genutzten Flächen zu gewerblichen Bauflächen zu entwickeln.

Für die Gewerbegebietserweiterung wurde ab 2018 verwaltungsintern ein Gewerbeflächenkonzept entwickelt und seit Mai 2019 in der Öffentlichkeit diskutiert.

Im Umfeld der geplanten Gewerbegebiet-Erweiterung in nördlicher Richtung befinden sich zwei landwirtschaftliche Betriebe mit Masthähnchenhaltung (3 Ställe) und entsprechende Nebenanlagen. Darüber hinaus ist nördlich der Stallungen eine Biogasanlage zur Verwertung von Hühnermist geplant.

Aufgrund der Nähe zu den Gebäuden und Verkehrsflächen des geplanten Gewerbegebietes konnte eine Beeinträchtigung durch Gerüche, Staub und Bioaerosole erwartet werden.

Im Rahmen des Planverfahrens wurde die Fa. Müller-BBM GmbH mit der Erstellung einer Geruchsimmissionsprognose nach GIRL (2009) in Verbindung mit TA Luft (2021) und VDI 3783 Blatt 13 beauftragt, welche zu der folgenden zusammenfassenden Bewertung kommt:

„Innerhalb des geplanten Gewerbegebiets werden für ein Gewerbegebiet zulässige Geruchsbelastungen bis zu 20 % der Jahresstunden errechnet. In Bereichen bis zu maximal 15 % bestehen keine Beschränkungen bei der Ausweisung, d.h. hier wäre auch Wohnnutzung innerhalb des Gewerbegebiets zulässig.

In Bereichen zwischen 15 % und 20 % Geruchswahrnehmungshäufigkeit ist Bebauung und Nutzung im Rahmen eines Gewerbegebiets mit Ausnahme von Wohnnutzungen festsetzbar. Oberhalb von 25 % sollte nach Anhang 7 TA Luft eine Bebauung mit ständigen Arbeitsplätzen vermieden werden.

Die berechneten Geruchsbelastungen stehen somit einer rein gewerblichen Bebauung und Nutzung innerhalb des Plangebiets (und auch innerhalb des östlich anschließenden Bebauungsplans Neunheim VII) nicht entgegen.

Diese Bewertungen gelten sowohl für die Bestandssituation (ohne Biogasanlage) als auch für den Planfall des landwirtschaftlichen Betriebs (mit Biogasanlage).

In Bezug auf den hier untersuchten Umfang bestehen aus gutachterlicher Sicht keine Anhaltspunkte dafür, dass durch die bestehende bzw. die geänderte Tierhaltung sowie die geplante Biogasanlage schädliche Umwelteinwirkungen oder sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft im Bereich des geplanten (und des bestehenden) Gewerbegebietes hervorgerufen werden können“ (Rühling und Weyland 2022).

Zur Prüfung, ob durch eine Tierhaltungs-Anlage schädliche Umwelteinwirkungen durch Bioaerosole im Sinne des BImSchG hervorgerufen werden, wurde vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) ein Leitfaden entwickelt (Anonym 2014). Darin werden Kriterien aufgestellt, wann eine Sonderfallprüfung bzgl. der Bioaerosol-Immissionen erforderlich ist.

In den Ausbreitungsrechnungen für Staub ($PM_{10/2,5}$) und Bioaerosole wurden für den nördlichen Bereich des geplanten Baugebiets „Neunheim IX“ jahresmittlere Konzentrationen von Staphylokokken in einer Größenordnung von ca. 1.720 KBE/m³ (ohne Wall) und bis zu 968 KBE/m³ (mit Berücksichtigung eines ca. 10m hohen unbepflanzten Walls) prognostiziert; eine Bepflanzung des Walls oder eine größere Wallhöhe können zu weiteren Reduktionen führen (Rühling 2022).

Damit ist gemäß LAI-Leitfaden der Orientierungswert für einen anlagenspezifischen Bioaerosol-Leitparameter (z.B. Staphylococcus spp.) um mehr als den Faktor 2 bis 3 (maximal 10³ KBE/m³) überschritten, was als sehr kritisch bewertet wird: **„Schädliche Umwelteinwirkungen sind mit hinreichender Wahrscheinlichkeit nicht mehr ausgeschlossen“.**

ZIELSETZUNG - FRAGESTELLUNG

Daher wird ebenfalls gemäß LAI-Leitfaden eine gesundheitliche Bewertung durch ein Fachgutachten notwendig (Definition im LAI-Leitfaden: „Qualifikation von Fachgutachtern z. B. Umweltmediziner, Toxikologen“).

Mit Mail vom 30.09.2022 wurden wir von Herrn Michael Bader, Amt für Stadtentwicklung der Stadt Ellwangen um die Abschätzung eines umweltmedizinischen Risikopotentials durch Bioaerosole aus einem landwirtschaftlichen Betrieb mit Masthähnchenhaltung und entsprechenden Nebenanlagen auf die im Rahmen des Bebauungsplans „Gewerbegebiet Neunheim IX“ geplante Erweiterung gebeten. Nach Ableitung der

- Emissionen, Immissionen und Erkrankungsmöglichkeiten (**EXPOSITIONSVORSORGE**), der
- umweltmedizinischen Bewertung der Bioaerosol-Immissionen (**HAZARD ASSESSMENT**), der
- Bewertung der standortbezogenen Bioaerosol-Emissionen/Immissionen erfolgte die Ableitung

einer umweltmedizinischen Risikobewertung (**RISK ASSESSMENT**):

In dem Gutachten wird dargelegt, dass ab einem Abstand von 50 m von den Emissionsquellen (Stallungen) der beiden Masthähnchenanlagen mit hinreichender Wahrscheinlichkeit eine erhöhte, umweltmedizinisch relevante Gesundheitsbeeinträchtigung (Infektionen, toxische Reaktionen, Allergisierung/Sensibilisierungen) der Beschäftigten und Besucher durch Bioaerosole in dem geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“ ausgeschlossen werden kann.

Dazu werden 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. ***Ist das umweltmedizinischen Risikos durch Bioaerosole für die geplante Erweiterung des Gewerbegebietes „Neunheim IX“ anhand der vorliegenden Daten (Standortbeschreibung, Emissions-/Immissions-prognosen) abschätzbar?***
2. ***Welche Messparameter für Bioaerosole sind geeignet, eine mögliche gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung abzuleiten?***
3. ***Welches methodische Vorgehen ist für eine valide umweltmedizinischen Risikobewertung von Bioaerosolen angezeigt?***
4. ***Gibt es eine gefahren- oder ausschließlich eine risikobasierte Bewertung der gesundheitlichen Beeinträchtigung?***
5. ***Gibt es berufsbedingte Erkrankungen in dem besonders stark gegenüber Bioaerosolen exponierten Personenkreis (Worst-Case-Szenario)?***
6. ***Besteht bei den von den Sachverständigen Dipl.-Met. A. Rühling und Dipl.-Forstwirtin Elodie Weyland prognostizierten Geruchs- und Bioaerosol-Immissionen ($PM_{10/2,5}$, Gesamtzahlen (KBE/m^3) Staphylokokken) für Beschäftigte und Besucher in dem geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“ ein akutes Gesundheitsrisiko?***
7. ***Welchen Einfluss hätte die geplante Biogasanlage auf die Emission und Immission von Bioaerosolen?***
8. ***Welchen Einfluss haben die erweiterten Immissionsschutz-Maßnahmen wie Abluftreinigung und Mantelbepflanzung auf die Immission von Bioaerosolen und sind sie aus Vorsorgegesichtspunkten notwendig?***
9. ***Welche gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Beschäftigten und Besucher in dem geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“ sind aufgrund der vorliegenden Emissions-/Immissionsdaten für Bioaerosole, den Erfahrungen mit vergleichbaren Emissionsquellen sowie von validen epidemiologischen Daten grundsätzlich möglich?***
10. ***Stellt die zu erwartende Bioaerosolbelastung in dem geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“ ein erhöhtes Risiko für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Beschäftigten und Besucher dar?***

MATERIALIEN

2. Materialien

2.1 Literatur (gesundheitsbezogene in Fettdruck)

- **AABEL: „Atemwegserkrankungen und Allergien bei Einschulungskindern in einer ländlichen Region.“ (2004) Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, Hannover**
- Aghaei, M., K. Yaghmaeian, M.S. Hassanvand, M.H. Hedayati, F. Yousefian, H. Janjani, R. Nabizadeh and M. Yunesian (2020): Exposure to endotoxins and respiratory health in composting facilities. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2020 Oct 1;202:110907. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.110907.
- Althaus, H., Jung, K.D., Matthess, G. and Pekdeger, A., 1982. Lebensdauer von Bakterien und Viren in Grundwasserleitern. *Umweltbundesamt Materialien*, 1/82:190 pp.
- Bai, H, L.Y. He, D.L. Wu, F.Z. Gao, M. Zhang, H.Y. Zou, M.S. Yao and G.G. Ying (2022): Spread of airborne antibiotic resistance from animal farms to the environment: Dispersal pattern and exposure risk. *Environ Int.* 2022 Jan;158:106927. doi: 10.1016/j.envint.2021.106927.
- **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**
- Bloomfield, S.F., G.A. Rook, E.A. Scott, P. Shanahan, R. Stanwell-Smith, P. Turner: Time to abandon the hygiene hypothesis: new penpectives on allergic disease, the human microbiome, infectious disease prevention and the role of targeted hygiene. *Perspect. Public Health* 136 (2016) 213-224.
- Bonlokke, J.H., M. Vellette, A. Meriaux, C. Duchaine, Y. Connfer: Work-related health effects in swine building workers alter respiratory protection use. *J.Occup. Environ. Med.* 54 (2012) 1126-1132.
- Borlee, P., C.J. Yzennans, C.E. van Dijk, D. Heederik, L.A. Smit,: Increased respiratory symploms in copd patients living in the vicilUty of Jivesiock farms. *Eur. Resp. J.* 46 (2015) 1605 - 1614 .
- Bllers, S., 2005. Environmental stressors, perceived control, and health: the case of residents near Jarge-scale hog farms in eastern nonh carolina. *Hum. Ecol.* 33.
- Bünnger J.: Arbeitsmedizinische Krankheitsbilder. In: Bioaerosole aus Geflügelställen – Gesund-heitliche Beeinträchtigung der Nachbarschaft? Fachgesp. Bioaerosole. LGA NS. 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.
- **Dijkstra, F., W. van der Hoek, N. Wijers, B. Schimmer, A. Rietveld, C.J. Wijkman, C.J.: The 2007-2010 Q-fever epidemic in the netherlands: characteristics of nolified acu1e q fever patients and the association with dalry goat fanning. FEMS Immunol. Med. Micobiol. 64 (2012) 3-12.**
- Donham, K., P. Haglind, Y. Peterson, R. Rylander, L. Belin: Environmental and health studies of farm workers in swedish swine confinement buildJngs. *Br. J. Jnd. Med.* 46 (1989) 31-37 .
- Donham, K.J., D. Cumro, S.J. Reynolds, J.A. Merchant: Dose-response relationships beetween occupational aerosol exposures and cross-shift declines of lung functtion in poultry workers: recommendations for exposure Jimits. *J. Occup. Environ. Med.* 42 (2000) 260-269.
- Dosman, J.A., Pukushima, Y., Senthilselvan, A., Kirychuk, S.P., Lawson, J.A., Pahwa, P.: Respiratory response to endotoxin and dust predicts evidence of inflammatory response in volunteers in a swine bam. *Am. J. Ind. Med.* 49, (2006) 761-766
- **Dott, W.: Hygienische und umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosolen nach der Anpassung der TA Luft. VDI Wissensforum, VDI-Fachkonferenz „Anpassung der TA Luft“, 13.-14.02.2019 Düsseldorf**
- **Dott W., Merck H.F., Neuser J., Osieka R: Lehrbuch der Umweltmedizin, Grundlagen – Untersuchungsmethoden - Krankheitsbilder - Prävention, Wiss. Verlags-GmbH 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**

MATERIALIEN

- Dott, W. und G.A. Wiesmüller (2013): Wissenschaftliche Begutachtung der Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt „BioAluRein“. Teil II: Aktuelle Daten zum Biowäscher und Rieselbettreaktor aus dem Zeitraum vom 24.07.2012 bis 05.03.2013, S. 1-40
- Douglas P, S. Robertson, R. Gay, A.L. Hansell and T.W. Gant: **A systematic review of the public health risks of bioaerosols from intensive farming.** *Int J Hyg Environ Health.* **221** (2018) 134-173.
- Douglas, P., I. Bakolis, F. Fecht, C. Pearson, M. Leal Sanchez, R., Kinnersley, K. de Hoogh, A.L. Hansell: **Respiratory hospital admission risk near large composting facilities.** *Int J Hyg Environ Health.* **219** (2016) 372-379
- 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
- Eduard, W., N. Pearce, J. Ouwes: **Chronic bronchitis, copd, and hmg function in farmers: the role of biological agents.** *Chesi* **136** (2009) 716-725.
- Eduard, W., D. Heederik, C. Duchaine, B.J. Green: **Bioaerosol exposure assessment in the workplace: the past, present and recent advances.** *J. Environ. Monit.* **14** (2012) 334-339 .
- 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.
- Flies, E., L.J. Clarke, B.W. Brook and P. Jones (2020): Urbanisation reduces the abundance and diversity of airborne microbes - but what does that mean for our health? A systematic review. *Sci Total Environ.* 2020 Oct 10;738:140337. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140337.
- Gärtner, A., A. Gessner, U. Jäckel: Ermittlung von Mikroorganismen-Emissionen einer Hähnchenmastanlage. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft*, 69 (2009) 359–362.
- Gärtner, A., A. Gessner, E. Martin und U. Jäckel (2011): Emissionsmessungen von Mikroorganismen aus Hähnchenmastanlagen – Aktuelle Messergebnisse und vergleichende Untersuchungen von drei verschiedenen Ställen. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 71 (9) 362–366
- Gärtner, A., A. Gessner und S. Knust (2014): Ermittlung der Emissionen von Mikroorganismen aus Schweinemast-Anlagen. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 74 (11/12) 505–510
- Gärtner, A., Gessner, A., Martin, E., Jäckel, U.(2013): Emissionen aus der Hähnchenmast – Untersuchungen zur Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft und Antibiotikaresistenz – Teil 1: Konzept und methodisches Vorgehen. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 73 (9) 372–374. – Teil 2: Ergebnisse. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 74 (9) 377– 383.
- Gärtner, A., A. Gessner, S. Gromöller, K. Klug, S. Knust, U. Jäckel (2016): Emissionen aus Hähnchenmastanlagen – Untersuchungen zur Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft und Antibiotikaresistenz. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft*, 76, 31–38.
- Gärtner, A., F. Geburek, J. Geiger, A. Gessner, D. Gladtko, H. Hebbinghaus, D. Heller, V. Müller-Keilholz, P. Scholten und S. Wurzler (2017): Bioaerosole aus der Tierhaltung. *LANUV-Fachbericht* 80. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, 1 – 58
- Gerba, C. P. and G. Bitton: Applied and Theoretical Aspects of Virus Adsorption to Surfaces. *Adv. Appl. Microbiol.* 30:133 (1984)
- Green C.F.: The potential for community exposures to pathogens from an urban dairy. *J Environ Health* 74 (2012) 22-28
- HBM Anonym: Stellungnahme der Kommission “Human-Biomonitoring” des Umweltbundesamtes (2011), Aktualisierung der Stoffmonographie Cadmium-Referenz- und Human-Biomonitoring (HBM)-Werte, *Bundesgesundheitsblatt*, 54:981-996
- Hahne, J. und J. Rump (2018): Particulate matter reduction in exhaust gas from poultry keepings. *Landtechnik* 73 (4) 129–141
- 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
- Han, Y., K. Yang, T. Yang, M. Zhang, L. Li: **Bioaerosols emission and exposure risk of a wastewater treatment plant with A²O treatment process.** *Ecotoxicol Environ Saf.* **169** (2018) 161-168

MATERIALIEN

- 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
- Han, Y., K. Yang, T. Yang, M. Zhang, L. Li: Bioaerosols emission and exposure risk of a wastewater treatment plant with A²O treatment process. *Ecotoxicol Environ Saf.* 169 (2018) 161-168
- 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
- Hooiveld, M., L.A. Smil, F. van der Sman-de Beer, I.M. Wouters, C.E. van Dijk, P. Spreeuwenberg: Doctor-diagnosed health problems in a region with a high density of concentrated animal feeding operations: a cross-sectional study. *Environ. Health* 15, (2016) 24.
- Hooiveld, M., L.A.M. Smit, F. van der Sman-de Beer, I.M. Wouters, C.E. van Dijk, P. Spreeuwenberg, D.J.J. Heederik, C.J. Yzermans: Doctor-diagnosed health problems in a region with a high density of concentrated animal feeding operations: a cross-sectional study. *Environ Health.* 15 (2016) 24.
- Hooiveld M, C. van Dijk, F. van der Sman-de Beer, L.A. Smit, M. Vogelaar, I.M. Wouters, D.J. Heederik, C.J. Yzermans CJ.: Odour annoyance in the neighbourhood of livestock farming - perceived health and health care seeking behaviour. *Ann Agric Environ Med* 22 (2015) 55-61.
- Hooiveld M, T. van de Groep, T.J. Verheij, M.A. van der Sande, R.A. Verheij, M.A. Tacken, G.A. van Essen: Prescription of antiviral drugs during the 2009 influenza pandemic: an observational study using electronic medical files of general practitioners in the Netherlands. *BMC Pharmacol Toxicol.* 14 (2013) 55.
- Hoopmann, M., O. Hehl, F. Neisel, T. Werfel: Associations between bioaerosols coming from livestock facilities and asthmatic symptoms in children. *Gesundheitswesen* 68 (2006) 575-584 {Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Gennany)}.
- Huijskens, E.G., L.A. Smit, J.W. Rossen, D. Heederik, M. Koopmans: Evaluation of patients with community-acquired pneumonia caused by zoonotic pathogens in an area with high density of animal farms. *Zoonoses Public Health* 63 (2016) 160-166 .
- Johnston, J.D., A.E. Cowger and K.S. Weber (2022): Bioaerosol and microbial exposures from residential evaporative coolers and their potential health outcomes: A review. *Indoor Air.* 32e (2022) 1 -17. <https://doi.org/10.1111/ina.13082>
- Kalkowska, D.A., G.L. Boender, L.A.M. Smit, C. Baliatsas, J. Yzermans, H. Heederik, T.J. Hagenaars: Associations between pneumonia and residential distance to livestock farms over a five-year period in a large population-based study. *PLoS One.* 2018 Jul.
- Khan, M.S., S. Coulibaly, T. Matsumoto, Y. Yano, M. Miura, Y. Nagasaka, M. Shima, N. Yamagishi, K. Wakabayashi, T. Watanabe: Association of airborne particles, protein, and endotoxin with emergency department visits for asthma in Kyoto, Japan. *Environ Health Prev Med.* 23 (2018) 41.
- Kim, Ki-Hyun, E. Kabir and S.A. Jahan (2018): Airborne bioaerosols and their impact on human health. *J Environm. Sci.* 67 (2018) 23 – 35
- Klous G, M.A.L. Smit, G.S. Freidl, F. Borlée, W. van der Hoek, C.J. IJzermans, M.E.E. Kretzschmar, D.J.J. Heederik, R.A. Coutinho, A. Huss: Pneumonia risk of people living close to goat and poultry farms - Taking GPS derived mobility patterns into account. *Environ Int.* 115 (2018) 150-160
- 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
- Kozajda A, Ježak K and Kapsa A. (2019): Airborne Staphylococcus aureus in different environments-a review. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2019 Dec;26(34):34741-34753. doi: 10.1007/s11356-019-06557-1.
- LANUV NRW (2017): Bioaerosole aus der Tierhaltung. LANUV-Fachbericht 80, Seiten 1 – 55, ISSN 1864-3930, Recklinghausen
- 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

MATERIALIEN

- Masclaux, F.G., O. Sakwinska, N. Charrière, E. and Semaani, A. (2013): Concentration of airborne *Staphylococcus aureus* (MRSA and MSSA), total bacteria, and endotoxins in pig farms. *Ann Occup Hyg.* 2013 Jun;57(5):550-7. doi: 10.1093/annhyg/mes098.
- Michael, S., Montag, M., Dott, W. (2013): Pro-inflammatory effects and oxidative stress in lung macrophages and epithelial cells induced by ambient particulate matter, *Environ Poll.*, 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
- **Mirabelli, M.C., S. Wing, S.W. Marshall, T.C. Wilcosky: Asthmasymptoms among adolescents who attend public schools that are located near confined swine feeding operations. *Pediatrics* 118 (2006) 66-75.**
- 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
- **Nygard, K., O. Wemer-Johansen, S. Ronsen, O.A. Caugant, O. Simonsen, A. Kanestrom: An outbreak of legionnaires disease caused by long-distance spread from an industrial air scrubber in S111J1Sbors, norway. *Oin. Infect.* 46 (2008) 61--69.**
- 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.
- **Pavilonis. B.T., W.T. Sanderron, J.A. Merchant: Relative exposure to swine animal feeding operations and childhood asthma prevalence in an agricultural cohort. *Environ. Res.* 122 (2013) 74-80.**
- **Pearson, C, E. Littlewood, P. Douglas, S. Robertson, T.W. Gant, A.L. Hansell: Exposures and health outcomes in relation to bioaerosol emissions from composting facilities: a systematic review of occupational and community studies. *J. Toxicol. Environ. Health B Crit. Rev.* 18 (2015) 43-69 .**
- **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**
- **Radon, K., A. Schulze, V. Ehrenstein, R.T. van Strlen, G. Praml, G., D. Nowak: Environmental exposure to confined animal feeding operations and respiratory health of neighboring residents. *Epidemiology* 18 (2007) 300-308**
- Rühlmann, S. (2014) Bericht zur Ermittlung spezifischer Keimimmissionen. LWK Niedersachsen, 10.01.2014, Oldenburg
- Ruiz-Gil, T, J.J. Acuña, S. Fujiyoshi, D. Tanaka, J. Noda, F. Maruyama and Jorquera MA (2020): Airborne bacterial communities of outdoor environments and their associated influencing factors. *Environ Int.* 2020 Dec;145:106156. doi: 10.1016/j.envint.2020.106156.
- **Sahlander, K., K. Larsson, L. Palmberg: Altered innate immune response in farmers and smokers. *Innate Immun.* 16 (2010) 27-38.**
- 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
- **Schinasi, L., R.A. Honon, V.T. Guidry, S. Wing, S.W. Marshall, K.B. Modand: Air pollution, lung function and physical symptoms in communities near concentrated swine feeding operations. *Epidemiology* 22 (2011) 208-215.**
- Schneider, D., U. Jäckel, A. Gärtner und F. Dieterich (2015): Taxonomische Charakterisierung luftgetragener Bakterien der Familie Staphylococcaceae in Emissionen von Hähnchenmastanlagen. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 75 (9) 340–346.
- 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

MATERIALIEN

- 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.
- Smit, LA., F. van der Sman-de Beer, A.W. Opstal-van Winden, M. Hooiveld, M., J. Beekhuizen, I.M. Wouters: Q-fever and pneumonia in an area with a high livestock density: a large population-based study. PLoS One 7, e38843. (2012)
- Smit, L.A., M. Hooiveld, F. van derSman-de Beer, A.W. Opstal-van Winden, J. Beekhuiien, I.M. Wouters: Air pollution from livestock farms, and asthna, allergic rhinitis and copd among neighbouring residents. Occup. Environ. Med. 71 (2014) 134-140 .
- Stiemsma, L.T., L.A. Reynolds, S.E. Turvey, B.B. Finlay: The hygiene hypothesis: current perspectives and future therapies. ImmunoTargets Therapy 4 (2015) 143-157
- Ulbig, E., R. F. Hertel, G.-F. Böhl: Evaluierung der Kommunikation über die Unterschiede zwischen „risk“ und „hazard“ . BfR-Wissenschaft, 02 (2009), 91 Seiten, 21 Abbildungen, 13 Tabellen, ISSN 1614-3795 ISBN 3-938163-37-2.
- van Dijk, C.E., L.A. Smit, M. Hooiveld, J.P. Zock, I.M. Wouters, D.J. Heederik, C.J. Yzermans: Associations between proximity to livestock farms, primary health care visits and self-reported symptoms. BMC Fam Pract. 2016 Feb 19;17 (2016) 22
- Venter, P., J. F. R. Lues, and H. Theron: Quantification of bioaerosols in automated chicken egg production plants. Poult. Sci. 83 (2004) 1226 – 1231.
- Walser, S.M., D.G. Gerstner, B. Brenner, J. Bünger, T. Eikmann, B. Jansen, S. Kolb, D. A. Kolk, Nowak, M. Raulf, S. Sagunski, N. Sedlmaier, R. Suchenwirth, G. Wiesmüller, K.M. Wollin, I. Tesseraux, C.E. Herr: Evaluation of exposure-response relationships for health effects of microbial bioaerosols - A systematic review. Int J Hyg Environ Health. 218 (2018) 577-589.
- Wiesmüller GA, Heinzow B, Herr CEW.: Befindlichkeitsstörungen in Innenräumen. Umweltmed – Hygiene – Arbeitsmed 18 (2013) 30-34
- Zamfir, M., D.G. Gerstner, S.M. Walser, J. Bünger, T. Eikmann, S. Heinze, A. Kolk, D. Nowak, M. Raulf, H. Sagunski, N. Sedlmaier, R. Suchenwirth, G.A. Wiesmüller, K.M. Wollin, I. Tesseraux, C.E.W. Herr: A systematic review of experimental animal studies on microbial bioaerosols: Dose-response data for the derivation of exposure limits. Int J Hyg Environ Health. 2018 Nov 26. (Epub)
- Younis F, Salem E, Salem (2020): Respiratory health disorders associated with occupational exposure to bioaerosols among workers in poultry breeding farms. Environ Sci Pollut Res Int. 2020 Jun;27(16):19869-19876. doi: 10.1007/s11356-020-08485-x.

2.2 Richtlinien und Regelwerke

- Anonym (2014): LAI-Leitfaden „Bioaerosole“ zur Ermittlung und Bewertung von Bioaerosol-Immissionen der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz vom 31.01.2014.
- BMGS (2003): „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.
- DLG-Merkblatt 403 (2014): 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 (2011): 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. 05.11.2009
- LANUV-Fachbericht 80: Bioaerosole aus der Tierhaltung. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Recklinghausen 2017, 1 -58, ISSN 1864-3930
- TA Luft (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021 (GMBI. 2021, Nr. 48–54, S. 1050 -1192)
- TRBA 450: Einstufungskriterien für Biologische Arbeitsstoffe, Ausgabe: Juni 2016, GMBI. Nr. 23 vom 22. Juni 2016, S. 445

MATERIALIEN

- MELUR SH (2014): Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an Tierhaltungsanlagen und an Anlagen zur Lagerung von Gülle vom 26.06.2014, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, V 64/V 62 570.220.200, Amtsblatt Schleswig-Holstein vom 14.07.2014, S. 523, Kiel
- VDI 2263 Blatt 6.1 (2009): Staubbrände und Staubexplosionen Gefahren - Beurteilung - Schutzmaßnahmen, Brand- und Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen Beispiele, 2009-10.
- VDI 3783 Blatt 13 (2010): Umweltmeteorologie, Qualitätssicherung in der Immissionsprognose - Anlagenbezogene Immissionsschutz Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft, Januar 2010.
- VDI 3894 Blatt 1 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen, Haltungsverfahren und Emissionen, September 2011.
- VDI 3945 Blatt (2000) 3: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Partikelmodell, September 2000.
- VDI 4250 Blatt 1 (2014): Bioaerosole und biologische Agenzien Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen, 2014-08.
- VDI 4250 Blatt 2 (2014): Entwurf Bioaerosole und biologische Agenzien Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen Risikobeurteilung von legionellenhaltigen Aerosolen, 2014-05
- VDI 4250 Blatt 3 (2016): Bioaerosole und biologische Agenzien; Anlagenbezogene umweltmedizinische relevante Messparameter und grundlegende Beurteilungswerte, 2016-08
- VDI 4251 Blatt 1 (2007): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft Planung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen Fahnenmessung, 2007-02.
- VDI 4252 Blatt 2 (2004 und 2008): Aktive Probenahme von Bioaerosolen Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern, 2004-06. Blatt 3: -Aktive Probenahme von Bioaerosolen Abscheidung von luftgetragenen Bakterien mit Impingern nach dem Prinzip der kritischen Düse, 2008-08.
- VDI 4253 Blatt 2 (2004 und 2008): Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilz-Konzentration in der Luft Indirektes Verfahren nach Probennahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern, 2004-06. Blatt 3: - Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis von Bakterien in der Luft Verfahren nach Abscheidung in Flüssigkeiten, 2008-08.
- VDI 4253 Blatt 4 (2011): Bioaerosole und biologische Agenzien Bestimmung der Gesamtkeimzahl mittels Fluoreszenzanalyse nach Anfärbung mit DAPI, 2011-04.
- VDI 4255 Blatt 1 (2005): Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen - Übersicht, 2005-10.
- VDI 4255 Blatt 2 (2009): Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung - Übersicht, 2009-12.
- VDI 4255 Blatt 3 (2014): Bioaerosole und biologische Agenzien - Emissionsfaktoren für Geflügelhaltung. (Entwurf) August 2014
- VDI 4256 Blatt 1 (2010): Ermittlung von Verfahrenskenngrößen - Zählverfahren basierend auf kulturellem Nachweis, 2010-10.
- VDI 4257 Blatt 1 (2010): Emissionsmessungen - Planung und Durchführung, 2010-12.
- VDI 4257 Blatt 2 (2011): Emissionsmessung von Bioaerosolen und biologischen Agenzien - Probenahme von Bioaerosolen - Abscheidung in Flüssigkeiten, 2011-09.

2.3 Planungsunterlagen, Gutachten und Stellungnahmen

- **Dott, W. (2021): Wissenschaftliche Begutachtung zur Abschätzung eines umweltmedizinischen Risikopotentials durch Bioaerosole aus einem landwirtschaftlichen Betrieb mit Masthähnchenhaltung und entsprechenden Nebenanlagen auf die im Rahmen des Bebauungsplans „Gewerbegebiet Neunheim IX“ geplante Erweiterung. IASU der RWTH/UK Aachen, vom 15.06.2021, Seite 1 – 50.**
- **Rühling, A (2022): Gewerbegebiet Ellwangen, Bebauungsplan „Neunheim IX“ Ergebnisse Ausbreitungsrechnungen Staub und Bioaerosole nach TA Luft 2021. In Bericht Nr. M158721/03, Müller-BBM Industry Solutions GmbH, Karlsruhe vom 29.09.2022, Seite 1 - 18.**
- **Rühling, A und E. Weyland (2022): Gewerbegebiet Ellwangen, Bebauungsplan „Neunheim IX“ Geruchsimmisionsprognose nach TA Luft 2021. Bericht Nr. M168780/01, Müller-BBM Industry Solutions GmbH, Karlsruhe vom 15.05.2022, Seite 1 - 55.**
- **Rudolph, O. und C. Dietz (2022): Geräuschkontingentierung und Verkehrslärmprognose für den Bebauungsplan „Neunheim IX“ der Stadt Ellwangen, RW Bauphysik, Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG, Schwäbisch Hall vom 02.03.2022, Seite 1 - 61.**

MATERIALIEN

Stadt Ellwangen (2022): Datensendung - Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosolemissionen für die Entwicklung des Gewerbegebiets Neunheim IX in Ellwangen, Jagst. Stadt Ellwangen, Amt für Stadtentwicklung, Spitalstrasse 4, 73479 Ellwangen, **20 PDF-Dateien** vom 30.09.2022:

- Stadt Ellwangen (2022/a): Gewerbeflächen-Entwicklungskonzept. *2022-06-03-GE-IX-5-5-Begr-GewFlaeEntwKon*, Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 26.10.2020, Seiten 1 – 14.
- Stadt Ellwangen (2022/b): Luftbildauswertung auf Kriegseinwirkungen. *2022-06-03-GE-IX-5-6-Begr-KampfmiOrtung*, MuN Ortung GmbH, München vom 14.04.2021, Seiten 1 – 29.
- Stadt Ellwangen (2022/d): Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX, Kreisverkehr KVP 14 –Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung. *2022-06-03-GE-IX-5-8a-Begr-BaugrundKVP14*, Deis, K. und S. Eiberger, BFI Zeiser GmbH & Co. KG, Ellwangen vom 30.10.2021, Seiten 1 – 20.
- Stadt Ellwangen (2022/e): Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX -Baugrundvoruntersuchung mit Gründungsberatung. *2022-06-03-GE-IX-5-8a-Begr-BaugrundKVP14*, Zeiser, G. und S. Eiberger, BFI Zeiser GmbH & Co. KG, Ellwangen vom 30.11.2021, Seiten 1 – 55.
- Stadt Ellwangen (2022/f): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Neunheim IX“ -BEGRÜNDUNG gemäß § 9 Abs. 8 BauGB. 6. *2022-06-03-GE-IX-5-Begründung*, Amt für Stadtentwicklung / Stabsstelle Strategische Stadtentwicklung / Mobilität vom 03.06.2022, Seiten 1 – 47.
- Stadt Ellwangen (2022/g): Abgrenzungsplan. *2022-06-03-GE-IX-1-Abgrenzungsplan*, Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 03.06.2022, Seite 1.
- Stadt Ellwangen (2022/h): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Neunheim IX“ – Entscheidung über Stellungnahmen und Anregungen (Abwägung). *2022-06-03-GE-IX-2-Abwägung*, Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 03.05. – 16.06.2021, Seite 1 – 143.
- Stadt Ellwangen (2022/i): Bebauungsplan. *2022-06-03-GE-IX-3-Planteil*, Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 03.06.2022, Seite 1.
- Stadt Ellwangen (2022/j): Bebauungsplan und örtliche Bauvorschriften „Gewerbegebiet Neunheim IX“ Textteil. *2022-06-03-GE-IX-4-Textteil*, Stadtlandingenieure GmbH, Ellwangen und Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 03.06.2022, Seite 1 - 23.
- Stadt Ellwangen (2022/k): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Neunheim IX“ Anlage 5 zur Begründung Umweltbericht zum Bebauungsplan-Entwurf. *2022-06-03-GE-IX-5-1-Begr-UB*, Stadtlandingenieure GmbH, Ellwangen und Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 03.06.2022, Seite 1 - 38.
- Stadt Ellwangen (2022/l): Bebauungsplan mit integriertem Grünordnungsplan „Gewerbegebiet Neunheim IX“. *2022-06-03-GE-IX-5-1-1-Begr-UB-Bestandsplan*, Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 03.06.2022, Seite 1.
- Stadt Ellwangen (2022/m): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Neunheim IX“ Eingriffsermittlung. *2022-06-03-GE-IX-5-1-2-Begr-UB-Eingriffsermittlung*, Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 03.06.2022, Seite 1 - 10.
- Stadt Ellwangen (2022/n): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Neunheim IX“ Relevanzprüfung, spezielle artenschutzrechtliche Prüfung. *2022-06-03-GE-IX-5-1-3-Begr-UB-saP*, H.G. Widmann, Visual Ökologie, Esslingen vom 16.05.2022, Seite 1 - 37.
- Stadt Ellwangen (2022/q): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Neunheim IX“ Externe Ausgleichsmaßnahmen. *2022-06-03-GE-IX-5-1-4-Begr-UB-MassnBlaett*, Stadtlandingenieure GmbH, Ellwangen und Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 03.06.2022, Seite 1 - 5.
- Stadt Ellwangen (2022/r): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Neunheim IX“ Voruntersuchung Standortalternativenprüfung. *2022-06-03-GE-IX-5-1-5-Begr-UB-Begr-Anl-StandoAltPrue*, Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 03.06.2022, Seite 1.
- Stadt Ellwangen (2022/s): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Neunheim IX“ Voruntersuchung Standortalternativenprüfung. *2022-06-03-GE-IX-5-1-5a-Begr-UB-StandoAltPrue-Legende*, Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 03.06.2022, Seite 1.
- Stadt Ellwangen (2022/t): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Neunheim IX“ Verkehrsuntersuchung als Fachbeitrag zum Bebauungsplan. *2022-06-03-GE-IX-5-2-Begr-VerkUnters*, Gericke, f. und S. Anker, MODUS CONSULT Gericke & Co.KG, Karlsruhe, Amt für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung vom 28.04.2022, Seite 1 - 30.
- Widmann, H.G. (2022): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Neunheim IX“ Relevanzprüfung, spezielle artenschutzrechtliche Prüfung. in Stadt Ellwangen *2022-06-03-GE-IX-5-1-3-Begr-UB-saP*, Visual Ökologie, Esslingen vom 16.05.2022, Seite 1 - 37.
- H.G. Widmann, H.G. (2022): Habitatkarte „Gewerbegebiet Neunheim IX“. in Stadt Ellwangen (2022/p): *2022-06-03-GE-IX-5-1-3a-Begr-UBI-saP-Habitatkart*, Visual Ökologie, Esslingen vom 08.02.2021, eine Seite.

2.4 Aktuelle Literaturrecherche

- Aktuelle Literaturrecherche in PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)
- Google Scholar RWTH (<https://scholar.google.de>)

EXPOSITIONSVORSORGE

3. Ergebnisse

3.1 Emissionen, Immission und Erkrankungsmöglichkeiten (EXPOSITIONSVORSORGE)

3.1.1 Bioaerosol-Emissionen aus unterschiedlichen Anlagen

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

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, Erkrankungen*

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

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

EXPOSITIONSVORSORGE

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

Tabelle 2: Quellen und Emissionen in der Tierhaltung (Dungan 2010ergänzt).

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>Xanthomonas maltophilia</i> , <i>Shewanella putrefaciens</i>	Zucker et al. 2000
Swine concent. animal feeding	Coliforms, <i>Staphylococcus aureus</i>	Green et al. 2006
Duck fattening unit	Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Vibrionaceae, Legionellaceae,	Zucker et al. 2006, Masclaux et al.2013
Poultry & duck facilities	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella</i>	Fallschissel et al. 2009, Kozajda A et al. 2020
Swine barns	<i>Methanospaera stadtmannae</i> , other Methanobacteriales and Methanosarcinales	Nehme et al. 2009

Das Ausmaß der Immissionsbelastung durch Mikroorganismen und Endotoxine aus der Tierhaltung ist der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Immission von Mikroorganismen und Endotoxinen aus der Tierhaltung (modifiziert und ergänzt nach Dungan 2010).

Operation	Microbe or agent	Sample location	Concentration ¹ [cfu·m ⁻³]	Reference
Landspreeding of cattle, swine waste	Total culturable bacteria	Upwind 20 to 200 m downwind	10 ¹ 10¹ - 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 Bai et al. 2022
Cattle, swine, and poultry houses	gram-neg. bacteria	Inside houses	10 ⁰ to 10 ²	Zucker et al. 2000
Open-air swine house	Total gram-neg. bact. Total culturable fungi	Inside house	10 ³ - 10 ⁶ / 10 ⁰ - 10 ³ 10 ² to 10 ⁴	Chang et al. 2001b
Dairy shed Broiler shed	Total cultural fungi <i>Escherichia coli</i> / <i>Salmonella</i>	Inside shed Inside and outside	10 ² to 10 ³ 10 ² -10 ⁴ / 0.7-2.3_(MPN)	Adhikari et al. 2004 Chinivasagam et al. 2009
Swine shed	Total culturable bacteria / <i>E. coli</i>	Inside shed	10 ⁵ cfu·m ⁻³ 10 ¹ cfu·m ⁻³	Chinivasagam & Blackall, 2005
Various animal operations	Inhalable endotoxin	Personal samplers	2 to 8,120 EU·m ⁻³	Spaan et al. 2006
Cattle, swine, and poultry houses	Inhalable endotoxin Respirable endotoxin	Inside houses	3 - 21,933 EU·m ⁻³ 0.3 - 12,282 EU·m ⁻³	Schierl et al. 2007
Duck fattening	<i>Salmonella</i>	Inside unit	10 ¹ - 10 ⁶ targets·m ⁻³	Fallschissel et al. 2009
Dairy	Total culturable fungi	Upwind / Inside barn 5 - 50 m downwind	10 ³ / 10 ³ - 10 ⁵ 10² - 10⁴	Matković et al. 2009, Gladding et al. 2020
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

EXPOSITIONSVORSORGE

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.

3.1.2 Transmission und Immissionsbelastung von Mikroorganismen, (Myko)Toxinen und (M)VOC

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-Bestrahlung, Tröpfchen Größe, pH-Wert und Partialdruck der Gase O₂, CO und NO_x ab.

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

Hartung (2011) stellt für verschiedene Erreger den prozentualen Verlust der Vermehrungsfähigkeit nach 250 sec. dar (Tabelle 4). 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 4: Ausmaß des Einflusses von relativer Luftfeuchtigkeit und Temperatur auf den Verlust der Überlebensfähigkeit für ausgewählte Keime (Hartung 2011).

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

Die Abbildung 1 zeigt am Beispiel der Schimmelpilz-Transmission 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).

EXPOSITIONSVORSORGE

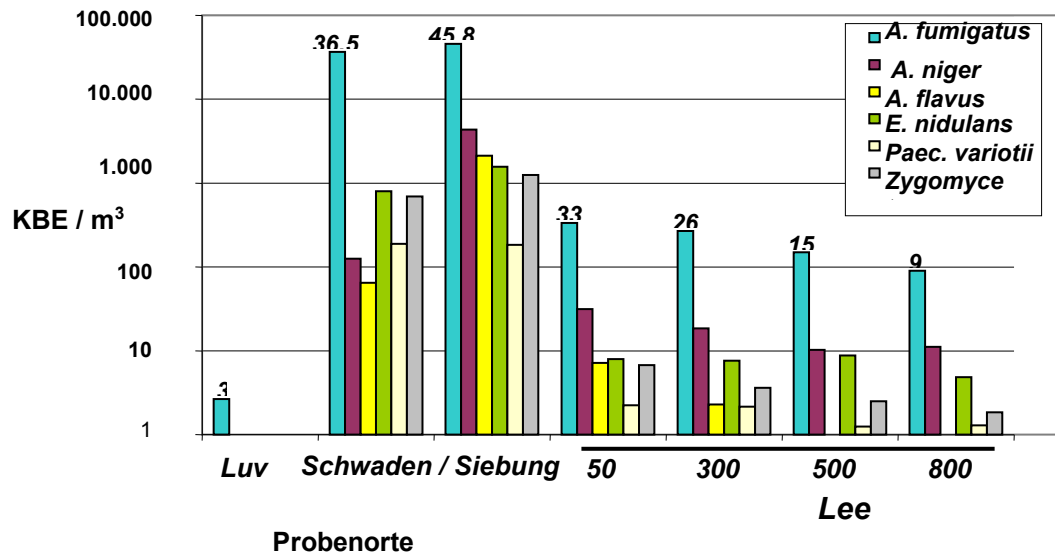


Abbildung 1: Transport von Pilzsporen (*A. fumigatus*) in der Umgebung von Kompostierungsanlagen (Fischer et al. 2003).

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

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

■ **Immissionsminderung der Mikroorganismen [KBE/m³]:**

- innen/außen

→ 1 Zehnerpotenz

- 100 m Abstand

→ 2 bis 3 Zehnerpotenzen

(Dott, Wiesmüller - BioAluRein 2012, 2013, Fischer et.al. 2003)

Endotoxine stehen im Wesentlichen für Zellwandbestandteile von gramnegativen Bakterien (Aghai et al. 2020).

In Abbildung 2 ist die exponentielle Abnahme von Endotoxinen mit Entfernung der Lee-Messorte von der Emissionsquelle dargestellt (Hartung 2011).

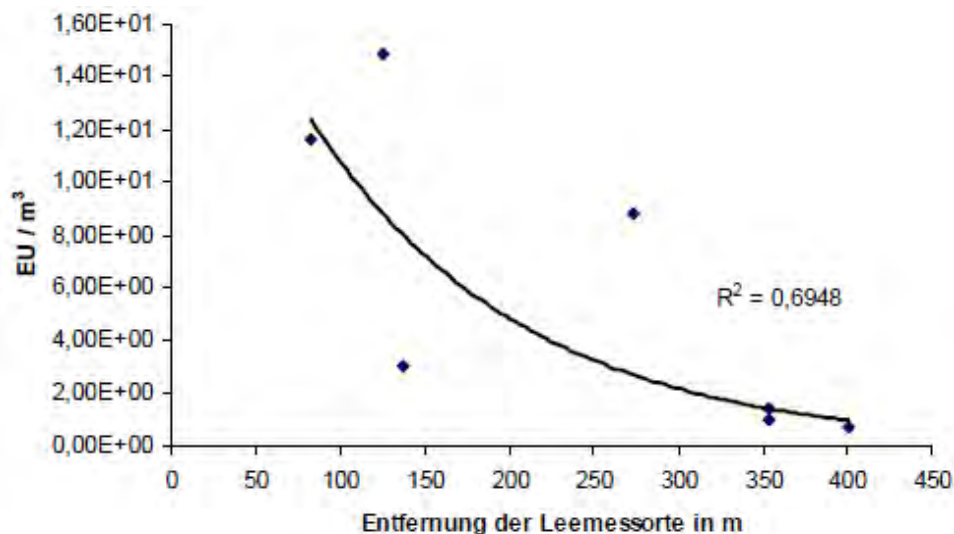


Abbildung 2: Exponentielle Abnahme von Endotoxinen (Hartung 2011).

EXPOSITIONSVORSORGE

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

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

Die Konzentrationsabnahme der partikelgebundenen Toxine erfolgt ebenfalls exponentiell mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle (

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

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

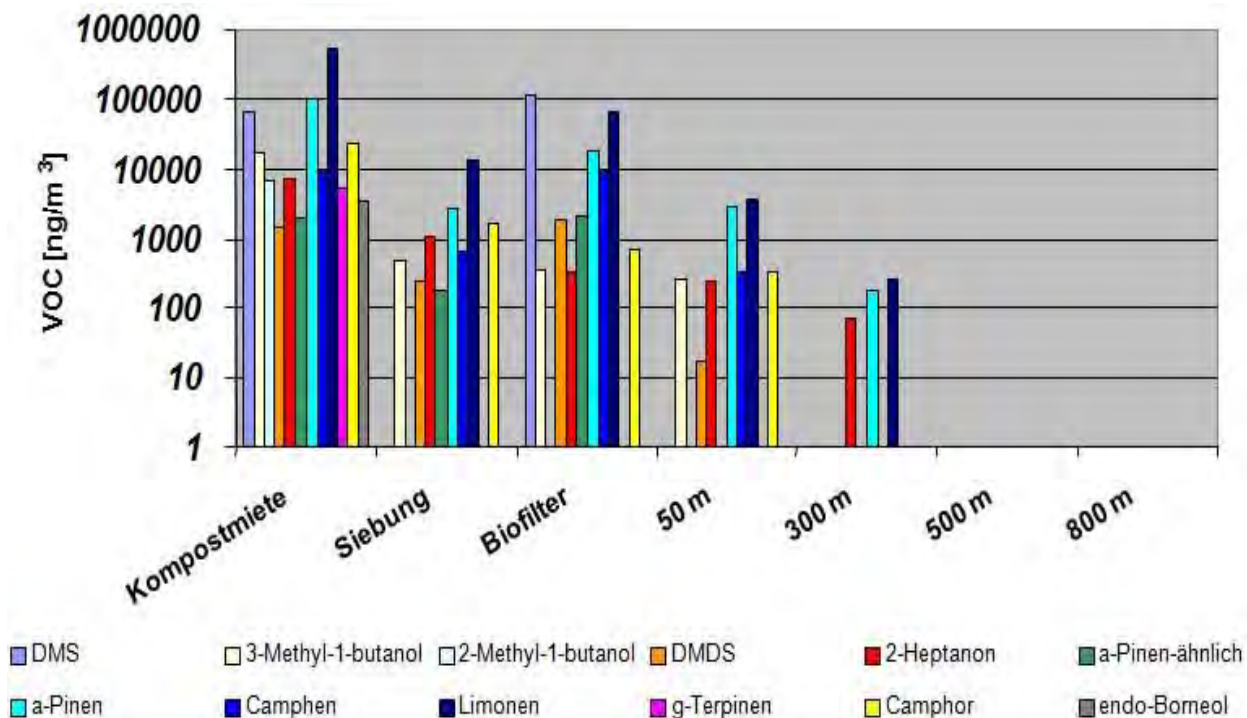


Abbildung 3: Immissionen von VOC/MVOC (Geruchsstoffe) in der Umgebung von Kompostierungsanlagen (Fischer et al. 2003).

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

HAZARD ASSESSMENT

3.2 Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen (HAZARD ASSESSMENT)

Grundlage der umweltmedizinischen Bewertung der Gefahren bilden die beiden Arbeitsbereiche Monitoring und Toxikologie, auf deren Basis die Ableitung von vorsorge bezogenen Grenzwerten unterschiedlicher Schadstoffklassen (z. B. Emissionen) beruht (Abbildung 4).

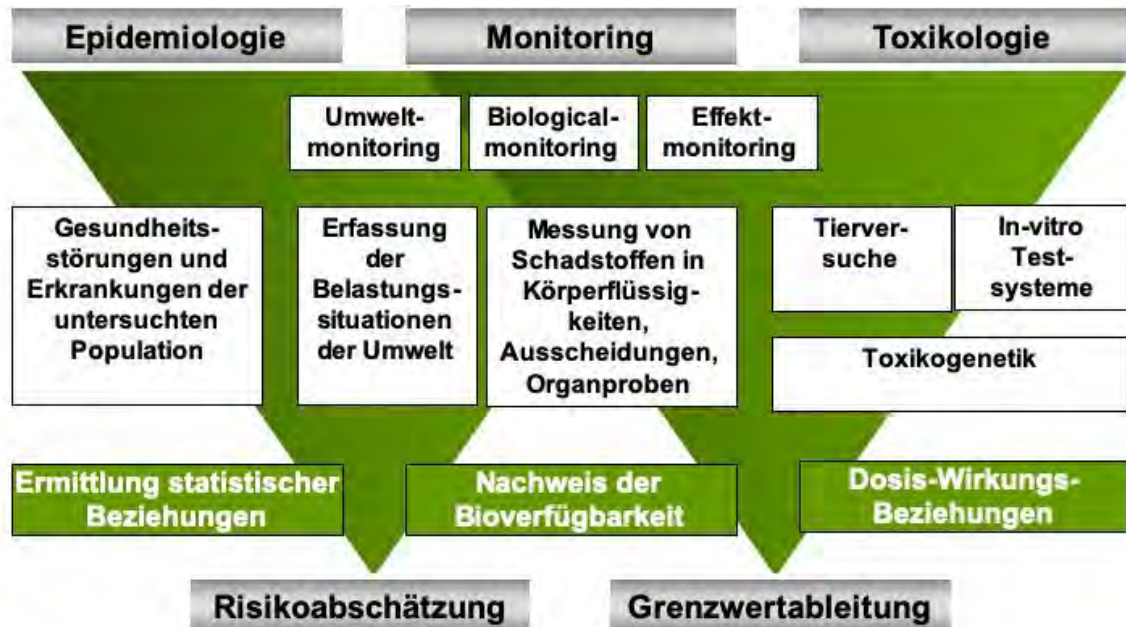


Abbildung 4: Methodische Ansätze in der Umweltmedizin (Dott und Michael 2011)

Die umweltmedizinische Bewertung einer gesundheitlichen Gefährdung durch Bioaerosole muss den Erkrankungsmöglichkeiten wie Infektionen, toxischen Reaktionen und Sensibilisierungen (Allergisierungen) Rechnung tragen und umfasst sowohl die individuelle Suszeptibilität (Empfindlichkeit) verschiedener Personengruppen (Kinder, Ältere, Immunsupprimierte) als auch (präventiv)-medizinische Aspekte.

Für das Monitoring von Bioaerosole werden mikrobiologische Messparameter wie der Nachweis von Staphylokokken, Enterokokken, thermophilen Pilzen und als Vertreter der Enterobacteriaceae (Fäkalindikatoren) *Escherichia coli* und coliforme Bakterien herangezogen.

Neben den ausgewählten mikrobiologischen Parametern eignen sich auch Feinstaub(PM₁₀)- und Ammoniak-Messungen/-Berechnungen als gute Indikatoren für die Beurteilung der Emission- und Immissionsbelastung. In Kenntnis der Bioverfügbarkeit und der Dosis-Wirkungs-Beziehung sind für die verschiedensten Stoffe Leit-, Richt- und Grenzwerte abgeleitet worden.

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. Im Vergleich mit den Hintergrund-, Referenz- oder auch Normwerten ist die Beurteilung einer akuten Gesundheitsgefährdung ermöglichen (HAZZARD ASSESSMENT).

Bei seltenen Ereignissen, niedrigen Wirkkonzentrationen, alternativen Einflüssen, Kombinationseffekte sowie unklaren Zusammenhängen zwischen Schadstoffen und Wirkung (Gesundheitsbeeinträchtigung) kann nur mit Hilfe von statistisch ermittelten epidemiologischen Daten eine umweltmedizinische Risikobewertung im Sinn eines RISK ASSESSMENT erfolgen (siehe Abschnitt 3.4).

HAZARD ASSESSMENT

3.2.1 Gesundheitliche Wirkung von Emissionen

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

Eine Übersicht über die Angriffsorte sowie schadstoffspezifischen Einflussgrößen ist Abbildung 5 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	Gering	NO ₂ O ₃ O ₂	Alveolen Kapillarwände	+ Allgemeine Intoxikation
Ultrafeine Partikel	< 0,1 µm				

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

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 (SO₂), Ammoniak (NH₃) 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 (O₃) oder Stickstoffdioxid (NO₂), 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

HAZARD ASSESSMENT

mit einer höheren Affinität an das Hämoglobin binden. Die reduzierte Sauerstoffsättigung im Blut führt zum Tod durch Erstickern ($> 60\%$ 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).

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 inhalierten Partikeln ($> 0,5\text{ }\mu\text{m}$) im menschlichen Respirationstrakt. Größere Teilchen des Schwebstaubes ($d_{ae} > 15\text{ }\mu\text{m}$) werden nahezu ausschließlich im Nasen-, Rachen- oder Kehlkopfbereich abgelagert, wohingegen kleinere Partikel ($< 10\text{ }\mu\text{m}$) im Tracheo-Bronchial- bzw. Alveolarraum deponiert werden (Abbildung 5). Durch die Translokation von Partikeln der Größe $< 0,1\text{ }\mu\text{m}$ 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 Partikelanzahl-konzentration 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.

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).

HAZARD ASSESSMENT

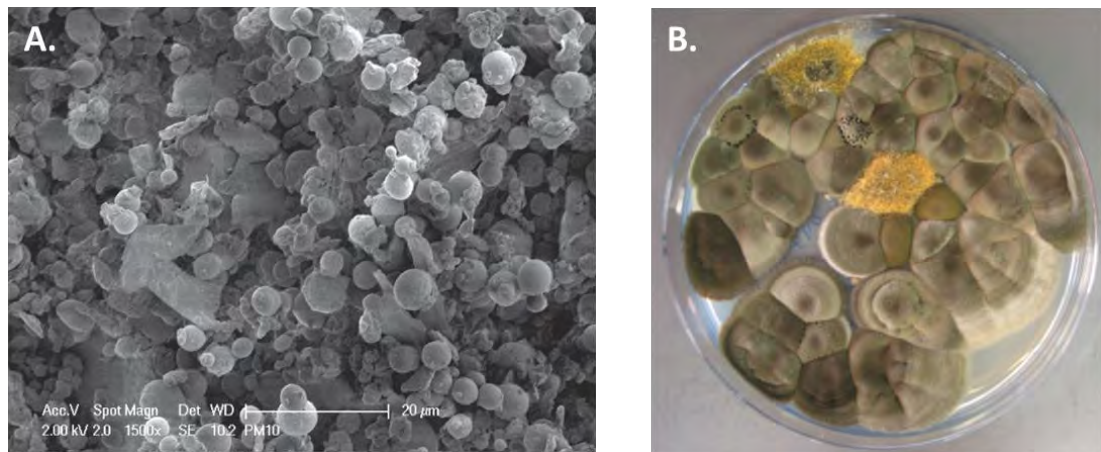


Abbildung 6: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Staubfraktion PM₁₀ mit Staphylokokken (A., 1500-fache Vergrößerung) und Pilzkolonien auf DG18 Agarplatten nach Staubauftrag (B.)

In der Natur treten Bioaerosole ubiquitär auf, wobei eine mikrobielle Belastung von 10-1000 KBE/m³ (koloniebildende Einheit) als normal angesehen wird. Potentielle Punktquellen mit deutlich höheren Emissionen sind Kläranlagen, Kühltürme, Klimaanlage, Abfallbehandlungsanlagen (Kompostierungsanlagen) sowie Tiere/Tierställe und der Mensch selbst (Abbildung 6).

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 (Kim et al. 2018). Die Prävalenz für bioaerosolinduzierte Erkrankungen ist bei berufsbedingter Exposition deutlich höher als im Privatbereich (Dott et al. 2002, Johnston et al 2022). Die wichtigsten berufsbedingt übertragbaren Infektionen sind im Kapitel 3.4.2 beschrieben (BMGS 2003).

3.2.2 Toxikologische Wirkmechanismen von biogenen und chemischen Partikeln

Während Stäube und Bioaerosole aus dem Bereich der Landwirtschaft (Tierhaltung) häufiger inflammatorische Effekte bewirken als, stehen im urbanen Bereich toxische Reaktionen wie oxidativen Stress, vorallem durch KFZ-Emissionen im Vordergrund (Flies et al. 2020; Ruiz-Gil et al. 2020).

Neben der durch die Partikeldeposition ausgelösten Reizwirkung im gesamten Respirationstrakt, spielt die Absorption toxikologisch relevanter Komponenten (Schwermetalle, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Pilzsporen oder Bakterien) auf der Partikeloberfläche eine entscheidende Rolle für die beobachteten toxikologischen und gesundheitlichen Effekte.

Als Initialreaktion der beobachteten Effekte gilt die Induktion von oxidativem Stress und die damit verbundene Induktion einer pulmonalen Entzündung, die zur Freisetzung verschiedener Entzündungsmarker (Zytokine oder Chemokine) sowie reaktiven Sauerstoff- oder Stickstoffspezies (ROS/RNS) führt (Michael et al. 2013). Abbildung 7 veranschaulicht die möglichen partikel-induzierten intra- und extrazellulären Prozesse in der Lunge.

HAZARD ASSESSMENT

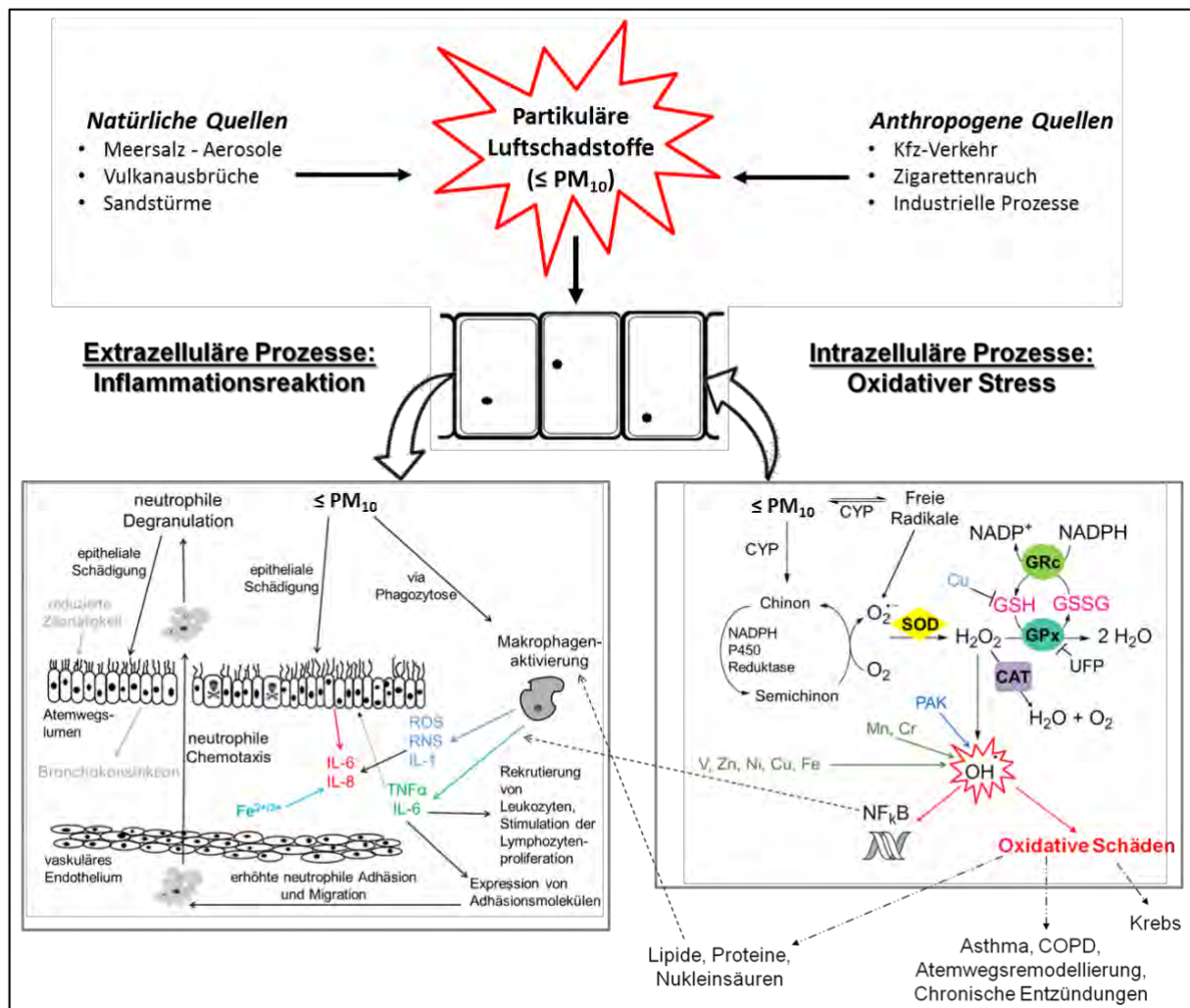


Abbildung 7: Partikelinduzierte intra- und extrazelluläre Wirkmechanismen am Beispiel der Lunge (Michael et al. 2013)

Oxidativer Stress

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

HAZARD ASSESSMENT

Entzündungsreaktionen

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

3.2.3 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 (Johnston et al.2022):

- **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 3.1.1/2).

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.**

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

3.3 Bewertung der standortbezogenen Bioaerosol-Emissionen/Immissionen

3.3.1 Anlagenspezifische (Bioaerosol)-Emissionen

In Bezug auf die Bioaerosol-Emissionen beim Betrieb der bestehenden Hähnchenmast-Anlagen am Standort nördlich der geplanten Erweiterung des Gewerbegebiets Ellwangen gem. Bebauungsplan „Neunheim IX“, ist folgendes zu bemerken:

Grundsätzlich kann Stallstaub mit Bioaerosolen die Gesundheit und das Wohlbefinden der betroffenen Menschen beeinträchtigen. Dies trifft in erster Linie für diejenigen zu, die innerhalb des Stalles der Bioaerosol-Belastung direkt ausgesetzt sind. Eine Gesundheitsbeeinträchtigung des Menschen durch Zoonose-Erreger ist vor Allem dann gegeben, wenn in der Stallluft hohe Konzentrationen infektiöser, toxischer oder sensibilisierender Noxen vorhanden sind und eine persönliche Disposition besteht.

Da alle von Tieren fäkal ausgeschiedenen Mikroorganismen aerosolisiert in die Stallluft übergehen können und die pulmonale Aufnahme nach dem direkten Kontakt (Schmierinfektion) den häufigsten Infektionsweg darstellt, ist zur Risikoermittlung der qualitative und quantitative Nachweis der in der Luft enthaltenen pathogenen Mikroorganismen (Krankheitserreger) erforderlich.

Den ersten Anhaltspunkt für die Bioaerosolbelastung stellt die Bestimmung der Gesamtbakterienzahlen (GBZ) dar, die wie auch der quantitative Nachweis spezifischer Krankheitserreger abhängig von der Sammeltechnik und der Kultivierungsmethodik in weiten Bereichen schwanken können (Hartung, 2005).

Direkt am Emissionsort kann für Hähnchenmast-Ställe analog zu anderen Geflügelbetriebe die Gesamtzahl der Bakterien und Staphylokokken identische im Bereich zwischen 250.000 und 5.000.000 KBE/m³ angenommen werden. Methoden- und Anlagenbedingt können die Zahlen um bis zu 3 Zehnerpotenzen schwanken (Hartung, 2005; Opplinger et al., 2008; Venter et al., 2004).

Lippmann et al. 2016 konnten belegen, dass die Mikroorganismen-Flora der Emission aus Geflügelställen überwiegend aus grampositiven Bakterien der Gattungen *Staphylococcus* (bis zu 60%) und *Streptococcus* (Enterokokken) zwischen 5 und 25 % sowie in wechselnden Anteilen aus Sporenbildnern und Schimmelpilzsporen besteht. Gramnegative Bakterien wie Enterobakterien (Endotoxinbildner) spielen eine untergeordnete Rolle (Abbildung 8). Die Zahlen an luftgetragenen Bakterien der humanpathogenen Species *Staphylococcus aureus*, liegen in der Regel um bis zu 4 Zehnerpotenzen niedriger, d.h. zwischen 25 und 500 KBE/m³ (zum Vergleich: ein Eiterpickel enthält 10.000.000.000/ml).

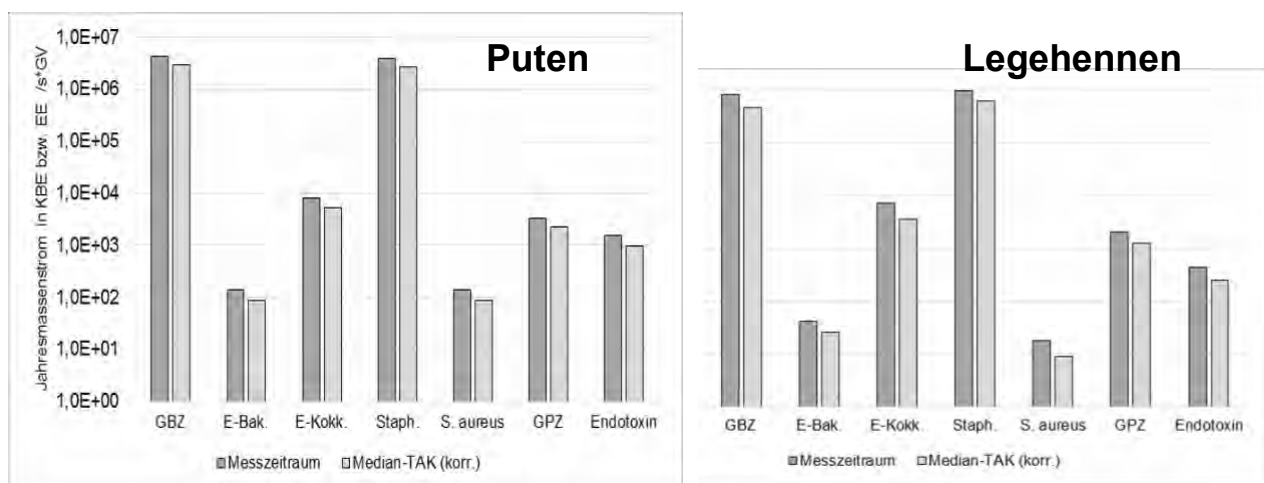


Abbildung 8: Emissionsfaktoren für Bakterien, Pilze und Endotoxine aus Puten- und Legehennenställe (Lippmann et al. 2016)

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

Molekularbiologische Untersuchungen der Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft anhand einer 16S-rRNS-Genanalyse bestätigen, dass es sich bei den in der Abluft von Tierhaltungsanlagen vorhandenen Bakterien um komplexe Gemische handelt. In den Emissionen aus Geflügelställen treten neben der Gattung *Staphylococcus* regelmäßig auch Bakterien der Gattungen *Brevibacterium*, *Lactobacillus* und *Jeotgalicoccus* auf (Gärtner et. al. 2014).

Lippmann und Mitarbeiter (2016) identifizierte klassisch biochemisch, mittels FT-IR-Spektroskopie sowie nach Sequenzierung und MALDI-TOF-Untersuchung Bakterienisolate aus der Emission von Legehennenställen (Abbildung 9).

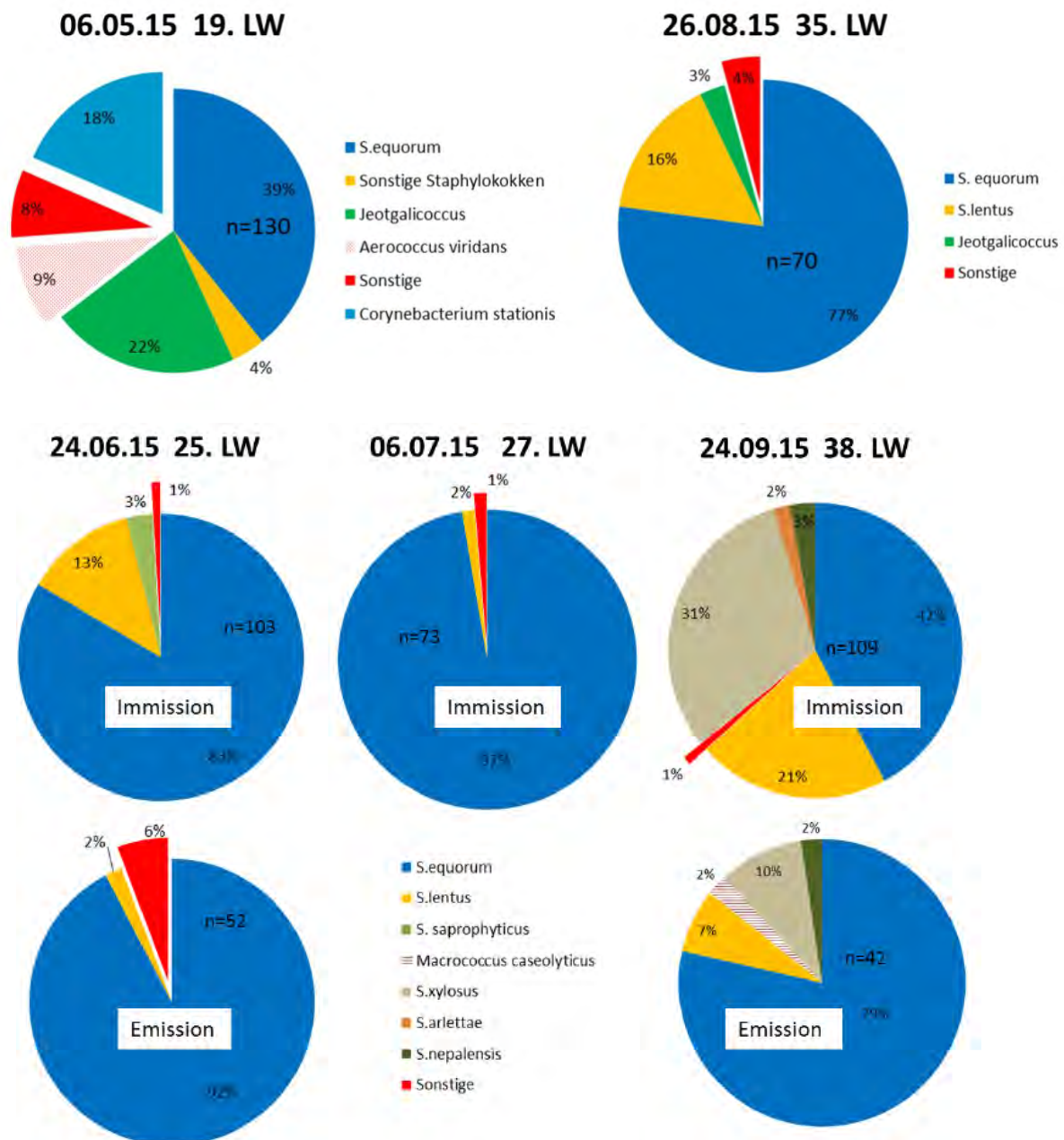


Abbildung 9: Vergleich der prozentualen Zusammensetzung der von Mannit-Kochsalz-Agar isolierten Staphylokokken Flora aus Emission (unten) und Immission nach 500 m Lee (oben) von Bioaerosolen eines Legehennen-Stalls (Lippmann et al. 2016)

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

Dabei zeigte sich, dass in Abhängigkeit vom Lebensalter der Tiere unterschiedliche Anteile grampositiver Bakterienarten aus der Familie Staphylococcaceae, *Corynebacterium stationis* und *Aerococcus viridans* nachgewiesen werden.

Unter den Bakterien der Gattung Staphylococcus wurden nach Auswertung der 16S-rRNS-Genanalysen vorwiegend apathogene, koagulasenegative Arten wie *S. arlettae*, *S. cohnii* und *S. lentus* der Risikogruppe 1 identifiziert. Daneben traten zu geringeren Anteilen und zum Teil auch nur in einzelnen Proben auch Arten der Risikogruppe 2 auf, wie z. B. *S. saprophyticus* und *S. epidermidis* (Schneider et.al. 2015).

Die Untersuchungen belegen, dass in Emissionen aus Geflügelanlagen Bakterien der Gattung Staphylococcus dominieren. Der Anteil von *Staphylococcus spp.* in der Risikogruppe 2 war bei der Legehennenhaltung mit 0 und 4 % sehr gering. Die im Gesundheitsbereich relevante human-pathogene Species *Staphylococcus aureus* und deren Antibiotikaresistenzen spielte bei der Emission aus Geflügelanlagen allerdings keine Rolle (Kozajda et al. 2020).

Es gibt keine Hinweise darauf, dass Bakterien der Risikogruppe 3 in der Abluft von Tierhaltungsanlagen auftreten können.

Diese Ergebnisse verdeutlichen den dringenden Bedarf einer eindeutigen Differenzierung der Bioaerosol-Leitbakterien und deren Orientierungswerte im Rahmen der Neufassung der VDI-Richtlinie 4253 Blatt 3 „Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis von Bakterien in der Luft – Verfahren nach Abscheidung in Flüssigkeiten“, ohne die eine anlagenbezogene umweltmedizinische Risikobewertung nicht möglich ist und um auch bei einer vorsorgeorientierte Bewertung (Hazard Assesment) der tatsächlichen Umweltrelevanz Rechnung zu tragen.

Die Aerosolisierung bedeutet für die meisten 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 Mikroorganismen in der Stallluft in deutlich geringeren Konzentrationen nachzuweisen als beispielsweise im Gefieder, den Ausscheidungen und im 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.

Somit kann zusammenfassend festgestellt werden:

- Emissionen von Bioaerosolen sind anlagen- und artspezifisch (Absterbekinetik) und hängen zusätzlich von Prozessbedingungen (Deposition) ab.
- Bei Geflügel-Intensivtierhaltungen (Hähnchenmast-Anlagen) 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 mehr lineare Abnahme bedingen).
- Umweltmedizinisch relevante, pathogene oder resistente Mikroorganismen (MRSA, VRE, ESBL oder MRGN) sind in der Außenluft ab 50 Metern Entfernung von den Stallungen in der Regel nicht nachweisbar (Bai et al. 2022).

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

3.3.2 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

Gemäß TA-Luft (2021) und dem Erlass des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (MELUR SH 2014) sieht zur Prüfung auf Bioaerosole im ersten Prüfschritt die Ausbreitungsrechnung der Feinstaubanteile als PM₁₀ vor und den Irrelevanzwert der TA Luft (1,2 µg/m³) als Bewertungsmaßstab heranzuziehen.

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.

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

Eine prognostizierte Immissionskonzentration für den anlagenspezifischen Bioaerosol-Leitparameter "Staphylokokken" gemäß den Beurteilungsgrundlagen des LAI-Leitfadens bezieht sich im Wesentlichen auf den Orientierungswert für die Bakteriengattung „Staphylokokken“ und dient im direkten Vergleich mit Hintergrundwerten der Dokumentation des Einflusses von biosolemittierender Anlagen (HAZARD ASSESSMENT).

Für eine umweltmedizinische Risikobewertung ist jedoch der quantitative Nachweis der humanpathogene Species *Staphylococcus aureus* maßgeblich (RISK ASSESSMENT).

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.

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

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

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

Die Problematik bei der Diskussion um die Bioaerosolbelastung in der Umgebung von biotechnischen Anlagen besteht im Wesentlichen darin, dass alle verwendeten Leit- und spezifischen Messparameter (z.B. gemäß VDI 4250, Blatt 3) für den Worst-Case ausgelegt sind und lediglich die Möglichkeit einer Immissionsbelastung durch Bioaerosol wiedergeben.

Sie eignen sich damit zweifelsohne für eine Gefährdungsanalyse (HAZARD-Analyse), sind aber nicht eins zu eins auf eine valide umweltmedizinische Risikobewertung zu übertragen.

- **Der quantitative Nachweis von Leitorganismen** (Leitparameter und spezielle Messparameter gemäß VDI 4250, Blatt 3) **dient ausschließlich der Dokumentation der Zusatzbelastung im Vergleich zum Hintergrund biotechnischer Anlagen.**
- **Da die Bioaerosole in der Regel partikelgebunden vorliegen, kann die Abschätzung der Zusatzbelastung über eine Ausbreitungsrechnung des Parameters Feinstaub (PM_{10/2,5}) erfolgen.**
- **Eine belastbare Dosis-Wirkungs-Beziehung für Bioaerosole und dem gesundheitlichen Einfluss, die eine eindeutige Aussage über eine gesundheitliche Gefährdung durch biogene Emissionen aus Tierhaltungen zulässt, ist nicht ableitbar. Daher existieren auch keine verbindlichen Richt- oder Grenzwerte.**
- **Prognostizierte Immissionskonzentrationen für Bioaerosole lassen eine Bewertung der theoretisch möglichen Gesundheitsgefährdung (HAZZARD ASSESMENT) zu. Eine umeltmedizinische Risikobewertung (RISK ASSESMENT) benötigt eine Quantifizierung und Identifizierung des humanpathogenen/-toxischen Potentials am Immissionsort und eine epidemiologischen Abklärung.**

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

Zur Prüfung auf **Bioaerosole** sieht der Erlass des MELUR SH „Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an Tierhaltungsanlagen und an Anlagen zur Lagerung von Gülle“ vom 26.06.2014 vor, im ersten Prüfschritt durch eine Ausbreitungsrechnung der Gesamtstaubanteil als PM₁₀ zu bestimmen und den Irrelevanzwert der TA Luft (1,2 µg/m³) als Bewertungsmaßstab heranzuziehen. Falls dieser Wert überschritten wird, sieht der Erlass eine Ausbreitungsrechnung für tierhaltungsspezifische Bakterien, sog. Leitparameter, vor. Bei einer Überschreitung des Orientierungswertes von 240 KBE/m³ für die in Tabelle 5 des Entwurfes angegebenen Leitparameter wird ein umweltmedizinisches Gutachten erforderlich.

Tabelle 5: Bioaerosole: Leitparameter und Orientierungswerte (Jahresmittel)
(MELUR Schleswig-Holstein vom 26.06.2014)

Bakterien	Bestimmungsgrenze	Faktor	Orientierungswert
<i>Staphylococcus aureus</i>	80 KBE / m ³	3	240 KBE / m ³
Staphylokokken	80 KBE / m ³	3	240 KBE / m ³
Enterokokken	80 KBE / m ³	3	240 KBE / m ³
Enterobacteriaceae	80 KBE / m ³	3	240 KBE / m ³

Bestimmungsgrenze Bakterien: gemäß Probenahmeverfahren VDI 4252 Blatt 3 und Nachweisverfahren VDI 4253 Blatt 3: (Impinger-Methode und 30 min Probenahme)

Der Tabelle 6 ist zu entnehmen, dass bei Legehennen-Anlagen die höchsten Emissions-Konzentrationen für Mikroorganismen bei den Messparametern Gesamtbakterien und Staphylokokken nachgewiesen werden. Die Zahlen für Enterokokken (Streptokokken) liegen mindestens um eine, die für *Staphylococcus aureus* und Enterobakterien, sofern nachweisbar, um 4 bis 5 Größenordnung(en) niedriger als die der Staphylokokken.

Betrachtet man die in der Praxis direkt an Emissionsquelle nachgewiesenen Bakterienzahlen, wird die Diskrepanz zwischen Leit-/Indikatorbakterien und umweltmedizinisch relevanten Bakterien offensichtlich (Tabelle 8 in 3.3.5).

Tabelle 6: Emissionskonzentrationen in der Abluft verschiedener Tierhaltungsanlagen
(Gärtner et. al. 2009 – 2017)

Leitparameter	Tierhaltungsanlage			
	Legehennen	Putenmast	Hähnchenmast	Sauenzucht
	Emissionskonzentration [KBE/m ³]			
Gesamtzahl Bakterien (36)	1,5 *10 ⁶	2,7 *10 ⁶	8 *10 ⁵	4 *10 ⁵
<i>Staphylococcus</i> spp.	1,3 *10 ⁶	8,3 *10 ⁵	2 *10 ⁵	8 *10 ⁴
<i>S. aureus</i>	5,5 *10 ¹	7,4 *10 ¹	n.e.	(***)
Enterokokken	1,0 *10 ⁴	6,4 *10 ⁴	2 *10 ⁴	2 *10 ³
Enterobacteriaceae	4,5 *10 ¹ (**)	4,0 *10 ² (**)	n.n. oder (**)	n.e.

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

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

3.3.3 Standort- und Betriebsbedingungen

Die im Bebauungsplan „Neunheim IX“ geplante Erweiterung des Gewerbegebietes nordöstlich von Ellwangen-Neunheim umfasst eine Fläche von ca. 66 ha.

Als Emittenten von Bioaerosolen im direkten Umfeld, am Eichwaldweges, befinden sich zwei landwirtschaftliche Betriebe mit Masthähnchenhaltung; eine Biogasanlage ist in Planung.

Die nächstgelegenen Wohnbebauungen liegen südwestlich im Ortsteil Ellwangen-Neunheim sowie nördlich im Ortsteil Ellwangen-Rattstadt in einer Entfernung von mindestens 260 bzw. 400 m (Abbildung 10).

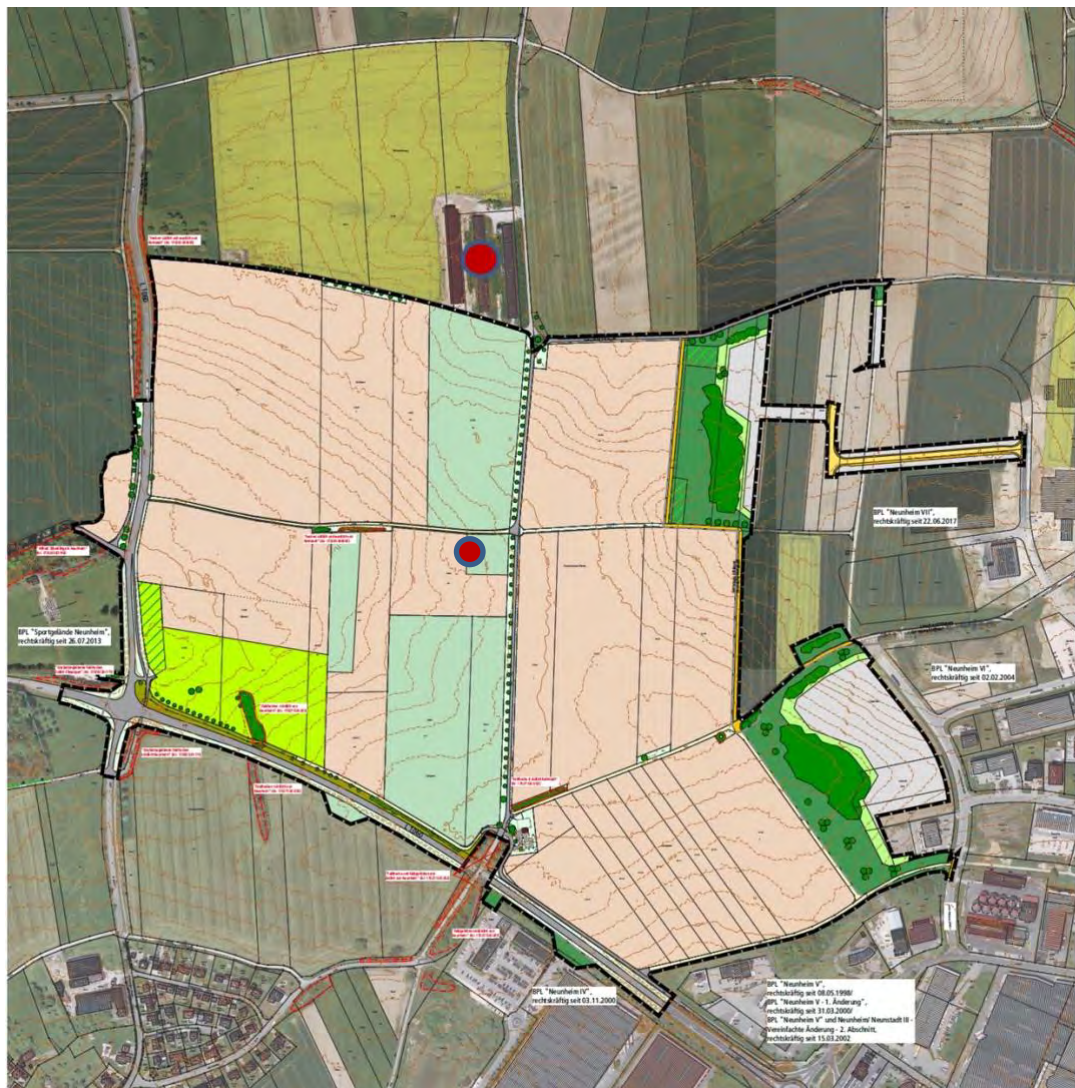


Abbildung 10: Lage des Plangebietes „Neunheim IX“ (-----) und der Masthähnchenhaltung (●), Bebauungsplan der Stadt Ellwangen vom 03.06.2022 (2022/m)

Die Abbildung 11 zeigt das Beurteilungsgebiet mit dem Standort der als Emissionsquelle zu betrachtenden Hähnchenmastanlagen. Der Lageplan mit den bestehenden Hähnchenmastställen sowie der geplanten Biogasanlage findet sich in Abbildung 12.

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN



Abbildung 11: Beurteilungsgebiet „Neunheim IX“ (grau) mit Hähnchenmastanlage (●) und mit Grünbarriere (grün), Auszug aus dem Flächennutzungsplan der Stadt Ellwangen (Rühling und Weyland 2022)

Bestehende Hähnchenmastanlagen

Die Gebäude der beiden Hähnchenmastställe A und B (Abbildung 12) mit jeweils 25.000 genehmigten Tierplätzen weisen eine Höhe von ca. 6 m über Grund auf. Die Be- und Entlüftung erfolgt großflächig, windinduziert über mit Jalousien verschließbare Seitenwände im Westen bzw. durch geöffnete Seitenwände im Osten entlang der Gebäudelängsseiten.

An der südlichen Giebelwand sind sogenannte Sommerlüfter, beim Stallgebäude A 4 und beim Stallgebäude B 8, installiert, die bei hohen Temperaturen ($> 24^{\circ}\text{C}$) im Sommer zum Ende der Mastperiode zugeschaltet werden können.

Ferner verfügt jeder Stall über einen Wärmetauscher und Einrichtungen zur Sprühkühlung.

Für jeden Hähnchenmaststall befindet sich ein Kaltscharraum (orange markiert) an der östlichen Gebäudelängsseite in der Planung.

Für den westlich gelegenen Hähnchenmaststall C sind 29.990 Stallplätzen genehmigt. An der östlichen Gebäudelängsseite steht den Masthähnchen ein Kaltscharraum zur Verfügung (grün markiert).

Die Lüftungsanlagen entsprechen dem aktuellen Stand der Technik: Die Versorgung der Masthähnchen mit Frischluft erfolgt über eine Unterdrucklüftung mit Zuluftführung über Wandventile. Die Abluft wird zentral, punktuell je nach Bedarf über 1 bis 5 Kamine in Reihenschaltung in einer Höhe von ca. 10 m über Grund (3 m über First) abgeleitet. Bei einem Kamindurchmesser von 92 cm ist eine Mindestabluftgeschwindigkeit von 10 m/s gewährleistet.

Der Stall verfügt ebenfalls zusätzlich über 4 Sommerlüfter an der südlichen Giebelwand, einen Wärmetauscher und einer Einrichtungen zur Sprühkühlung.

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

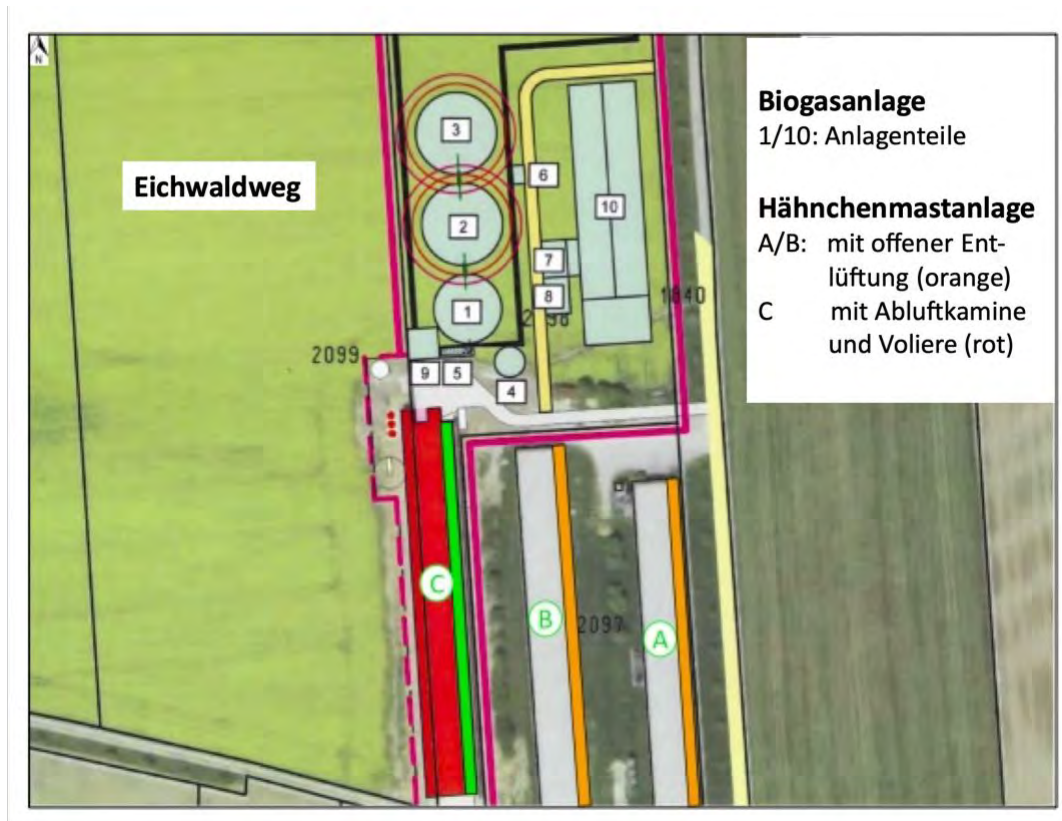


Abbildung 12: Lageplan der bestehenden Hähnchenmasthaltung (A, B, C) sowie der geplanten Biogasanlage im Bereich des Eichwaldweges in Ellwangen-Neunheim (Rühling und Weyland 2022)

Der westliche Betrieb C plant nördlich der Hähnchenmastställe eine Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von rund 380 kW (2 x 180 kW) zu errichten. Anlagendetails hierüber sind dem Geruchsgutachten zu entnehmen (Rühling und Weyland 2022).

Geplante Biogasanlage

Da die anaeroben Prozesse in Biogasanlagen im Fermenter (Betonabdeckung) und den Gärrestlagern (Folienabdeckung) in einem in sich geschlossenen System stattfinden müssen, spielt Emission von partikulären, gesundheitsbeeinträchtigenden Bioaerosolen keine Rolle.

Mögliche geringe Emissionen aus der geschlossenen, ungelüfteten Festmishalle, dem Bereich der Gärrestladeplatte, bei der unterirdischen Beschickung des Fermenters aus der Vorgrube oder beim Abtransport des Gärrests aus den Gärrestbehältern mittels Pumpwagen sind temporär und haben mit Ausnahme der Gerüche keine toxikologisch/umweltmedizinische Relevanz für Beschäftigte und Besucher des geplanten Gewerbegebietes „Neunheim IX“.

3.3.4 Immisionsprognosen für Feinstaub und Bioaerosole

Da die Bioaerosole hinsichtlich der Konzentration, der Persistenz und Spezifität einer starken Variation unterliegen, kann generell die Ausbreitungsrechnung über die lineare Modellierung der Feinstaub-Fraktion (PM₁₀) erfolgen.

Die Transmissionscharakteristik von Bioaerosolen wird wesentlich von Windstärke und Windrichtung beeinflusst. Daher ist die Windhäufigkeitsverteilung sowohl in den Modellen zur Berechnung der Ausbreitung als auch zur Quantifizierung eines umweltmedizinischen Risikos zu berücksichtigen.

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

Die Windhäufigkeitsverteilung und Windgeschwindigkeiten an der DWD-Wetterstation Stimpfbach-Weipertshofen ist nach Aussagen der Fachgutachter typisch für das Beurteilungsgebiet zwischen Neuenheim und Rattstadt (Rühling und Weyland 2022).

Daher wird die Wettersituation in dem Bereich um das geplante Gewerbegebiet überwiegend durch West- und Ostwinde geprägt, so dass sich die Abluftfahne mit Feinstaub PM₁₀ und Bioaerosolen analog in diese Richtungen am häufigsten und weitesten ausbreiten kann (Abbildung 13).

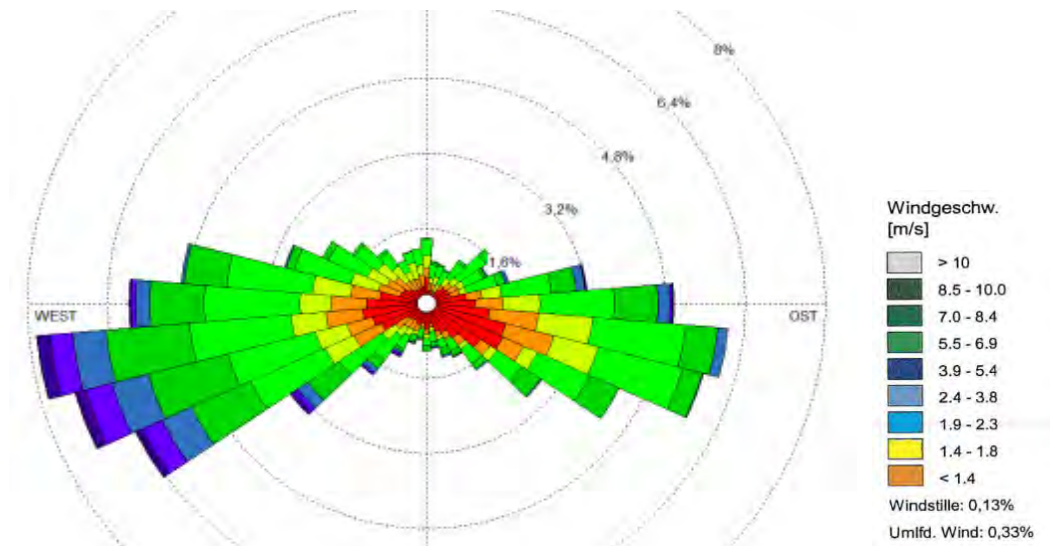


Abbildung 13: Windhäufigkeitsverteilung und Windgeschwindigkeiten (%) je 10°-Sektoren aus der DWD-Wetterstation Stimpfbach-Weipertshofen für das Jahr 2016 (Rühling und Weyland 2022)

3.3.4.1 Zusatzbelastung für Feinstaub (PM₁₀)

Für die Berechnung der Staubemissionen aus Masthähnchenanlagen werden Emissionsfaktoren gemäß der VDI-Richtlinie herangezogen, wonach für die Hähnchenmast in Bodenhaltung ein Emissionsfaktor für Gesamtstaub von 0,03 kg pro Tierplatz und Jahr angegeben wird (VDI 3894 Blatt 3). Der PM₁₀ Anteil am Gesamtstaub beträgt 50 %.

Hieraus ergeben sich die in der Tabelle 7 aufgelisteten Staubemissionen. Analog zur Geruchsbetrachtung wurden für die Sommerlüfter zusätzlich 10 % und die Berücksichtigung weiterer potentieller Staubquellen 20 % auf die Gesamtemissionen aufgeschlagen.

Für die Hähnchenmast mit Zwangslüftung ohne Auslauf wird ein Konventionswert des Emissionsfaktors für Staphylokokken (Leitparameter für Hähnchenmast) von 7.000 KBE/(TP*s) angenommen (VDI 4255 Blatt 3).

Tabelle 7: Angesetzte Parameter und ermittelte Staubemissionen (Rühling 2022)

Anlage / Bedingungen	Tierplätze TP	Emissionsfaktor [kg/a*TP]	Staubemission [kg/h]	PM ₁₀ [kg/h]	> PM ₁₀ [kg/h]
Stall A	25.000	0,03	0,086	0,0428	0,0428
Sommerlüfter	+ 10% Stallemission		0,0086	0,0043	0,0043
Stall B	25.000	0,03	0,086	0,0428	0,0428
Sommerlüfter	10% Stallemission		0,0086	0,0043	0,0043
Stall C	29.990	0,03	0,103	0,0514	0,0514
Sommerlüfter	+ 10% Stallemission		0,0103	0,0051	0,0051
Gesamt	79.990	0,03	0,301	0,151	0,151
sonstige Quellen		+ 20%	0,060	0,030	0,030

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

Die Berechnung der Ausbreitung von Feinstaub PM₁₀ erfolgte mit dem Ausbreitungsmodell AUSTAL 2000 in der Version 2.6.11 (Rühling 2022).

Der Immissionsprognose ist zu entnehmen, dass mit Ausnahme des geplanten Grünstreifens und dem Geländezugang aus Richtung Rattstadt über den Eichwaldweg an allen relevanten Immissionsorten des geplanten Gewerbegebietes „Neunheim IX“ die PM₁₀-Zusatzbelastung die Irrelevanzschwelle von 1,2 µg/m³ unterschreitet (Abbildung 14).

In dem dargestellten Ergebnis sind weitergehende Minderungseffekte z. B. durch die geplanten Grünbarriere nicht berücksichtigt.

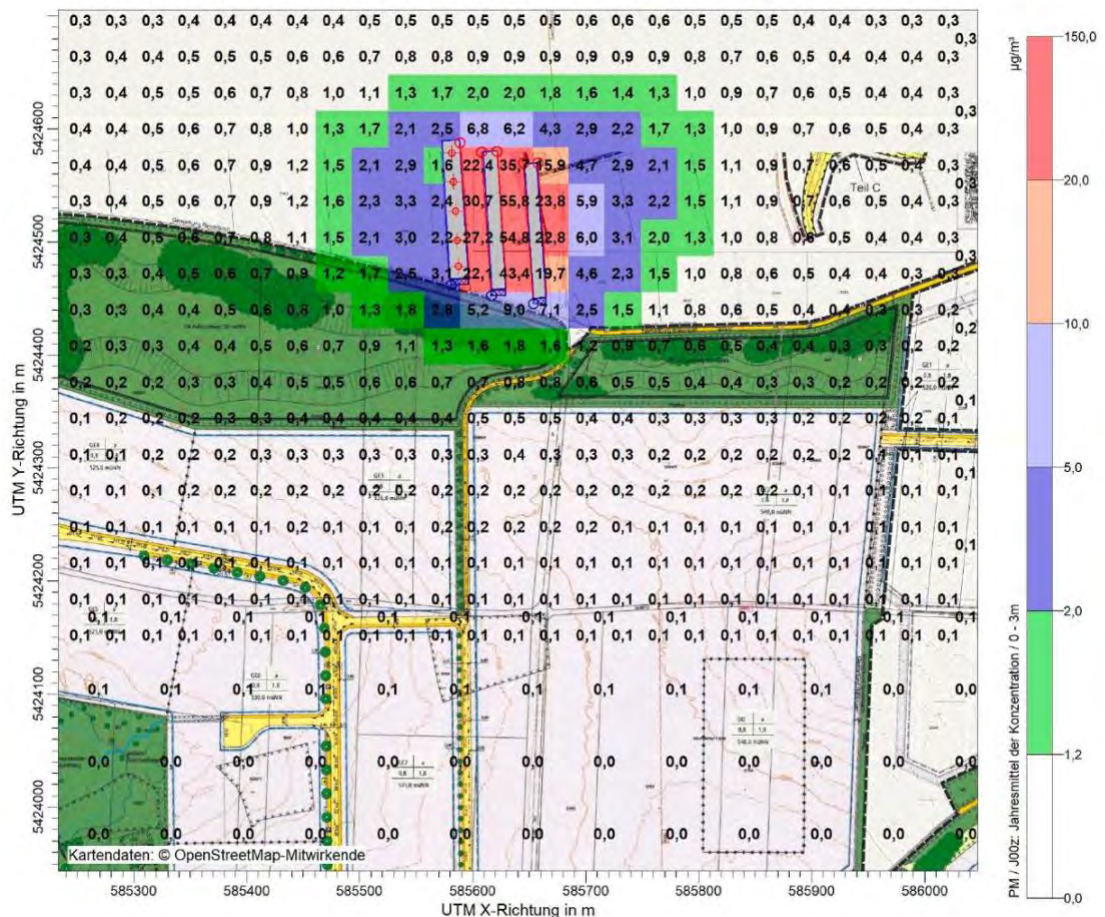


Abbildung 14: Prognoseergebnisse für die Zusatzbelastung mit Feinstaub (PM₁₀) im Umfeld der Hähnchenmastanlage. Irrelevanzwert 3,0 % des Immissionswerts = 1,2 µg/m³ (Rühling 2022) NEU

3.3.4.2 Ausbreitungsberechnung für Staphylokokken (Leitparameter)

Trotz der Einhaltung der Irrelevanz für Schwebstaub PM₁₀ und der oben angeführten Würdigung der Gesamtsituation wurde gemäß dem LAI-Leitfaden eine weitergehende vertiefende Untersuchung anhand einer Ausbreitungsrechnung für Staphylokokken durchgeführt.

Aufgrund der niedrigeren Konzentrationen im Luv von Tierhaltungsanlagen (meist unterhalb der Nachweisgrenze) können Staphylokokken als Leitparameter für die Beurteilung möglicher Gefahren (Hazard Assessment) im Umfeld herangezogen werden.

Obwohl in der Nacht die Bioaerosolemissionen aus Geflügelanlagen bis zu 3 Zehnerpotenzen niedriger liegen können, wurde bei der Ausbreitungsberechnung für die Ruhephasen (18 – 6 Uhr) nur eine 10%ige Reduktion auf eine Emissionkonzentration von 700 KBE/m³ berücksichtigt (Tabelle 8).

ANLAGENBEZIGENEN BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONES-BEWERTUNG

Die Berechnung der Ausbreitung von Bioaerosolen erfolgte ebenfalls mit dem Ausbreitungsmodell AUSTAL 2000 in der Version 2.6.11 (Rühling und Weyland 2022).

Tabelle 8: Emissionsdaten Staphylokokken für die einzelnen Ställe
(Rühling 2022, erweitert)

Stall / Bedingungen	Tierplätze TP	Emissionsfaktor [KBE/s*TP]	Emission [KBE/s]	Emission [KBE/h]	Emission**	Immission*
					[KBE/m³]	
A Aktiv-/Ruhephase	25.000	7000 / 700	$1,8 \cdot 10^8$ / $1,8 \cdot 10^7$	$6,3 \cdot 10^{11}$ / $6,3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^6$ / $3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^2$ / $3 \cdot 10^1$
Sommerlüfter	+ 10% Stallemission		$1,8 \cdot 10^7$	$6,3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^1$
B Aktiv-/Ruhephase	25.000	7000 / 700	$1,8 \cdot 10^8$ / $1,8 \cdot 10^7$	$6,3 \cdot 10^{11}$ / $6,3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^6$ / $3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^2$ / $3 \cdot 10^1$
Sommerlüfter	10% Stallemission		$1,8 \cdot 10^7$	$6,3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^1$
C Aktiv-/Ruhephase	29.990	7000 / 700	$3,0 \cdot 10^8$ / $3,0 \cdot 10^7$	$7,6 \cdot 10^{11}$ / $7,6 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^7$ / $1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$ / $1 \cdot 10^2$
Sommerlüfter	+ 10% Stallemission		$3,0 \cdot 10^7$	$7,6 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2$

** angenommene Luftwechselzahl A/B = 20, C = 10; * = in 50m Entfernung

In Abbildung 15 ist die durch die Masthähnchenställe hervorgerufene Belastung an Staphylokokken in KBE/m³ im Jahresmittel ohne Berücksichtigung des bepflanzten Walls dargestellt. Am Nordrand der grau dargestellten Baufenster innerhalb des Plangebiets werden ca. 1.720 KBE/m³ (Rasterwert) berechnet.

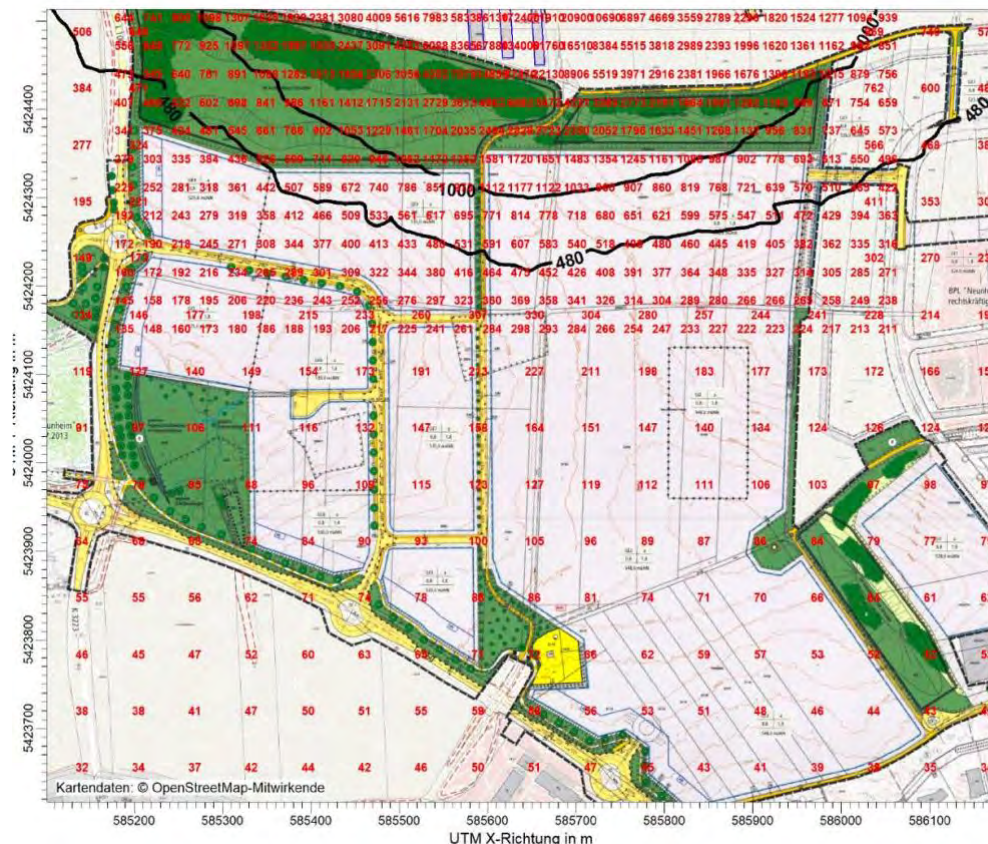


Abbildung 15: Konzentration Staphylokokken in KBE/m³ im Jahresmittel bei zeitabhängiger Emission ohne Berücksichtigung von Walleffekten (Rühling 2022)

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

In der folgenden Abbildung 16 sind die Jahresmittel der KBE/m³ für Staphylokokken mit Berücksichtigung der bepflanzten Grünfläche durch eine Depositionsgeschwindigkeit von 0,2 (A) bzw. 0,3 (B) m/s dargestellt.

A



B



Abbildung 16: Konzentration Staphylokokken in KBE/m³ im Jahresmittel bei zeitabhängiger Emission mit Berücksichtigung der Grünbarriere durch Depositionsgeschwindigkeit von 0,2 (A) bzw. 0,3 (B) m/s (Rühling 2022)

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

Unter Berücksichtigung einer bepflanzten Grünfläche werden in Abhängigkeit von der Depositionsgeschwindigkeit am Nordrand der grau dargestellten Baufenster innerhalb des Plangebietes im Jahresmittel ca. 1.230 bzw. 970 KBE/m³ an Staphylokokken (Rasterwert) berechnet. Damit wird gemäß den LANUV-Vorgaben (LANUV/NRW, 2019 c) der Orientierungswert von 240 KBE/m³ überschritten.

Diese Prognose trägt jedoch nicht den in der Praxis durchgeführten Emissions-Messungen Rechnung, die deutlich niedrigere Werte (\geq zwei Zehnerpotenzen) insbesondere für umweltmedizinisch relevante Messparameter (Staphylokokken, Enterobakterien, thermophile Pilze, thermophile Aktinomyzeten und Endotoxine) ergaben.

Auf Basis der in der VDI-Richtlinie 4253 Blatt 3 vorgegebenen Messparameter konnte festgestellt werden, dass

- bei der Emission und Immission aus Geflügelanlagen der überwiegende Teil der Bakterien der Gattung *Staphylococcus* zugeordnet werden kann,
- die mikrobielle, umweltmedizinisch relevante Abluftbelastung in 50 Metern Entfernung um 2 bis 3 Zehnerpotenzen niedriger ist als im Stall und
- die Werte, die allgemein als normale Hintergrundbelastung für Außenluft angesehen werden, bereits in 50 Metern Entfernung unterschritten werden (Abbildung 17).

Staphylococcus aureus, resistente Mikroorganismen (MRSA, MRGN oder ESBL), Fäkalindikatoren oder andere stallungsspezifische Krankheitserreger wurden bei Geflügelbetrieben ohne Abluftbehandlung nach 50 Metern Entfernung nicht mehr nachgewiesen (Nowak 2014).

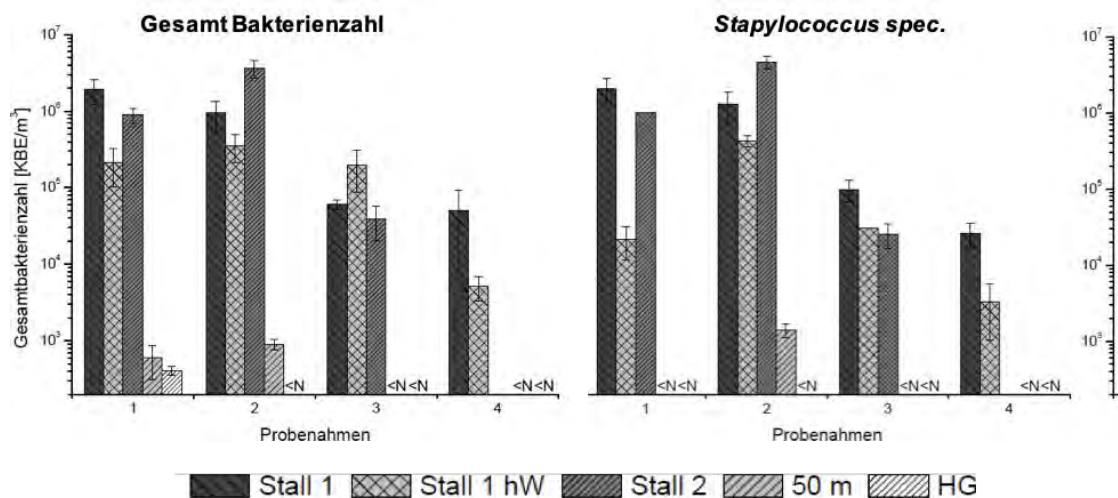


Abbildung 17: Gesamt Bakterienzahlen und Staphylokokken (Nowak und Dott 2014)

hW = hinter Wellblechfilter, HG = Hintergrundwert (Luv), 50 m = Lee

Die In der Übersicht (Tabelle 9) dargestellten Staphylokokken-Immissionsdaten für Bioaerosole, der in den letzten Jahren durchgeführten Erhebungen in der Umgebung von Anlagen zur Geflügelhaltung in Bayern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen bestätigen, dass lediglich höhere (nachweisbare) Konzentrationen an Gesamtbakterien und Staphylokokken in der gleichen Größenordnung nachweisbar sind.

Der Nachweis von *Staphylococcus aureus* und der Nachweis von **Endotoxinen** (Hinweis auf Enterobakterien) in der Luft stellen für die umweltmedizinische Beurteilung die entscheidenden Parameter dar. Der Nachweis von Enterobakterien fällt zwar methodenbedingt in der Regel viel zu niedrig aus, kann aber für Geflügelbetriebe außer Acht gelassen werden (siehe 3.3.1).

Die Zahl der luftgetragenen Mikroorganismen nimmt mit der Entfernung von der Emissionsquelle in der Regel einer logarithmischen Degression folgen ab. Damit sollte in der Realität an allen relevanten Immissionsorten des geplanten Gewerbegebietes „Neunheim IX“ der Orientierungswert

STANDORTBEZOGENE BEWERTUNG DER BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONEN

für Staphylokokken von 240 KBE/m³ unterschritten werden, was letztendlich durch reale Immissionsmessungen für die Gesamtzahl an Bakterien und Pilzen sowie den Messparametern *Staphylococcus aureus*, Enterokokken und Endotoxine von verschiedenen Autoren belegt wurde (Lippmann et al. 2016, Rabe und Wehde 2014, Rühlmann 2014, Nowak 2014, Dott et. al 2014, LANUV 2017).

Tabelle 9: Konzentrationen an Staphylokokken in der Umgebung von Geflügelhaltungsanlagen in Bayern, Niedersachsen, NRW und Sachsen (LANUV 2017)

Land	Art der Anlage	Zeitraum	Entfernung [m]	Staphylokokken [KBE/m ³]	Anmerkung
Bayern	Hähnchenmast, 40.000 Tiere	10/2012 - 10/2015	200 400	$1,2 \times 10^2 - 2 \times 10^4$ $< 10^2 - 6 \times 10^3$	6. bis 8. Mastwoche: Ausbreitungsrechnung und Messwerte stimmen nur in wenigen Fällen in der Größenordnung überein
Niedersachsen	Hähnchenmast, 31.000 Tiere	11/2002 – 9/2003	120 300 - 500	$2,5 \times 10^3 - 4 \times 10^4$ $3 \times 10^2 - 6 \times 10^3$	exponentielle Abnahme der Staphylokokken ab der 4. Mastwoche Störung der KBE-Zahlen durch andere Emissionsquellen
NRW	Hähnchenmast, 160.000 Tiere	2012 - 2014; 10/2015	200	$0 - 2,0 \times 10^4$ $1,5 \times 10^3 - 7,1 \times 10^4$	5. bis 6. Mastwoche: Interner Bericht
Sachsen	Legehennen, 15.000 Tiere	2013 - 2015	150 250	$2,3 \times 10^3$ 1×10^2	Probenahme mit Impaktoren
	Puten, 1.700 Tiere		150 250	$1,3 \times 10^3$ $6,3 \times 10^2$	

Bezüglich der Bioaerosolbelastung mit Feinstaub PM₁₀ und Staphylokokken wird in der gutachterlichen Stellungnahme des Sachverständigen Herrn Dipl.-Met. Axel Rühling (2022) festgestellt, dass

- auch ohne Berücksichtigung der begrünten Schutzfläche die Zusatzbelastung für Feinstaub PM₁₀ an allen relevanten Immissionsorten des geplanten Gewerbegebietes „Neunheim IX“ die Irrelevanzschwelle von 1,2 µg/m³ unterschreitet (Abbildung 14).
- Die prognostizierten, tierplatzbezogenen Gesamtzahlen an Staphylokokken liegen auch unter Berücksichtigung einer Grünbarriere und einer erhöhten Depositionsgeschwindigkeit von 0,3 m/s im nördlichen Drittel des geplanten Gewerbegebietes „Neunheim IX“ über dem Orientierungswert von 240 KBE/m³ (Abbildung 16B).
- Der Orientierungswert von 240 KBE/m³ basiert auf den berechneten tierplatzbezogenen Emissionen und belegt im Zuge eines HAZARD ASSESSMENT die prinzipielle Möglichkeit einer „Keim“-Ausbreitung auf.
- Die konservative Auslegung der Immissionsprognose führt zu einer Überschätzung der tatsächlichen Immissionsbelastung, die bei realen Betriebsbedingungen nicht zutrifft.
- Die aus den Immissionsprognosen berechneten und die tatsächlich nachgewiesenen Mikroorganismen-Konzentrationen stimmen nur in wenigen Fällen selbst in der Größenordnung überein.

STANDORTBEZOGENE BIOAEROSOL-EMISSIONEN/IMMISSIONES-BEWERTUNG

3.3.5 Emissionsmindernde Maßnahmen durch Mantelbepflanzung bzw. eine Grünbarriere

Der im Norden des Gewerbegebietes geplante Grünfläche mit Aufschüttung (Walleffekt), entsprechend einer Mantelbepflanzung, kommt eine nicht zu unterschätzende Barrieren-Funktion zu. Durch diese „Grünbarriere“ dürfte die über diesen Bereich hinausgehende Immissionsbelastung mit Bioaerosolen, insbesondere aus den Ställen A und B mit der bodennahen, großflächigen Abluftführung, sich um bis zu zwei Größenordnungen reduzieren.

Als emissionsmindernde Maßnahmen für bioaerosolemittierende Betriebe mit zentraler Entlüftung (Stall C) stehen prinzipiell Filter und Luftwäscher zur Verfügung, die die mikrobielle Luftbelastung nur um eine Größenordnung reduzieren. Beim Einsatz von Luftwäschern muss die Möglichkeit eines zusätzlichen Infektionsrisikos durch Legionellen in Betracht gezogen werden.

Bei Geflügelmastbetrieben ist der Einbau einer Abluftreinigungsanlage noch nicht unbedingt zwingend, da gegenwärtig nur für die Geflügelkurzmast eine (mittlerweile drei) von der DLG zertifizierte Abluftreinigungsanlage zur Verfügung steht (Niedersächsischer Filtererlass 21.02.2013).

Grundsätzlich ist gemäß Erlass nicht davon auszugehen, dass dies als „Stand der Technik“ anzusehen ist und somit ein geeignetes, erforderliches und wirtschaftlich vertretbares Mittel zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen darstellt. Hinweise zur Erfordernis sind dennoch zu erkennen, wenn z.B. der Abstand zur nächsten Wohnbebauung weniger als 500 m beträgt.

Der Erlass sieht in diesem Fall vor, dass entweder ein Sachverständigengutachten zur zu erwartenden Bioaerosolproblematik erstellt wird oder alternativ eine ALR zur Staubemissionsminderung eingesetzt wird.

Mehrjährige Untersuchungen des Roh- und Reingases an Abluftreinigungsanlagen (Biowäscher mit Tropfenabscheider oder Rieselbettreaktor) in der Schweinemast haben gezeigt, dass die Emissionen der Gesamtbakterienzahl sowie von spezifischen Mikroorganismen-Gruppen wie Streptokokken, Enterokokken, Staphylokokken, Actinomyceten, Enterobakterien und Schimmelpilze gleichermaßen um eine Zehnerpotenz reduziert werden (Dott und Wiesmüller 2013).

Für die auch in der Hähnchenmasthaltung relevanten spezifischen Emissionen von Staphylokokken und *Staphylococcus aureus* sowie Enterobakterien und Endotoxinen wurde nicht nur die Reduktion, sondern auch die grundsätzlich unterschiedlichen Ausgangskonzentrationen im Rohgas als auch die Nachweishäufigkeit im Reingas dokumentiert.

Emissionsmindernd für das geplante Gewerbegebiet „Neunheim IX“ stellen sich folgende Gegebenheiten und Maßnahmen dar:

- bodennahe, großflächige Abluftführung der Hähnchenmastställe A und B,
- die im Norden des Gewerbegebietes geplante Aufschüttung (Walleffekt) mit Bepflanzung (Grünbarriere).

Eine Nachrüstung des Hähnchenmaststalles C mit zusätzlichem Abluftfilter bzw. Luftwäscher ist zwar prinzipiell möglich, jedoch aus Kosten/Nutzen-Gründen (Reduzierung der Bioaerosole um nur eine Größenordnung) nicht zu befürworten.

RISK ASSESSMENT

3.4 Ableitung einer umweltmedizinischen Risikobewertung (RISK ASSESSMENT)

Der Mindestabstand von Baufenstern in dem geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“ zu einer bestehenden Masthähnchen Anlage beträgt wenig als 500m. Damit ist gemäß LAI-Leitfaden die Notwendigkeit einer tiefergehende Prüfung der gesundheitlichen Relevanz von anlagenspezifischen Bioaerosolen auf Beschäftigte und Besucher des Gewerbegebietes angezeigt.

Die toxikologisch/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 (Douglas et al. 2017).

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 3).

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

Die Bestimmung einer Dosis-Wirkungs-Beziehung für die Gesundheitsgefährdung durch Bioaerosole aus Tierhaltungen und damit die Ableitung von verbindlichen Richt- oder Grenzwerte ist nicht möglich.

Die VDI-Richtlinie 4250, Blatt 1E: "Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosolimmissionen – Wirkungen mikrobieller Verunreinigungen auf den Menschen" beschränkt sich auf die Aussage, dass **ein Überschreiten der lokalen Hintergrundkonzentrationen** aus Vorsorge-Gesichtspunkten **umweltmedizinisch unerwünscht 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 gefahren- sondern nur risikobasierte Bewertungen vorgenommen werden (Abbildung 18).

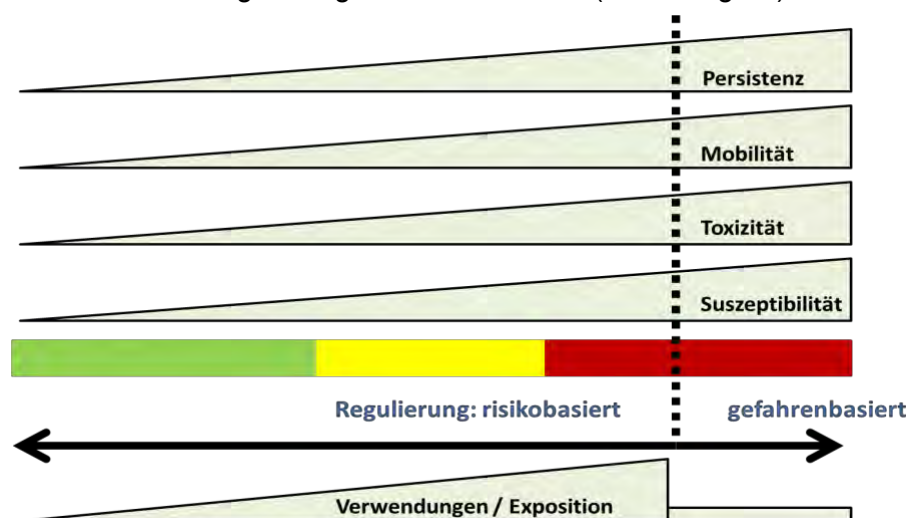


Abbildung 18: Gefahren- oder Risikobasierte Bewertung der gesundheitlichen Beeinträchtigung (Neumann, 2010).

RISK ASSESSMENT

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

Aufgrund umfangreicher wissenschaftlicher Literatordaten, 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, Allergisierungen, 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 (Younis et al. 2020). 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 (siehe Übersicht Douglas et al. 2018).

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 9), von denen nur 10 prinzipiell über den Luftweg als Bioaerosole nachgewiesenermaßen übertragen, d.h. inhalativ aufgenommen wurden (in Tabelle 11 fett gedruckt).

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

RISK ASSESSMENT

Tabelle 9: Berufsbedingte Erkrankungen durch Bioaerosol-Übertragung; die 10 inhalativ übertragenen Erkrankungen sind fett gedruckt (Anonym 2003).

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

3.4.3 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 19 und 20) (AABEL 2004, Radon 2005).

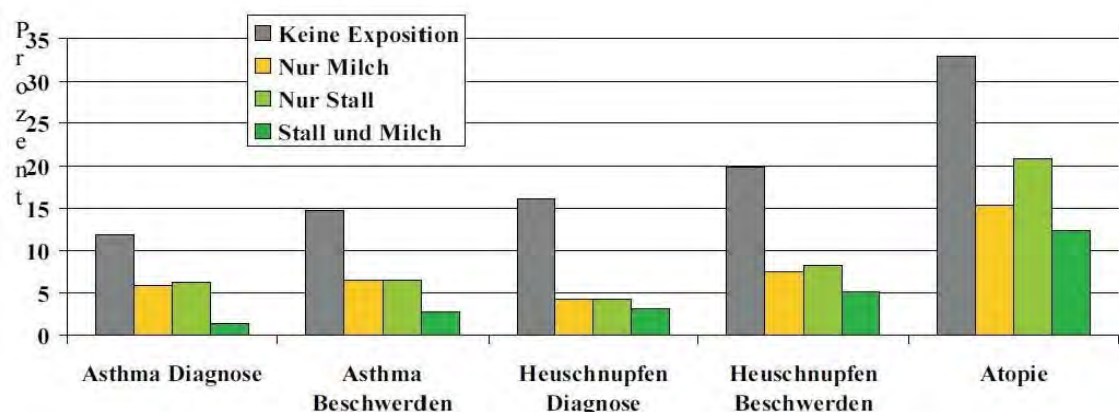


ABB 1: Prävalenzen (in Prozent) in Abhängigkeit von Stallexposition und Bauernmilchkonsum im 1. Lebensjahr (Braun-Fahrlander, Ch., et al, NEJM 347 (2002) 869-877)

Abbildung 19: Gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung (Epidemiologie) (Nowak, 2002).

RISK ASSESSMENT

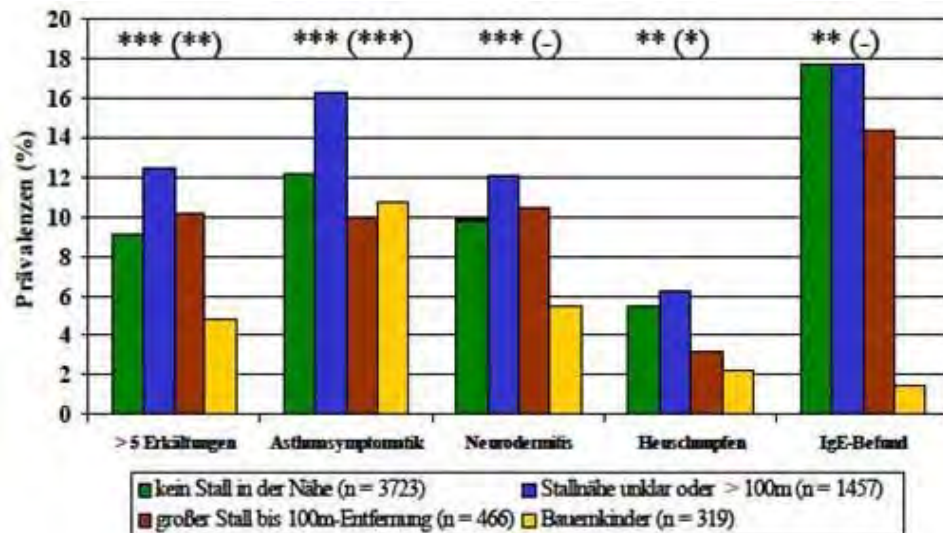


Abbildung 20: Bioaerosole aus der Nutztierhaltung und Symptome / Erkrankungen (Radon 2005).

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

Tabelle 10: Möglichkeit und Grenzen der umweltmedizinischen Risikobewertung von Bioaerosolen

Risiko und Risikobewertung	Voraussetzungen	Probleme
Infektionen → ist gegeben	<ul style="list-style-type: none"> - Quantitative und qualitative Erfassung der Erreger - Kenntnis des Infektionsweges 	<ul style="list-style-type: none"> - Speziesidentifizierung - unterschiedliche Pathogenität - Antibiotikaresistenz
Intoxikationen → ist möglich	<ul style="list-style-type: none"> - Mykotoxine aerogen / MVOC - Endotoxine - Abhängigkeit von Konzentration 	<ul style="list-style-type: none"> - Dosis / Wirkungsbeziehung - Unterschied zwischen oraler und pulmonaler Aufnahme? - Unbekannte Wirkkonzentration - Abhängigkeit der Bildung von Spezies, Stamm und Substrat
Allergien → ist unvollständig	<ul style="list-style-type: none"> - Über 600 Aspergillus / Penicillium-Arten - 55 Allergene identifiziert - ca. 20 diagnostisch erfasst 	<ul style="list-style-type: none"> - Vielfalt der Allergene - Kreuzreaktivität? - Bildung von Allergenen ist Spezies-, Stamm- und Substrat-Spezifisch - Schwelle für Sensibilisierung?

Während das Risiko der Infektionsmöglichkeit durch Mikroorganismen aus Bioaerosolen nach Identifizierung und Einstufung in Risikogruppen möglich ist (Tabelle 7), kann für Intoxikationen nur bedingt und für Allergien eigentlich keine Risikobewertung vorgenommen werden (Tabelle 6).

RISK ASSESSMENT

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.

3.4.4.1 Infektionsrisiken

Das Infektionsrisiko durch Bioaerosole kann nur nach eindeutiger Identifizierung der Mikroorganismen, deren Pathogenität und Persistenz nach Einstufung in Risikogruppen erfolgen (Tabelle 11).

Tabelle 11: 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 21 dargestellt ist. Danach besteht mit zunehmender Abwehrschwäche (Immunsuppression/-defizienz) in unmittelbarer Nähe zur Tierhaltungsanlage ein mögliches zunehmendes Infektionsrisiko. Aufgrund des derzeitigen Wissens über Emission und Immission (s. oben) sowie die innerhalb kurzer Zeit abnehmende Überlebensfähigkeit der emittierten Erreger kann zurzeit davon ausgegangen werden, dass ein Infektionsrisiko für durch Abwehrschwäche prädisponierte Personen im Bereich von bis zu 50 Metern um eine Tierhaltungsanlage bestehen kann.

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

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

Abbildung 21: Semiquantitative Risikobewertung eines möglichen Infektionsrisikos durch Bioaerosol-Emissionen aus der Tierhaltung (Wiesmüller 2010).

Zur Ermittlung von Personen unter einem möglichen Infektionsrisiko wird die Einteilung der Abwehrschwäche (Immunsuppression/-defizienz) in drei Risikogruppen der Kommission für Krankenhaushygiene u. Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI) (KRINKO 2010) herangezogen (Abbildung 22). Unabhängig davon haben Personen mit Mukoviszidose (Zystische Fibrose; nicht heilbare Erbkrankheit der Drüsen) ein Infektions- und Allergierisiko.

RISK ASSESSMENT

Risikogruppe 1 (mittelschwere Immunsuppression/-defizienz)

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

Risikogruppe 2 (schwere Immunsuppression/-defizienz)

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

Risikogruppe 3 (sehr schwere Immunsuppression/-defizienz)

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

Abbildung 22: Einteilung der Abwehrschwäche (Immunsuppression/-defizienz) in drei Risikogruppen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektions-prävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI) (KRINKO 2010).

3.4.4.2 Intoxikationsrisiken

In Tabelle 12 sind toxikologisch relevante Verbindungen, ihre Konzentrationen in der Außenluft sowie die möglichen durch Bioaerosole verursachten Gesundheitsstörungen aufgelistet.

Tabelle 12: Bioaerosolbelastung und Hintergrundwerte

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

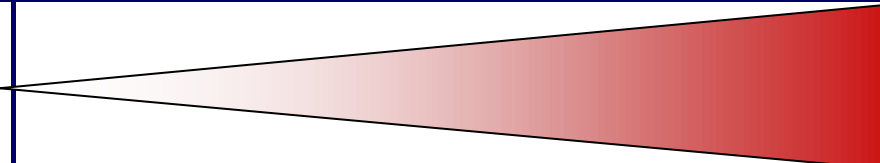
- Nach aktuellem Wissensstand reichen die Konzentrationen an Mykotoxinen und Endotoxinen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen nicht aus, um toxische Reaktionen bei der Bevölkerung (Nachbarschaft von Anlagen der Tierhaltung) auszulösen.

RISK ASSESSMENT

3.4.4.3 Allergie-/Sensibilisierungsrisiken

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 23).

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

3.4.4.4 Risiken 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 100 Metern Entfernung von Geflügelmastanlagen nicht mehr wahrzunehmen.

3.4.4.5 Risiken von Befindlichkeitsstörungen, Belästigungsreaktionen

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

Durch eine große Grünfläche mit Grünbarriere kann im Bereich des Gewerbegebietes "Neunheim IX" diese Wahrnehmung verhindert.

FRAGEN – ANTWORTEN

4. Beantwortung der eingangs gestellten Fragen

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

Ad 1. Ist das umweltmedizinischen Risikos durch Bioaerosole für die geplante Erweiterung des Gewerbegebietes „Neunheim IX“ anhand der vorliegenden Daten (Standortbeschreibung, Emissions-/Immissions-prognosen) abschätzbar?

Die vorliegenden Planungsunterlagen der Stadt Ellwangen (2022ff) und die validen Emissions-/Immissionsprognosen für Gerüche, Feinstaub und Bioaerosolen (Rühling und Weyland 2022; Rühling 2022) sind kohärent und ermöglichen die Abschätzung eines umweltmedizinischen Risikopotentials durch Bioaerosole für die Beschäftigten und Besucher des geplanten Gewerbegebietes Ellwangen „Neunheim IX“.

Ad 2. Welche Messparameter für Bioaerosole sind geeignet, eine mögliche gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung abzuleiten?

Emissionsdaten von Feinstaub (PM₁₀) wie auch verschiedenen (Indikator-)Leitorganismen (VDI 4250, Blatt 3) sind für die Berechnung einer anlagenspezifischen Immissionsprognose geeignet.

Eine generelle Risikobewertung über die Ausbreitung des Feinstaubes (PM₁₀) und der Leitorganismen bedarf jedoch im Einzelfall immer der quantitativen und qualitativen Analyse anlagenspezifischer Emissionen sowie einer Betrachtung der die Transmission beeinflussenden Faktoren (Haupt-Windrichtung, Geländetopographie etc.).

Hierbei kommt emissionsseitig dem Nachweis von pathogenen Mikroorganismen (z.B. *Staphylococcus aureus*), deren Infektiosität und deren Persistenz in der Umwelt eine besondere Bedeutung zu.

Ad 3. Welches methodische Vorgehen ist für eine valide umweltmedizinischen Risikobewertung von Bioaerosolen angezeigt?

Die im Rahmen der Expositionsvorsorge erfassten und bekannten Daten über die

- qualitative und quantitative Zusammensetzung von Bioaerosolemissionen entsprechender Anlagen (Monitoring),
- deren Persistenz und Ausbreitungsverhalten (Immissionsprognosen),
- deren infektiologischen/toxikologischen Bewertung (Toxikologie),
- die arbeits- und umweltmedizinischen Bewertung (Epidemiologie) sowie
- die Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Gesundheitsbeeinträchtigung

bilden die Grundlage für eine valide evidenzbasierte, semiquantitative umweltmedizinische Risikobewertung von Bioaerosolen (siehe 3.2 Abbildung 4).

Die Risikobewertung trägt weiterhin auch dem Vorsorgegrundsatz Rechnung, indem besonders empfindliche Personengruppen (Kinder, Kranke, immunsupprimierte und alte Menschen) und die Schutzgüter (z.B. Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Altenheime) aus den lokalen Gegebenheiten berücksichtigt werden.

Ad 4. Gibt es eine gefahren- oder ausschließlich eine risikobasierte Bewertung der gesundheitlichen Beeinträchtigung?

Aufgrund der geringen Persistenz, Mobilität und Toxizität von relevanten pathogenen Mikroorganismen und Toxinen in Bioaerosolen aus Tierhaltungsanlagen, dem nicht signifikanten Unterschied zur allgemeinen, naturnahen Hintergrundbelastung in landwirtschaftlichen Gebieten sowie der geringen wirkungsseitigen Suszeptibilität für entsprechende Erkrankungen, ist keine gefahren- sondern lediglich eine risikobasierte Bewertung der gesundheitlichen Beeinträchtigung für die Bevölkerung möglich.

FRAGEN – ANTWORTEN

Diese Risikobewertung kann nur semi-quantitativ erfolgen. Hierbei spielt in Bezug auf die Exposition die Luv-seitige Nähe zur Tierhaltungsanlage und die Hintergrundbelastung sowie wirkungsseitig, die Expositionszeit (Häufigkeit) und vor allem die Prädisposition (Empfänglichkeit) exponierter Personen eine Rolle.

Ad 5. Gibt es berufsbedingte Erkrankungen in dem besonders stark gegenüber Bioaerosolen exponierten Personenkreis (Worst-Case-Szenario)?

Berufsbedingte Zoonosen sind gut dokumentiert und umfassen wirkungsseitig Infektionen, allergische und toxische Atemwegsreaktionen und -erkrankungen. Personen, die in Tierhaltungsanlagen arbeiten, sind besonders gegenüber Bioaerosolen exponiert.

Die Erkenntnisse aus dem Bereich der Arbeitsmedizin stellen unter Berücksichtigung der variablen Suszeptibilität in der Bevölkerung eine wesentliche wissenschaftliche Grundlage für eine valide umweltmedizinische Risikobewertung dar.

Ad 6. Besteht bei den von den Sachverständigen Dipl.-Met. A. Rühling und Dipl.-Forstwirtin Elodie Weyland prognostizierten Geruchs- und Bioaerosol-Immissionen (PM₁₀, Gesamtzahlen (KBE/m³) Staphylokokken) für Beschäftigte und Besucher in dem geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“ ein akutes Gesundheitsrisiko?

Die im Zuge eines HAZARD ASSESSMENT prognostizierte Immissionsbelastung basieren auf den berechneten tierplatzbezogenen Emissionen und zeigen die prinzipielle Möglichkeit einer „Keim“-Ausbreitung auf.

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

Eine Gesundheitsgefährdung kann nur nach Quantifizierung und eindeutiger Charakterisierung und Species-Identifizierung pathogener Mikroorganismen aus emittierten Bioaerosolen abgeleitet werden.

Eine signifikante Erhöhung der Bioaerosole, das Vorkommen von umweltmedizinisch relevanten, pathogenen Mikroorganismen im Bereich des geplanten Gewerbegebietes „Neunheim IX“ und ein akutes Gesundheitsrisiko für Beschäftigte und Besucher lässt sich aus einer Immissionsprognose nicht ableiten.

Ad 7. Welchen Einfluss hätte die geplante Biogasanlage auf die Emission und Immission von Bioaerosolen?

Die anaeroben Prozesse in der Biogasanlagen (Fermenter mit Betonabdeckung) und dem Gärrestlagern (Folienabdeckung) finden in einem in sich geschlossenen System statt. Daher spielt die Emission von partikulären, gesundheitsbeeinträchtigenden Bioaerosolen keine Rolle.

Mögliche geringe Geruchsimmissionen haben keine toxikologisch/umweltmedizinische Relevanz für Beschäftigte und Besucher des geplanten Gewerbegebietes „Neunheim IX“.

Ad 8. Welchen Einfluss haben die erweiterten Immissionsschutz-Maßnahmen wie Abluftreinigung und Mantelbepflanzung bzw. Grünbarriere auf die Immission von Bioaerosolen und sind sie aus Vorsorgegesichtspunkten notwendig?

Da bei der Emission aus Hähnchenmastanlagen die Mikroorganismen zum größten Teil ($\geq 90\%$) an Staubpartikel gebunden sind, ist durch niedrige Abluft-Geschwindigkeiten, die Abluftfortführung in Bodennähe durch großflächige Luft-Austrittsflächen bei den Ställen A und B eine deutlich niedrigere als prognostiziert Bioaerosol-Immission für das geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“ zu erwarten.

Eine Grünbarriere sollte in Analogie zur oft verwendeten Mantelbepflanzung eine weitere Reduktion der Bioaerosole um mindestens eine Größenordnung bewirken.

FRAGEN – ANTWORTEN

Eine zusätzliche Abluftreinigung für den Stall C, die die überwiegend partikelgebundenen (Staub)-Emissionen mit Mikroorganismen maximal, um eine Zehnerpotenz zu reduzieren könnte, ist verfahrenstechnisch prinzipiell möglich, jedoch mit erheblich erhöhten Betriebskosten verbunden und aus umweltmedizinisch/hygienischen Gesichtspunkten nicht zwingend erforderlich.

Ad.9. Welche gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Beschäftigten und Besucher in dem geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“ sind aufgrund der vorliegenden Emissions-/Immissionsdaten für Bioaerosole, den Erfahrungen mit vergleichbaren Emissionsquellen sowie von validen epidemiologischen Daten grundsätzlich möglich?

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 (HAZARD ASSESSMENT).

Im Gegensatz zu direkt berufsbedingt exponierten Personen gibt es keine Evidenz für ein gehäuftes Auftreten von Infektionen und Intoxikationen der Bevölkerung in der unmittelbaren Nachbarschaft zu Anlagen der Tierhaltung. Die Auslösung einer Infektion ist nur bei entsprechender Prädisposition der exponierten Personen möglich.

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

Ad 10. Stellt die zu erwartende Bioaerosolbelastung in dem geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“ ein erhöhtes Risiko für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Beschäftigten und Besucher dar?

Im Außenbereich von Geflügelmastanlagen werden ab einem 50m-Abstand von der Emissionsquelle in der Regel keine für den Menschen relevanten (pathogene) luftgetragenen Mikroorganismen und Toxine nachgewiesen.

Im Gegensatz zur Stallanlage C (zentrale Entlüftung durch Kamine über Dach) erfolgt der Luftaustritt bei den Stallanlagen A und B großflächig, jeweils an der östlichen Gebäudelängsseite. Die damit verbundenen geringen Luftaustrittsgeschwindigkeiten und die Bodennähe verringern die Ausbreitung der Bioaerosole, was in den Berechnungsmodellen für die Immissionsprognosen unzureichend berücksichtigt wird.

Die geplante Grünbarriere an der Süd- und Ostseite der Stallanlagen führt wie eine zusätzliche Mantelbepflanzung zur Reduktion der Bioaerosol-Immissionen um 1 - 2 Größenordnungen, was mit einer entsprechenden Verminderung des Restrisikos (Risk Assessment) einhergeht.

Ein erhöhtes Gesundheitsrisiko (Infektionen und Intoxikationen) ist daher für Beschäftigte und Besucher in dem geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“ nicht zu erwarten.

ZUSAMMENFASSUNG

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 (**EXPOSITIONSVORSORGE**).
- **Bei der Emission aus Geflügelanlagen stehen partikelgebundene grampositive Mikroorganismen der Gattungen Staphylococcus, Streptococcus, und Bacillus im Vordergrund.**
- Die Reduktion der überwiegend am Feinstaub (PM_{10}) gebundenen, luftgetragenen Mikroorganismen erfolgt aufgrund der Deposition exponentiell mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle.
- Die Abschätzung der möglichen Bioaerosol-Immissionsbelastung (Ausbreitungsrechnung) erfolgte an Hand der Emissionsprognosen für Gerüche, Ammoniak und Feinstaub (PM_{10}).
- Die vorliegende Immissionsprognose (**HAZARD ASSESSMENT**) berechnet die theoretisch möglichen tierplatzbezogenen Emissionen von Staub und Bioaerosolen (Gesamtbakterien-Zahlen).
- **Für den Parameter Feinstaub PM_{10} und den Leitorganismus Staphylokokken konnte nur für die nördlichen Hälfte des dem geplanten Gewerbegebietes „Neunheim IX“ eine erhöhte Zusatzbelastung prognostiziert werden (Rühling 2022).**
- Tatsächlich durchgeführte Emissions-/Immissionsmessungen liefern jedoch signifikant niedrigere Werte (< zwei Zehnerpotenzen) insbesondere für umweltmedizinisch relevante, pathogene Mikroorganismen, die ab einem Abstand von $\geq 50m$ von Geflügelanlagen in der Regel nicht mehr nachgewiesen werden (Abbildung 24).
- Bei den Masthähnchenställen A und B ist durch die bodennahe, großflächigen Abluftführung eine deutlich niedrigere Immissionsbelastung zu erwarten.

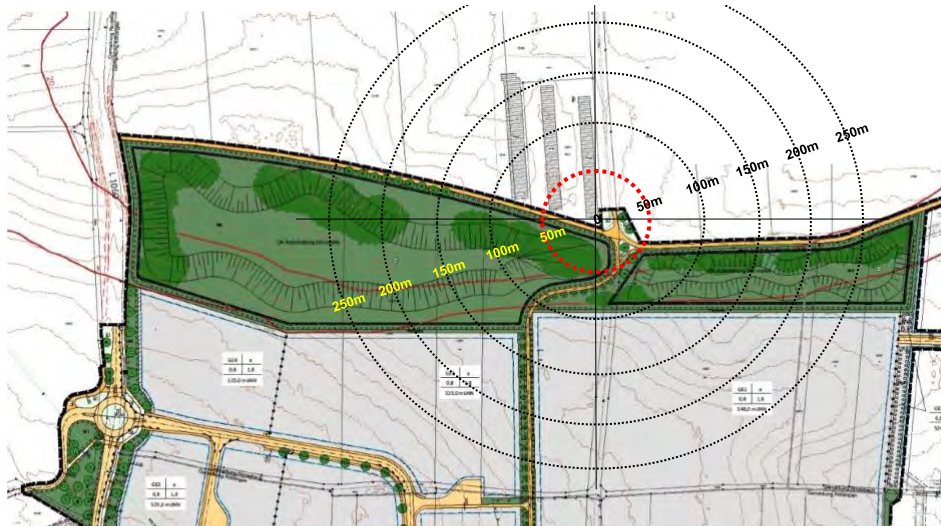


Abbildung 24: Relevanter Immissionsbereich im geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“

- Der im Norden des Gewerbegebietes geplante Grünfläche mit Aufschüttung, entsprechend einer Mantelbepflanzung, kommt eine nicht zu unterschätzende Barrieren Funktion (Walleffekt) zu.

ZUSAMMENFASSUNG

- 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.
- Arbeitsmedizinische Untersuchungen belegen, dass Bioaerosole bei Beschäftigten in Tierhaltungsanlagen Infektionen, Atemwegs- und allergische Erkrankungen auslösen können. Trotz hoher Exposition („Worst case-Betrachtung“) und zusätzlicher Übertragungs-Möglichkeiten (z.B. Schmier-/Kontaktinfektionen) treten diese extrem selten auf.
- Die gesundheitlichen Auswirkungen auf die Bevölkerung der Nachbarschaft von Tierhaltungsanlagen wurde epidemiologisch (AABEL, NiLs) untersucht. Hierbei wurden sowohl geringe schädliche als auch nützliche Effekte beobachtet. Auch neuere Arbeiten aus 2018 z.B. von Douglas P, et al. (Review-Artikel) und aus der Arbeitsgruppe Hooiveld, Wouters, Heederik lassen keine weiteren umweltmedizinischen Schlüsse zu.

Bei einer **dispositionsbasierten Risikobewertung (RISK ASSESMENT)** lässt sich ausschließlich für suszeptible oder prädisponierte Personen im unmittelbaren Bereich der Emissionsquelle (≤ 50 Meter Abstand) ein mögliches Gesundheitsrisiko ableiten.

- ➔ **Infektionen:** Umweltmedizinisch relevante, pathogene oder resistente Mikroorganismen sind in der Regel in der Außenluft ab 50 Metern Entfernung von Masthähnchen-Anlagen nicht mehr nachweisbar (3.1.1., 3.3.1., 3.3.2.).
- ➔ **Toxische Reaktionen:** Staub- und Bioaerosol-Emissionen aus Geflügelanlagen (Hähnchenmast) enthalten keine relevanten Konzentrationen von toxischen Verbindungen (3.1.2., 3.2.2.)
- ➔ **Allergisierung/Sensibilisierung:** Epidemiologische Untersuchungen belegen kein erhöhtes Erkrankungsrisiko für normal empfindliche Kinder. Leicht erhöhte Symptom-Häufigkeit konnte bei Kindern atopischer Eltern nachgewiesen werden; geringere Sensibilisierungen bei stärkerer Exposition (3.4.3).
- ➔ In der Nordhälfte des geplanten Gewerbegebietes Ellwangen „Neunheim IX“ sollten keine Besonders schützenswerte Bereiche, wie Krankenhäuser, Rehakliniken, Alten-, Pflegeheime oder Kindergärten errichtet werden.

Ab einem Abstand ≥ 50 m von den beiden Masthähnchenanlagen kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit eine erhöhte, umweltmedizinisch relevante Bioaerosolbelastung ausgeschlossen werden.

Daher lässt sich für die Beschäftigten und Besucher in dem geplanten Gewerbegebiet „Neunheim IX“ kein erhöhtes umweltmedizinisches, toxikologisches Gefährdungs-/Risikopotential durch Bioaerosole ableiten.

6. Unterschrift

Aachen, 10.10.2022

W. Dott