

Bioaerosole aus der Tierhaltung – aktueller Stand des Wissens

Fachtagung Emissionsbeurteilung Landwirtschaft 2016

M. Kropsch

Einleitung:

Neben den “bekannten” Emissionen wie Geruch, Staub und Lärm zeigt sich im Rahmen landwirtschaftlicher Bauverfahren zunehmend der Trend zur eingeforderten Begutachtung von Bioaerosolen. Die Literaturrecherche zeigt hier, dass die Forschung Anfang der 2000er Jahre vermehrt beginnt, sich mit dieser Thematik wissenschaftlich auseinanderzusetzen. Ist es in einigen Bundesländern in Deutschland bereits gelebte Praxis, bei Neugenehmigungen von Stallungen auch Bioaerosolprognosen zwingend beizubringen, so ist dies in Österreich – zumindest bis dato – noch eher die Ausnahme als die Regel. Der vorliegende Begleittext zum Vortrag „Bioaerosole aus der Tierhaltung – aktueller Stand des Wissens“ bietet eine Zusammenfassung der wesentlichsten Inhalte.



Gemäß DIN EN 13098 (Arbeitsplatzatmosphäre, Leitlinien für die Messung von Mikroorganismen und Endotoxinen in der Luft) handelt es sich bei Bioaerosolen um *luftgetragene Partikel biologischer Herkunft*. Genauer gesagt sind *Bioaerosole 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) anhaften bzw. diese beinhalten oder bilden*.

Grundsätzlich ist die Bioaerosolthematik hervorragend geeignet, Ängste und Befürchtungen bei Anwohnern landwirtschaftlicher Bauvorhaben zu wecken; und dies, obwohl – oder gerade weil – Vieles unbekannt ist oder nur halb gewusst wird. Wichtig erscheint hier eine

eingehende Auseinandersetzung mit der Thematik, fußend auf den aktuellen Erkenntnissen der Wissenschaft. Natürlich ist es gesichertes Wissen, dass manche Bakterien für z.T. schwere Erkrankungen bei Mensch und Tier verantwortlich zeichnen – aber dies betrifft laut neuesten Forschungen nur einen Bruchteil der Mikroben, denen wir Tag für Tag begegnen. Keineswegs ist daraus eine verharmlosende Sicht auf pathogene Erreger abzuleiten; vielmehr gilt es – und dies ist zentral für das Verständnis jedweden irdischen Lebens – den lange viel zu gering geschätzten „guten“ Bakterien ein größeres Bewusstsein zu verschaffen. Immer klarer zeichnet sich nämlich ein Bild menschlichen Lebens ab, das ohne die Vielzahl unserer (bakteriellen) Kompagnons und Untermieter in der uns bekannten Form nicht möglich wäre. Als Beispiel seien hier die „guten“ Keime auf der Haut des Menschen erwähnt, die jeder von uns milliardenfach mit sich trägt. Generell als Kommensale bezeichnet (Lebewesen, das sich von den Nahrungsrückständen eines Wirtsorganismus ernährt, ohne ihn zu schädigen), zeigt sich in jüngster Vergangenheit, dass ihr Dasein doch gewisse, unerlässliche Vorteile für den Wirt mit sich bringt und nicht nur dem eigenen Nahrungserwerb dient. Dieser mikrobielle „Biofilm“ auf unserer Haut, der aus einer Vielzahl unterschiedlicher Arten besteht, ist jene essenzielle Schutzbarriere „nach außen“, die vor dem Eindringen krankmachender Keime so effektiv schützt.

So bekannte Krankheitserreger wie *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* oder *Candida albicans*, um nur einige zu nennen, sind ständige Begleiter eines beträchtlichen Teils der „normalen“, gesunden Bevölkerung – sie sind Teil der Standortflora. Im Normalfall – wenn unser „Schutzschild“ also intakt ist – geht von ihnen keine Gefahr aus. Als Opportunisten können sie jedoch Gelegenheiten einer Schwächung unserer äußersten Barriere ausnützen – dann werden sie zu Erregern von, z.T. ernsthaften, Infektionskrankheiten.

Die Mikrobiologie ist ein höchst spannendes und dynamisches Feld. Zahlreiche wissenschaftliche Forschungen der jüngeren Vergangenheit brachten eine Fülle neuer Erkenntnisse zu Tage, die unseren Blick auf „die Bakterien“ nachhaltig verändern wird. Uns soll hier, zum Abschluss dieser kurzen Einführung, in Erinnerung bleiben, dass nicht nur „böse“ Bakterien den Menschen womöglich bedrohen, sondern dass vielmehr unser Dasein erst durch eine beinahe unüberschaubare Vielzahl von „guten“ Mikroorganismen mit-ermöglicht wird.

Wie alles begann:

Um derart kleine Partikel wie Bakterien, Pollen und letztendlich auch Viren untersuchen zu können, war die „Erfindung“ und Weiterentwicklung des Mikroskops erforderlich. Dem Holländer Antoni van Leeuwenhoek – von Berufswegen Tuchhändler im niederländischen Delft – gebührt hierfür das ganze Lob. Zwar gab es zu seinen Lebzeiten Mitte des 17. Jhdt. bereits Mikroskope; diese hatten jedoch einen erheblichen Nachteil: Da die Qualität der verwendeten Linsen meist schlecht war, waren die darstellbaren Vergrößerungen äußerst beschränkt. Erst Leeuwenhoek, der ein begeisterter Hobby-Mikroskopiker war, gelang – durch Verwendung einer einzelnen, exakt geschliffenen Linse – eine bis zu 270-fache Vergrößerung der betrachteten Objekte. Damit wurde nun die Möglichkeit geschaffen, Bakterien eingehend zu untersuchen. Leeuwenhoek war der erste, der eine Beschreibung lebender Bakterien ablieferte – Quelle war der Abstrich seines eigenen Zahnbelages. Unser Holländer hat jedoch das Geheimnis seiner Linsenherstellung mit ins Grab genommen – Linsen mit vergleichbar hoher Auflösung konnten erst wieder im Verlauf des 19. Jhdt. angefertigt werden.

Über unterschiedlichste Bauformen von Lichtmikroskopen, wie sie häufig in der klinischen Praxis Verwendung finden, verlief die Entwicklung bis hin zu sogenannten Elektronenmikroskopen. Diese erlauben Vergrößerungen bis zu einem Zehntausendfachen – derart vergrößert, stellt selbst ein Winzling wie das Fassettenauge einer Fliege, eine riesige Hügellandschaft dar. Auch die Darstellung von Viren ist nur mittels Elektronenmikroskopen möglich – bewegen wir uns hier doch in einer Größenordnung von etwa 10 Nanometer bis 1 Mikrometer (1 millionstel Meter!).

Der Erkenntnisstand wächst:

Die Forschungen auf dem Gebiet der Mikrobiologie, insbesondere in der Bakteriologie, haben in den letzten 15 Jahren eine Fülle von – zuvor ungeahnten – Neuigkeiten zu Tage gefördert. Nicht nur Fachleute zeigen ihr Interesse; zunehmend trägt eine beträchtliche Anzahl populärwissenschaftlicher Publikationen dieses Wissen in die interessierte Allgemeinbevölkerung. Und dieses Wissen handelt eben von „schlechten“ und, der viel größeren Anzahl, von „guten“ Bakterien.

Wie eingangs dargelegt, kann ein Teil der uns umgebenden Bakterien dem menschlichen Organismus gefährlich werden; und dabei handelt es sich häufig um Bazillen, die Teil unseres normalen Keimspektrums (sei es auf der Haut, in der Nase oder im Darm...) sind. Diese potenziell pathogenen Mikroorganismen besiedeln z. T. Menschen und Tiere gleichermaßen.

Durch Abgabe dieser Keime an die Umgebungsluft (in Form von Tröpfchen oder als Staubanhang) ist eine Verfrachtung nach außerhalb des Stallgebäudes grundsätzlich möglich – dies stets in Abhängigkeit vom Erregertypus und von den zum Emissionszeitpunkt vorherrschenden Umweltbedingungen (Temperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Strahlungsintensität...).

VDI-Richtlinien

Um dem wachsenden Augenmerk auf die Thematik Bioaerosole & Landwirtschaft Rechnung zu tragen, wurden in den letzten Jahren eine beträchtliche Anzahl an diesbezüglichen Richtlinien durch den zuständigen Ausschuss im VDI erarbeitet und veröffentlicht. Nur durch diese Anstrengungen ist es möglich, auf der Basis von standardisierten Prozessen vergleichbare Ergebnisse in den unterschiedlichen Ermittlungsverfahren zu erhalten. Die Basis der folgenden Ausführungen ist die *VDI 4250 Blatt 1: Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosolmissionen – Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen* (Weißdruck, August 2014).

Grundsätzlich ist bereits lange Zeit bekannt, dass Bioaerosole im landwirtschaftlichen Arbeitnehmerbereich (also unmittelbar an der Quelle) die Gesundheit beeinträchtigen können; zu nennen sind hier die „Farmerlunge“, das „Drescherfieber“ (Organic Dust Syndrome) bzw. chronisch obstruktive Lungenerkrankungen. Die Wirkmechanismen die hier zum Tragen kommen sind vielfältig und in erster Linie von der Art des Erregers abhängig: potenziell können Bioaerosole mechanisch, infektiös, toxisch und/oder sensibilisierend (z.T. synergetisch mit Staub und Ammoniak) ihre krankmachende Wirkung entfalten. Die konkrete Wirkung ist zudem abhängig von der Zusammensetzung der Bioaerosole (Anteile infektiöser Spezies, enthaltene Toxine), ihrer Konzentration (Variation der erforderlichen infektiösen Dosis), der Exposition (wie häufig und wie lange ist jmd. Bioaerosolen ausgesetzt) und von der persönlichen Konstitution (Gesundheitsstatus der betroffenen Person, liegen Grunderkrankungen vor...).

In zwei großen, wissenschaftlichen Studien in Deutschland wurde die Auswirkung von Bioaerosolmissionen landwirtschaftlicher Quellen auf die Nachbarschaft untersucht. Die NiLS-Studie legt hierzu dar, dass *„für junge Erwachsene eine Nachbarschaftsexposition gegenüber mehr als 12 Ställen im Umkreis von 500 m mit einer Einschränkung der Lungenfunktionsparameter assoziiert wird“*. Kurz gesagt, traten nur bei jenen Personen nachteilige Effekte auf die Lungengesundheit zu Tage, deren Wohnumgebung eine sehr hohe Dichte an Nutztierhaltung aufweist.

Die AABEL-Studie weist diesbezüglich nur geringe gesundheitliche Effekte im Konnex mit einer Exposition zu Bioaerosolen aus der Tierhaltung auf. Es zeigte sich die Tendenz eines gehäufteten Auftretens von asthmatischen Symptomen mit steigender Exposition, nur bei familiär prädisponierten (für eine Krankheit anfälligen) Kindern; die ermittelten Effekte ließen sich dabei nicht eindeutig einem Bioaerosol zuordnen. Eine positive Aussage dieser Studie ist die verminderte Wahrscheinlichkeit einer Sensibilisierung gegenüber Inhalationsallergenen bei steigender Exposition zu Bioaerosolen aus der Landwirtschaft – d.h. die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung von Allergien (Asthma, Heuschnupfen, Tierhaare...) war hier geringer.

Umweltmedizinische Bewertung nach VDI 4250 Blatt 1

Gemäß des im Anhang dieser Richtlinie angeführten Prüfschemas hat die Beurteilung einer bioaerosolemittierenden Anlage (bspw. Neuerrichtung oder Änderung von landwirtschaftlichen, für die Tierhaltung bestimmten, Gebäuden) zu erfolgen, wenn nach zusammenfassender Betrachtung aller einzelnen Hinweise die Notwendigkeit einer Prüfung auf Bioaerosolbelastungen vorliegt. Einzelne Hinweise können sich z. B. ergeben aus der Entfernung von Wohnort bzw. Aufenthaltsort zur Quelle, bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen, bei weiteren emittierenden Anlagen in der Nähe, bei empfindlichen Nutzungen, bei bereits vorliegenden Nachbarschaftsbeschwerden u. a. m. Konkrete Hinweise, die sich aus der Entfernung von Wohnort und Quelle ergeben sind ein Unterschreiten des Abstandes von 500 m bei Geflügelstallungen, von 500 m bei Schafhaltung (Q-Fieber) und von 350 m bei Schweinehaltung.

Wie wird nun im Anlassfall geprüft: In einem ersten Schritt ist die Hintergrundkonzentration der Bioaerosole im Betrachtungsgebiet (aus natürlichen Quellen) mittels geeigneter Messverfahren zu ermitteln. In einem zweiten Schritt ist festzustellen, wie hoch die Vorbelastung durch bestehende Betriebe ist – die Ermittlung kann ebenfalls durch Immissionsmessung oder an Hand von Ausbreitungsrechnungen erfolgen. Mittels Ausbreitungsrechnung ist in der Folge die Zusatzbelastung – durch das konkrete Projekt – zu ermitteln. Die Gesamtbelastung resultiert letztlich aus der Summe der Vorbelastung plus der Zusatzbelastung - diese muss jedenfalls kleiner/gleich dem Hintergrundwert (Hintergrundkonzentration) sein. Ist dies nicht der Fall, ist die Prüfung von Minderungsmaßnahmen anzuschließen bzw. eine Abstandsvergrößerung anzudenken.

Für die Ermittlung gebietstypischer Hintergrundkonzentrationen, für die Durchführung von Emissions- und Immissionsmessungen sowie für die anlagenbezogene Ausbreitungsmodellierung stehen VDI-Richtlinien zur Verfügung.

VDI 4250 Blatt 1: Gesamtbelastung > Hintergrundwert

Tritt im Rahmen der Prüfung zu Tage, dass die ermittelte Gesamtbelastung über dem Hintergrundwert (Hintergrundkonzentration) bzw. dem Aufmerksamkeitswert oder der Bestimmungsgrenze liegt, so ist dies gemäß VDI 4250 Blatt 1 als umweltmedizinisch unerwünscht zu bezeichnen, ohne dass dabei das Gesundheitsrisiko quantifiziert werden kann. Aus Gründen der Vorsorge sind jedoch über dem Bewertungskriterium (Hintergrundwert, Aufmerksamkeitswert oder Bestimmungsgrenze) erhöhte Bioaerosolkonzentrationen zu vermeiden oder zu vermindern.

Anmerkung: Die VDI 4250 Blatt 1 führt neben dem Bewertungskriterium „Hintergrundwert“ zusätzlich den „Aufmerksamkeitswert“ bzw. die „Bestimmungsgrenze“ an. Für Messparameter, deren Hintergrundkonzentration nach den vorliegenden Erkenntnissen jahreszeitlich kaum variiert, kann der Hintergrundwert als Aufmerksamkeitswert definiert werden. So lässt sich bspw. aus den vorliegenden Erkenntnissen zu Hintergrundkonzentrationen für die Schimmelpilzgattung *Aspergillus*, die nur geringe jahreszeitliche Schwankungen aufweist, wegen der geringen natürlichen Variation ein Aufmerksamkeitswert von 1×10^2 KBE/m³ angeben (KBE = koloniebildende Einheit, Einheit in der die Anzahl der anzüchtbaren Mikroorganismen ausgedrückt wird).

Ferner kann die Bewertung anhand anlagenbezogener Leitparameter, die in der natürlichen Hintergrundkonzentration mit den standardisierten Verfahren nicht nachweisbar sind, vorgenommen werden. Insbesondere gilt dies für Leitparameter, wie bspw. dem Bakterium *Staphylococcus aureus*, deren natürliche Hintergrundkonzentration nach aktuellem Kenntnisstand in der Regel unterhalb der Bestimmungsgrenzen der bisher standardisierten Verfahren (dargelegt in VDI 4253 Blatt 2 und Blatt 3) liegen. Die Bestimmungsgrenze bei *Staphylococcus aureus* liegt richtliniengemäß bei 8×10^1 KBE/m³. Diese Bestimmungsgrenze kann folglich als Bewertungskriterium für diesen Leitparameter herangezogen werden.

Umweltmedizinische Bewertung – Zusammenfassung

Als gesichert gilt, dass hohe Emissionen von Bioaerosolen am Entstehungsort, wie sie im Rahmen landwirtschaftlicher Tätigkeiten durchaus auftreten, die Gesundheit beeinträchtigen können. Wie geschildert, wurden die gesundheitlichen Auswirkungen auf die unmittelbare Umgebung und Nachbarschaft von Stallungen in epidemiologischen Studien (Teilgebiet der Medizin, das sich mit der Verbreitung, den Ursachen und Folgen von Krankheiten in der Bevölkerung beschäftigt) untersucht – als Beispiele wurden hier die AABEL- und die NiLS- Studien genannt. Ein Sukkus dieser Studien ist das Faktum, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen einer Bioaerosolexposition und gesundheitlichen Beeinträchtigungen im Umfeld landwirtschaftlicher Betriebe nicht abschließend bewiesen ist. Vielmehr wurden schädliche und nützliche Effekte derartiger Expositionen nachgewiesen; ein Gesundheitsrisiko ist, laut Datenlage, nur für besonders empfindliche (prädisponierte) Personen ableitbar. Das Bewertungskriterium der VDI 4250 Blatt 1 basiert schließlich, dies ist aus medizinischer Sicht durchaus sinnvoll, auf der Vorsorge durch Einhaltung der Hintergrundbelastung (bzw. des Aufmerksamkeitswertes oder der Bestimmungsgrenze). Es liegt bis dato jedoch keinerlei klare Erkenntnis zu Dosis-Wirkungsbeziehungen, hinsichtlich möglicher gesundheitlicher Folgen einer Bioaerosolexposition, vor – hier haben zukünftige Forschungsvorhaben verstärkt anzusetzen.

Offene Fragen

Abschließend lässt sich festhalten, dass Einiges bereits bekannt ist, Vieles jedoch noch im Unklaren liegt. Begrüßenswert sind jedenfalls die Bemühungen des VDI, die bekannten Fakten in Richtlinien einzuarbeiten, um eine darauf aufbauende, standardisierte Bearbeitung der Thematik zu ermöglichen. Zu klären wird in den nächsten Jahren u. A. der Umstand sein, warum manche Bioaerosolstudien in der Umgebung von Mastgeflügelstallungen potenziell pathogene Bakterien der Art *Staphylococcus aureus* nachweisen, andere explizit nur apathogene Staphylokokken. Überdies ist gänzlich wenig bekannt zur Tenazität (Zähigkeit, Überlebensfähigkeit) der verschiedenen, potenziellen Krankheitserreger auf unterschiedlichen Oberflächen bei verschiedenen Witterungsbedingungen. Auch die jeweils nötige, spezifische Erregerdosis, die für eine „erfolgreiche“ Besiedelung bzw. Infektion eines Menschen erforderlich ist, ist weitgehend unbekannt. Natürlich muss neben der medizinischen, auch die technische Entwicklung voranschreiten. Derzeit liegt bspw. ein wesentlicher Mangel von Ausbreitungsrechnungen darin, dass sie nur sehr begrenzt eine Übereinstimmung mit Immissionsmessungen im Feld zeigen.

Angaben zur verwendeten Literatur

Baudisch C.: Massentierhaltung – MRSA aus umwelthygienischer Sicht. Vortrag aus dem Landesamt für Gesundheit und Soziales Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung Gesundheit, Dezernat Umwelthygiene und Umweltmedizin, Schwerin, 2012.

Charius H., Friebe R.: Bund fürs Leben – Warum Bakterien unsere Freunde sind. Carl Hanser Verlag München, 2014.

Clauß M.: Kenntnisstand der Beurteilung von Bioaerosolimmissionen. Vortrag aus dem Thünen-Institut für Agrartechnologie, Braunschweig, 2013.

Clauß M., Schulz J.: Stand der Erkenntnis zur Beurteilung von Bioaerosolimmissionen. Vortrag aus dem Thünen-Institut für Agrartechnologie, Braunschweig, 2014.

Deichmann J.: Emissions- und Immissionsmessungen von Bioaerosolen an Geflügelanlagen. Vortrag aus dem Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat 74 I Tierzucht, Tierhygiene, Köllitsch, 2015.

Friese A. et al.: Emission antibiotikaresistenter Keime aus Schweine- und Geflügelhaltungen. Tagungsband zur 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Vechta, 2013.

Gaede P-M., Meckes O., Ottawa N.: Die fantastische Welt des Unsichtbaren: Entdeckungen im Mikrokosmos. Verlag Gruner + Jahr, Hamburg, 2002.

Kegel B.: Die Herrscher der Welt. DuMont Buchverlag, Köln, 2015.

Mersch-Sundermann V. (Hrsg.): Medizinische Mikrobiologie für MTA. Georg Thieme, Verlag, Stuttgart, 1989.

VDI 4250 Blatt 1: Bioaerosole und biologische Agenzien. Umwelt-medizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen. Wirkung mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen. Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf, 2014.

VDI 4255 Blatt 1: Bioaerosole und biologische Agenzien. Emissionsquellen und –minderungsmaßnahmen - Übersicht. Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf, 2005.

VDI 4255 Blatt 2: Bioaerosole und biologische Agenzien. Emissionsquellen und –minderungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung – Übersicht. Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf, 2009.

Walser S. M. et al.: Evaluation of exposure-response relationships for health effects of microbial bioaerosols – A systematic review. International Journal of Hygiene and Environmental Health 218, 577-589, 2015.

Wiesmüller G. A.: Risikobewertung möglicher gesundheitlicher Wirkungen von Bioaerosolen. Vortrag aus dem Aachener Institut für Risikoanalyse und –bewertung, air Umwelt GmbH, Aachen, 2015.