

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und
Viren in der Außenluft
Anlagenbezogene Ausbreitungsmodellierung von
Bioaerosolen

VDI 4251
Blatt 3
Entwurf

Measurement of airborne microorganisms and
viruses in ambient air – Plant-related dispersion
modelling for bioaerosols

Einsprüche bis 2026-04-30

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal
<http://www.vdi.de/4251-3>
- in Papierform an
VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft
Fachbereich Umweltqualität
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Begriffe	3
3 Charakteristika von Bioaerosolen, ihrer Freisetzung und Ausbreitung.....	5
3.1 Physikalische Eigenschaften.....	6
3.2 Größenspektrum.....	6
3.3 Kenngröße.....	8
3.4 Natürlicher Hintergrund.....	8
3.5 Emissionsbeeinflussende Faktoren	8
3.6 Atmosphärischer Transport.....	9
3.7 Tenazität	9
3.8 Immission	10
3.9 Umweltmedizinische Bewertung.....	10
4 Verfahren zur Ausbreitungsrechnung von Bioaerosolen	10
4.1 Ausbreitungsrechnung	10
4.2 Ergebnis der Ausbreitungsrechnung	12
4.3 Qualitätssicherung	12
Anhang Beispiel – Ausbreitungsrechnung	13
Schrifttum	15

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss
Fachbereich Umweltqualität

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 4: Analysen- und Messverfahren I
VDI-Handbuch Biotechnologie
VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1a: Maximale Immissions-Werte

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Dr. rer. nat. *Marcus Clauß*, Braunschweig (Vorsitz)

Dr. *Ulf Janicke*, Überlingen

Dipl.-Ing. *Martin Kamp*, Münster

Dipl.-Ing. *Volker Kummer*, Wiesbaden (stellv. Vorsitz)

Dipl.-Ing. *Michael Lohberger*, Dresden

Dipl.-Met. *Wolfgang J. Müller*, Laatzen

Dr. *Ralf Petrich*, Frankenberg/Sa.

Dipl.-Biol., Fachttoxikologin *Margit Salzmann*, Hildesheim

Dipl.-Geol. *Boris Zimmermann*, Gelsenkirchen

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4251.

Einleitung

Die Ermittlung und Bewertung der Emissionen und Immissionen von Partikeln und gasförmigen Stoffen sind im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und seinen Verordnungen sowie in der TA Luft geregelt. Ziel dieser Regelungen ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.

Die gesetzlichen Vorgaben zur Begrenzung mikrobieller Emissionen sind bislang nur allgemein formuliert. So schreibt die TA Luft 2021 in Nr. 5.2.9 für bestimmte Anlagen vor: *„Bioaerosole sind im Luftraum befindliche Ansammlungen von Partikeln, denen Pilze, deren Sporen, Konidien oder Hyphenbruchstücke oder Bakterien, Viren oder Pollen oder deren Zellwandbestandteile und Stoffwechselprodukte anhaften oder die diese beinhalten. Bei*

Anlagen, die umweltmedizinisch relevante Bioaerosole in relevantem Umfang emittieren können, sind zur Emissionsminderung dem Stand der Technik entsprechende Maßnahmen zu treffen. Als Erkenntnisquelle für relevante Anlagen kann die Richtlinie VDI 4250 Blatt 3 (Ausgabe August 2016) dienen. Auf die speziellen Regelungen der 42. BImSchV wird verwiesen.“

Zudem wurden zahlreiche technische Regeln im Arbeitsschutz (Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe – TRBA) und Umweltschutz erstellt. Weiterführende Informationen finden sich in der Schriftenreihe der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) Band 30 [1], Band 35 [2], Band 39 [3], Band 44 [4] und Band 48 [5].

Der Themenbereich „Bioaerosole und biologische Agenzien“ ist aufgrund seiner Komplexität in mehrere Richtlinienreihen unterteilt.

Die Richtlinienreihe VDI 4250 beschreibt die Wirkung mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen.

Die Richtlinienreihe VDI 4251 legt die Bedingungen fest, die bei der Planung von Immissionsmessungen mikrobieller Luftverunreinigungen und bei der Ausbreitungsmodellierung berücksichtigt werden müssen.

In der Richtlinienreihe VDI 4252 werden die verschiedenen Verfahren zur Probenahme von Bioaerosolen beschrieben und die Anforderungen an die Durchführung der Immissionsmessungen festgelegt.

Die Richtlinienreihe VDI 4253 legt die Bedingungen für die Anzucht und Detektion von Mikroorganismen sowie für die Analyse von Viren fest und baut auf der in VDI 4252 und VDI 4257 beschriebenen Probenahme auf.

Die Richtlinienreihe VDI 4254 beschäftigt sich mit der Analyse von gasförmigen Luftverunreinigungen mikrobieller Herkunft, wie MVOC (microbial volatile organic compounds), Endotoxinen, Mykotoxinen und Glucanen, beschäftigen.

Die Richtlinienreihe VDI 4255 stellt die unterschiedlichen Quellen mikrobieller Luftverunreinigungen dar, beschreibt Verfahren zur Minderung dieser Emissionen und legt Konventionswerte für Emissionsfaktoren für ausgewählte Mikroorganismen fest.

In der Richtlinienreihe VDI 4256 werden die statistischen Kenngrößen, die für die Beschreibung und Vergleichbarkeit der Verfahren notwendig sind, festgelegt.

Die Richtlinienreihe VDI 4257 beschreibt die Planung, die Durchführung und die verschiedenen

Verfahren der Emissionsmessung von mikrobiellen Luftverunreinigungen.

Die Richtlinienreihe VDI 4258 beschreibt die Herstellung von Prüfbioaerosolen zur Validierung von Messverfahren.

Die Richtlinienreihe VDI 4259 beschreibt Nachweisverfahren für Legionellen aus Umweltproben und Maßnahmen für ein übergeordnetes Krisenmanagement bei Legionellenausbrüchen.

Die Immission von Bioaerosolen kann, etwa in Ergänzung zu Messungen, auch mithilfe von Ausbreitungsrechnungen abgeschätzt werden. Ausbreitungsrechnungen sind vor allem für längere Betrachtungszeiträume und Prognosen ein wichtiges Hilfsmittel. Die Richtlinie VDI 4251 Blatt 3:2015-08 beschreibt ein Standardverfahren zur praktischen Durchführung von Ausbreitungsrechnungen für Bioaerosole, das sich an den im Anhang 3 der TA Luft (2002) formulierten Standards orientiert. Die vorliegende, überarbeitete Richtlinie basiert auf der TA Luft 2021 und beschreibt das aktualisierte Standardverfahren mit dem aktuellen Stand der Kenntnisse und Erfahrungen.

Eine Übersicht der aktuellen VDI-Richtlinien zum Themenbereich „Bioaerosole und biologische Agenzien“ ist im Internet unter [6] abrufbar.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie dient der Immissionsberechnung von Bioaerosolen in der Außenluft, die von einer Emissionsquelle oder mehreren Emissionsquellen einer Anlage freigesetzt werden. Die Bestimmung erfolgt mithilfe einer numerischen Ausbreitungsrechnung mit einem lagrangeschen Partikelmodell nach Richtlinie VDI 3945 Blatt 3. Gasförmige Stoffwechselprodukte, die von Bakterien oder Schimmelpilzen gebildet werden, z.B. MVOC (microbial volatile organic compounds), sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie.

Die Richtlinie ist ein standardisiertes, praxisorientiertes Werkzeug zur Ermittlung der Immission von Bioaerosolen für anschließende Bewertungen und Wirkungsanalysen. Die Richtlinie kann im Rahmen von Genehmigungsverfahren, Messplanungen und für andere fachliche Fragestellungen zur Ausbreitung von Bioaerosolen eingesetzt werden.

Bewertungen und Wirkungsanalysen selbst sind nicht Gegenstand der Richtlinie. In Bezug auf die Art der hierfür heranzuziehenden Immissionsgrößen lagen zum Zeitpunkt der Erstellung der Richtlinie keine Regelungen vor (insbesondere hinsichtlich Mittelungszeit und Betrachtungszeitraum). Deshalb wird in allgemeinerer Form angegeben,

welche Immissionskenngrößen mit dem beschriebenen Verfahren bestimmt werden können.

Im VDI-Statusreport „Ausbreitungsmodellierung von Bioaerosolen – Grundlagen und Eingangsparameter“ [7] sind bereits detailliert aktuelle Erkenntnisse und ausführliche Anwendungshinweise zur Immissionsprognose aufgeführt.

Diese Richtlinie greift zurück auf die Erkenntnisse des Statusreports sowie auf die VDI-Richtlinien zur Ausbreitungsmodellierung und soll dieses Modellsystem auch für Bioaerosole standardisiert nutzbar machen.

Prozesse der Deposition und der Sedimentation werden modelliert. Hierzu werden die freigesetzten Bioaerosole, deren atmosphärischer Transport dem von Staub entspricht, durch ihren aerodynamischen Durchmesser charakterisiert. Basierend auf neuen Erkenntnissen werden Empfehlungen zur Korngrößenklasse gegeben. Auch tageszeitliche Schwankungen der Emissionen werden berücksichtigt.

Während des Transports können sich die physikalischen Eigenschaften der Bioaerosole ändern (z.B. durch Agglomeration), ebenso ihre biologischen Eigenschaften (z.B. die Vermehrungsfähigkeit). Auch können bereits am Boden abgelagerte Bioaerosole wieder aufgewirbelt und weitertransportiert werden (Resuspension). Diese Prozesse sind entweder zu komplex oder bislang zu wenig quantifizierbar, um sie in das standardisierte Verfahren aufzunehmen. Wo möglich, wird ihnen durch konservative Annahmen Rechnung getragen. Es werden jedoch Hinweise zur Berücksichtigung der Absterberaten von luftgetragenen Mikroorganismen gegeben.

Das Rechengebiet, für das die Immission bestimmt wird, erstreckt sich typischerweise über Entfernungen von einigen 100 Metern bis einigen zehn Kilometern von der Emissionsquelle. Die räumliche Auflösung beträgt zwischen einigen Metern und einigen 100 Metern.

Diese Richtlinie stützt sich in wesentlichen Teilen auf die Vorgaben von Anhang 2 TA Luft 2021 (Ausbreitungsrechnung) und auf die Empfehlungen zur Durchführung und Qualitätssicherung von Ausbreitungsrechnungen der Richtlinien VDI 3783 Blatt 13 und VDI 3783 Blatt 13.1. Das Programmsystem AUSTAL ist das Referenzmodell der TA Luft 2021 (siehe hierzu VDI 3945 Blatt 3). Ausführliche Hinweise dazu finden sich in [8 bis 10].