

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung  
der Wirkung von Luftverunreinigungen (Biomonitoring)  
Flächenbestimmung epiphytischer Flechten und Moose  
zum Nachweis von Umweltveränderungen

VDI 3957

Blatt 8 / Part 8

Biological measuring techniques for the determination and  
evaluation of effects of air pollutants (biomonitoring)  
Determination of the growth rate of epiphytic lichens and  
bryophytes for monitoring of environmental changes

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundes-  
anzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.*

*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The draft of this standard has been subject to public scrutiny  
after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).*

*The German version of this standard shall be taken as authorita-  
tive. No guarantee can be given with respect to the English  
translation.*

Inhalt	Seite
Vorbemerkung .....	2
Einleitung .....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	3
<b>2 Normative Verweise</b> .....	4
<b>3 Begriffe</b> .....	4
<b>4 Durchführung des Verfahrens</b> .....	4
4.1 Auswahl geeigneter Aufnahmeflächen .....	4
4.2 Anfertigung der Erstaufnahme .....	5
4.3 Anfertigung einer Folgeaufnahme .....	6
4.4 Vorbereitung der computergestützten Auswertung .....	7
<b>5 Interpretation der Ergebnisse</b> .....	8
<b>Anhang</b> Anwendungsbeispiele .....	9
A1 Auswirkungen experimenteller Stickstoffgaben auf die Epiphytenflora in Dauerbeobachtungsflächen .....	9
A2 Flächenbestimmung epiphytischer Flechten zur immissionsökologischen Langzeitbeobachtung im Rahmen eines Dauerbeobachtungsprogramms in Hessen .....	10
Schrifttum .....	14

Contents	Page
Preliminary note .....	2
Introduction .....	2
<b>1 Scope</b> .....	3
<b>2 Normative references</b> .....	4
<b>3 Terms and definitions</b> .....	4
<b>4 Implementation of the method</b> .....	4
4.1 Selection of suitable recording areas .....	4
4.2 Production of the first recording .....	5
4.3 Production of a subsequent recording .....	6
4.4 Preparation of computer-aided evaluation .....	7
<b>5 Data interpretation</b> .....	8
<b>Annex</b> Examples of application .....	9
A1 Effects of experimental nitrogen additions on epiphytic lichen and bryophyte biota in permanent observation plots .....	9
A2 Surface area determination of lichens for the ecological long-term monitoring of ambient air pollution within the scope of a Hessian permanent observation program .....	10
Bibliography .....	14

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL  
Fachbereich Umweltqualität

## 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](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

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

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3957](http://www.vdi.de/3957).

## Einleitung

Flechten und Moose nehmen als wechselfeuchte Organismen Wasser und die darin gelösten Nähr- und Schadstoffe passiv über ihre gesamte Oberfläche auf. Die Konzentration, Dauer und Art der Schadstoffbelastung sowie die artspezifische Widerstandsfähigkeit der Flechten bestimmen neben mikroklimatischen und anderen abiotischen Faktoren ganz wesentlich, welche Arten an einem Standort überleben oder sich dort dauerhaft etablieren können. Aus diesem Grund eignen sich insbesondere epiphytische Flechten und Moose hervorragend als Monitororganismen zur räumlich differenzierten Wirkungserfassung von Luftschadstoffen [1 bis 3]. Während die aktuellen Kartierungsverfahren für Moose und Flechten (VDI 3957 Blatt 12 und Blatt 13) die standardisierte Erfassung der Flechten bzw. Moosdiversität erlauben, ist das vorliegende Verfahren für detaillierte Beobachtungen der Entwicklung einzelner Flechten- und Moosindividuen im zeitlichen Verlauf geeignet. Hierzu wird die Fläche einzelner Individuen erfasst. Es wurde eine Methode [26] aufgegriffen und modifiziert, die von *Hurka* und *Winkler* [4] sowie von *Wirth* und *Brinckmann* [5] erstmals unter immissionsökologischen Gesichtspunkten verwendet wurde. Eine Möglichkeit der digitalen Auswertung wurde von *Kirschbaum* et al. vorgelegt [20]. Sowohl immissionsbedingte Veränderungen im Flechtenwachstum an Baumborken [6 bis 14] als auch die Wirkungen applizierter Wirkstoffe auf individuelle Flechten und Moose [15; 16] können mit diesem Verfahren im zeitlichen Verlauf dargestellt werden.

## Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/3957](http://www.vdi.de/3957).

## Introduction

As poikilohydric organisms, lichens and bryophytes take up water including any dissolved nutrients and pollutants by their entire surface. Concentration and nature of the pollutants, the duration of the exposure as well as the species-specific capability of resistance to pollutants in addition to micro-climatic and other abiotic factors largely define which lichen species will survive or establish permanently at a given location. For this reason, in particular epiphytic lichens and bryophytes are excellently suited as monitoring organisms to capture spatially differentiated impacts of air pollutants [1 to 3]. While the current mapping instructions (VDI 3957 Part 12 and Part 13) are appropriate for standardized assessment of bryophyte and lichen species diversity, the procedure presented here is eligible for pursuing the development of individual lichens and bryophytes over the course of time. For this purpose, the surface area of single lichen and bryophyte individuals is measured. A method [26] was taken and modified, which *Hurka* and *Winkler* [4] as well as *Wirth* and *Brinckmann* [5] already have applied for the first time in efforts to study the effects of ambient pollutants on ecology. A reasonable digital evaluation procedure has been presented by *Kirschbaum* et al. [20]. Both immission induced alterations of lichen growth on bark [6 to 14] and effects of applied chemical agents on individual lichens and bryophytes [15; 16] can be assessed over the course of time using this method.

## 1 Anwendungsbereich

Das hier beschriebene Verfahren der flächengenaue Erfassung von Flechtenthalli und Moosindividuen kann zur Bearbeitung folgender Fragestellungen angewendet werden:

- Nachweis der potenziellen Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme (z.B. Heide, Moor, Wald) durch Stickstoffdeposition im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach TA Luft
- Dokumentation der Wirkung von Umweltereignissen, z.B. vor und nach der Inbetriebnahme von potenziellen Emittenten
- Dokumentation des Risikos eutrophierender Luftverschmutzung für die Vegetation auch außerhalb städtischer Gebiete (vgl. Richtlinie 2008/50/EG)
- lokale und kleinräumige Dokumentation der Lufthygiene und des Stadtklimas als komplementierende Maßnahme zu Dauermessstationen der Immissionsmessnetze mit Anlehnung an die nationale Umsetzung der EU-Immissionsgrenzwerte in der 39. BImSchV; insbesondere geeignet für vorausschauende Umweltvorsorge und zukünftige Umweltentwicklungen zur Integration beispielsweise in Stadtklimagutachten, Bauleitplanung, Flächennutzungsplan und „Aktionspläne Luftreinhaltung“ (Eutrophierung, Versauerung)
- Dokumentation der Wirkung einer Störung anhand der Veränderung bestehender Flechten- und Moosgesellschaften  
Eine Störung kann ein natürliches Umweltereignis sein (z.B. Brand, Windwurf, Infektion durch lichenicole Pilze, Insektenfraß) oder anthropogene Veränderungen, wie Immissionen, Applikationsexperimente oder Waldkalkungen.
- Dokumentation der primären Sukzession auf bis dahin unbesiedeltem Substrat
- Beobachtung der Veränderung oder der Sukzession bereits existierender Flechten- und Moosgesellschaften
- Beobachtung von Fluktuationen von Flechten- und Moosbeständen
- Beobachtung der Entwicklung ausgewählter Arten
- Monitoring klimatischer Veränderungen (als Ergänzung zu VDI 3957 Blatt 20)
- Beobachtung des Einflusses der Substratalterung oder ähnlicher Veränderungen auf die Sukzession der Flechten und Moose

## 1 Scope

The method described here for the determination of the exact surface area of lichen thalli and bryophyte individuals may be used to work on the following questions:

- evidence of potential damage to sensitive plants and ecosystems (e.g. heathland, moor, woodland) by nitrogen deposition in the context of licensing procedures according to TA Luft (Technical Instructions on Air Quality Control)
- documentation of an impact of environmental incidents, e.g. before and after a potential emission source is brought into service
- documentation of the risk of eutrophication air pollution on vegetation even outside urban areas (cf. Directive 2008/50/EC)
- local and small-scale documentation of air quality and urban climate as complementing action to permanent monitoring stations of the air pollution surveillance network with reference to the national implementation of the EU emission limits in the 39th Ordinance for the Implementation of the Federal Immission Control Act (BImSchV); particularly suitable for anticipatory environmental protection and future environmental trends for the integration in e.g. urban climate report, (urban) land use planning, and clean air plans (eutrophication, acidification)
- documentation of an impact of a disruption on the basis of changes in afore existing lichen and bryophyte communities  
A disruption might be a naturally occurring environmental incident (as fire, windthrow, infection by lichenicolous fungi, insects feeding on lichens) or anthropogenic alterations like emissions, application experiments, or liming.
- documentation of the primary succession on an as yet uncolonized substrate
- monitoring of alterations or of the succession of preexisting lichen and bryophyte communities
- observation of fluctuations in lichen and bryophyte populations
- observation of the development of selected species
- monitoring of climate induced alterations (supplementary to VDI 3957 Part 20)
- observation of an effect of substrate aging or any similar variations on the succession of bryophytes and lichens

Die Anzahl und zeitlichen Abstände der einzelnen Aufnahmen orientieren sich an der Geschwindigkeit, mit der sich der Bestand verändert. Die Veränderungen der Flechtenvegetation infolge von Immissionsbelastung kann innerhalb von wenigen Wochen oder Monaten bis zu mehreren Jahren verlaufen [6; 8; 16 bis 18].

Grundsätzlich eignet sich das Verfahren auch zur Erfassung der Veränderungen von Biofilmen aus epiphytischen Algen, Cyanobakterien und Pilzen.

## 2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 3957 Blatt 1:2014-09 Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation); Grundlagen und Zielsetzung

The number and the frequency of individual recordings are geared to the velocity of the population changes. Changes of lichen vegetation due to emission load may proceed within a few weeks or within months to several years [6; 8; 16 to 18].

In principle, the method is suitable for the assessment of changes of biofilms of epiphytic algae, cyanobacteria, and fungi.

## 2 Normative references

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI 3957 Part 1:2014-09 Biological measuring techniques for the determination and evaluation of effects of air pollutants on plants (biomonitoring); Fundamentals and aims