

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREBiologische Messverfahren zur Ermittlung und
Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen
(Biomonitoring)Methode zur standardisierten Erfassung
epiphytischer MooseBiological measuring techniques for the
determination and evaluation of effects of
air pollutants (biomonitoring)Method for the standardised detection of
epiphytic mossesVDI 3957
Blatt 12 / Part 12Ausz. deutsch/englisch
Issue German/English*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger 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 authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note.....	2
Einleitung.....	2	Introduction.....	2
1 Anwendungsbereich.....	3	1 Scope.....	3
2 Normative Verweise.....	4	2 Normative references.....	4
3 Begriffe.....	4	3 Terms and definitions.....	4
4 Grundlage des Verfahrens.....	5	4 Principles of the procedure.....	5
5 Durchführung des Verfahrens.....	7	5 Implementation of the procedure.....	7
5.1 Rahmenbedingungen.....	8	5.1 General setup.....	8
5.2 Festlegung der Probenahme­flächen.....	8	5.2 Determination of sampling areas.....	8
5.3 Verteilung der Probenahme­flächen.....	10	5.3 Distribution of sampling areas.....	10
5.4 Trägerbäume.....	13	5.4 Phorophytes.....	13
6 Probenahmeverfahren.....	14	6 Sampling procedure.....	14
6.1 Kriterien zur Auswahl der Baumarten.....	14	6.1 Criteria for selecting tree species.....	14
6.2 Aufnahme der Moose am Baumstamm.....	15	6.2 Survey of the mosses on tree trunks.....	15
7 Datenauswertung und Interpretation der Messwerte.....	18	7 Evaluation of the data and interpretation of the measured values.....	18
7.1 Hinweise zur Datenauswertung – Qualitative Aufnahme.....	18	7.1 Notes on the evaluation of the data – Qualitative survey.....	18
7.2 Hinweise zur Datenauswertung – Quantitative Aufnahme.....	18	7.2 Notes on the evaluation of the data – Quantitative survey.....	18
8 Qualitätssicherung.....	19	8 Quality assurance.....	19
8.1 Qualifikation der kartierenden Personen.....	19	8.1 Qualification of the mapping personnel.....	19
8.2 Planung der Untersuchung.....	19	8.2 Planning the survey.....	19
8.3 Dokumentation des Projekts und der Geländearbeit.....	20	8.3 Documentation of the project and field work.....	20
Anhang A Beispiel für einen Erhebungsbogen für eine Probenahme­fläche.....	21	Annex A Example of a data entry form for a sampling area.....	22
Anhang B Beispiel einer Mooskartierung.....	23	Annex B Example of moss mapping.....	23
Schrifttum.....	25	Bibliography.....	25

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

Fachbereich Umweltqualität

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.

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/3957.

Einleitung

Moose reagieren ähnlich wie Flechten empfindlich auf anthropogene Einflüsse in Ökosystemen, insbesondere durch Luftverschmutzung, Eutrophierung und Klimaänderungen [1 bis 10]. Dadurch eignen sie sich besonders gut für die Bioindikation. Folgende Eigenschaften und Gegebenheiten sind diesbezüglich von zentraler Bedeutung:

- Als wechselfeuchte (poikilohydrische) Organismen überleben Moose Trockenphasen in ausgetrocknetem Zustand. Luftfeuchte Standorte sind daher oft durch üppige epiphytische Moosvorkommen gekennzeichnet [11 bis 14].
- Im Gegensatz zu Höheren Pflanzen besitzen Moose kein schützendes Abschlussgewebe. Schadstoffe werden ebenso wie Nährstoffe weitgehend ungehindert unmittelbar aus der Luft oder aus Tau-, Nebel- und Regenwasser über die gesamte Oberfläche aufgenommen. Dadurch sind sie allen Umwelteinflüssen direkt ausgesetzt [12; 15; 16].
- Bis auf wenige Ausnahmen verfügen Moose nicht über physiologische Anpassungen, die es ihnen ermöglichen, schädliche Stoffe abzuscheiden.
- Moose sind auch bei niedrigen Temperaturen stoffwechselaktiv und können daher auch während der Wintermonate geschädigt werden.
- Die meisten Arten verschwinden unter ungünstigen Bedingungen bzw. können sich nicht ansiedeln.
- Moose haben weitaus größere Areale als Blütenpflanzen, weshalb z.B. für das Schwermetall-

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) 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 and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at www.vdi.de/3957.

Introduction

Like lichens, mosses are sensitive to anthropogenic influences in ecosystems, particularly air pollution, eutrophication and climate change [1 to 10]. This makes them particularly suitable for bioindication. The following characteristics and conditions are of central importance in this regard:

- As poikilohydrous organisms, mosses survive dry periods in a dehydrated state. Locations with high air humidity are therefore often characterised by lush epiphytic moss growth [11 to 14].
- Unlike higher plants, mosses do not have a protective outer layer. Pollutants, like nutrients, are absorbed largely unimpeded directly from the air or from dew, fog and rainwater across their entire surface. This means that they are directly exposed to all environmental influences [12; 15; 16].
- With a few exceptions, mosses do not have physiological adaptations that enable them to excrete harmful substances.
- Mosses remain metabolically active even at low temperatures and can therefore be damaged during the winter months.
- Most species disappear under unfavourable conditions or are unable to establish themselves.
- Mosses cover much larger areas than flowering plants, which is why the same species are used

monitoring von Skandinavien bis Italien die gleichen Arten eingesetzt werden [17 bis 21].

- Zu ihrer räumlichen Ausbreitung nutzen Moose Sporen, vegetative Brutorgane oder auch abgebrochene Blättchen, die mit dem Wind, durch Tiere oder mit dem Stammablaufwasser rasch verbreitet werden. Unter geeigneten Umweltbedingungen entstehen daraus neue Moospflanzen. Daher werden veränderte Umweltbedingungen anhand von Veränderungen der Moosvegetation erkennbar [4].
- Immissionsensible Arten mit langen Reproduktionszyklen weisen auf langfristig konstante, geeignete Wuchsbedingungen am Standort hin [22].
- Untersuchungen an Moosen können ganzjährig durchgeführt werden.

Die Eignung von Moosen als Bioindikatoren für die Luftqualität ist durch eine Vielzahl von Kartierungen ebenso belegt [23 bis 30] wie durch Transplantations- oder Begasungsexperimente [31; 32]. Diese Richtlinie beschreibt ein standardisiertes Kartierungsverfahren zur Bestimmung der Moosdiversität auf Baumrinden mithilfe eines Aufnahmegitters. Sie zeigt, wie die erhobenen Daten ausgewertet und interpretiert werden, um abschließend Gebiete mit unterschiedlicher Luftqualität abgrenzen zu können. Veränderungen der Moosdiversität und -abundanz gegenüber einer vorangegangenen Erhebung können dazu genutzt werden, um Veränderungen der Umweltbedingungen im Untersuchungsgebiet zu dokumentieren.

1 Anwendungsbereich

Die standardisierte Kartierung epiphytischer Moose ermöglicht räumliche und zeitliche Vergleiche des Moosvorkommens innerhalb eines Untersuchungsgebiets. Sie gibt Auskunft über Lebensbedingungen für diese Organismen im Untersuchungsgebiet.

Eine standardisierte Erfassung von Moosarten ermöglicht

- eine Beurteilung der räumlichen Differenzierung der Luftqualität im Rahmen des jeweiligen Projekts;
- den Nachweis, die Bewertung und die Dokumentation von Wirkungen durch gasförmige Luftschadstoffe, durch Stäube sowie durch standortklimatische Beeinträchtigungen auf die belebte Umwelt in einem konkreten lokalen Umfeld eines Emittenten, in einem regionalen Bereich, um Schwerpunkte einer Umweltbelastung aufzuzeigen oder auch im Sinne eines „Frühwarnsystems“;

for heavy metal monitoring from Scandinavia to Italy, for example [17 to 21].

- In order to spread spatially, mosses use spores, vegetative gemmae or broken leaves, which are quickly dispersed by the wind, animals or stem runoff water. Under suitable environmental conditions, these develop into new moss plants. Changes in environmental conditions can therefore be detected by changes in moss vegetation [4].
- Species that are sensitive to pollution and have long reproduction cycles indicate long-term, stable, suitable growing conditions at the site [22].
- Studies on mosses can be carried out all year round.

The suitability of mosses as bioindicators for air quality has been proven by a large number of mapping studies [23 to 30], as well as by transplantation and gassing experiments [31; 32]. This standard describes a standardised mapping procedure for determining moss diversity on tree bark using observation grids. It shows how the collected data are evaluated and interpreted in order to finally delimit areas with different air quality. Changes in moss diversity and abundance compared to a previous survey can be used to document changes in environmental conditions in the investigation area.

1 Scope

The standardised mapping of epiphytic mosses enables spatial and temporal comparisons of moss occurrence within an investigation area. It provides information about the living conditions for these organisms in the investigation area.

Standardised detection of moss species enables

- an assessment of the spatial differentiation of air quality within the scope of the respective project;
- the detection, assessment and documentation of effects caused by gaseous air pollutants, dust and site-specific climatic impairments on the living environment in a specific local environment of an emitter, in a regional area in order to identify key areas of environmental pollution, or also in the sense of an “early warning system”;

- die Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Wirkungsermittlung in Städtebau, Naturschutz sowie Landschafts- und Raumplanung sowie eine nachhaltige Pflege- und Bewirtschaftungsweise von Nutz- und Grünflächen;
- wiederholte Erhebungen im gleichen Untersuchungsgebiet zur Beurteilung von Veränderungen der Umwelt und
- die Unterstützung der Öffentlichkeitsarbeit kommunaler und regionaler Behörden durch das Aufzeigen eines allgemeinen Bedarfs an umweltbewusstem Verhalten und an Maßnahmen zur effizienteren Frischluftzufuhr im Siedlungsbereich.

Vergleiche weit voneinander entfernter Untersuchungsgebiete anhand von Moosdiversitätswerten sind durch geografisch bedingte standortklimatische Unterschiede erschwert oder nur sehr eingeschränkt möglich.

Für das in dieser Richtlinie beschriebene Verfahren besteht keine Abhängigkeit zum Klimawandel, solange nicht die Ergebnisse zeitlich zu weit auseinander liegender Untersuchungen miteinander verglichen werden. Denn infolge des globalen Klimawandels können bislang im Untersuchungsgebiet noch nicht registrierte Moosarten in dieses einwandern und sich sogar dauerhaft etablieren, während gleichzeitig angestammte Arten von dort verschwinden.

Das hier beschriebene Verfahren gleicht die Methode zur Aufnahme von epiphytischen Moosen der Aufnahme von Flechten an und erleichtert damit auch eine kombinierte Aufnahme beider Gruppen. Es ist kompatibel mit europäischen Vorgaben (siehe DIN EN 16413) und hinsichtlich der Auswahl der Moosarten und der Trägerbaumarten auf die Verhältnisse in Mitteleuropa abgestimmt.

Die Richtlinie richtet sich an Genehmigungs- und Überwachungsbehörden und insbesondere an ausführende Anwender wie Umweltingenieurbüros.

- the consideration of the results of the impact assessment in urban development, nature conservation, landscape and spatial planning, as well as sustainable maintenance and management of usable areas and green spaces;
- repeated surveys in the same investigation area to assess changes in the environment; and
- supporting the public relations work of municipal and regional authorities by highlighting a general need for environmentally conscious behaviour and measures for more efficient fresh air supply in residential areas.

Comparisons of remote investigation areas based on moss diversity values are difficult or only possible to a very limited extent due to geographical differences in local climate.

The procedure described in this standard is not dependent on climate change, as long as the results of investigations carried out too far apart in time are not compared with each other. This is because, as a result of global climate change, moss species not yet recorded in the investigation area can migrate into it and even become permanently established, while native species disappear from there.

The procedure of surveying epiphytic mosses described here is similar to the method used to survey lichens and thus also facilitates a combined survey of both groups. It is compatible with European guidelines (see DIN EN 16413) and is tailored to conditions in Central Europe in terms of the selection of moss species and phorophyte species.

The standard is intended for approval and supervisory authorities and, in particular, for users such as environmental engineering firms.