

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Biologische Messverfahren zur Ermittlung und
Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen
(Bioindikation)

Nachweis von regionalen Stickstoffdepositionen mit
den Laubmoosen *Scleropodium purum* und
Pleurozium schreberi

Biological measuring procedures to determine and
assess the effects of ambient air pollutants
(bioindication)

Detection of regional nitrogen depositions with the mosses
Scleropodium purum and *Pleurozium schreberi*

VDI 3957

Blatt 19 / Part 19

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im
Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchverfahren
unterworfen.*

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

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

*The German version of this guideline shall be taken as authori-
tative. 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 Grundlage des Verfahrens	3	2 Basics of the Method	3
3 Materialbeschaffung	5	3 Acquisition of moss material	5
4 Exposition	6	4 Exposure	6
5 Stickstoffanalyse	8	5 Analysis of nitrogen	8
6 Bewertung der Ergebnisse	9	6 Evaluation of the results	9
Schrifttum	11	Bibliography	11

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

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1a: Maximale Immissions-Werte
VDI-Handbuch Biotechnologie, Band 2: Umwelt-Biotechnologie

Vorbemerkung

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

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

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

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

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3957.

Einleitung

In den letzten Jahren sind die Schwefeldioxid-Emissionen aufgrund von Maßnahmen wie Abgasreinigung und Einführung schwefelarmer Kraftstoffe reduziert worden. Gleichzeitig hat aber der atmosphärische Stickstoffeintrag zu einer erheblichen Eutrophierung der Umwelt geführt und sich zunehmend als Problem erwiesen. Das betrifft nicht nur sensible Ökosysteme wie Trockenrasen, Heiden oder Moore. Auf 90 % der Fläche der Bundesrepublik Deutschland ist die kritische Belastungsgrenze für Stickstoffimmissionen überschritten [1]. Die negativen Wirkungen der Eutrophierung sind sehr vielfältig und wurden u. a. von [2-6] beschrieben.

Messungen atmosphärischer Stickstoffeinträge sind aufwendig, weil Stickstoffeinträge in verschiedener Form (als Gas, trockene oder nasse Deposition) und in verschiedenen Verbindungen erfolgen. Die Deposition von Stickstoff wird in der Bundesrepublik Deutschland an 80 Level-II-Standorten gemessen [7], kleinräumige Depositionsunterschiede können damit aber nicht erfasst werden. Die Ermittlung von Stickstoffeinträgen mittels des Bioindikators Moos erlaubt eine räumlich differenzierte und wirkungsbezogene Aussage zur Anreicherung von Stickstoff in der Vegetation. Die Methode dient als Instrument zur Kontrolle der Umweltqualität.

In der Umweltüberwachung mit Bioindikatoren werden grundsätzlich zwei Verfahren des Monitorings unterschieden:

- **passives Monitoring:** Untersuchung von im Untersuchungsgebiet vorhandenen (wild lebenden) Organismen

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline 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 guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices (www.vdi-richtlinien.de).

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

A catalogue of all available parts of this guideline can be accessed on the internet at www.vdi.de/3957.

Introduction

During the last decades sulphur dioxide emissions have been successfully reduced by e.g. flue gas treatment or the reduction of sulphur content in fuels. However, during the same period the atmospheric nitrogen input has caused considerable eutrophication of our environment and has become more of a problem. This does not only affect sensitive ecosystems such as dry grasslands, heathland and bogs. In Germany the critical load for nitrogen pollution is exceeded on 90 % of the area [1]. The negative consequences of eutrophication are manifold and are described e.g. in [2 to 6].

Measuring atmospheric nitrogen inputs is laborious, because the nitrogen inputs happen in different ways (as gas, wet or dry deposition) and in different chemical compounds. In Germany the deposition of nitrogen is being monitored in 80 Level II sites [7]. However, this does not allow for the assessment of nitrogen deposition on a regional or local scale. The use of mosses as bioindicators allows a spatially differentiated assessment of the effects of nitrogen accumulation on vegetation and thus serves as an instrument of environmental quality control.

There are two basic strategies of monitoring in biosurveillance:

- **passive monitoring:** examination of organisms which occur naturally in the investigation area

- **aktives Monitoring:** Untersuchung von Organismen, die nach einem standardisierten Verfahren in das Untersuchungsgebiet eingebracht werden.

Im Rahmen der internationalen Aktivitäten zum UNECE-Übereinkommen über den weiträumigen, grenzüberschreitenden Transport von Luftverunreinigungen wird das passive Moosmonitoring europaweit zur Kontrolle der Schwermetallbelastung eingesetzt [8; 9]. Im Zuge der zunehmenden Eutrophierung von Ökosystemen findet auch das passive Monitoring von Stickstoffeinträgen Anwendung [10; 11].

Das hier vorgestellte Verfahren ist ein Verfahren des aktiven Monitorings: Moosmaterial wird substratfrei über einen bestimmten Messzeitraum exponiert. Der Expositionsort kann weitgehend frei gewählt werden, sodass keine Abhängigkeit vom natürlichen Vorkommen einer Art in einem zu untersuchenden Gebiet besteht.

Das von *Solga* et al. [12] entwickelte Verfahren zur Ermittlung eutrophierender Stickstoffeinträge mit den epigäischen Laubmoosen *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. und *Scleropodium purum* (Hedw.) Limpr. dient als Grundlage dieser Richtlinie. Bei der Auswahl der Arten war entscheidend, dass sie Stickstoff tatsächlich anreichern (akkumulieren) und nicht in verstärktes Wachstum umsetzen [13].

1 Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich des Verfahrens liegt im Nachweis von atmosphärischen Stickstoffeinträgen in der Umgebung einzelner Emittenten oder bei regionalen Untersuchungen. Die Untersuchungen beinhalten stets einen Vergleich mit der Hintergrundbelastung.