

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

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

VDI 3957
Blatt 18 / Part 18

Erfassen von Stickstoffanreicherungen in der
Blattflechte *Parmelia sulcata* zum Nachweis von
Immissionswirkungen

Biological measuring techniques for the
determination and evaluation of effects of
air pollutants (biomonitoring)

Determination of nitrogen accumulation in the
foliose lichen *Parmelia sulcata* detecting effects of
ambient air pollutants

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

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

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

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

*The German version of this standard 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 Begriffe	4	2 Terms and definitions	4
3 Grundlage des Verfahrens	4	3 Basics of the method	4
4 Strategie der Beprobung.....	7	4 Sampling strategy.....	7
5 Durchführung des Verfahrens	7	5 Implementation of the method.....	7
5.1 Trägerbäume	7	5.1 Sampling trees	7
5.2 Probenahme	7	5.2 Sampling.....	7
5.3 Probenaufbereitung.....	8	5.3 Sample preparation.....	8
6 Beurteilung der Stickstoffgehalte.....	9	6 Evaluation of nitrogen contents.....	9
6.1 Statistische Auswertung.....	9	6.1 Statistical analysis.....	9
6.2 Interpretation der Ergebnisse	9	6.2 Interpretation of the results.....	9
7 Dokumentation.....	11	7 Documentation.....	11
8 Qualitätssicherung	11	8 Quality assurance.....	11
Anhang Probenahmeprotokoll.....	12	Annex Sampling protocol.....	13
Schrifttum	14	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), 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.

Einleitung

Flechten sind wechselfeuchte Organismen, die Wasser und die darin gelösten Nähr- und Schadstoffe aufnehmen. Sie reagieren sensitiv auf Luftschadstoffe. Insbesondere epiphytische Flechten werden seit vielen Jahrzehnten als Bioindikatoren im aktiven und passiven Monitoring von Immissionswirkungen verwendet [1 bis 6]. Saure Immissionen, allen voran Schwefeldioxid, konnten in den westlichen Industrienationen in vergangenen Jahrzehnten erheblich gemindert werden. In der Folge kehrten viele Epiphyten wieder in die Zentren der Großstädte zurück, in denen zuvor häufig gar keine epiphytischen Flechten und Moose überleben konnten. Diese Rückkehr verlief jedoch nicht in Umkehr der Verdrängung, vielmehr breiteten sich insbesondere nährstofftolerante Arten rasch aus und bestimmen auch heute sowohl in Städten als auch im ländlichen Raum vielfach das Bild. Ursache hierfür sind atmosphärische Einträge von mineralischen Stickstoffverbindungen, die zu einer lokal teils erheblichen Eutrophierung der Umwelt geführt haben. Ein Vergleich der Stickstoffdeposition mit den Critical Loads für Eutrophierung zeigt, dass die Critical Loads immer noch auf fast der gesamten Fläche empfindlicher Ökosysteme in Deutschland überschritten werden [7].

Die negativen Wirkungen der Eutrophierung auf Ökosysteme durch luftgetragene Nährstoffe sind vielfältig und gut dokumentiert, siehe u. a. [8 bis 11]. Infolge der gewandelten Immissionssituation hat sich die epiphytische Flechtenflora in weiten Gebieten Mitteleuropas stark zugunsten eutrophierungstoleranter Arten verändert [12 bis 21]. Die meisten Flechtenspezies reagieren empfindlich auf reaktiven Stickstoff, insbesondere Ammoniak, der bei land-

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 can be accessed on the Internet at www.vdi.de/3957.

Introduction

Lichens are poikilohydric organisms that take up water including any dissolved pollutants and nutrients. They are sensitive to air pollutants. For many decades, in particular epiphytic lichens have been applied as bioindicators within active and passive monitoring of ambient air pollution [1 to 6]. In recent decades, acidic immissions, most notably sulfur dioxide, could be considerably reduced in the Western industrialised nations. As a consequence, many epiphytes remigrated into the centres of the big cities, where in many cases afore lichens and bryophytes could not survive. This remigration process, however, was not a simple reversal of the displacement, in fact, nutrient tolerant species rapidly spread and even today dominate the aspect in cities and in rural areas. This is due to atmospheric input of mineral nitrogen compounds which has led to a locally sometimes severe eutrophication of the environment. A comparison of nitrogen deposition with critical loads for eutrophication reveals that, in Germany, the critical loads are still exceeded over almost the entire area of sensitive ecosystems [7].

The negative effects of eutrophication on ecosystems due to airborne nutrients are multifarious and well documented, see e.g. [8 to 11]. In consequence of the altered immission situation, in many areas of Central Europe, the epiphytic lichen flora has strongly changed for the benefit of eutrophication tolerant species [12 to 21]. Most lichens are sensitive to reactive nitrogen, in particular ammonia, which emerges from animal husbandry and, in

wirtschaftlicher Tierhaltung und in geringerer Menge in Abgaskatalysatoren von Kraftfahrzeugen entsteht [22]. Je höher die Ammoniakimmission bzw. die Verkehrsbelastung eines Standorts, desto höher ist der Anteil von Nährstoffzeigerarten, während gegenüber Eutrophierung empfindliche Flechten weniger häufig nachgewiesen werden [20; 21; 23; 24]. Für Flechten betragen die Jahresmittelwerte der Critical Level für Ammoniak $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für NO_x – wie bei den Höheren Pflanzen – $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [25].

Zusätzlich zur Veränderung des Artenspektrums eignet sich auch der Gesamtgehalt an Stickstoff (N) im Flechtenthallus als messbare Größe, um die Wirkung eutrophierender Immissionen zu erfassen [26 bis 34].

Die Blattflechte *Parmelia sulcata* Taylor erwies sich hierfür als besonders geeignet, weil ihr N-Gehalt mit der Höhe des Stickstoffeintrags (z.B. Nitrat, Ammonium, Ammoniak) korreliert [27; 34; 35].

1 Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich des Verfahrens liegt in der Erfassung biologischer Wirkungen eutrophierender Immissionen anhand von Stickstoffanreicherungen in der Blattflechte *Parmelia sulcata*. Die Richtlinie ist somit begrenzt auf Gebiete mit epiphytischen Vorkommen von vitalen Exemplaren dieser Flechte, die zu den häufigsten epiphytischen Blattflechten in Mitteleuropa zählt.

Die Richtlinie kann beispielsweise für folgende Zielsetzungen herangezogen werden:

- räumlich differenzierte Erfassung von biologischen Wirkungen atmosphärischer Stickstoffeinträge im städtischen oder ländlichen Raum (z.B. bei Hinweisen auf Grenzwertüberschreitungen nach der 39. BImSchV oder der TA Luft)
- Überprüfung der Wirkung von stickstoffhaltigen Immissionen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen, Kraftwerken etc.
- Überprüfung der Effektivität von Maßnahmen zur Minderung biologisch wirksamer Stickstoffverbindungen
- Dokumentation des Istzustands (z.B. im Rahmen von Genehmigungsverfahren wie Einzelfallprüfungen nach TA Luft Nr. 4.8)

Für den Fall, dass keine geeigneten Trägerbäume mit *Parmelia sulcata* im Untersuchungsgebiet vorhanden sind, wird die Durchführung des aktiven Monitorings mit den Laubmoosen *Scler-*

smaller quantities, from catalytic converters of motor vehicles [22]. The higher the ammonia immission or the traffic load at a location, the higher the proportion of indicator species for atmospheric input of nutrients, while lichens sensitive to eutrophication become less frequently detected [20; 21; 23; 24]. For lichens, the annual average value of the critical level for ammonia is $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and for NO_x – as for the higher plants – $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [25].

In addition to alterations of species composition, the total content of nitrogen (N) in the lichen thallus is a suitable measure in order to estimate an impact of eutrophication immissions [26 to 34].

The foliose lichen *Parmelia sulcata* Taylor proved to be particularly suitable for this purpose because its N content is well correlated with atmospheric input of nitrogen compounds (e.g. nitrate, ammonium, ammonia) [27; 34; 35].

1 Scope

The scope of the method described here lies in the estimation of biological effects of eutrophication immissions on the basis of nitrogen accumulation in the foliose lichen *Parmelia sulcata*. The standard is thus limited to areas with occurrence of vital epiphytic specimens of this lichen which is among the most common foliose epiphytic lichens in Central Europe.

The standard may be employed for example for the following objectives:

- spatially differentiated detection of biological effects of atmospheric nitrogen deposition in urban or rural areas (e.g. at clues to exceedance of limit values according to the 39th German Federal Immission Control Ordinance (BImSchV) or Technical Instructions on Air Quality Control (TA Luft))
- verification of effects of nitrogenous immissions in the environment of animal husbandry, power stations, etc.
- review of the effectiveness of measures taken to reduce the emission of biologically active nitrogen compounds
- documentation of the actual situation (e.g. in the context of licensing procedures as the assessment of cases according to the TA Luft no. 4.8)

In case that no suitable trees with *Parmelia sulcata* are present in the study area, the implementation of active monitoring with the mosses *Scleropodium purum* or *Pleurozium schreberi* according to stand-

podium purum und *Pleurozium schreberi* gemäß
Richtlinie VDI 3957 Blatt 19 empfohlen.

and VDI 3957 Part 19 is recommended.