

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Biologische Messverfahren zur Ermittlung
und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen
mit Flechten (Bioindikation)
Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator
für Luftgüte

VDI 3957

Blatt 13 / Part 13

Biological measurement procedures for determining and
evaluating the effects of ambient air pollutions
by means of lichens (bioindication)
Mapping the diversity of epiphytic lichens
as an indicator of air quality

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesan-
zeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren 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).
No guarantee can be given with respect to the English transla-
tion. The German version of this guideline shall be taken as
authoritative.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
1 Einleitung	3	1 Introduction.	3
2 Grundlagen des Verfahrens	4	2 Background of the procedure	4
3 Probenahme.	8	3 Sampling	8
3.1 Zielsetzung	8	3.1 Purpose	8
3.2 Strategie der Probenahme	8	3.2 Sampling strategy.	8
3.3 Messnetz	8	3.3 Sampling grid.	8
3.4 Trägerbäume	8	3.4 Sample trees	8
3.4.1 Anzahl der Bäume pro Messfläche.	8	3.4.1 Number of trees per sampling unit.	8
3.4.2 Verfahren der Auswahl geeigneter Bäume	11	3.4.2 Procedure for selecting suitable trees	11
4 Probenahmeverfahren	12	4 Sampling procedure	12
4.1 Auswahl der Baumarten.	12	4.1 Selecting tree species	12
4.2 Aufnahme der Flechten am Baumstamm	13	4.2 Surveying lichens on the tree trunk.	13
5 Auswertung der Daten zur Bestimmung des Luftgüteindex	14	5 Data analysis for determining the air quality index	14
5.1 Liste der Flechtenarten, die als Eutrophie- rungszeiger zu behandeln sind	15	5.1 List of lichens species that are regarded to be indicators of eutrophication.	15
5.2 Berechnung der Flechten-Diversitäts- werte (FDW)	15	5.2 Calculating the lichen's diversity value (LDV)	15
6 Bewertung der Ergebnisse.	17	6 Data interpretation	17
6.1 Bewertungsmethode	17	6.1 Method of interpretation	17
6.2 Vergleich mit anderen Untersuchungen.	19	6.2 Comparison with other studies	19
6.3 Kartographische Darstellung	19	6.3 Cartographic representation	19
6.4 Wiederholung einer ausgeführten Untersuchung nach VDI 3799 Blatt 1	19	6.4 Repetition of a survey according to VDI 3799 Part 1	19

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL

Fachbereich Umweltqualität
Arbeitsgruppe Wirkungsfeststellung an Niederen Pflanzen

	Seite
7 Qualitätssicherung	20
7.1 Qualifikation der kartierenden Personen	20
7.2 Planung der Untersuchung	20
7.3 Dokumentation des Projektes und der Geländearbeit	20
Schrifttum	21
Anhang A Auswertung einer Kartierung nach VDI 3799 Blatt 1	23
Anhang B Erfassungsbogen	24

	Seite
7 Quality assurance	20
7.1 Qualification of the surveying personnel.	20
7.2 Planing the survey	20
7.3 Documentation of the project and of the field work	20
Bibliography	21
Annex A Interpretation of a survey according to VDI 3799 Part 1.	23
Annex B Record	26

Vorbemerkung

In der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL – erarbeiten Fachleute aus Wissenschaft, Industrie und Verwaltung in freiwilliger Selbstverantwortung VDI-Richtlinien und DIN-Normen zum Umweltschutz. Diese beschreiben den Stand der Technik bzw. den Stand der Wissenschaft in der Bundesrepublik Deutschland und dienen als Entscheidungshilfen bei der Erarbeitung und Anwendung von Rechts- und Verwaltungsvorschriften. Die Arbeitsergebnisse der KRdL fließen ferner als gemeinsamer deutscher Standpunkt in die europäische technische Regelsetzung bei CEN (Europäisches Komitee für Normung) und in die internationale technische Regelsetzung bei ISO (Internationale Organisation für Normung) ein.

Folgende Themenschwerpunkte werden in vier Fachbereichen behandelt:

*Fachbereich I
„Umweltschutztechnik“*

Produktionsintegrierter Umweltschutz; Verfahren und Einrichtungen zur Emissionsminderung und Energieumwandlung; ganzheitliche Betrachtung von Emissionsminderungsmaßnahmen unter Berücksichtigung von Luft, Wasser und Boden; Emissionswerte für Stäube und Gase; anlagenbezogene messtechnische Anleitungen; Umweltschutzkostenrechnung

Fachbereich II „Umweltmeteorologie“

Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre; störfallbedingte Freisetzungen; mikro- und mesoskalige Windfeldmodelle; Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Oberflächen; meteorologische Messungen; angewandte Klimatologie; Lufthygienekarten; human-bio-meteorologische Bewertung von Klima und Lufthygiene; Übertragung meteorologischer Daten

Fachbereich III „Umweltqualität“

Wirkung von Luftverunreinigungen auf Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Werkstoffe und Atmosphäre;

Preliminary note

In the Commission on Air Pollution Prevention of VDI and DIN – Standards Committee KRdL – experts from science, industry and administration, acting on their own responsibility, establish VDI guidelines and DIN standards in the field of environmental protection. These describe the state of the art in science and technology in the Federal Republic of Germany and serve as a decision-making aid in the preparatory stages of legislation and application of legal regulations and ordinances. KRdL’s working results are also considered as the common German point of view in the establishment of technical rules on the European level by CEN (European Committee for Standardization) and on the international level by ISO (International Organization for Standardization).

The following topics are dealt with in four subdivisions:

*Subdivision I
“Environmental Protection Techniques”*

Integrated pollution prevention and control for installations; procedures and installations for emission control and energy conversion; overall consideration of measures for emission control with consideration given to the air, water and soil; emission limits for dusts and gases; plant-related measurement instructions; environmental industrial cost accounting

Subdivision II “Environmental Meteorology”

Dispersion of pollutants in the atmosphere; emissions from accidental releases; micro- and meso-scale wind field models; interaction between the atmosphere and surfaces; meteorological measurements; applied climatology; air pollution maps; human-biometeorological evaluation of climate and air hygiene; transfer of meteorological data

Subdivision III “Environmental Quality”

Effects of air pollutants on man, farm animals, vegetation, soil, materials, and the atmosphere; meth-

wirkungsbezogene Mess- und Erhebungsverfahren: z. B. Bioindikation mit Höheren und Niederen Pflanzen, Erhebungsverfahren zur Biodiversität; Werkstoffexposition; Erfassung mikrobieller Luftverunreinigungen; Olfaktometrie; Umweltsimulation

Fachbereich IV

„Umweltmesstechnik“

Emissions- und Immissionsmesstechnik für anorganische und organische Gase sowie für Partikel; optische Fernmessverfahren; Messen von Innenraumluftverunreinigungen; Messen von Bodenluftverunreinigungen; Verfahren zur Herstellung von Referenzmaterialien; Prüfpläne für Messgeräte; Validierungsverfahren; Messplanung; Auswertverfahren; Qualitätssicherung

Die Richtlinien und Normen werden zunächst als Entwurf veröffentlicht. Durch Ankündigung im Bundesanzeiger und in der Fachpresse erhalten alle interessierten Kreise die Möglichkeit, sich an einem öffentlichen Einspruchsverfahren zu beteiligen. Durch dieses Verfahren wird sichergestellt, dass unterschiedliche Meinungen vor Veröffentlichung der endgültigen Fassung berücksichtigt werden können.

Die Richtlinien und Normen sind in den sechs Bänden des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft zusammengefasst.

1 Einleitung

Flechten reagieren extrem empfindlich gegenüber Belastungen aus der Umwelt, insbesondere Luftverschmutzung, Eutrophierung und Klimaänderungen [10; 12; 16; 18; 30; 35]. Die wichtigsten Gründe hierfür sind:

- empfindliche symbiotische Beziehung zwischen den Flechtenpartnern Pilz und Alge
- Im Gegensatz zu Höheren Pflanzen besitzen Flechten keine Cuticula (Schutzschicht), weswegen Schadstoffe weitgehend ungehindert bis zu den Pilz- und Algenzellen vordringen können.
- Die Aufnahme von Substanzen erfolgt direkt aus der Atmosphäre.
- Flechten betreiben auch bei niedrigen Temperaturen Stoffwechsel und können somit auch während der Wintermonate geschädigt werden.
- Flechten wachsen langsam und können nach Schädigungen nicht schnell regenerieren.

Die Flechtendiversität ist ein ausgezeichneter Indikator für die Belastung durch Luftverunreinigungen saurer wie auch eutrophierender Art [5; 9; 11; 14; 17;

ods for the measurement and evaluation of effects: e.g. biomonitoring with higher and lower plants; evaluation techniques for biodiversity; exposure of materials; determination of microbial air pollutants and their effects; olfactometry; environmental simulation

Subdivision IV

“Environmental Measurement Techniques”

Techniques for emission and ambient air measurements of inorganic and organic gases as well as particulate matter; optical open-path measurement methods; measurement of indoor air pollutants, measurement of soil air pollutants; procedures for establishing reference material; test procedures for measurement devices; validation procedures; measurement planning; evaluation methods; quality assurance

The guidelines and standards are first published as drafts. These are announced in the Bundesanzeiger (Federal Gazette) and in professional publications in order to give all interested parties the opportunity to participate in an official objection procedure. This procedure ensures that differing opinions can be considered before the final version is published.

The guidelines and standards are published in the six-volume VDI/DIN Reinhaltung der Luft (Air Pollution Prevention) manual.

1 Introduction

Lichens are extremely sensitive to environmental stress, especially that caused by atmospheric pollution, eutrophication and climate change [10; 12; 16; 18; 30; 35]. The main reasons are:

- delicate symbiotic association between the lichen partners fungus and alga
- Unlike higher plants, lichens have no cuticle (protective layer); pollutants can therefore readily penetrate to the fungal and algal cells.
- Substances are taken up directly from the atmosphere.
- Lichens continue to metabolize at low temperatures and are therefore susceptible to damage during the winter months.
- Lichens grow slowly and regeneration after injuries is also slow.

Lichen diversity is an excellent indicator of stress by atmospheric pollutants both of the acidifying and the eutrophication kinds [5; 9; 11; 14; 17; 18; 27; 29;