

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

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

Grundlagen und Zielsetzung

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

Fundamentals and aims

VDI 3957

Blatt 1 / Part 1

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 authori-
tative. No guarantee can be given with respect to the English
translation.*

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Begriffe	5
3 Grundlagen des Verfahrens	6
4 Standardisierte Verfahren nach VDI 3957	7
5 Qualitätssicherung und Dokumentation	14
Schrifttum	16

Contents	Page
Preliminary note.....	2
Introduction.....	2
1 Scope	3
2 Terms and definitions	5
3 Principles of the method	6
4 Standardised techniques according to VDI 3957	7
5 Quality assurance and documentation	14
Bibliography	16

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

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1a: Maximale Immissions-Werte
VDI-Handbuch Biotechnologie
VDI-Handbuch Technik Biomasse/Boden

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

In der Luftreinhaltung erfassen biologische Messverfahren mit Pflanzen die Wirkungen von Stoffen auf lebende Organismen

- als Reaktion in Form spezifischer Symptome von immissionsbedingten Schadwirkungen oder
- als Akkumulation in Form von Stoffgehalten im pflanzlichen Gewebe.

Wirkungsfeststellungen sind auf allen Organisationsstufen von der Einzelpflanze oder Teilen davon bis zu ganzen Pflanzengemeinschaften möglich [1 bis 3].

Auch andere Organismen wie Tiere, Pilze und Mikroorganismen sowie ihre Gemeinschaften können als biologische Indikatoren eingesetzt werden, sind jedoch nicht Gegenstand der Richtlinienreihe VDI 3957. Das Biomonitoring mit Tieren wird in der Richtlinienreihe VDI 4230 behandelt. Durch Biotests werden Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Organismen unter speziellen experimentellen Bedingungen untersucht [4].

Die Reaktion von Pflanzen auf Luftverunreinigungen und ebenso die Akkumulation von Stoffen hängen von einer Vielzahl endogener und exogener Faktoren ab, z.B. vom Entwicklungszustand der Organismen, vom Untergrund, von der Jahreszeit und von klimatischen und meteorologischen Faktoren. Um die Anreicherung oder die Schadwirkung an unterschiedlichen Messpunkten vergleichen zu können, wird die Variabilität der endogenen und exogenen Faktoren durch Standardisierung auf ein Minimum reduziert [5].

Die standardisierten biologischen Messverfahren der Richtlinienreihe VDI 3957 und die zugehörigen

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

In clean air control, biological measuring techniques with plants are used to register the effect of substances on living organisms

- as a response in the form of specific symptoms due to damage impacts caused by immissions or
- as accumulation in the form of substance contents in plant tissue.

The detection of effects is possible at all organismal levels from individual plants or parts thereof up to plant communities [1 to 3].

Other organisms like animals, fungi, and microorganisms and their communities can also be deployed as biological indicators, but are not treated in the series of standards VDI 3957. Biomonitoring with animals is treated in the series of standards VDI 4230. Bioassays examine effects of air pollutants on organisms under special experimental conditions [4].

Both, the response of plants to air pollutants and the accumulation of substances depend on numerous endogenous and exogenous factors, e.g. the developmental stage of the organism, the substrate, the season and on climatic and meteorological factors. In order to be able to compare the accumulation or the damage impact among different measuring points, the variability of endogenous and exogenous factors are reduced to a minimum by standardisation [5].

The standardised biological measuring techniques of the series of standards VDI 3957 and the associ-

Beurteilungswerte (z.B. VDI 3857 Blatt 2) ermöglichen es, die zeitliche und räumliche Verteilung der Wirkungen von Luftverunreinigungen zu bestimmen und die Gefährdung von Pflanzen und – über die Nahrungskette – von Tieren und dem Menschen zu bewerten.

Mit vorliegender Richtlinie VDI 3957 Blatt 1 wird in die Anwendungsbereiche, Begriffe und Grundlagen der biologischen Messverfahren mit Pflanzen der Richtlinienreihe VDI 3957 sowie die Beurteilung von Ergebnissen (z.B. in VDI 3857 Blatt 2) eingeführt und eine Übersicht über die standardisierten Verfahren gegeben.

1 Anwendungsbereich

Die Luftreinhaltungspolitik der Europäischen Union und das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) fordern, „Menschen, Tiere und Pflanzen [...] vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen [...]“. Ob diese Ziele erreicht werden, kann nur mit Wirkungsuntersuchungen an Organismen geprüft werden.

Die mittels biologischer Messverfahren gewonnenen Wirkungsdaten unterscheiden sich grundsätzlich von physikalisch-chemischen Messdaten der Konzentration oder Depositionsraten der Luftverunreinigungen und von Schätzwerten aus Modellierungen. Wirkungsuntersuchungen sind durch technische Messungen und modellhafte Ableitungen nicht zu ersetzen. Nur durch zeit- und raumbezogene Untersuchungen an Organismen (Biomonitoring) ist die geforderte Kontrolle möglich, denn biologische Systeme zeigen auch Wechselwirkungen an, das heißt mögliche synergistische und antagonistische Effekte gleichzeitig auftretender Immissionskomponenten.

Durch Biomonitoring können Reaktionen von Organismen auf Stoffe und deren Akkumulation analysiert sowie in ihrer räumlichen Verteilung und in ihrem zeitlichen Verlauf überwacht werden. Weiterhin kann geklärt werden, ob die Wirkungen durch Immissionen hervorgerufen wurden; auch kann der Wirkungsbereich von Immissionen abgegrenzt und hinsichtlich einer Gefährdung von Schutzgütern beurteilt werden [6].

Biologische Messverfahren können präventiv, z.B. als Entscheidungshilfe für den vorsorgenden Immissionsschutz, unterstützend im Zusammenhang mit Immissionsmessungen, für die Beweissicherung, Überwachung und zur Langzeitbeobachtung von Schadstoffen in der Umwelt eingesetzt werden [7 bis 17].

ated assessment values (e.g. VDI 3857 Part 2) allow the temporal and spatial distribution of the effects of air pollutants to be determined and the endangerment of plants and – via the food chain – of animals and humans to be assessed.

With standard VDI 3957 Part 1 it is aspired to introduce the scopes, terms, and fundamentals of the biological measuring techniques with plants of the series of standards VDI 3957 and the assessment of results (e.g. in VDI 3857 Part 2) and to present an overview of the standardised techniques.

1 Scope

The European Union's clean air policy and the Federal Immission Control Act (BImSchG) demand the protection of “humans, animals and plants [...] from harmful environmental impacts [...]”. Whether these aims are reached, can only be verified by assessments of effects on organisms.

The effect data determined by biological measuring techniques differ on principle from physical-chemical measurement data of air pollutant concentrations or deposition rates and from values estimated by models. Effect assessments cannot be replaced by technical measurements or model-like derivations. Only assessments of organisms in time and space (biomonitoring) can represent the called-for verification because biological systems also indicate feedbacks, i.e., possible synergistic and antagonistic effects of co-occurring pollutant components.

Biomonitoring allows the reaction of organisms to substances and their accumulation to be analysed and their spatial distribution and temporal change to be monitored. Furthermore, biomonitoring can resolve whether effects have been caused by immissions; in addition, the region of impact of immissions can be delineated and assessed according to whether protected goods are at risk [6].

Biological measuring techniques can be used preventively, e.g. in aid of decisions for precautionary immission protection, supportively in relation to immission measurements, for preserving evidence, control, and for long-term monitoring of pollutants in the environment [7 to 17].

Anwendungsgebiete sind:

- Ermittlung und Bewertung lokaler, regionaler und landesweiter Immissionswirkungen
- wirkungsbezogene Dauerbeobachtung von Luftverunreinigungen
- ökotoxikologische Bewertung
- immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren
- Beweissicherungsverfahren im Immissionsschutz
- Untersuchungsstrategie zum Gesundheitsschutz nach Schadensereignissen
- Ursachenklärung, z.B. im Rahmen der Umwelthaftung
- Luftreinhaltepläne/-strategie
- Umweltverträglichkeitsuntersuchung
- Emittentenüberwachung mit Unterscheidung von Betriebszuständen [18], Reichweitenermittlung
- Erfolgskontrolle von Emissionsminderungsmaßnahmen
- sondierende Voruntersuchungen zum Auffinden von Belastungsschwerpunkten/Screenings
- Gewinnung von Rückstellproben für Langzeitmonitoring

Die Anwendung von biologischen Verfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen unterstützt die Ziele verschiedener Gesetze und Regelungen. Die Europäische Richtlinie 2008/50/EG zur Luftqualität und sauberen Luft für Europa fordert eine geeignete Überwachung der Luftqualität. Die Industrieemissionsrichtlinie 2010/75/EU zu Auswirkungen von industriellen Tätigkeiten auf die Umwelt, im Folgenden auch Industrial Emissions Directive (IED) genannt, regelt die Genehmigung besonders umweltrelevanter Industrieanlagen auf der Grundlage eines medienübergreifenden Konzepts. Daraus ist die Anforderung abzuleiten, signifikante Wirkungen von Immissionen auf die Umwelt zu identifizieren. Im deutschen Recht finden diese Forderungen Entsprechung im BImSchG und dessen Verordnungen.

Sowohl im BVT-Merkblatt über beste verfügbare Techniken der Abfallverbrennung BREF 08.2006 als auch im Referenzdokument über Allgemeine Überwachungsgrundsätze BREF 07.2003 – beides Referenzdokumente zur IED-Richtlinie – wird Biomonitoring als Verfahren konkret genannt. In der Europäischen Richtlinie 2004/107/EG über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in der

Areas of application are

- determination and assessment of local, regional, and countrywide immission impacts
- effect-related long-term monitoring of air pollutants
- eco-toxicological assessment
- permit procedures related to the immission control act
- preservation of evidence related to the immission control act
- surveying strategy for health protection after damage incidents
- evidence of causation, e.g. related to environmental liability
- strategies for air quality maintenance plans
- environmental impact assessment
- monitoring of emission sources, distinction of different operating conditions [18] and distances
- control of performance of implementations for immission reductions
- exploratory pre-examinations for locating hotspots of impacts/screenings
- obtaining counter samples for long-term monitoring

The deployment of biological techniques for determination and assessment of the effect of air pollutants supports the objectives of several laws and regulations. European Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe demands a suitable control of air quality. The Industrial Emissions Directive (IED) 2010/75/EU on effects of industrial activities on the environment regulates the permits for environmentally significant industrial plants based on a cross-media concept. From the aforementioned one can derive the demand for identification of significant effects of immissions on the environment. In the German legal code the corresponding demand can be found in the BImSchG and its by-laws.

Both the Guidance Notes on Best-Available Techniques for Waste Incineration BREF 08.2006 and the Reference Document on the General Principles of Monitoring, being reference documents of the IED Directive, mention biomonitoring explicitly as a technique. European Directive 2004/107/EC relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel, and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air also mentions bioindicators in relation with the

Luft wird im Zusammenhang mit der Beurteilung regionaler Muster der Auswirkungen auf Ökosysteme ebenfalls auf Bioindikatoren verwiesen.

Laut der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH) 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen haben Behörden Genehmigungen bei Plänen und Projekten dann zu beschränken oder zu verwehren, wenn die Unversehrtheit ausgewiesener Natura-2000-Gebiete betroffen sein könnte. Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) vom 29. Juli 2009 fordert „die Beobachtung [zur] gezielten und fortlaufenden Ermittlung, Beschreibung und Bewertung des Zustands von Natur und Landschaft und ihrer Veränderungen einschließlich der Ursachen und Folgen dieser Veränderungen“ (§ 6, Absatz 2).

assessment of regional patterns of effects on ecosystems.

According to the habitats directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, authorities must restrict or deny permits for plans and projects if the integrity of protected Natura-2000 areas may be adversely affected. The Federal Nature Conservation Act (BNatSchG) of 29 July 2009 calls for “the monitoring [for] targeted and continuous determination, description, and assessment of the condition of nature and landscape and their changes including the causes and consequences of these changes” (Section 6, paragraph 2).