

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

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

VDI 3957

Blatt 11 / Part 11

Einsatz von passiven Biomonitoringverfahren  
mit Blattorganen von frei stehenden Gehölzen

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

Use of passive biomonitoring methods with needles and  
leaves of free-standing trees

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im  
Bundesanzeiger 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
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>3</b>	<b>1 Scope.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Normative Verweise.....</b>	<b>4</b>	<b>2 Normative references.....</b>	<b>4</b>
<b>3 Begriffe.....</b>	<b>4</b>	<b>3 Terms and definitions.....</b>	<b>4</b>
<b>4 Grundlagen des Verfahrens.....</b>	<b>5</b>	<b>4 Principles of the method.....</b>	<b>5</b>
<b>5 Durchführung und Qualitätssicherung.....</b>	<b>6</b>	<b>5 Procedure and quality assurance.....</b>	<b>6</b>
5.1 Untersuchungsplan.....	6	5.1 Study strategy.....	6
5.2 Untersuchungsgebiet und Messpunkte.....	6	5.2 Study area and measuring points.....	6
5.3 Probenahmezeitraum.....	7	5.3 Time of sampling.....	7
5.4 Auswahl der Gehölzart(en) und Pflanzenorgane.....	8	5.4 Choice of tree or shrub species and plant organs.....	8
5.5 Auswahl der Probengehölze.....	9	5.5 Selection of sample trees.....	9
5.6 Erforderlicher Stichprobenumfang.....	10	5.6 Required sample size.....	10
5.7 Probenahme.....	11	5.7 Sampling.....	11
5.8 Transport, Probenbehandlung und Lagerung.....	12	5.8 Transport, handling, and storage.....	12
5.9 Sicherung von Rückstellproben.....	13	5.9 Securing material for counter samples.....	13
5.10 Analytik.....	14	5.10 Analyses.....	14
5.11 Auswertung und Berichterstattung.....	14	5.11 Assessment and reporting.....	14
<b>6 Weitere qualitätssichernde Maßnahmen.....</b>	<b>15</b>	<b>6 Further quality assurance measures.....</b>	<b>15</b>
<b>7 Dokumentation.....</b>	<b>15</b>	<b>7 Documentation.....</b>	<b>15</b>
<b>Anhang</b> Beispiel für Formblätter zur Erfassung von Standortdaten.....	17	<b>Annex</b> Example of forms for collecting location characteristics.....	19
Schrifttum .....	21	Bibliography.....	21

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](http://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](http://www.vdi.de/3957).

## Einleitung

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) setzt laut § 1 als Ziel, „Menschen, Tiere und Pflanzen [...] vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen [...]“. Vergleichbares verlangt das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) im dortigen § 3, der die „Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der erheblichen Auswirkungen eines Vorhabens oder eines Plans oder Programms auf die Schutzgüter [unter anderem Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt – § 2]“ vorsieht. Ein spezieller Wert wird in diesem Gesetz auf „die Wechselwirkungen zwischen den vorgenannten Schutzgütern“ gelegt (§ 2). Im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) wird in § 6 eine „fortlaufende Ermittlung, Beschreibung und Bewertung des Zustands von Natur und Landschaft und ihrer Veränderungen einschließlich der Ursachen und Folgen dieser Veränderungen“ festgeschrieben.

Für die Erfüllung und Umsetzung der genannten gesetzlichen Anforderungen eignet sich für den Bereich der Immissionswirkungen in besonderem Maße das Biomonitoring mit pflanzlichen Bioindikatoren. Pflanzen sind unmittelbar von Luftverunreinigungen betroffen und können durch ihre Reaktionen sogar mögliche synergistische und antagonistische Effekte der Immissionen aufzeigen (VDI 3957 Blatt 1). Sie werden in Deutschland seit Jahrzehnten zur Beobachtung von Natur und Landschaft eingesetzt. Darüber hinaus dienen die Bioindikatoren der Bewertung von Einträgen und Wirkungen durch Schadstoffe sowie zur Abgrenzung und Überwachung immissionsbelasteter Gebiete [1]. Eine Immissionswirkung im Sinne der Richtlinie VDI 2310 Blatt 1 liegt dabei vor, wenn immis-

## 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](http://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](http://www.vdi.de/3957).

## Introduction

The German Federal Immission Control Act (BImSchG), according to article 1, aims “to protect human beings, animals, and plants [...] from harmful effects on the environment [...]”. Similarly, the German Environmental Impacts Assessment Act (UVPG), in article 3, provides for “the identification, description and assessment of the effects of a project, a plan, or a programme on protected goods [which include, as per article 2, amongst others human beings, especially human health, animals, plants, and biodiversity]”. This act attaches particular value to the “feedbacks between the aforementioned protected goods” (article 2). The German Federal Nature Conservation Act (BNatSchG), in article 6, establishes an “ongoing determination, description, and assessment of the condition of nature and landscape, of changes in their condition, and of the reasons for, and consequences of, such changes”.

For complying with and in application of the mentioned legal demands, biomonitoring with plant bioindicators is particularly suited for the area of immission effects. Plants are affected directly by air pollution and their reactions can even indicate potential synergistic and antagonistic effects (VDI 3957 Part 1). They have been used for decades for observing the natural environment and the landscape in Germany. In addition, bioindicators are used for assessing deposition and pollutant effects and for delineating and monitoring areas affected by immissions [1]. According to standard VDI 2310 Part 1 an immission effect exists when symptoms on the vegetation are caused by immissions or when the content of a substance in a sample deviates significantly from the natural content.

sionsbedingte Symptome an der Vegetation auftreten oder der in einer Probe ermittelte Stoffgehalt vom natürlichen Gehalt signifikant abweicht.

Auch international haben sich Bioindikationsverfahren in den vergangenen Jahren zunehmend etabliert. Im Rahmen der Europäischen Strategie für Umwelt und Gesundheit nach KOM (2003) 338 sowie gemäß der EU-Richtlinie 2004/107/EG über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft ist der routinemäßige Einsatz von Bioindikatoren vorgesehen.

Verschiedene Strategien für das Biomonitoring von Luftverunreinigungen sind in VDI 3957 Blatt 1 beschrieben. Für einen anlagenbezogenen Einsatz eignen sich, neben den aktiven Biomonitoringverfahren gemäß VDI 3957 Blatt 10, im passiven Bereich in erster Linie Gehölze aufgrund ihrer Langlebigkeit und Exposition.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie richtet sich an Anlagenbetreiber, Gutachter, Untersuchungsstellen, Behörden und Institutionen, die die Wirkungen und räumliche Verteilung von anlagenbezogenen Immissionen auf Pflanzen einschließlich immissionsbedingter Stoffanreicherungen untersuchen und bewerten.

Das hier beschriebene passive Biomonitoringverfahren mit Blattorganen frei stehender Gehölze eignet sich beispielsweise:

- zur kurzfristigen Erfassung des Ausmaßes und der Ausdehnung von Immissionen einer bekannten Quelle, beispielsweise um detailliertere Untersuchungen (wie standardisierte Exposition von Graskultur und Grünkohl, Bodenanalysen) vorzubereiten
- zur Ermittlung des Verursachers einer bekannten Immission, wenn beispielsweise der Quellenbezug von in Nahrungspflanzen ermittelten erhöhten Schadstoffbelastungen nachgewiesen oder ausgeschlossen werden soll
- zur Differenzierung des Einflusses verschiedener Quellen
- zum flächendeckenden Monitoring oder einem Screening bestimmter Bereiche in der Umgebung von bekannten oder potenziellen Emissionsquellen

Die kurzfristige Erfassung des Ausmaßes und der Ausdehnung von Immissionen nach einer störfallartigen Freisetzung eines Schadstoffs aus einer Anlage ist in VDI 3957 Blatt 15 beschrieben.

Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass es mit geringem Aufwand sehr kurzfristig anwendbar

In recent years, bioindicator approaches have increasingly become established internationally as well. Within the scope of the European Environment and Health Strategy (COM(2003)338) and according to EU Directive 2004/107/EC relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel, and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air, the use of bioindicators is provided for as a regular procedure.

Various strategies for the biomonitoring of air pollutants are described in VDI 3957 Part 1. For deployment in relation with industrial plants, suitable approaches are, apart from active biomonitoring techniques according to VDI 3957 Part 10, passive techniques, primarily ones using woody plants because of the trees' and shrubs' longevity and exposure.

## 1 Scope

This standard is aimed at operators of installations, accredited experts, consulting companies, authorities, and institutions that investigate and assess the effects and spatial distribution of installation-related immissions on plants including the accumulation of substances caused by immissions.

The passive biomonitoring technique described here, using needles and leaves of free-standing trees and shrubs, is, for example, suitable for:

- the quick-response assessment of the intensity and spatial extent of immissions from a known source, for example in order to prepare more detailed investigations (like the standardised exposure of grass cultures and kale, or soil analyses)
- the determination of the origin of a known immission, if, for example, it is necessary to identify or eliminate the source of elevated pollutant content in food plants
- distinguishing the effects of different sources
- the comprehensive monitoring or the screening of certain parts in the vicinity of known or potential sources of emissions

The quick-response assessment of the intensity and extent of immissions after the accidental release of a pollutant from an installation is described in VDI 3957 Part 15.

The technique's advantage is that it can be deployed quickly with little effort. Hence, it can

ist und somit schnell verlässliche Ergebnisse liefert. Es werden frei stehende Gehölze, die im Untersuchungsgebiet wachsen, bonitiert und beprobt, indem Blätter, Nadeln oder vollständige Triebe von Nadelbäumen entnommen werden. Diese werden anschließend auf ihre Schadstoffgehalte analysiert. Die ermittelten Gehalte können einerseits mit Referenzwerten/Hintergrundwerten verglichen werden. Andererseits können durch eine entsprechende Auswahl der Messpunkte im Untersuchungsbereich Gradienten bestimmt und dadurch Quellenzuordnungen getroffen werden. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist es, dass eine Probenahme von immergrünen Blättern und Nadeln auch ganzjährig möglich ist. Insbesondere bei der Untersuchung von immergrünen Koniferen ist mit Einschränkungen (siehe Abschnitt 4) auch eine Differenzierung der Immissionen verschiedener Jahre möglich, indem die Nadeljahrgänge getrennt untersucht werden, sodass auch eine retrospektive Betrachtung über mehrere Jahre möglich ist [2 bis 4].

Die Neufassung dieser Richtlinie gibt Empfehlungen zur Wirkungsfeststellung mit passiven Biomonitoringverfahren im Einflussbereich von Emittenten. Sie nennt bevorzugt zu verwendende Arten und Pflanzenorgane, um die Aussagefähigkeit, Vergleichbarkeit und Bewertung der Ergebnisse zu optimieren.

Sinnvolle Einsatzfelder und Aufgabenstellungen des passiven Biomonitorings mit Gehölzen sind insbesondere Umweltverträglichkeitsuntersuchungen und immissionsökologische Beweissicherungsverfahren.

Für großräumige Untersuchungen wird auf die Richtlinien der Umweltprobenbank des Bundes verwiesen.

## 2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 3957 Blatt 1:2014-09 Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring); Grundlagen und Zielsetzung

quickly produce reliable results. Free-standing woody plants growing in the study area are assessed and sampled by collecting leaves, needles, or complete coniferous shoots. This is followed by an analysis of the pollutant content of the samples. The determined contents can be compared to reference/background values. Secondly, suitable selection of measuring points in the study area allows determining gradients and attribution of sources. Another advantage of this technique is that evergreen leaves and needles may be sampled any time of the year. In particular, sampling evergreen conifers allows immissions to be distinguished across several years (with limitations indicated in Section 4) by analysing the needles of shoot sections of different years separately. This allows a retrospective assessment spanning several years [2 to 4].

The new edition of this standard contains recommendations for the detection of effects by passive monitoring techniques in the area of influence of emission sources. It identifies those species and plant organs preferable for optimising the significance, comparability, and assessment of results.

Meaningful areas of application and use cases of passive monitoring with trees and shrubs are, in particular, environmental impact studies and procedures for securing evidence concerning immission ecology.

For investigations of large areas, the guidelines of the German Environmental Specimen Bank should be applied.

## 2 Normative references

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI 3957 Part 1:2014-09 Biological measuring techniques for the determination and evaluation of effects of air pollutants on plants (biomonitoring); Fundamentals and aims