

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREBiologische Messverfahren zur Ermittlung und
Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen
auf Pflanzen (Biomonitoring)Einsatz aktiver Biomonitoringverfahren
im Bereich von EmissionsquellenBiological measuring techniques for
the determination and evaluation of effects of
air pollutants on plants (biomonitoring)Use of active biomonitoring methods
in the vicinity of emission sourcesVDI 3957
Blatt 10 / Part 10Ausg. 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 Normative Verweise	5
3 Begriffe	6
4 Vorbereitende Aufgaben	8
4.1 Beteiligte	8
4.2 Messaufgabe	9
4.3 Analyse des Vorwissens	9
5 Messstrategie	12
5.1 Stoffauswahl	12
5.2 Verfahrensauswahl	12
5.3 Auswahl der Messpunkte	13
5.4 Art und Anzahl der Messpunkte	20
6 Durchführung und Qualitätssicherung	21
6.1 Vorbereitung der Untersuchung vor Ort	21
6.2 Durchführung der Untersuchung	22
6.3 Kenngrößen der Verfahren	23
6.4 Maßnahmen zur Qualitätssicherung	23
7 Bewertung	29
7.1 Beurteilungswerte	30
7.2 Überwachung von Emissions- minderungsmaßnahmen	31
7.3 Reichweitenabschätzung und Schutzgutbetrachtung	31
7.4 Abgrenzung mehrerer Emissionsquellen	33
7.5 Vergleich mit anderen Untersuchungen	35
7.6 Bewertung hinsichtlich einer Gefährdung	36
7.7 Mindestanforderungen an die Berichtslegung	36
Schrifttum	38

Contents	Page
Preliminary note	2
Introduction	2
1 Scope	3
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	6
4 Preparatory tasks	8
4.1 Stakeholders	8
4.2 Measurement task	9
4.3 Analysis of prior knowledge	9
5 Measurement strategy	12
5.1 Substance selection	12
5.2 Selection of the method	12
5.3 Selection of the measuring points	13
5.4 Type and number of measuring points	20
6 Implementation and quality assurance	21
6.1 Preparation of the on-site investigation	21
6.2 Conducting the investigation	22
6.3 Performance characteristics	22
6.4 Quality assurance measures	23
7 Evaluation	29
7.1 Assessment values	30
7.2 Monitoring of emission reduction measures	31
7.3 Range estimation and consideration of protected resources	31
7.4 Delimitation of several emission sources	33
7.5 Comparison with other studies	35
7.6 Assessment with regard to a hazard	36
7.7 Minimum reporting requirements	36
Bibliography	38

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 VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3957.

Einleitung

Die Messung von Luftverunreinigungen ist in der Luftreinhaltungspolitik der Europäischen Union und im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) geregelt. Dort geht es in § 1 darum „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. Besonderes Augenmerk 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.

Die in diesen Gesetzen geforderte Kontrolle der Umwelteinwirkungen ist mit Biomonitoring, dem Einsatz biologischer Systeme zur räumlichen und/oder zeitlichen Überwachung von Umweltveränderungen (VDI 3957 Blatt 1), direkt möglich. Für die Erfassung von Immissionswirkungen von Luftverunreinigungen auf Vegetation und Nahrungskette sind pflanzliche Bioindikatoren besonders geeignet (VDI 3957 Blatt 1). Die pflanzlichen Bioindikatoren sind unmittelbar betroffen, können mögliche synergistische und antagonistische Wirkungen aufzeigen und stellen den Bezug zu den Schutzgütern

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 and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at www.vdi.de/3957.

Introduction

The measurement of air pollution is regulated in the air pollution control policy of the European Union and in the Federal Immission Control Act (BImSchG). There, § 1 is about “to protect human beings, animals and plants [...] against any harmful effects on the environment [...]”. The Act on the Assessment of Environmental Impacts (UVPG) requires something comparable in § 3, which provides for the “determination, description and assessment of the significant effects of a project or a plan or programme on protected resources [including human beings, in particular human health, animals, plants and biological diversity – § 2]”. Special attention is paid in this law to “the interactions between the aforementioned protected resources” (§ 2). In the Federal Nature Conservation Act (BNatSchG), § 6 stipulates 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”.

The control of environmental impacts required by these laws is directly possible with biomonitoring, the use of biological systems for spatial and/or temporal monitoring of environmental changes (VDI 3957 Part 1). Plant bioindicators are particularly suitable for recording the effects of air pollution on vegetation and the food chain (VDI 3957 Part 1). The plant bioindicators are directly affected, can show possible synergistic and antagonistic effects, and establish the relationship to the protected resources human beings and animals (VDI 3957 Part 1). An immission effect is present when

Mensch und Tier her (VDI 3957 Blatt 1). Eine Immissionswirkung liegt vor, wenn immissionsbedingte Symptome auftreten (Reaktion), oder der in einer Probe ermittelte Stoffgehalt vom natürlichen Gehalt signifikant abweicht (Akkumulation) (VDI 2310 Blatt 1).

Grundlage der vorliegenden Richtlinie ist der aktive Einsatz von Biomonitoringverfahren mit Höheren Pflanzen (Akkumulationsindikatoren):

- standardisierte Graskultur (VDI 3957 Blatt 2)
- standardisierte Exposition von Grünkohl als wirkungsbezogenes Verfahren zur Luftqualitätsuntersuchung (VDI 3957 Blatt 3)
- standardisierte Exposition von Grünkohl zur Bewertung von Schadstoffgehalten in Nahrungspflanzen für den menschlichen Verzehr (VDI 3957 Blatt 4)

1 Anwendungsbereich

In dieser Richtlinie wird der Einsatz von aktiven Biomonitoringverfahren im Bereich von Emissionsquellen beschrieben, um davon ausgehende Immissionswirkungen zu erfassen und zu bewerten. Die Richtlinie legt Regeln und Mindestanforderungen fest.

Im aktiven Biomonitoring werden pflanzliche Bioindikatoren standardisiert kultiviert und unter einheitlichen Bedingungen im Einwirkungsbereich einer Emissionsquelle ausgebracht. Dies ermöglicht es, Messpunkte weitgehend frei auszuwählen und Emissionsquellen im laufenden Betrieb zu kontrollieren. Die Pflanzen wachsen über einen definierten Zeitabschnitt in einem einheitlichen, schadstoffarmen Substrat und werden somit nicht durch mögliche Vorbelastungen des Bodens am Standort beeinflusst.

Mit den Verfahren der standardisierten Graskultur und Grünkohlexposition (VDI 3957 Blatt 2, Blatt 3 und Blatt 4) werden Immissionswirkungen auf die Vegetation sowie Futter- und Nahrungspflanzen reproduzierbar und zeitlich differenziert erfasst. Über die Ermittlung der immissionsbedingten Schadstoffgehalte in der Graskultur als Repräsentant von Futterpflanzen und Grünkohlpflanzen als Vertreter von Nahrungsmitteln wird der Bezug zu den Schutzgütern Mensch und Tier hergestellt.

Das aktive Biomonitoring mit Niederen Pflanzen wie Moose und Flechten (VDI 3957 Blatt 17, Blatt 19, Blatt 21), das passive Biomonitoring mit Niederen Pflanzen (VDI 3957 Blatt 8, Blatt 12, Blatt 13, Blatt 18) sowie das passive Biomonitoring mit Gehölzen (VDI 3957 Blatt 11) sind auch für einen emittentenbezogenen Einsatz geeignet. Diese Ver-

immission-related symptoms occur (reaction), or the substance content determined in a sample deviates significantly from the natural content (accumulation) (VDI 2310 Part 1).

The basis of this standard is the active use of biomonitoring methods with higher plants (accumulation indicators):

- standardised grass culture (VDI 3957 Part 2)
- standardised exposure of curly kale as an effect-related method for air quality testing (VDI 3957 Part 3)
- standardised exposure of curly kale for the assessment of pollutant content in food plants for human consumption (VDI 3957 Part 4)

1 Scope

This standard describes the use of active biomonitoring methods in the vicinity of emission sources in order to detect and assess immission effects emanating from them. The standard specifies rules and minimum requirements.

In active biomonitoring, plant bioindicators are cultivated in a standardised manner and distributed under uniform conditions in the area of impact of an emission source. This makes it possible to select exposure locations largely freely and to monitor emission sources during operation. The plants grow over a defined period of time in a uniform, low-pollutant substrate and are thus not influenced by possible prior contamination of the soil at the site.

With the methods of the standardised grass culture and curly kale exposure (VDI 3957 Part 2, Part 3, and Part 4), immission effects on vegetation as well as fodder and food plants are recorded in a reproducible and temporally differentiated manner. The determination of the immission-related pollutant contents in the grass culture as representative of fodder plants and curly kale plants as representative of foodstuffs establishes the relationship to the protected resources human beings and animals.

Active biomonitoring with lower plants such as mosses and lichens (VDI 3957 Part 17, Part 19, Part 21), passive biomonitoring with lower plants (VDI 3957 Part 8, Part 12, Part 13, Part 18) and passive biomonitoring with woody plants (VDI 3957 Part 11) are also suitable for emitter-related use. However, these methods do not allow direct

fahren ermöglichen allerdings keinen direkten Bezug zur Nahrungskette des Menschen, da Beurteilungswerte für Futter- und Lebensmittel nicht angewendet werden können.

In oder auf den Blättern von Graskulturen und exponierten Grünkohlpflanzen (VDI 3957 Blatt 2, Blatt 3, Blatt 4) akkumulierende und damit nachweisbare Immissionskomponenten sind in erster Linie Elemente wie Schwefel, Fluor, Chlor und ihre Verbindungen, Metalle in gegebenenfalls verschiedenen Oxidationsstufen und Verbindungen, sowie persistente, schwerflüchtige organische Umweltkontaminanten wie Pestizide, polyzyklische Aromaten, polychlorierte Biphenyle, Dioxine und Furane, polybromierte Diphenylether etc. Auch weniger persistente, mäßig flüchtige oder semivolatile Stoffe können unter bestimmten Bedingungen nachgewiesen werden (VDI 3957 Blatt 11). Darüber hinaus können Pflanzenschutzmittel in den pflanzlichen Bioindikatoren nachgewiesen werden.

Die aktive Exposition von Pflanzen ermöglicht eine konkrete räumliche und zeitliche Zuordnung zu einer Immissionssituation. Das Vorgehen im speziellen Messanlass nach Schadensereignissen ist in Richtlinie VDI 3957 Blatt 15 dargestellt.

Die vorliegende Richtlinie wendet sich an Betreiber von Anlagen, Genehmigungs- und Überwachungsbehörden und insbesondere an ausführende Anwender wie Umweltingenieurbüros. Die Anwendung dient insbesondere

- als Entscheidungshilfe für den vorsorgenden Immissionsschutz in Bezug auf den Nahrungspfad,
- zur Identifizierung von Emissionsquellen,
- zur Abschätzung von Einwirkungsbereichen von Emissionsquellen,
- zur Erfolgskontrolle von Emissionsminderungsmaßnahmen und
- zur gesundheitlichen Bewertung und Eingrenzung eines Gebiets zur Verzehrempfehlung.

Als Emissionsquellen kommen sowohl Punktquellen als auch Linien- und Flächenquellen (z.B. Verkehrsstandorte, landwirtschaftliche Anlagen oder Flughäfen) infrage. In dieser Richtlinie wird das Verfahren an einer Punktquelle beschrieben. Grundsätzlich ist die Anwendung des Verfahrens aber auch an Linien- und Flächenquellen möglich und müsste für diesen Fall entsprechend angepasst werden.

Die Durchführung eines Screenings (im Sinne einer Voruntersuchung) wird hier ebenfalls nicht beschrieben.

reference to the human food chain, as assessment values for feed and food cannot be applied.

Immission components accumulating in or on the leaves of grass cultures and exposed curly kale plants (VDI 3957 Part 2, Part 3, Part 4) and thus being detectable are primarily elements such as sulphur, fluorine, chlorine and their compounds, metals in possibly different oxidation states and compounds, as well as persistent, low-volatile organic environmental contaminants such as pesticides, polycyclic aromatics, polychlorinated biphenyls, dioxins and furans, polybrominated diphenyl ethers, etc. Less persistent, moderately volatile or semi-volatile substances can also be detected under certain conditions (VDI 3957 Part 11). In addition, pesticides can be detected in the plant bioindicators.

The active exposure of plants enables a concrete spatial and temporal allocation to an immission situation. The procedure in the special measurement occasion following hazardous incidents is presented in standard VDI 3957 Part 15.

The present standard is addressed to operators of facilities, licensing and monitoring authorities and, in particular, to implementing users such as environmental engineering firms. The application serves in particular

- as a decision-making aid for precautionary immission protection in relation to the food pathway,
- to identify emission sources,
- for the estimation of impact areas of emission sources,
- to monitor the success of emission reduction measures, and
- for health assessment and narrowing down an area for recommended consumption.

Emission sources can be point sources as well as line and area sources (e.g., traffic sites, agricultural facilities, or airports). This standard describes the procedure at a point source. In principle, however, the application of the procedure is also possible at line and area sources and should be adapted accordingly for this case.

The implementation of a screening (in the sense of a preliminary examination) is also not described here.

Die Richtlinie legt Mindestanforderungen und Qualitätsstandards fest, um mit vertretbarem Aufwand

- relevante Immissionswirkungen als Akkumulationen zu identifizieren,
- den Einwirkungsbereich einer Emissionsquelle zu bestimmen und gegebenenfalls gegenüber anderen Emissionsquellen abzugrenzen sowie
- eine Gefährdung von Schutzgütern zu beurteilen.

Diese Anforderungen und Standards sind notwendig, um für die zu bearbeitende Messaufgabe hinreichende Aussagekraft, Repräsentativität und Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Anlässe, aktives Biomonitoring an Emissionsquellen einzusetzen, können beispielsweise sein:

- Genehmigungsverfahren (Beweissicherung vor/nach Errichtung, Erweiterung oder Änderung bestehender Emissionsquellen)
- Kontrolle von Immissionsschutzaufgaben
- Überwachung allgemein
- Erfolgskontrolle von Emissionsminderungsmaßnahmen
- Kontrolle immissionsrelevanter Änderungen im Betrieb
- konkrete Zuordnung von Immissionswirkungen im Fall mehrerer potenzieller Emissionsquellen
- Beschwerdefälle (Nachbarschaftsbeschwerden nach BImSchG)
- freiwilliges Biomonitoring zum allgemeinen Erkenntnisgewinn (z.B. im Hinblick auf das relevante Stoffspektrum, Ausbreitungsverhalten und -distanz quellentypischer Stoffe)

The standard specifies minimum requirements and quality standards in order to, with reasonable effort

- identify relevant immission effects as accumulations,
- determine the impact area of an emission source and, if necessary, delimit it in relation to other emission sources, and
- to assess a risk to protected resources.

These requirements and standards are necessary to ensure sufficient significance, representativeness, and comparability for the measurement task to be dealt with.

Reasons to use active biomonitoring at emission sources can be, for example:

- permitting procedure (preservation of evidence before/after construction, expansion, or modification of existing emission sources)
- control of immission control requirements
- surveillance in general
- monitoring the success of emission reduction measures
- control of immission-relevant changes in operation
- concrete allocation of immission effects in the case of several potential emission sources
- complaint cases (neighbourhood complaints according to BImSchG)
- voluntary biomonitoring to gain general knowledge (e.g., with regard to the relevant substance spectrum, dispersion behaviour and dispersion distance of source-typical substances)