

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Biologische Messverfahren zur Ermittlung und  
Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen  
auf Pflanzen (Biomonitoring)  
Einsatz aktiver Biomonitoringverfahren  
im Bereich von Emissionsquellen

VDI 3957  
Blatt 10  
Entwurf

Biological 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 sources

*Einsprüche bis 2022-08-31*

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchportal <http://www.vdi.de/3957-10>
- in Papierform an  
VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft  
Fachbereich Umweltqualität  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung .....	2
Einleitung .....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	2
<b>2 Normative Verweise</b> .....	3
<b>3 Begriffe</b> .....	4
<b>4 Vorbereitende Aufgaben</b> .....	5
4.1 Beteiligte .....	5
4.2 Messaufgabe .....	5
4.3 Analyse des Vorwissens .....	6
<b>5 Messstrategie</b> .....	7
5.1 Stoffauswahl .....	7
5.2 Verfahrensauswahl .....	7
5.3 Auswahl der Messpunkte .....	7
5.4 Art und Anzahl der Messpunkte .....	12
<b>6 Durchführung und Qualitätssicherung</b> .....	12
6.1 Vorbereitung der Untersuchung vor Ort .....	12
6.2 Durchführung der Untersuchung .....	12
6.3 Kenngrößen der Verfahren .....	13
6.4 Maßnahmen zur Qualitätssicherung .....	13
<b>7 Bewertung</b> .....	16
7.1 Beurteilungswerte .....	17
7.2 Überwachung von Emissionsminderungsmaßnahmen .....	17
7.3 Reichweitenabschätzung und Schutzgutbetrachtung .....	17
7.4 Abgrenzung mehrerer Emissionsquellen .....	18
7.5 Vergleich mit anderen Untersuchungen .....	19
7.6 Bewertung hinsichtlich einer Gefährdung .....	20
7.7 Mindestanforderungen an die Berichtslegung .....	21
Schrifttum .....	22

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.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Dr. *Katja Hombrecher*, Essen

Dipl.-Geoökol. *Margit Krapp*, Augsburg

Dr. *Karsten Mohr*, Oldenburg

Dr. *Burkhard Peil*, Eichzell

Dipl.-Ing. *Armin Raditschnig*, Linz

Prof. Dr. *Michael Rudner*, Weidenbach

*Kathrin Tarricone*, Trier

Dr. *Monica Wäber*, Sauerlach

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser 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](http://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 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 Verfahren 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, VDI 3957 Blatt 3, VDI 3957 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.

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 die im Folgenden genannten sein:

- Genehmigungsverfahren (Beweissicherung vor/nach Errichtung, Erweiterung oder Änderung bestehender Emissionsquellen)
- Kontrolle von Immissionsschutzauflagen
- 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)