

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Biologische Verfahren zur Erfassung von
Umweltbelastungen (Biomonitoring)
Wirbellose als Wirkungsindikatoren im Monitoring
limnischer Ökosysteme

VDI 4230
Blatt 6
Entwurf

Biological procedures to determine environmental impact (biomonitoring) – Invertebrates as effect indicators in limnic ecosystem monitoring

Einsprüche bis 2023-08-31

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal <http://www.vdi.de/4230-6>
- in Papierform an
VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft
Fachbereich Umweltqualität
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Begriffe	4
3 Grundlagen	4
3.1 Strategien zum effektbasierten Monitoring.....	4
3.2 Wirbellose im effektbasierten Monitoring.....	6
3.3 Auswahl von Probe- und Referenzstellen	8
3.4 Durchführung.....	9
3.5 Statistik – Replikation und statistische Auswertung	11
4 Spezifische Verfahren	12
4.1 Erfassen von Effekten auf Gemeinschaftsebene	12
4.2 Erfassen von Effekten auf einzelne Arten (Single Species).....	14
Schrifttum	29

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

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

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.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Jun.-Prof. Dr. *Mirco Bundschuh*, Landau

Dipl.-Biol. *Maren Heß*, Duisburg

Dr. *Sebastian Höss*, Starnberg

Prof. Dr. *Roland Klein*, Trier

Dr. *Matthias Oetken*, Frankfurt

Dr. *Katharina Peschke*, Tübingen

Dr. *Klaus Weiß*, Augsburg

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/4230.

Einleitung

Die vorliegende Richtlinie ergänzt die bereits publizierten Richtlinien VDI 4230 Blatt 4 und Blatt 5 und stellt standardisierte Methoden zum effektbasierten Monitoring mit Wirbellosen als Ergänzung zur chemisch-analytischen Überwachung des Gewässerzustands zur Verfügung.

Mithilfe chemischer Analysen werden vor allem bekannte Wasserinhaltsstoffe gezielt identifiziert und quantifiziert, unbekannte Stoffe oder Transformationsprodukte werden in der Regel nicht erfasst. In Ergänzung dazu bietet ein effektbasiertes Biomonitoring mit vorwiegend einheimischen, habitatspezifischen Organismen einen integrativen Ansatz, der eine für die Organismen schädliche Belastung durch alle in einem Gewässer wirkenden Stoffe – einschließlich der Mischungstoxizität und weiterer Stressoren – aufzeigt und somit Hinweise auf die Kausalität (Ursache – Wirkung) ermöglicht. Ein weiterer Vorteil des effektbasierten Monitorings liegt darin, dass die Wirkungen auf verschiedenen biologischen Organisationsebenen (Biozönose, Population, Organismus und auf suborganismischer Ebene) abgebildet werden können.

In Richtlinie VDI 4230 Blatt 5 wurde dieser Ansatz bereits aufgenommen und Methoden zur Erfassung chronischer Wirkungen von Stressoren bei Fischen als Indikatoren für den Gütezustand von Gewässern beschrieben.

Neben Fischen eignen sich auch Wirbellose (Organismen des Makrozoobenthos und des Meiobenthos) als Wirkungsindikatoren, da diese eine wichtige Rolle in aquatischen Ökosystemen einnehmen. Aufgrund ihrer weiten Verbreitung und teilweise hohen Individuendichte sind Wirbellose als Fischnahrung von großer Bedeutung und tragen durch ihre Ernährungsweise (beispielsweise durch den Abbau organischer Stoffe) wesentlich zu Ökosystemfunktionen bei. Demzufolge können funktionale Endpunkte (beispielsweise Laubbaurate) unter anderem mithilfe wirbelloser Gewässerorganismen erfasst werden. Auch die europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, Richtlinie 2000/60/EG) berücksichtigt die Gruppe der makroskopisch erkennbaren Wirbellosen, das sogenannte Makrozoobenthos, als wichtige Indikatoren und Qualitätskomponente bei der Erfassung des ökologischen Zustands von Gewässern.

Der ökologische Zustand im Sinne der WRRL beschreibt die Qualität der Struktur und Funktionsfähigkeit von aquatischen Ökosystemen im Gesamten und ist nicht primär auf eine Kausalanalyse hinsichtlich spezifischer chemischer Stressoren ausgelegt. Für die Durchführung eines effektbasierten Monitorings über mehrere biologische Ebenen existieren bislang noch keine festgelegten Verfahren. In diesem Zusammenhang bietet The European Technical Report on Aquatic Effect-Based Monitoring Tools under the Water Framework Directive [1] eine wichtige Grundlage. Die vorliegende Richtlinie konkretisiert diese Grundlage im Sinne eines Leitfadens für Behörden und weitere Anwender und Anwenderinnen.

Wirbellose Organismen unterscheiden sich sehr stark hinsichtlich ihres Schadstoffmetabolismus und in ihrer Ausstattung mit Rezeptoren, z.B. für Hormone (z.B. Hormonsystem; Mollusken im Gegensatz zu Arthropoden). Somit können für spezifische Fragestellungen gezielt besonders sensitive Gruppen ausgewählt werden. Zudem sind durch die geringe Größe, den meist kurzen Generationszyklus und die hohe Reproduktionsrate die Tests oftmals schnell und kostengünstig durchführbar und als Ersatz für Wirbeltiertests auch im Sinne des Tierschutzgesetzes (TierSchG) zu empfehlen.

Im Biomonitoring ist der Einsatz lebender Tiere nach heutigem Wissensstand noch unumgänglich, um die Gesundheit von Mensch und Tier sowie die

Umwelt zu schützen. Langfristiges Ziel ist es jedoch, Untersuchungen an lebenden Tieren zu reduzieren und, soweit möglich, Ersatzmethoden (z.B. In-vitro-Verfahren) zu etablieren. Einen Rahmen für die Güterabwägung in diesem Zielkonflikt bietet die europäische Richtlinie zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere (Richtlinie 2010/63/EU).

1 Anwendungsbereich

Die in dieser Richtlinie beschriebene Vorgehensweise ist als Ergänzung zu einem chemisch-analytischen Monitoring zu sehen. Sie liefert Hinweise für bestimmte Umweltbelastungen auf der Wirkungsebene unter Berücksichtigung aller Eintragspfade in Gewässer inklusive der atmosphärischen Deposition.

Diese Richtlinie behandelt ein breites Spektrum an Biomarkern mit verschiedenen wirbellosen Gewäs-

serorganismen, listet spezifische Anforderungen an die Probenahme auf und gibt Empfehlungen zum Einsatz unterschiedlicher wirbelloser Bioindikatoren und damit verknüpfbarer Biomarkeruntersuchungen für entsprechende Fragestellungen.

Das effektbasierte Monitoring kann die im Zuge der WRRL vorgegebene Erfassung des chemischen und ökologischen Zustands von Fließgewässern als sinnvolles Bindeglied ergänzen.

Die Richtlinie gilt für folgende Bereiche (siehe auch Tabelle 1):

- permanente Überwachung
- Lokalisation von Einträgen
- Evaluierung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen
- Monitoring von Havarien und Peak-Exposition
- Überwachung bekannter Hotspots

Tabelle 1. Empfehlungen von Monitoringstrategien für exemplarische Fragestellungen

	Permanente Überwachung	Lokalisation von Einträgen	Evaluierung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen	Monitoring nach Havarien/Peak-Exposition	Überwachung bekannter Hotspots
Art des Monitorings ^{a)}	Überblicksmonitoring/operatives Monitoring	investigatives Monitoring	operatives Monitoring	investigatives Monitoring	investigatives Monitoring
Aufgabenstellung	Gewässerüberwachung	Punktquellen	Punktquellen, diffuse Quellen, Gewässerrevitalisierung	abrupter Eintrag großer Schadstoffmenge	Altlasten
Überwachung/Bewertung nach EU-WRRL	Flusseinzugsgebiet; überregionale Ebene	abhängig Fragestellung; lokale Ebene	Wasserkörper; regionale Ebene	lokale Ebene	lokale Ebene
Beispielhafte Fragestellung	Wie entwickelt sich der ökologische Zustand? Trendbeobachtung	Lokalisation Eintrag; gibt es Effekte auf Organismen unterhalb der Einleitung?	Verbessert sich die Biodiversität?	Findet eine Erholung der Biozönose statt und wie lange dauert sie?	Sind Sanierungen notwendig?
Biomonitoringstrategien					
passiv	in situ	x	x	x	x
aktiv	in situ	x	x	o	x
	Bypass (ex situ)	o	–	–	o
	Labor (ex situ)	x	o	o	x

^{a)} Monitoringarten entsprechend WRRL

x = empfohlen

o = optional

– = nicht empfohlen