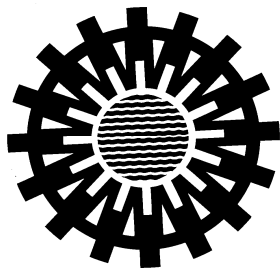


**Länderarbeitsgemeinschaft Wasser  
(LAWA)**

**Strategiepapier  
Kontinuierliche Biotestverfahren  
für die Emissionsüberwachung**



**Ausgearbeitet vom LAWA-Arbeitskreis  
„Biomonitoring“ 2000**

## **Mitglieder des LAWA-Arbeitskreises „Biomonitoring“**

### **Obmann**

Dipl.-Biol. Lutz Höhne  
Landesumweltamt Brandenburg  
Berliner Str. 21-25, 14467 Potsdam

### **Mitglieder**

Dr. Elke Blübaum-Gronau  
Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Postfach 309, 56003 Koblenz

Dr. Brigitte v. Danwitz  
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen  
Postfach 10 23 63, 45023 Essen

Dr. Peter Diehl  
Rheingütestation Worms  
Im Landesamt für Wasserwirtschaft  
Rheinland-Pfalz  
Am Rhein 1, 67547 Worms

Dr. Klaus-W. Digel  
Hessisches Landesamt für Umwelt  
und Geologie  
Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden

Dr. Volkhard Herbst  
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie  
Postfach 10 10 62, 31110 Hildesheim

Dr. Lutz Küchler  
Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft Sachsen  
Wasastr. 50, 01445 Radebeul

Dipl.- Ing. Michael Lechelt  
Umweltbehörde Hamburg  
Amt für Umweltuntersuchungen,  
Marckmannstr. 129 b, 20539 Hamburg

Dr. Michael Marten  
Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg  
Griesbachstr. 1, D-76185 Karlsruhe

Dr. Bettina Rechenberg  
Umweltbundesamt  
Bismarckplatz 1, 14193 Berlin

Dr. Kerstin Wöbbecke  
Umweltbundesamt  
Bismarckplatz 1, 14193 Berlin

## Inhalt

		Seite
1	Einleitung	1
2	Erfahrungen mit dem Einsatz kontinuierlicher Biotestverfahren in der Emissionsüberwachung	2
2.1	Detektion von toxischen Belastungen und Empfindlichkeit	2
2.2	Betrieb und Unterhaltung der kontinuierlichen Biotestverfahren im Abwasserstrom	2
3	Charakterisierung und Abgrenzung von Oberflächenwasser und Abwasser mit Folgerungen für die Emissionsüberwachung	3
4	Bewertung ausgewählter kontinuierlicher Biotestverfahren zur Emissionsüberwachung	5
4.1	Allgemeine Anforderungen	5
4.2	Spezielle Anforderungen	5
4.3	Zusammenfassende Betrachtung	11
5	Einsatzmöglichkeiten kontinuierlicher Biotestverfahren in der Emissionsüberwachung	11
6	Zusammenfassung	12
7	Literatur	14
Anhang	Erläuterung der allgemeinen Bewertungskriterien	15

## Kontinuierliche Biotestverfahren für die Emissionsüberwachung

### 1 Einleitung

Im Gründungsbeschluss der Länderarbeitsgemeinschaft „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ für den Arbeitskreis „Biomonitoring“ ist als Aufgabe u. a. festgeschrieben, den Kenntnisstand hinsichtlich des Einsatzes von kontinuierlichen Biotestverfahren für die Emissionsüberwachung aufzuzeigen. Dabei sollen Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes deutlich werden.

Kontinuierliche (dynamische) Biotestverfahren werden seit mehr als einem Jahrzehnt überwiegend als Überwachungs- und Warnsystem zum Aufzeigen von Schadstoff-Stoßbelastungen in der Immissionsüberwachung eingesetzt. Mit diesen Testverfahren werden Wasserorganismen kontinuierlich - oder semikontinuierlich im Takt weniger Minuten - mit dem zu untersuchenden Wasser in Kontakt gebracht. Mit spezifischen Registriereinrichtungen werden im Testautomaten ständig stoffwechselphysiologische Größen oder Verhaltensparameter gemessen, ausgewertet und bewertet. Damit bieten diese Geräte die Möglichkeit einer zeitlich lückenlosen Überwachung der zu prüfenden Wässer. Je nach Art der stofflichen Belastung werden sowohl hemmende als auch fördernde Wirkungen angezeigt. Auslöser können Einzelstoffe oder Stoffgemische sein.

Um toxische Wirkungen von Abwasser unmittelbar zu erfassen, ist eine kontinuierliche Überwachung sinnvoll und notwendig. Die kontinuierliche Emissionskontrolle dient unmittelbar dem Gewässerschutz, weil das kurzfristige Auftreten von erhöhten Toxizitäten sofort in eine Alarmmeldung übersetzt wird. Der Einleiter kann dann sofort reagieren, die Emission beenden und damit zeitnah Schaden vom Gewässer abwenden.

Abwässer unterscheiden sich von Oberflächenwässern vor allem durch das höhere Konzentrationsniveau. Dies gilt sowohl für Abläufe biologischer Kläranlagen als auch für chemisch-physikalisch behandelte Abwässer oder für Kühlwässer. Abwasser fällt in der Regel kontinuierlich an, relevante Ausnahme sind periodisch mit mikrobiziden Substanzen beaufschlagte Kühlwässer. Typisch für viele Abwässer sind häufige und große Schwankungen ihrer Beschaffenheit und zwar sowohl hinsichtlich der Konzentration einzelner Inhaltsstoffe als auch im Hinblick auf physikalische Parameter (z. B. Temperatur) und auf die Partikelfracht. Diese Beschaffenheitsdiskontinuität stellt besondere Anforderungen an die einzusetzenden Biotestverfahren.

Auf den folgenden Seiten wird über die bisherigen Erfahrungen mit kontinuierlichen Biotestverfahren in der Emissionsüberwachung berichtet. Auf die Besonderheiten von Abwässern wird eingegangen und die dafür geeigneten kontinuierlichen Biotestverfahren werden beschrieben.

## **2 Erfahrungen mit dem Einsatz kontinuierlicher Biotestverfahren in der Abwasserüberwachung**

Bislang wurden kontinuierliche Biotestverfahren überwiegend im Rahmen von Pilotprojekten zur Abwasserüberwachung eingesetzt. Demzufolge liegt nur eine sehr begrenzte Anzahl von Erfahrungsberichten vor.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Entwicklung, Erprobung und Implementation von Biotestverfahren zur Überwachung des Rheins“ [8] wurde in einem Teilvorhaben [1] die Eignung von sieben Biotestsystemen (Dynamischer Daphnientest, Dreissena-Monitor, DF-Algentest, Biosens-Algentoximeter, WRC-Fischmonitor, Toxiguard, Toxalarm) mittels teilgeklärtem industriellem Abwasser geprüft. In Niedersachsen wurden in dem in den Jahren 1989 bis 1992 durchgeführten Pilotprojekt „Abwasser-Frühwarnsystem“ der Dynamische Daphnientest, das Biosens-Algentoximeter und der Strömungsfischtest zur Abwasserüberwachung eingesetzt [2, 7]. In den Niederlanden wurde der Strömungsfischtest zur Überwachung von Abwässern aus der petrochemischen Industrie, aus der Pestizid-Produktion und aus der Faserherstellung erprobt [6]. Aus Hessen liegen neuere Untersuchungen zur Eignung des Dynamischen Daphnientests zur Emissionskontrolle vor [3]. Des Weiteren wurde der Dynamische Daphnientest zur Überwachung der Abwasserströme in der Eisen- und Stahlindustrie eingesetzt [4]. Die Prüfung der Eignung des Regensburger Leuchtbakterientests zur Online-Überwachung von Abwässern aus der Metallverarbeitung war Ziel eines weiteren Projekts [5].

### **2.1 Detektion von toxischen Belastungen und Empfindlichkeit**

Alle eingesetzten kontinuierlichen Biotestverfahren meldeten auch noch im Bereich der jeweils eingestellten Verdünnungsstufen Reaktionen i. S. toxisch bedingter Verhaltensänderungen (Dynamischer Daphnientest, Strömungsfischtest) bzw. stoffwechselphysiologischer Reaktionen (Algentoximeter).

Untersuchungen in den Niederlanden zeigten, dass in mehr als 50 % der Fälle Reaktionen in Strömungsfischtests mit einer Änderung der Abwasserzusammensetzung in Verbindung gebracht werden konnten. Es gab jedoch auch unerklärliche Reaktionen sowie Fälle, in denen der Fischtest nicht angesprochen hat, die chemische Routineanalytik jedoch Veränderungen anzeigte.

### **2.2 Betrieb und Unterhaltung der kontinuierlichen Biotestverfahren im Abwasserstrom**

#### **• Dynamischer Daphnientest**

Eine Prüfung von unverdünntem Abwasser war nur zeitweise – je nach Zusammensetzung des Abwassers - möglich, so dass in allen Untersuchungen Verdünnungseinheiten eingesetzt bzw. Pufferungsanlagen (beim Auftreten extremer pH-Werte) empfohlen wurden, damit die Daphnien nicht sofort abstarben. Um die Ablagerung von Schmutzpartikeln in zuführenden Schläuchen am Gerät zu vermindern, wurden die Tygon- bzw. Silikonschläuche gegen chemisch weitgehend inerte Teflonschläuche ausgetauscht. Sowohl durch die dem Testgerät vorgeschaltete Ultrafiltration des Abwasserstromes als auch durch die Verdünnung mit entchlortem Trinkwasser litten

die Daphnien unter Nahrungsmangel. Durch Zudosierung (Schlauchpumpe) von Algensuspension wurde das zu geringe Nahrungsangebot im Testwasser kompensiert. Das Urteil von [3], wonach der Dynamische Daphnientest wegen langer Ansprechzeiten für den Einsatz in der Emissionskontrolle ungeeignet sei, muss wegen der eingesetzten Testsubstanz (Kaliumdichromat) relativiert werden.

- **Algentoximeter**

In der Regel war es erforderlich, den Probenwasserstrom vorzuverdünnen. Im Gegensatz zu sonstigen Erfahrungen (aus statischen Algentests) waren relativ hohe Salzkonzentrationen im untersuchten Abwasser jedoch unproblematisch [2].

- **Strömungsfischtest**

Auch beim Strömungsfischtest musste vor der Inbetriebnahme mittels des statischen Fischtests eine geeignete Verdünnungsstufe ermittelt werden. Einige technische Veränderungen mussten vorgenommen werden bis das Gerät seine Überwachungsfunktion erfüllen konnte [7].

- **Regensburger Leuchtbakterientest**

Das Verfahren weist für den angestrebten Zweck grundsätzlich eine hohe Eignung auf. Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse mit über sieben Tage entnommenen und vorfiltrierten Schöpfproben des Mischwassers (Mischung aus Prozessabwässern, Sanitärabwasser und Oberflächenwasser) ist gut. Für die Untersuchung von Einzelsubstanzen und Abwasser aus der metallverarbeitenden Industrie wird der Testansatz mit 0,25 % Medium und künstlichem Meerwasser („DIN-ASW“) mit frisch gezüchteten Leuchtbakterien empfohlen. Schwierigkeiten bei der Probenahme durch starke Strömung im Abwasserkanal und durch die Feststofffracht des Abwassers standen einer Online-Prüfung im vorgesehenen Zeitrahmen entgegen. Nach entsprechenden Umbauten am Kanal und der Abwasseraufbereitung soll diese Prüfung jedoch zu einem späteren Zeitpunkt realisiert werden [5].

### **3 Charakterisierung und Abgrenzung von Oberflächenwasser und Abwasser mit Folgerungen für die Emissionsüberwachung**

Zur Gewährleistung des laufenden Betriebs der Geräte sind die nachstehend aufgeführten Abwassereigenschaften und deren Folgen zu berücksichtigen.

- ◆ Hohe Salzbelastung (osmotischer Stress für die Testorganismen, Beschädigung von Pumpen, Zuleitungen u. ä.)
- ◆ Extremer pH-Wert (Extremwerte in speziellen Industriekläranlagen möglich)
- ◆ Niedriger Sauerstoffgehalt (z. B. Zehrung in den zuführenden Leitungssystemen)
- ◆ Hoher Gehalt an Trübstoffen (Der Einsatz von Filtersystemen kann notwendig werden. Damit ist aber auch eine Elimination von partikelgebundenen toxischen Stoffen zu erwarten. Auch können für bestimmte Testorganismen dadurch Nahrungsstoffe fehlen, so dass eine Zufütterung notwendig wird. Zudem verlängern Filteranlagen die Ansprechzeiten der Systeme.)
- ◆ Die chemische Aggressivität von Abwässern ist bei der Auswahl der einzusetzenden Materialien zu berücksichtigen.

- ◆ Die Eigenfärbung des Abwassers kann zu Störungen der Tests führen.
- ◆ Der Nährstoffreichtum des Abwassers kann zum Zuwachsen von Schläuchen etc. mit Biofilm führen.
- ◆ Infolge von Gipsfällung auftretende scharfkantige Partikel können die Testorganismen (Filterierer wie Daphnien und Muscheln) schädigen.

Diese Abwassereigenschaften bedingen technische Anpassungen, bevor die Geräte ihrer Überwachungsfunktion zugeführt werden können.

Im Vergleich zu entsprechenden Geräten der Immissionsüberwachung ist mit einem höheren Wartungsaufwand zu rechnen, Standzeiten von 7 Tagen können nicht als Anforderung gestellt werden. Insgesamt ist mit einem höheren technischen Aufwand in der Peripherie zu rechnen.

Ein zeitnaher Service durch die Anbieterfirmen der kontinuierlichen Biotestverfahren ist zu gewährleisten.

Da unverdünntes Abwasser der meisten in Frage kommenden Einleiter merkliche Toxizität besitzt, ist die Erprobung und der Einsatz von Verdünnungsanlagen notwendig. Im Normalbetrieb, d. h. bei Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen, sollte keine Toxizität gemessen werden. Bei diskontinuierlichem Abwasseranfall ist eine Fremdwasserversorgung vorzuhalten, so dass die Betriebsbereitschaft der Biotestgeräte erhalten bleibt.

Eine branchenspezifische Festlegung auf bestimmte kontinuierliche Biotestverfahren erscheint zunächst nicht sinnvoll. Abwässer enthalten meist sowohl anorganische (Schwermetalle) als auch organische toxische Substanzen. Weiterhin ändern sich in manchen Bereichen die Zusammensetzung und Art der Inhaltsstoffe häufig (Chargenbetrieb). Es ist im Rahmen einer Erprobung – z. B. unter Einsatz statischer Biotests – die Entscheidung über die Auswahl des oder der einzusetzenden kontinuierlichen Biotestverfahren jeweils im Einzelfall zu treffen.

Es sollten bevorzugt Testorganismen ausgewählt werden, die im Labor gut züchtbar sind und deren Empfindlichkeit mit Tests überprüfbar ist. Die Organismen aus dem entsprechenden statischen Test können – soweit möglich – auch in kontinuierlichen Biotestverfahren verwendet werden. Obwohl in den geltenden Mindestanforderungen (Abwasserverordnung zu § 7a WHG v. Mai 2000 mit den entsprechenden Anhängen und Verwaltungsvorschriften[9]) der Fischttest fast immer vorgesehen ist, sollte aus Gründen des Tierschutzes auf den Einsatz von Fischttests verzichtet werden. Die kontinuierlichen Biotestverfahren müssen unempfindlich sein gegen mögliche Veränderungen in der Zusammensetzung des Abwassers, die nicht mit erhöhter Toxizität verbunden sind, um falsch negative Meldungen (Fehlalarme) zu vermeiden.

Auf Grund der vorliegenden Erfahrungen mit kontinuierlichen und statischen Biotests für verschiedene Abwassereinleitungen (häusliche und gemischte kommunale Einleitungen sowie industrielle Direkteinleiter) beschränkt sich der Anwendungsbereich der Empfehlung auf industrielle Direkteinleiter.

## 4 Bewertung ausgewählter kontinuierlicher Biotestverfahren zur Emissionsüberwachung

### 4.1 Allgemeine Anforderungen

Von der Bund-Länder-Projektgruppe „Wirkungstests Rhein“ (WIR) wurde 1989 ein „Rahmenkonzept für Forschungsvorhaben zur Entwicklung, Erprobung und Implementation von Biotestverfahren zur Überwachung des Rhein“ erstellt, das sowohl der kritischen Überprüfung vorhandener kontinuierlicher Biotestverfahren als auch der Neuentwicklung von Testsystemen für den Routineeinsatz in der kontinuierlichen Gewässerüberwachung dienen sollte. Im Rahmen der hierdurch initiierten Forschungsvorhaben wurde ein Bewertungsschema erarbeitet, das mittels objektiver (Sensitivität, Platzbedarf, Materialeinsatz, etc.) und subjektiver (z. B. Betriebsfreundlichkeit) Kriterien die kontinuierlichen Biotestverfahren beurteilt [8].

Zur Beurteilung der Anforderungen an die Geräte hinsichtlich des Einsatzes in der Emissionsüberwachung wurden im vorliegenden Bericht von den insgesamt 16 in [8] aufgeführten Kriterien 12 zur Beurteilung übernommen. Außerdem wurden von den im o.g. Forschungsvorhaben bewerteten kontinuierlichen Biotestverfahren nur die derzeit noch marktgängigen und in der Immissionsüberwachung erfolgreich geprüften Systeme (Stand 1999) berücksichtigt: Dynamischer Daphnientest, Dreissena-Monitor und DF-Algentest. Zusätzlich wurden der Mosselmonitor<sup>®</sup> und die nach 1993 neu entwickelten Systeme (bbe Daphnien- und Algentoximeter, Regensburger Leuchtbakterientest) in die Beurteilung aufgenommen bzw. die ursprünglichen Bewertungen zum Teil dem heutigen Erkenntnisstand angepasst.

Neben den ursprünglichen Bewertungskriterien wurde das Merkmal „Überlebensfähigkeit der Organismen“ ergänzt und das Kriterium „Testorganismen“ hinsichtlich des Aufwands für die Hälterung und die ganzjährige Verfügbarkeit der Testorganismen differenziert. Die in die Beurteilung eingehenden Kriterien wurden in weitestgehender Übereinstimmung mit den Definitionen aus [8] angewandt.

Um einen objektiven Vergleich der einzelnen Biotestsysteme zu ermöglichen, wurde das ursprüngliche Bewertungsschema in ein Wertungspunkte-Modell übersetzt. Darüber hinaus wurden die Gewichtungsfaktoren modifiziert. Durch den Ersatz der Gewichtungsklassen (nach „WIR“) „sehr wichtig“ (A), „wichtig“ (B) und „weniger wichtig“ (C) durch numerische Faktoren (1-5) konnte in Verbindung mit den Wertungspunkten eine Gesamtbewertung errechnet werden. Die Kriterien sind im Anhang erläutert. Die Ergebnisse sind in Matrix 1 dargestellt.

### 4.2 Spezielle Anforderungen

Die nach den überarbeiteten Kriterien analog „WIR“ erarbeitete Bewertungsmatrix wurde um eine zusätzliche Matrix 2 ergänzt, die neben dem derzeitigen Stand der Technik auch die speziellen Anforderungen für den Einsatz in der Emissionskontrolle berücksichtigt. Es sind folgende Kriterien berücksichtigt.

- **Verdünnungseinheiten und Menge des benötigten Verdünnungswasser**

Dieses Kriterium beurteilt, ob vorgeschaltete Verdünnungseinheiten notwendig sind, und ob diese mit vertretbarem Aufwand umgesetzt werden können. Prinzipiell muss im Fall der Daphnien- und Muscheltests von der Notwendigkeit einer Verdünnungs-



einheit ausgegangen werden. In Abhängigkeit von den benötigten Testwasser-Volumina wurde beurteilt, in welchem Maß eine technische Umsetzung praktikabel ist. Die Gewichtung ist hoch (Faktor 5), da in der Emissionsüberwachung i. d. R. eine Verdünnung des Testwassers erfolgen muss.

- **Pufferungsanlagen**

Die Anpassung des pH-Werts auf den für den jeweiligen Testorganismus spezifischen Wert ist in jedem Fall sehr aufwändig. Wie unter dem vorhergehenden Punkt ist hier die benötigte Menge an Testwasser von besonderer Bedeutung. Die Gewichtung ist hoch (Faktor 5), da in der Emissionsüberwachung spezieller Abwässer mit stark sauren oder basischen Zuflüssen zu rechnen ist.

- **Filtervorrichtungen**

Bei der Beurteilung, ob und mit welchem Aufwand Filtervorrichtungen eingesetzt werden müssen, wurde zum einen das benötigte Filtervolumen und zum anderen der damit verbundene Verlust an Nährstoffen berücksichtigt. Bei den Daphnien- und Muscheltests wurde der Aufwand für eine kontinuierliche Zufütterung berücksichtigt. Die Gewichtung ist hoch (Faktor 5), da Abwasseremissionen insbesondere aus biologischen Kläranlagen sehr häufig eine Trübung aufweisen, die den Betrieb von kontinuierlichen Biotestverfahren beeinträchtigt.

- **Belüftung**

Eine Belüftung des Testwassers kann bei den Daphnien-, Muschel- und Leuchtbakterientests notwendig werden. Der technische Aufwand der zu installierenden Belüftungseinheit war die Grundlage für die Bewertung der einzelnen Systeme. Während bei den Muscheltests die Belüftung in den Testkammern erfolgen kann, müsste bei den Daphnientests die Belüftung des Testwassers im Zulauf erfolgen (die zusätzliche Belüftungseinheit führt zu einer weiteren Erhöhung der Verweildauer). Die Gewichtung ist relativ niedrig (Faktor 2), da die Notwendigkeit nur in Ausnahmefällen gegeben ist.

## Bewertung kontinuierlicher Biotestverfahren für die Emissionsüberwachung

### Matrix 1: Allgemeine Anforderungen

Stand: 2000

	Kriterien nach "WIR" (UBA Bericht 1/95) (leicht modifiziert in Pkt. 2) *	Gewichtung UBA-Bericht	Gewichtung	Organismen:	Daphnien		Muscheln		Algen			Bakterien
				Biotestgerät:	Dynamischer Daphnientest	bbe-Daphnientoximeter	Dreissena-Monitor	Mossel-Monitor®	DF-Algentest	bbe-Algentoximeter	Biosens-Algen-Toximeter	Regensburger Leucht-bakterientest
					Elektron	bbe Moldaenke	Envicontrol	Delta Consult	Universität Regensburg	bbe Moldaenke	Dr. Noack	Universität Regensburg
1	Plausibilität	A	5		2	3	3	3	3	3	2	4
<b>2a</b>	<b>Überlebensfähigkeit der Organismen</b>	B	4		2	2	2	2	4	4	4	4
<b>2b</b>	<b>Aufwand zur Hälterung der Organismen</b>	B	4		2	2	3	3	4	4	3	4
<b>2c</b>	<b>Ganzjährige Verfügbarkeit der Organismen</b>	B	4		4	4	3	3	4	4	4	4
3	Störanfälligkeit	A	5		3	3	4	4	3	4	2	4
4	EDV-Ausstattung	A	4		3	4	4	4	3	2	4	4
5	Wartungsbedarf	B	5		2	2	2	4	2	3	4	4
6	Standzeit	A	2		3	3	3	4	2	4	4	4
7	Platzbedarf	B	2		4	4	4	4	4	4	3	4
8	Materialeinsatz	B	4		3	3	3	4	3	3	4	4
9	Refraktärzeit	B	2		3	3	1	3	3	3	4	4
10	Betriebsfreundlichkeit	B	2		1	3	3	4	2	3	3	4
	Anschaffungskosten											
	<b>Summe gewichtet:</b>				<b>113</b>	<b>126</b>	<b>127</b>	<b>149</b>	<b>134</b>	<b>146</b>	<b>144</b>	<b>172</b>

4 = Eignung hoch  
 3 = Eignung vorhanden  
 2 = Eignung eingeschränkt vorhanden  
 1 = Eignung nicht vorhanden  
 0 = keine Informationen

**fett-kursiv** = folgt nicht den Empfehlungen zum Einsatz an Gewässern UBA-Berichte 1/95

\* Bei "WIR" wurden darüber hinaus die Sensitivität am Gewässer und im Abwasser mit bewertet, da fünf der hier betrachteten Geräte jedoch in "WIR" derartigen Testreihen nicht unterzogen worden sind, werden die Ergebnisse hier nicht berücksichtigt.

- **Zufütterung**

Im Falle einer Filtration des Testwassers kann bei Systemen, deren Testorganismen auf die Nährstoffe im Wasser angewiesen sind (Daphnien und Muscheln) eine Zufütterung notwendig werden. Während bei den Daphnien - unter der Voraussetzung einer etablierten, kontinuierlichen Algenzucht - eine Zufütterung über den Zulaufschlauch möglich ist, dürfte eine Zufütterung bei den Muscheltests größere Probleme aufwerfen. Die Gewichtung liegt im mittleren Bereich (Faktor 3). Wenn ein Biotestverfahren für die Überwachung einer bestimmten Emission aus sonstigen Gründen als geeignet erscheint, dann sollte der Aufwand für eine Zufütterung nicht gescheut werden.

- **Gefärbtes Abwasser**

In Abhängigkeit vom eingesetzten Messprinzip kann gefärbtes Abwasser zu Problemen führen. Dies gilt insbesondere für Systeme, die auf der Bildverarbeitung bzw. auf Fluoreszenzmessungen basieren. Weil das Kriterium nur auf wenige Sonderabwässer zutrifft, ist die Gewichtung niedrig (Faktor 2).

- **Diskontinuierlicher Abwasserzulauf**

Branchenspezifisch kann es zu einem diskontinuierlichen Abwasserzulauf kommen. Bei der Bewertung der Systeme wurde berücksichtigt, welche technischen Veränderungen bzw. Wartungsarbeiten beim Testwasserstopp notwendig werden. Grundsätzlich werden Probleme bei kontinuierlich arbeitenden Systemen auftreten (Daphnien- und Muscheltests). Im Gegensatz dazu kann bei Geräten, bei denen die Testorganismen nicht kontinuierlich in der Testkammer sind, der Messbetrieb jederzeit ohne größeren Aufwand unterbrochen werden (Algen- und Leuchtbakterientest). Die Gewichtung wird im mittleren Bereich angesiedelt (Faktor 3).

- **Verbrauchskosten im Vergleich zum Einsatz in der Immissionskontrolle**

Höhere Verbrauchskosten werden bei allen Systemen anfallen, die viel Schlauchmaterial einsetzen. Dies gilt insbesondere für Pumpenschläuche, die in einem häufigeren Turnus gewechselt werden müssen. Die Dimensionierung von Zusatzgeräten (Pufferungsanlagen, Verdünnung, Zufütterung usw.) ist von der benötigten Wassermenge abhängig, was deutlichen Einfluss auf die Kosten hat. Da die Kosten im Vergleich zu den anderen Kriterien nur eine sehr untergeordnete Rolle bei der fachlichen Bewertung spielen dürfen, andererseits aber auch nicht vernachlässigt werden sollten, wird die Gewichtung sehr niedrig angesetzt (Faktor 1).

- **Zeitnahe Service**

Für einen kontinuierlichen Betrieb ist ein zeitnahe und verlässlicher Service notwendig. Voraussetzung ist, dass der Vertreiber einen entsprechenden Servicedienst anbietet und die Firma in Deutschland eine Niederlassung hat. Die Gewichtung beruht auf vorliegenden Erfahrungen und wird im mittleren Bereich angesiedelt (Faktor 3).

## Matrix 2: Spezielle Anforderungen

Stand: 2000

		Organismen:	Daphnien		Muscheln		Algen		Bakterien
	Gewichtung	Biotestgerät:	Dynamischer Daphnientest	bbe-Daphnientoximeter	Dreissena-Monitor	Mossel-Monitor®	DF-Algentest	bbe-Algentoximeter	Regensburger Leucht-bakterientest
			Elektron	bbe Moldaenke	Envicontrol	Delta Consult	Universität Regensburg	bbe Moldaenke	Universität Regensburg
Verdünnungseinheiten und Menge des Verdünnungswasser	5		3	3	1	1	3	3	4
Pufferanlagen	5		2	2	1	1	2	2	2
Filtervorrichtungen	5		2	2	2	2	3	3	3
Belüftung	2		2	2	3	3	4	4	3
Zufütterung	3		2	4	1	1	4	4	4
gefärbtes Abwasser	2		4	2	4	4	2	2	2
diskontinuierlicher Abwasserzulauf	3		2	2	1	1	4	4	4
höhere Verbrauchskosten	1		3	3	2	2	3	3	4
zeitnahe Service	3		2	4	4	1	2	4	2
<b>Summe gewichtet:</b>			<b>68</b>	<b>76</b>	<b>54</b>	<b>45</b>	<b>85</b>	<b>91</b>	<b>89</b>

4 = keine Anpassung notwendig

3 = Anpassung einfach umzusetzen; unproblematisch

2 = umfangreiche Anpassung notwendig; problematisch

1 = Anpassung unpraktisch

Matrix 2

## Bewertung kontinuierlicher Biotestverfahren für die Emissionsüberwachung

### Matrix 3: Zusammenfassende Bewertung

Stand: 2000

	Organismen:	Daphnien		Muscheln		Algen		Bakterien
	Biotestgerät:	Dynamischer Daphnientest	bbe-Daphnientoximeter	Dreissena-Monitor	Mossel-Monitor®	DF-Algentest	bbe-Algentoximeter	Regensburger Leucht-bakterientest
		Elektron	bbe Moldaenke	Envicontrol	Delta Consult	Universität Regensburg	bbe Moldaenke	Universität Regensburg
allgemeine Anforderungen		113	126	127	149	134	146	172
spezielle Anforderungen		68	76	54	45	85	91	89
<b>Summe</b>		<b>181</b>	<b>202</b>	<b>181</b>	<b>194</b>	<b>219</b>	<b>237</b>	<b>261</b>

Matrix 3

### 4.3 Zusammenfassende Betrachtung

Die Bewertung der kontinuierlichen Biotestsysteme zum Zwecke der Emissionsüberwachung erfolgte zunächst nach den in Matrix 1 aufgeführten Kriterien. Im Zuge der Bearbeitung stellte sich jedoch heraus, dass diese Kriterien zu einer adäquaten Beurteilung nicht ausreichen. Deshalb wurde ein zusätzlicher Kriterienkatalog für die Emissionsüberwachung entwickelt (Matrix 2). Die endgültige Bewertung erfolgte dann in einer zusammenfassenden Berechnung (Matrix 3).

Die allgemeinen Anforderungen (Matrix 1) lassen den Regensburger Leuchtbakterientest als besonders geeignet erscheinen. Es folgen in der Bewertungsskala der Mosselmonitor<sup>®</sup> und das bbe-Algentoximeter. Am wenigsten geeignet erscheinen die Daphnientests.

Die Bewertung anhand spezieller Anforderungen (Matrix 2) ergibt eine Spitzengruppe von Geräten, nämlich derjenigen mit semikontinuierlichem Messverfahren (DF-Algentest, bbe-Algentoximeter, Regensburger Leuchtbakterientest). In einigem Abstand folgt das bbe-Daphnientoximeter als am besten bewertetes „echt“ kontinuierlich arbeitendes Verfahren. Der Dynamische Daphnientest und die Muscheltests erfüllen die speziellen Anforderungen nur sehr eingeschränkt.

Bei zusammenfassender Bewertung (Matrix 3) erhalten ebenfalls die semikontinuierlich arbeitenden Geräte die beste Beurteilung, wobei der Regensburger Leuchtbakterientest eindeutig am geeignetsten erscheint. Die übrigen Geräte bleiben deutlich dahinter zurück und können nur unter Vorbehalten für einen Einsatz bei der Emissionsüberwachung empfohlen werden.

## 5 Einsatzmöglichkeiten kontinuierlicher Biotestverfahren im Rahmen der Emissionsüberwachung

Statische Biotests werden in der Einleiterüberwachung eingesetzt, um abzuschätzen, welche Wirkung Stoffe im Abwasserstrom auf Organismen haben. Sie ergänzen damit das Instrumentarium der chemisch-physikalischen Analytik in der wasserwirtschaftlichen Praxis. Statische Biotests werden vor allem im Vollzug der §§ 19g und 7a WHG eingesetzt. Im Abwasserbereich dienen Biotests zur Festlegung des Technikniveaus und zur Überwachung von Einleitungen. Vier statische Bio-(Toxizitäts)-Tests werden inzwischen in der Abwasser-Verordnung zu § 7a WHG genannt.

Die statischen Biotests haben den Nachteil, dass sie den augenblicklichen Zustand des Abwassers hinsichtlich möglicher toxischer Wirkungen erst mit erheblicher Verzögerung erfassen. Die möglichen Konsequenzen daraus können sich deshalb nur auf nachträgliche Sanktionierung, beispielsweise durch Erhöhung von Abgaben oder – im Extremfall – ordnungs- und strafrechtliche Maßnahmen erstrecken. Wenn also zu einer bestimmten Zeit Abwasser anfällt, das akut toxisch ist, kann es sein, dass es in ein Fließgewässerökosystem gelangt, ohne dass es unmittelbar auffällt. Damit ist dem Gewässerschutz nicht gedient.

Um toxische Wirkungen des Abwassers rechtzeitig zu erfassen, ist eine kontinuierliche Überwachung sinnvoll und notwendig. Sie dient direkt dem Gewässerschutz, weil das kurzfristige Auftreten von erhöhten Toxizitäten direkt in eine

Alarmmeldung übersetzt werden kann. Der Einleiter kann dann umgehend reagieren, die Emission beenden und damit zeitnah Schaden vom Gewässer abwenden. Angesichts der umfassenden Einführung von genormten statischen Biotests in der Emissionskontrolle sollte man derzeit nicht anstreben, die Kontrolle durch weitere Auflagen in Form von kontinuierlichen Biotests zu erweitern. Ein wichtiger Grund dafür liegt nicht zuletzt darin, dass derartige kontinuierliche Biotests derzeit noch nicht im erforderlichen Maße „gerichtsfest“ zu standardisieren sind. Kontinuierliche Biotests könnten somit zunächst nur im Rahmen einer freiwilligen Eigenkontrolle des Emittenten betrieben werden. Neben der Verwirklichung eines bestmöglichen Gewässerschutzes bietet der Einsatz von kontinuierlichen Biotestverfahren auch wirtschaftliche Vorteile: Veränderungen der Qualität des Abwassers können Hinweise auf gestörte Produktionsabläufe geben, die letztlich sogar die Produktionsqualität mindern, zumindest aber weitere Produktionsstörungen zur Folge haben können, die zu Schäden und Reparaturen führen. Der zusätzliche Aufwand für den Einsatz von Biotestgeräten kann dem Betreiber auf anderen Gebieten der Einleiterüberwachung Einsparungen bringen.

Kontinuierliche Biotestverfahren könnten in erster Linie bei Direkteinleitern zur Anwendung kommen, in deren gesetzlich festgesetzten Mindestanforderungen nach der Abwasserverordnung (Mai 2000) bzw. den darin in § 7 genannten weiter geltenden älteren Anforderungen Grenzwerte für die Giftigkeit festgesetzt sind.

Neue Konzepte bei der Emittentenkontrolle müssten das bisherige Überwachungsziel mindestens sicherstellen und darüber hinaus möglichst für beide Parteien Vorteile bringen.

**Kommentar [L1]:** Diehl: Stimmt „AwV“ oder muss es WHG heißen?

## 6 Zusammenfassung

Die strategischen Rahmenbedingungen für den Einsatz von kontinuierlichen Biotestverfahren bei der Emissionsüberwachung können wie folgt zusammengefasst werden.

- Es muss gewährleistet sein, dass die in kontinuierlichen Biotestverfahren verwendeten Organismen die für den Abwasserstrom charakteristischen Toxizitäten erfassen. Die unterschiedlichen Wirkspektren können im Zweifelsfall durch Batterien unterschiedlicher Tests ermittelt werden. Es ist sicherzustellen, dass die mittels kontinuierlicher Biotestverfahren registrierten Wirkungen und Wirkschwellen in einer direkten Beziehung zu den in den statischen Biotests erfassten Wirkungen stehen. Die für die kontinuierlichen Biotestverfahren geltenden „Grenzwerte“ müssen eigens definiert und ggf. abweichend von den für die statischen Biotests geltenden Werten neu festgelegt werden.
- Es ist deshalb anzustreben, dass Tests eingesetzt werden, die mit denselben Organismen arbeiten, die in den jeweiligen Bescheiden für die Bestimmung der akuten Toxizität herangezogen werden.
- Die kontinuierlichen Biotestverfahren dürfen nicht unempfindlicher sein als die statischen Tests.
- Der Betrieb der kontinuierlichen Biotestverfahren muss mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand möglich sein (Wartungsfreundlichkeit, Standzeit, Betriebskosten).

Besondere Aspekte sind die Anbindung an ohnehin im Betrieb verwendete Standardmethoden wie z. B. hinsichtlich der Zucht der Organismen.

- Kontinuierliche Biotestverfahren können die Vorschriften der amtlichen Einleiterüberwachung ergänzen, aber nicht ersetzen.
- Kontinuierliche Biotests sollen Belastungsspitzen erfassen, insbesondere solche, bei denen es aufgrund von toxischen Wirkungen zu einer unmittelbaren, starken Gefährdung des Fließgewässers kommen kann. Sie erfassen nicht die im Routinebetrieb auftretenden Änderungen in der Zusammensetzung des Abwassers.
- Die Einführung des Konzeptes der Verwendung der kontinuierlichen Biotestverfahren bei der Emittentenkontrolle soll das bisherige Überwachungsziel mindestens sicherstellen und darüber hinaus möglichst für beide Parteien Vorteile bringen. Nur auf diese Weise ist die Akzeptanz gesichert.
- Der Einsatz von kontinuierlichen Biotestverfahren ist demnach dort sinnvoll, wo die Gefahr einer erhöhten Toxizität besteht. Dies ist erfahrungsgemäß nur bei bestimmten industriellen Direkteinleitern der Fall. Kommunale Kläranlagen sind deshalb nicht Gegenstand der Betrachtung.
- Kontinuierliche Biotestverfahren können und sollen eine zusätzliche Indikation darstellen, dass eventuell die in den Einleitungsbescheiden festgelegten Werte für die statischen Biotests überschritten werden.
- Kontinuierliche Biotestverfahren dienen unmittelbar dem Gewässerschutz. Sie helfen dem Emittenten, möglichst schnell auf unerwünschte Entwicklungen bei der Emission zu reagieren. Daraus kann sich ergeben, dass man ggf. Überschreitungen der Auflagen durch rechtzeitigen Eingriff im Vorfeld verhindern kann.
- Den Betreibern kann durch den Einsatz von Biotestgeräten aber auch die Möglichkeit eröffnet werden, gegenüber den Aufsichtsbehörden Nachweise zu führen, dass bei der amtlichen Überwachung gefundene erhöhte Toxizitätswerte u. U. nur Ausreißer und nicht typische Messwerte sind.



## 7 Literatur

- [1] Puzicha, H. (1995): Gewässer- und Abwasseruntersuchungen mit kontinuierlichen Biotests. UBA-Texte 16/95.
- [2] Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (1993): Abwasser - Frühwarnsystem. Abschlussbericht des Ingenieurbüros für Verfahrenstechnik Dr. Born - Dr. Ermel GmbH.
- [3] Gertlin, S. (1998): Eignung des Dynamischen Daphnientests zur Emissionskontrolle. Praktikumsbericht.
- [4] Institut für Umweltchemie Bremen (1999): Dynamischer Daphnientest in der Eisen- und Stahlindustrie zur Überwachung der Abwassertoxizität. Abschlussbericht.
- [5] Putzger, J. & V. Gerhardt (1998): Regensburger Leuchtbakterientest, ein Online-Biotestverfahren zur Überwachung von Oberflächengewässern: Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes im Rahmen des Umweltforschungsplanes des BMU, UBA-FB 99-076, 72 Seiten mit 36 Seiten Anhang.
- [6] bkh (1993): (Bongaerts, Kuyper and Hiusward): Demonstration of biological early warning systems for protection of the environment from toxic industrial waste water discharges. Commission of the European Communities, Contract No. ACE 89/NL 7/D 20, Abschlussbericht, Delft, 1993.
- [7] Matthias, H.-D., W. Wille (1993): Abwasser-Frühwarnsystem – Pilotprojekt des Landes Niedersachsen. Korrespondenz Abwasser 10 (40), S. 1594-1603.
- [8] Umweltbundesamt (1995): Kontinuierliche Biotestverfahren zur Überwachung des Rheins, UBA-Berichte 1/95.
- [9] Dritte Verordnung zur Änderung der Abwasserverordnung, Bundesgesetzblatt vom 31.5.2000, Jahrgang 2000, Teil 1, Nr. 24

## ANHANG

### Erläuterung der allgemeinen Bewertungskriterien (Matrix 1)

#### **I Plausibilität der Messdaten**

Mittels Plausibilitätsprüfungen sollen Fehlalarme, die durch technische oder andere nicht eindeutige Fehlerquellen hervorgerufen werden, ausgeschlossen werden. Die Geräte sollten intern eine Überprüfung ihrer Messdaten auf technische Fehlerquellen durchführen können (Auto-Control). Der Betreiber des Biotests sollte am Gerät selbst technische Störungen feststellen können. Eine Überprüfung der Alarmwerte auf Plausibilität muss anhand der für die Berechnung des Wertes relevanten Daten möglich sein.

- A Ist eine geräteinterne Störungsmeldung (Auto-Control) vorhanden?  
 B Hat der Gerätebetreiber die Möglichkeit, im Alarmfall alle für die Bildung des Alarmwertes relevanten Parameter zu überprüfen?

<u>Ja/Nein - Entscheidung</u>	<u>Wertungspunkte</u>
Ja (A und B)	4
Ja (nur B)	3
Ja (nur A)	2
Nein (weder A noch B)	1

Wegen der besonderen Bedeutung der Qualitätssicherung der Ergebnisse wird dieser Parameter hoch gewichtet (Faktor 5).

#### **II Testorganismen**

Die für ein bestimmtes Testsystem vorgegebenen Testorganismen sollten bezüglich ihres Einsatzes in der Gewässerüberwachung einige praxisrelevante Anforderungen erfüllen (*kursiv*: ergänzendes Kriterium für Abwasserüberwachung):

- *Überlebensfähigkeit der Organismen im Abwasser (II a)*
- Platz- und Zeitbedarf für die Anzucht und Hälterung der Testorganismen (II b)
- Standardisierbarkeit der Anzucht (II b)
- Ganzjährige, konstante Verfügbarkeit von Testorganismen (II c)

Anhand der Anzahl der *Ja/Nein* - Entscheidungen erfolgt eine Bewertung von 1 bis 4.

- geringer Platzbedarf?  
*Ja:* es sind keine zusätzlichen (Labor-) Räume in einer Messstation für die Hälterung und Zucht der Organismen nötig;  
*Nein:* Für die Anzucht und Hälterung der Testorganismen werden zusätzliche Räume in einer Messstation benötigt;
- geringer Zeitbedarf für die Anzucht und Hälterung der Testorganismen?  
*Ja:* bis 1 Stunde pro Woche  
*Nein:* mehr als 1 Stunde pro Woche

- Standardisierbarkeit der Anzucht? *Ja/Nein*  
Es ist nicht entscheidend, dass bereits Vorschriften zur einheitlichen Zucht, z. B. nach DIN existieren. Vielmehr muss es möglich sein, Anleitungen für eine standardisierbare Anzucht und Hälterung den Betreibern zu liefern.
- Ganzjährige, konstante Verfügbarkeit von Testorganismen? *Ja/Nein*

Anzahl <i>Ja</i>	4	3	2	1
Wertungspunkte	4	3	2	1

Der möglichst wenig aufwändige Umgang mit den Testorganismen ist ein relativ hoch zu gewichtendes Kriterium (Faktor 4) für die Bewertung der Einsatzmöglichkeiten in der Emissionsüberwachung.

### III Störanfälligkeit

Die Störanfälligkeit eines Biotests wird nach der Häufigkeit der auftretenden Störungen durch technischer Defekte, auch aufgrund von Software-Problemen, Verstopfen von Pumpen und Schläuchen u.ä. beurteilt.

Techn. Störungen/Monat	1 - 2	3 - 4	5 - 6	≥ 7
Wertungspunkte	4	3	2	1

Der Einsatz von kontinuierlichen Biotestverfahren in der Emissionsüberwachung ist nur sinnvoll, wenn die Geräte so störungsarm wie möglich laufen. Die Störanfälligkeit ist deshalb ein besonders hoch zu wichtiges Kriterium (Faktor 5).

### IV EDV-Ausstattung

Zur EDV-Mindestausstattung gehört:

- Vorhandensein einer Schnittstelle für die Datenaufzeichnung und einer seriellen Schnittstelle für die Datenübertragung auf einen Stationsrechner (essentiell);
- Vorhandensein einer (dynamischen) Alarmwerterkennung des Gerätes selbst (essentiell);
- Möglichkeit der Datenübertragung im einheitlichen Datenformat (ASCII) auf einen Stationsrechner;
- Bedienerfreundlichkeit der Software (d. h. ist nach einer eintägigen Schulung die Software zu bedienen?);

Anhand der Anzahl der *Ja/Nein* - Entscheidungen erfolgt eine Bewertung von 1 bis 4.

Anzahl <i>Ja</i>	4	3	2	1
Wertungspunkte	4	3	2	1

Modernste EDV-Ausstattung ist hinsichtlich der Bedienerfreundlichkeit, der Transparenz der Ergebnisse und vor allem der Möglichkeit, Biotestergebnisse in unmittelbares Handeln umzusetzen, ein relativ hoch zu wichtiges Kriterium (Faktor 4).

## V Wartungsbedarf

Der Wartungsbedarf eines Testgerätes umfasst sämtliche anfallenden Arbeiten. Dazu gehören sowohl Vorarbeiten (Hälterung und Anzucht von Testorganismen, Herstellen und Autoklavieren von Nährmedien, Reinigung von Hälterungsbecken usw.) als auch die direkt beim Betrieb der Testgeräte anfallenden routinemäßigen Wartungsarbeiten (Reinigung der Geräte, Erneuerung und Reinigung der Schläuche, Austausch und Reinigung von Messkammern, Elektroden usw., Austausch der Testorganismen, Erneuerung der Test- und Kulturmedien). Außerdem wird der Aufwand für die in unterschiedlichen Zeitabständen anfallende Reinigung und Wartung der Gesamtanlage berücksichtigt.

Wartungsstunden/Woche	< 3	3 – 5,5	5,5 - 8	> 8
Wertungspunkte	4	3	2	1

Der Wartungsbedarf ist nicht nur wegen der Kosten, sondern auch wegen der durch die Wartung bedingten Ausfallzeiten ein hoch zu wichtiges Kriterium (Faktor 5).

## VI Standzeit

Die Standzeit ist die Zeitspanne, in der die Messgeräte ohne Wartungsarbeiten (Reinigung oder Austausch der Testorganismen) störungsfrei funktionieren. Für die im „WIR“-Forschungsvorhaben [1, 8] getesteten, kontinuierlich arbeitenden Biotestgeräte wurde grundsätzlich eine mittlere Standzeit von 7 Tagen gefordert. Dies erscheint für die Emissionsüberwachung nicht so dringend erforderlich, weil große Abwasserbehandlungsanlagen i. d. R. mit Personal besetzt sind. Die Gewichtung dieses Parameters ist somit gering (Faktor 2). Außerdem wurden aufgrund der Erfahrungen nicht nur 2 Klassen (wie bei „WIR“), sondern 4 Wertungspunktstufen gebildet.

Standzeit in Tagen	>> 14	8 – 14	$\cong$ 7	<< 7
Wertungspunkte	4	3	2	1

## VII Platzbedarf

Der Platzbedarf eines Testgerätes umfasst den für die Installation eines Biotestgerätes einschließlich der Computereinheit, sämtlichen Behältern für die Nährmedien, Fermentern u.ä. benötigten Raum.

Platzbedarf [m <sup>2</sup> ]	$\leq$ 1 (Tischgeräte)	1,2 - 2	2,1 - 3	> 3
Wertungspunkte	4	3	2	1

Zusatzklasse: Höhe > 2 m (= 1 Wertungspunkt)

Da der Einsatz von kontinuierlichen Biotestverfahren in der Emissionsüberwachung nicht zwangsläufig an vorhandene Messstationen gebunden ist, wird der Parameter nur gering gewichtet (Faktor 2).

### VIII Materialeinsatz

Bei diesem Aspekt geht es um die Frage des für die Konstruktion eines Biotestgerätes verwendeten Materials. Unterschieden wird zwischen chemisch inerten und nicht inerten Materialien. Generell wird chemisch inertes Material an allen Stellen des Biotestgerätes gefordert, die mit dem Testmedium in Berührung kommen sofern ein Einfluss auf die Testergebnisse nicht auszuschließen ist (Testkammern, zuführende Schläuche, Messzellen usw.).

Werden an allen Kontaktstellen mit dem Testmedium (z. B. Testraum, Messzellen, zuführende Schläuche etc.) inerte Materialien eingesetzt? Wie groß ist das Verhältnis Oberfläche zu Volumen an den Kontaktstellen?

<u>Materialien</u>	<u>Wertungspunkte</u>
ausschließlich inerte M.	4
vorwiegend inerte M. bei kleinem Oberflächen/Volumenverhältnis	3
vorwiegend inerte M. bei großem Oberflächen/Volumenverhältnis	2
ausschließlich nicht inerte M.	1

Die Gewichtung für dieses Kriterium wird auf den Faktor 4 gesetzt, da bei der Emissionsüberwachung mit höheren Schadstoffkonzentrationen gerechnet werden muss.

### IX Refraktärzeit

Die Refraktärzeit ist die Zeit, die bis zur erneuten Inbetriebnahme und Alarmbereitschaft nach irreversibler Schädigung der Testorganismen notwendig ist. Gegenüber „WIR“ (2 Klassen) wurde die Bewertung auf 4 Stufen erweitert. Die Gewichtung ist relativ gering (Faktor 2).

Refraktärzeit in Stunden	≤ 1	1 – 6	6 -24	> 24
Wertungspunkte	4	3	2	1

### X Betriebsfreundlichkeit

Die Betriebsfreundlichkeit eines Testgerätes ist ein Begriff, der die folgenden Teilaspekte umfasst:

- verständliches Handbuch vorhanden;
- Angebot einer Schulung;
- Liste mit möglichen Fehlermeldungen, Alarmerkennungen anhand charakteristischer Kurvenverläufe;
- genaue Kennzeichnung aller zu- und abführenden Schläuche;
- genaue Kennzeichnung wichtiger Funktionen und Ableseparameter am Gerät;
- Kalibriermöglichkeiten soweit gerätebedingt notwendig;
- Betreuung durch den Vertreter des Biotestgerätes, Wartungsservice;
- leichter, schneller Austausch einzelner Verschleißteile;

Anhand der Anzahl der *Ja/Nein* - Entscheidungen erfolgt eine Bewertung von 1 bis 4.

Anzahl Ja	7 - 8	5 - 6	3 - 4	1 - 2
Wertungspunkte	4	3	2	1

Da bei ansonsten sinnvollem Einsatz in der Emissionsüberwachung ein Messgerät nicht allein wegen Defiziten in der Betriebsfreundlichkeit abgelehnt werden sollte, wird der Parameter gering gewichtet (Faktor 2).

### **Sensitivität der Testsysteme und Abwassertests**

Die Sensitivität der Testsysteme wird beschrieben durch die Schadstoffkonzentration, die bei einem Testsystem innerhalb einer testspezifischen Einwirkzeit eine bestimmte Wirkung hervorruft. Sie wird anhand der Schwellen- oder der LOEC-Werte bestimmt, die mit ausgewählten Referenzchemikalien ermittelt wurden. Als Abwassertests werden die während des Projektes „WIR“ im Container mit teilgeklärtem Abwasser durchgeführten Testläufe bezeichnet. Nähere Einzelheiten können dem Bericht UBA 1/95 entnommen werden [8].

Die Ergebnisse gingen nicht in die vorliegende Auswertung ein, weil zu solchen speziellen Fragestellungen nur für zu wenige Geräte Daten und Vergleichsuntersuchungen vorliegen.