

*Aus der Bundesanstalt für Wassergüte, Wien-Kaisermühlen*

**BEWERTUNG DER ERGEBNISSE ÖKOTOXIKOLOGISCHER UNTERSUCHUNGEN  
VON EMISSIONEN UND IMMISSIONEN**

W. RODINGER

Oftmals werden umfangreiche Untersuchungen jeglicher Art und zu den unterschiedlichsten Themen gefordert um Informationsmankos auszugleichen. Entsprechende Analysen werden dann auch mit großem Impetus und genau überprüfter Methodik durchgeführt. Bei der Interpretation der gewonnenen Ergebnisse allerdings kommt es aber immer wieder zu Mißstimmigkeiten, weil sich die Bewertungen der erhaltenen Resultate an unterschiedlichen Gesichtspunkten orientieren und Folgerungen daher selten für alle betroffenen Seiten befriedigend sind.

Auf die Thematik dieser Fachtagung und nunmehr speziell auf die aquatische Ökotoxikologie bezogen, soll im folgenden die angesprochene Problematik der Bewertung von Ergebnissen im Zusammenhang mit Gewässern aufgezeigt werden.

Dabei werden zunächst einmal alle möglichen Arten von untersuchbaren (Test)-Wässern vorgestellt und die erforderlichen biologischen Untersuchungsverfahren gruppenweise aufgezählt. Danach folgen einige Ausführungen bezüglich der Komplexität ökotoxikologischer Wirkungen auf einzelne Organisationsebenen des biologischen Gefüges und eine Definition wichtiger Begriffe der Ökotoxikologie. Die gängigsten Bewertungen von ökotoxikologischen Daten, er-

halten von Substanz-, Abwasser- und Oberflächenwasseruntersuchungen, werden chronologisch gereiht und besprochen, wobei allerdings kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird. Ausgehend von konkreten Beispielen werden diese Bewertungsmöglichkeiten einander gegenübergestellt.

Als Testobjekte (Testwässer) gelten dabei

- Substanzen, Gewässerfremdstoffe
- Abwässer (kommunale und industrielle Abwässer, wie z.B. Galvanik-, Lebensmittel-, Papier- und Zellstoff-, chemische Fabriken-Abwässer, etc.)
- Grundwasser und Eluate des Bodens unterhalb von Altlasten oder von Deponien
- Oberflächengewässer

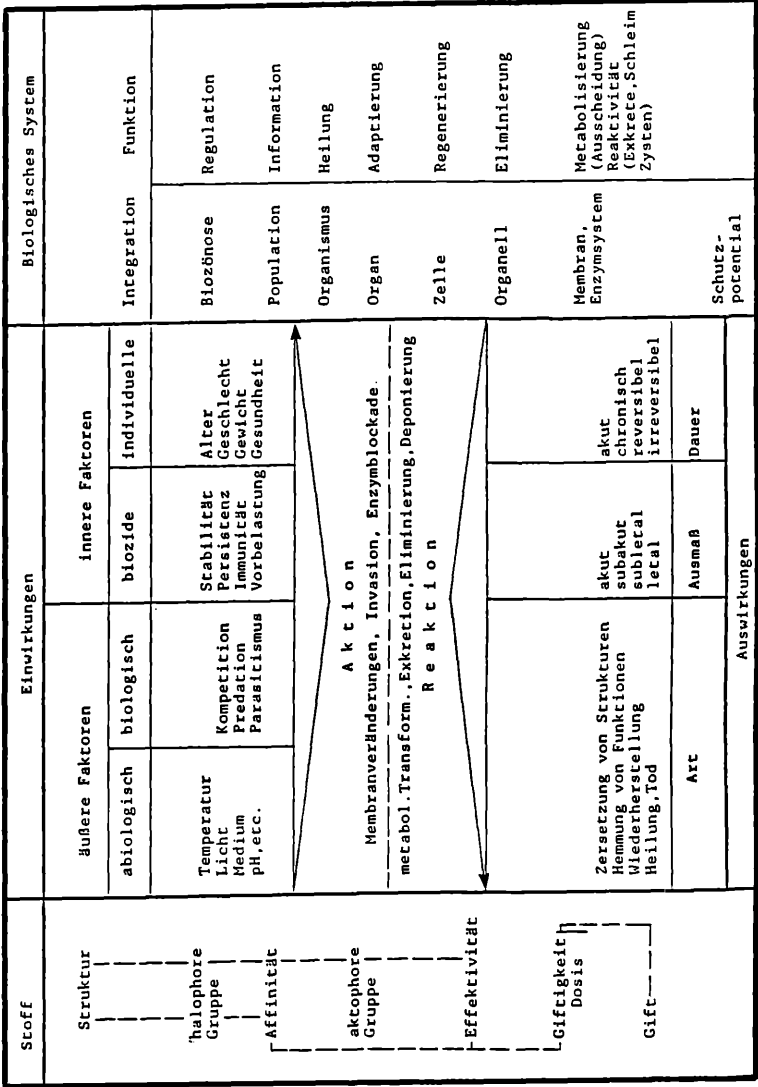
Für die Untersuchung der Oberflächengewässer sind besonders im Störfall nachstehend angeführte Untersuchungen vorzunehmen:

Beeinträchtigungen aquatischer Ökosysteme

- Herkömmliche Gewässergüteuntersuchung
- Biologische Labortestverfahren
  - Ökologische Tests  
Feststellung von Wirkungen im nicht schädigenden Bereich (z.B. Eutrophierungstests)
  - Toxikologische Tests (Öko-/Säugetiertoxizitätstests)  
Feststellung der schädigend wirkenden Konzentration/Dosis (z.B. Fishtests etc.)
  - Genetische Tests  
Feststellung mutagener, teratogener und cancerogener Eigenschaften (z.B. Ames-Test)

Im nachstehenden Schema werden ökotoxikologische Wirkungen dargestellt und ihre Komplexität aufgezeigt.

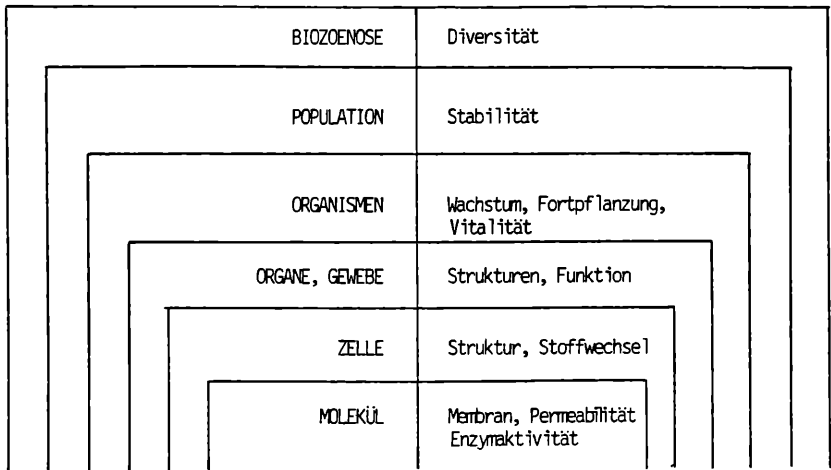
Abb. 1: Ökotoxikologischer Wirkungskomplex (nach NUSCH, 1989; vereinfacht)



Etwas vereinfacht gibt auch das Schema nach GRÜNBERG (1988) die Funktion und die Darstellung der einzelnen biologischen Integrationsebenen wieder.

Untersuchungen von Schädwirkungen durch Substanzen sind zumindest auf Organismenebene zu beginnen und bis in den subzellulären und molekularen Bereich weiterzuführen. Bei Abwässern, die aufgrund ihrer wechselnden Zusammensetzung chemisch nicht eindeutig definierbar sind, sind Analysen der Auswirkungen auf Organ- bzw. Gewebe-Ebene, aber auch auf Populations- und Biozönoseniveau durchzuführen.

**Abb. 2:** Schadstoffeffekte auf einzelnen Organisationsebenen (n. GRÜNBERG)



Einzelne Testspezies reagieren auf bestimmte Testwassertypen in charakteristischer Weise empfindlicher als andere. Es gibt aber auch Testwassertypen, die Wirkungen vergleichbarer Intensität auf alle untersuchten Organismenarten besitzen.

Grundsätzlich sind daher Tests mit Organismen aller trophischer Niveaus durchzuführen:

Konsumenten (Fische, Kleinkrebse)

Produzenten (Cyanobakterien, Grünalgen, höhere Wasserpflanzen)

Destruenten (Bakterien)

Einleiterspezifisch können dann Einzeltests abgestimmt werden, wobei aber stets Untersuchungen mit mindestens zwei Organismenarten durchzuführen sind.

Zur näheren Erklärung der bei der Substanz-, Abwasser- und Gewässerbewertung immer wieder verwendeten Termini technici soll nunmehr eine Definition der gängigsten Begriffe vorgeschickt werden.

Abb. 3.:

## BEGRIFFE

- EC: Effective Concentration; bei Ökotoxizitätstests mit aquatischen Organismen verwendet, die Organismen werden im Testwasser ganzheitlich exponiert.
- EC 0: Höchste beobachtete Konzentration des Testwassers, bei der keine negative Reaktion (im Sinne des Testkriteriums) im Vergleich zur Kontrollprobe auftritt (empirisch).
- EC 100: Niederste beobachtete Konzentration des Testwassers, bei der eine 100%ige Reaktion im Vergleich zur Kontrollprobe festgestellt wird (empirisch).
- EC 50(10,90): Auf graphischem oder rechnerischem Weg erfaßte Konzentration des Testwassers, bei der 50(10,90)% der Organismen im Sinne des Testkriteriums reagieren (statistisch).
- LC, IC: Lethal Concentration, Inhibition Concentration; definieren die EC (Effective Concentration) näher.
- ED, LD: Effective Dose, Lethal Dose; bei Säugetiertests verwendet, wenn die Testsubstanz, Abwasser etc. appliziert wird.
- $G_{F,D,A,B}$ : Verdünnungsstufe (Verdünnungsfaktor); Mischung von Abwasser mit Verdünnungswasser in ganzzahligen Volumenverhältnissen.  
Z.B. Wird eine Abwasserprobe (einfaches Volumen) mit vierfachem Volumen an Verdünnungswasser auf insgesamt das fünffache Volumen verdünnt, so ist die Verdünnungsstufe  $G=5$   
F (Fische), D (Daphnia), A (Algen, Grünalgen)  
B (Bakterien)
- NOEC: Höchste Konzentration oder Verdünnungsstufe, bei der kein Schadeffekt am Testorganismus beobachtet werden konnte.
- LOEC: Niederste Konzentration oder Verdünnungsstufe, bei der ein Schadeffekt am Testorganismus beobachtet werden konnte.
- MATC: Maximum acceptable toxicant concentration.
- BWZ: Bewertungszahl für wassergefährdende Stoffe in - [lg kg/l]
- WGZ: Wassergefährdungszahl
- WGK: Wassergefährdungsklasse 0,1,2,3

**FISCHTEST: ÖNORM M 6263 Teil 2**

*Salmo gairdneri* R., Regenbogenforelle, kann im Gegensatz zum ISO-Testfisch Zebraabräbling und zum DIN-Testfisch Goldorfe in allen österreichischen Gewässern leben. Tests mit diesen Tieren gelten daher im heimischen Bereich als besonders praxisnahe. Obwohl als Testkriterium lediglich die Mortalität zählt, geben doch die im jeweiligen Versuchsbetrieb etwaig beschriebenen aufgetretenen Verhaltensstörungen wertvolle Hinweise auf subletale Schädigungen und eine (akut)NOEC.

**DAPHNIENTEST: ÖNORM M 6264**

*Daphnia magna* S. wird wohl vielfach als Testorganismus abgelehnt, weil er für Aussagen direkt oder indirekt Süßgewässer betreffend als Bewohner stehender Gewässer als irrelevant betrachtet wird. Dem entgegenzuhalten ist, daß wohl kein anderer Primärkonsument bezüglich seiner Autökologie kaum so gut erforscht, kaum so weltweit als Testorganismus verbreitet und daher in seinen Reaktionen an verschiedenen Punkten unseres Planeten so verfügbar und kaum als definierter Teststamm so leicht erhältlich, züchtbar und hälterbar ist wie dieser Krebs. Das Testkriterium "Hemmung der Schwimmfähigkeit" gestattet bereits nach 24 Stunden Aussagen zur akuten Toxizität.

**ALGENTEST: OECD Guidline for Testing Chemicals, No. 201  
Alga-Growth Inhibition-Test**

*Selenastrum capricornutum* P. ist einer der beiden Grünalgenarten, die in ISO 8692 als Testorganismus genannt werden. 72h-Tests mit dieser Art der Produzentengruppe gestatten bereits Aussagen über die chronische Toxizität, da Einwirkungen über vier Generationen hinweg geprüft werden.

**BAKTERIENTEST: DIN 38412 Teil 8 und Teil 34**

*Pseudomonas putida* ist ein Bewohner fließender und stehender Gewässer und eignet sich daher besonders für Toxizitätstests. Ähnlich wie bei den Grünalgen gestatten Tests mit diesen Bakterien auch Aussagen über die chronische Toxizität, da auch hier Einwirkungen über mehrere Generationen hinweg überprüft werden.

*Photobacterium fluorescens* ist zwar ein Bewohner mariner Gewässer, sein Leuchtvermögen und dessen Beeinträchtigung infolge Gifteinwirkung stellt jedoch ein Kriterium dar, welches binnen weniger Minuten Aussagen zur Bakterientoxizität gestattet. Der gegenständliche Test ist vor allem für Screening Tests hervorragend geeignet.

Der Übersichtlichkeit halber werden nun im folgenden die Bewertungsmodi, getrennt nach Substanzen, Abwässern und Oberflächengewässern, angeführt und in chronologischer Reihenfolge besprochen.

## 1. SUBSTANZBEWERTUNG

- 1.1. 1954 Sicherheitskonzentration, TURNBULL et al.
- 1.2. 1955 Bewertung des Aquatic Live Advisory Committee
- 1.3. 1951,1960 Toxizitätsgrenze nach DAUGHERTY in LIEB-MANN
- 1.4. 1975-1982 Einschätzung eines Wasserschadstoffes, Autorenkollektiv
- 1.5. Wasserschadstoffkatalog der DDR
- 1.6. 1979 Bewertung wassergefährdender Stoffe  
1985 Katalog wassergefährdender Stoffe (§ 19g WHG der BRD)
- 1.7. 1988 Einschätzung einer Substanz als "toxisch gegenüber aquatischen Organismen" CEFIC
- 1.8. 1989 BLAKQZ - Konzeptvorschläge für 20 Qualitätsziele in Oberflächengewässern; Bewertung der Umweltgefährlichkeit von Einzelstoffen anhand von Labor- und Freilanduntersuchungen

### 1.1. Sicherheitskonzentration (n. TURNBULL et al., 1954)

Ursprünglich wurde die im Fischttest untersuchte "24h TLm bzw. 48h TLm" (mittlere Erträglichkeitsgrenze bei 24- bzw. 48stündiger Versuchsdauer) für die Bewertung herangezogen. Diese Begriffe können mit der "24h LC 0 bzw. 48h LC 0" gleichgesetzt werden. Daraus wird methodengemäß die



$$\text{Sicherheitskonzentration} = \frac{48\text{h LC } 0 \quad 0,3}{(24\text{h LC } 0 / 48\text{h LC } 0)^2}$$

errechnet.

Z.B. 24h LC 0:150 mg/l  
48h LC 0:100 mg/l

$$\text{Sicherheitskonzentration} = \frac{100 \quad 0,3}{(150/100)^2} = 13,3 \text{ mg/l}$$

1.2. Das Aquatic Life Advisory Committee (1955) errechnet mit der 48h LC 0 0,1 jene Konzentration, die keine schädigende Wirkung auf die Wasserlebewelt hat.

Z.B. 48h LC 0:100 mg/l  
100 0,1 = 10 mg/l (Sicherheitskonzentration)

1.3. Toxizitätsskala in LIEBMANN, 1960, nach DAUGHERTY, 1951

Die Toxizitätsgrenze (NOEC, EC 0, LC 0) ist hier das Bewertungskriterium. Den Analyseergebnissen wird dabei folgende verbale Bezeichnung zugeordnet:

| <u>Konzentration</u> |      | <u>Bezeichnung</u> |
|----------------------|------|--------------------|
| <1                   | mg/l | hoch giftig        |
| 1                    | 10 " | stark giftig       |
| 10                   | 100  | mäßig giftig       |
| 100                  | 1000 | schwach giftig     |
| >1                   | g/l  | kaum giftig        |

#### 1.4. Einschätzung eines Wasserschadstoffes nach einem Autorenkollektiv (1975, 1981, 1982)

Bei dieser Beurteilungsmethode wird die Schwellenkonzentration (LOEC, ~ EC 10, ~ LC 10) gewertet, wobei im übrigen die LIEBMANNsche Einteilung nur schwach modifiziert wurde.

| <u>Schwellenkonzentration</u> | <u>Gruppe</u> | <u>Grad der Toxizität</u> |
|-------------------------------|---------------|---------------------------|
| <1                            | E             | hoch giftig               |
| 1                             | D             | stark giftig              |
| 9                             | C             | mäßig giftig              |
| 10                            | B             | schwach giftig            |
| 99                            | A             | kaum giftig               |
| 100 - 500                     |               |                           |
| >500                          |               |                           |

1.5. Der Wasserschadstoff-Katalog der DDR wurde zur Kennzeichnung der unmittelbaren bzw. mittelbaren Umweltgefährdung erstellt, wobei der Begriff "Wasserschadstoff" wie folgt definiert wird:

Wasserschadstoffe sind Substanzen, die bereits in geringen Konzentrationen

1. auf Warmblüter oder Wasserorganismen toxisch wirken, oder
2. die Selbstreinigung stören, bzw. ihr nicht zugänglich sind, oder
3. die Nutzung des Wassers beeinträchtigen.

Jeder Wasserschadstoff wird durch Eintragungen zu folgenden vierzehn Punkten umfassend charakterisiert:

Chemische Bezeichnung bzw. Name des Handelsproduktes

Stoffgruppenzuordnung

Strukturformel bzw. Charakterisierung der Handelsprodukte

Vorkommen der Substanz in wichtigen DDR-Handelsprodukten

Löslichkeit im Wasser

Aggregatzustand, Aussehen, organoleptische Eigenschaften

Abbaumechanismen und Eliminierungsmöglichkeiten

- \* Biochemische Abbaubarkeit, 4 Gruppen: A,B,C,D
- \* Chemische Oxidierbarkeit, 4 Gruppen: A,B,C,D
- \* Adsorbierbarkeit, 5 Gruppen: A,B,C,D,E
- \* Flockung, 3 Gruppen: A,B,C

Warmblütertoxizität

- \* Akute Toxizität, LD 50, Einschätzung nach dem modifizierten HODGE-STERNER-Schema:

| Gruppe | Konzentration<br>mg/kg | Grad der Toxizität |
|--------|------------------------|--------------------|
| A      | > 5000                 | wenig giftig       |
| B      | 500 - 5000             | schwach giftig     |
| C      | 50 499                 | mäßig giftig       |
| D      | 1 49                   | hoch giftig        |
| E      | < 1                    | extrem giftig      |

(Die jeweilige Testorganismenart ist zu nennen.)

- \* Semichronische oder chronische Toxizität (no-effect-level oder non-toxic-effect-level)
- \* Kanzerogene Wirkung

Hygienische und andere Grenz- bzw. Richtwerte

Toxizität für Wasserorganismen

- \* Schwellenkonzentrationen

| Gruppe | Konzentration<br>mg/l | Grad der Toxizität |
|--------|-----------------------|--------------------|
| A      | < 500                 | kaum giftig        |
| B      | 100 500               | schwach giftig     |
| C      | 10 99                 | mäßig giftig       |
| D      | 1 9                   | stark giftig       |
| E      | < 1                   | hoch giftig        |

- \* LC 50 (Testorganismus nicht näher genannt) + EC 50 Algen (Vermehrungshemmung, Testorganismus nicht näher genannt)
- \* Empfehlungen höchstzulässiger Konzentrationen für Vorfluter-Biozönose der Güteklasse II

#### Analytische Hinweise

Besondere Bemerkungen (weitere wichtige physische Eigenschaften)

Allgemeine Einschätzung in Kategorien, wobei mindestens eines der genannten Kriterien zutrifft

- \* Kategorie I: Sehr gefährlicher Wasserschadstoff  
Akute orale Toxizität, Gruppen E,D  
Vorhandene oder vermutete kanzerogene Wirkung  
Schwellenkonzentration bei Wasserorganismen, Gruppe E
- \* Kategorie II: Gefährlicher Wasserschadstoff  
Biochemische Abbaubarkeit, Gruppe C  
Akute orale Toxizität Gruppe C  
Schwellenkonzentration bei Wasserorganismen, Gruppen D,C
- \* Kategorie III: Wenig gefährlicher Wasserschadstoff  
Biochemische Abbaubarkeit der Gruppen D,B,A  
Akute orale Toxizität, Gruppen B,A  
Schwellenkonzentration bei Wasserorganismen, Gruppen B,A

#### Quellennachweis

1.6. Die Bewertung wassergefährdender Stoffe (1979) und der Katalog wassergefährdender Stoffe (1985) (§ 19g WHG der BRD) stellen ein Bewertungsschema dar, das einer ökotoxikologischen Fragestellung erstmals gerecht wird, weil hier unterschiedliche trophische Niveaus angesprochen werden und nicht nur Fische, wie in den Jahren zuvor. Dieses Bewertungssystem wurde wohl entwickelt, um Gefährdungspotentiale bei der Handhabung und Lagerung von Substanzen abzuschätzen, es hat aber durchaus einen berechtigten

Stellenwert für die Bewertung der Umweltrelevanz in Form von Wassergefährdungsklassen. Neben Fischen werden obligatorisch auch Bakterien und Säuger, fakultativ auch Daphnien und Algen als biologische Testsysteme herangezogen. Das biologische Abbauverhalten wurde bereits 1979 im Bewertungsschema für wassergefährdende Stoffe als Basiskriterium genannt. Im Katalog wassergefährdender Stoffe von 1980 bleibt es aber noch weitgehend unberücksichtigt. Seit 1985 wird es als Bonus oder Malus in die Bewertung einbezogen. Die Bewertung beruht primär jedoch weiterhin auf der rechnerischen Mittelung von Bewertungszahlen. Die endgültige Bewertung erfolgt nach dem in Abb. 4 dargestellten Bewertungsmuster gemäß Abschlußbericht des Bayer. Landesamtes für Wasser-wirtschaft (1989):

**Abb. 4:** Bewertungsmuster zur Stoffeinstufung in Wassergefährdungsklassen im Sinne von § 19 Wasserhaushaltsgesetz der BRD (1987)

**1. VORPRÜFUNG**

|               |                       |                  |              |
|---------------|-----------------------|------------------|--------------|
| obligatorisch | a) Fischtoxizität     | LC <sub>50</sub> | (mg/l)       |
|               | b) Bakterientoxizität | EC <sub>10</sub> | (mg/l)       |
|               | c) Säugetiertoxizität | LD <sub>50</sub> | Ratte mg/kg) |

**2. NACHPRÜFUNG**

Checkliste von Ergänzungskriterien

|               |                             |                          |
|---------------|-----------------------------|--------------------------|
| obligatorisch | d) Toxizitätsvergleich      | zunächst Vergleich a-b-c |
|               | e) Biologische Abbaubarkeit |                          |

|   |    |                         |  |
|---|----|-------------------------|--|
| fakultativ je nach Stoffart und Datene-lage | f) | Daphnientoxizität       | EC <sub>50</sub> (mg/l)  |
|   |    | Algentoxizität          | EC <sub>10</sub> (mg/l)  |
|   | g) | Bioakkumulierbarkeit    | BCF, log Pow   |
|   | h) | Kanzerogenität          | z.B. MAK-Liste oder<br>US Nat.Tox.Progr.   |
|   |    | Mutagenität             |  |
|   |    | Teratogenität           |  |
|   | i) | Abiotische Abbaubarkeit | z.B. Hydrolyse, Photolyse, Oxidation, Reduktion, Neutralisation  |
|   | k) | Bodenmobilität          | z.B. phys.-chem. Eigensch. wie Wasserlöslichkeit, Koc, Rf, Viskosität, Dampfdruck                      |
|   | l) | Sonstiges               | z.B. Kontrollierbarkeit, Reparierbarkeit, kritische Metaboliten, Verunreinigung, relativ niedrige NOEC |

ad 1:

a,b)

$$BWZ_a \text{ bzw. } BWZ_b \quad -\lg LC_a \text{ bzw. } EC_b \text{ (ppm)}$$

c)

| $BWZ_c$           | 1     | 3         | 5       | 7   |
|-------------------|-------|-----------|---------|-----|
| $LD_{50}$ (mg/kg) | >2000 | >200-2000 | >25-200 | <25 |

$$WGZ \quad (BWZ_a + BWZ_b + BWZ_c) / 3$$

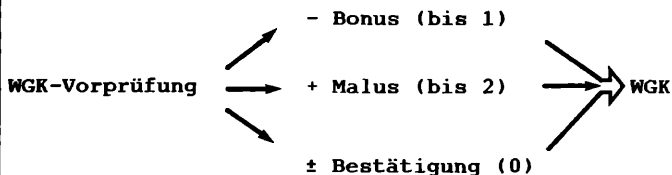
| WGZ            | 0-1,9 | 2-3,9 | 3-5,9 | >=6 |
|----------------|-------|-------|-------|-----|
| WGK-Vorprüfung | 0     | 1     | 2     | 3   |

ad 2:

| entlastend "positiv"(+) | belastend "negativ"(-)   |
|-------------------------|--|
| d)                      | z.B. herausr. aquat. Tox.<br>$BWZ_{a,b} - BWZ_c > 2$   |
| e)                      | leicht abbaubar<br>persistent oder schwer abbaubar   |
| f)                      | herausragende aquatische Toxizität im Vergleich zu WGK-Vorprüfung  |
| g)                      | z.B. BCF >100 oder<br>$\log Pow > 2,7$   |
| h)                      | z.B. bei Stoffen der MAK-Kategorie III A oder III B oder bei anderen relevanten Befunden                                   |
| i)                      | z.B. rasche Umwandlung zu indiff. Endprodukten<br>z.B. Bildung besonders gefährl. Umwandlungsprod.                         |
| k)                      | z.B. rasche Festlegung als indiff. Endprodukt<br>z.B. Grundwasserschäden bekannt bzw. wahrscheinl. PSM mit W-Kennzeichnung |
| l)                      | z.B. leichte Rückholbarkeit<br>z.B. keine angemessene Eliminierbarkeit oder<br>NOEC:EC <=1:100                             |

### 3. GESAMTBEWERTUNG

Die entlastenden "positiven" und belastenden "negativen" Ergänzungskriterien können von unterschiedlichem Gewicht sein. Erst ihre zusammenfassende Abwägung bzw. Bewertung führt zu einer Bonus- oder Malusvergabe oder zu einer Bestätigung der bei der Vorprüfung bzw. Anfangseinstufung ermittelten Wassergefährdungsklasse.



**WGK 0** im allg. nicht wassergefährdend

**WGK 1** schwach wassergefährdend

**WGK 2** wassergefährdend

**WGK 3** stark wassergefährdend



1.7. Die Einschätzung von Substanzen als toxisch gegenüber aquatischen Organismen wurde von der CEFIC (Europäischer Rat der Vereinigung der Chemischen Industrien), 1988, nachstehendem Schema gemäß vorgenommen:

Abb. 5:

| Klasse | Toxizitätsbereich<br>mg/l | Abbaubarkeit     | Bioakkumulierbarkeit |
|--------|---------------------------|------------------|----------------------|
| 1      | <0,1                      | untersucht       | nicht gegeben        |
| 2      | <1                        | nicht untersucht | nicht gegeben        |
| 3      | <10                       | nicht untersucht | gegeben              |

Toxizitätsbereich: 96h LC 50 bei Fischen oder 24h EC 50 bei Daphnien; der jeweils empfindlichere Organismus ist für die Bewertung ausschlaggebend.

Abbaubarkeit: Biologischer Abbaubarkeitstest oder anderer anerkannter Test, sofern die Information verfügbar ist.

Bioakkumulierbarkeit: Bioakkumulierbarkeit wird abgeschätzt anhand ( $\log K_{ow} > 3,5$ ), außer wenn Bioakkumulations-testdaten verfügbar sind (Akkumulationsfaktor  $> 1000$ ). Aus den Analysendaten und der Klassifizierung der Substanz wird folgende Risiko- und Sicherheitsabschätzung vorgenommen:

Risikoabschätzung:

Klasse 1 und 2: Substanz ist toxisch gegenüber aquatischen Organismen

Klasse 3: Substanz ist toxisch gegenüber aquatischen Organismen, wobei außerdem mit Nachwirkungen zu rechnen ist.

### Sicherheitsabschätzung:

Klasse 1 und 2: Verringerung der aquatischen Umweltbelastung

Klasse 3: Verringerung der aquatischen Umweltbelastung, Sondermülldeponierung.

1.8. BLAKOZ - Konzeptvorschläge für 20 Qualitätsziele in Oberflächengewässern. Bewertung der Umweltgefährlichkeit von Einzelstoffen anhand von Labor- und Freilanduntersuchungen (1989) stellen das derzeit modernste Bewertungsschema für Substanzen im Hinblick auf Immissionen dar.

Wenn Emissionsbegrenzungen nicht ausreichend sind um einen angestrebten Gewässergütezustand zu erreichen, müssen weitergehendere Forderungen nach dem Immissionsprinzip gestellt werden. Formuliert und umgesetzt werden diese Forderungen anhand von Qualitätszielen ("Orientierungswerte"), die ihrerseits durch Biotestverfahren (NOEC) mit einzelnen (Problem-)Substanzen ermittelt werden.

Die Überprüfung folgender Substanz-Auswirkungen ist notwendig, um die Umweltverträglichkeit festzustellen:

- Akute/chronische Toxizität (Mensch)
- Ökotoxizität
- Gentoxizität (cancerogen, mutagen, teratogen)
- Akkumulierbarkeit
- Abbaubarkeit
- Eutrophierung
- Komplexe Wirkungen

Die Umweltverträglichkeit stellt sich als Bewertung der akuten und subletalen Effekte, unter Einbeziehung von Unsicherheitsfaktoren, dar und ist folgendermaßen zu beurteilen:



**Abb. 6:****Beispiel: Substanzbewertung;**

Konzentrationsangaben in mg/l;  
Hemmungs(Mortalitäts)angaben in

**A. Testergebnisse**

| KonzFische |     | KonzDaphnia |     | KonzAlgen |     | KonzBakt. |    | DosisRatte | Abbau |        |
|------------|-----|-------------|-----|-----------|-----|-----------|----|------------|-------|--------|
| 1          | 0   | 1           | 0   | 0,01      | 0   | 1,1       | 15 | 190        | 50    | schwer |
| 1,5        | 0   | 1,7         | 0   | 0,03      | 0   | 2,3       | 35 |            |       |        |
| 1,7        | 40  | 2,5         | 10  | 0,1       | 20  | 4,6       | 55 |            |       |        |
| 1,9        | 60  | 3           | 15  | 0,3       | 23  | 9,1       | 75 |            |       |        |
| 2,1        | 70  | 5           | 55  | 1         | 57  |           |    |            |       |        |
| 2,5        | 100 | 10          | 100 | 3         | 100 |           |    |            |       |        |
| 3          | 100 | 15          | 100 | 10        | 100 |           |    |            |       |        |

**B. Testauswertung**

|                   | Fische | Daphnia | Algen | Bakt. | Ratte |
|-------------------|--------|---------|-------|-------|-------|
| EC 0/LC 0         | 1,5    | 1,7     | 0,03  | <1,1  |       |
| EC 50/LC 50/LD 50 | 1,8    | 4,8     | 0,9   | 3,9   | 190   |
| EC 100/LC 100     | 2,5    | 10      | 3     | >9,1  |       |

### C. Substanzbewertung

(1.1 und 1.2 wurden bereits beispielhaft erwähnt und finden hier aus Gründen mangelnder Aktualität keinen Eingang mehr.)

1.3.) DAUGHERTY/LIEBMANN (1951/1960)  
LC 0 : 1,5 mg/l.....stark giftig

1.4.) Autorenkollektiv (1975-1982)  
LOEC 1,7 mg/l.....stark giftig

1.5.) Wasserschadstoffkatalog der DDR  
Schwellenkonzentration Fisch, Daphnien 1,7 bzw. 2,5 mg/l..D  
LD 50 : 190 mg/l.....C  
.....Kategorie II

1.6.) Bewertung/Katalog wassergefährdender Stoffe (1979/1985)

|               |        |              |                        |
|---------------|--------|--------------|------------------------|
| BWZ-Säuger    | 5      | Abbautest    | Malus                  |
| BWZ-Fisch     | 5,8    | Daphnientest | indifferent            |
| BWZ-Bakterien | 6      | Algentest    | Malus                  |
| WGZ           | 5,6    |              |                        |
| WGK           | 2      | Malus        |                        |
| WGK           | 3..... |              | stark wassergefährdend |

1.7.) CEFIC  
Fischtoxizität > Daphnientoxizität, LC 50 1,8  
Abbaubarkeit schwer  
Bewertung.....Klasse 2

1.8.) BLAQZ  
NOEC-Algen.....: 0,03  
EC 0/LC 0 Daphnia/Fisch.....: 1,7 / 1,5  
Unsicherheitsfaktor 10 exp -2 0,3 - 17 µg/l  
Bewertung.....QZK 3

## 2. ABWASSERBEWERTUNG

- 2.1. 1981 "Richtlinien für die Begrenzung von Abwasseremissionen", Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien
- 2.2. 1983 Toxizitätsklassen nach G<sub>D</sub> (Daphnientoxizität), Landesamt für Wasser und Abfall, Nordrhein-Westfalen (KNIE)
- 2.3. 1986 Beurteilung von Abwässern durch die OECD
- 2.4. 1987 Gewässertoxikologischer Klassifizierungsmaßstab für Abwässer und Vorfluter, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (KREBS)
- 2.5. 1987 (Bundes)Gesetz (der BRD) über Abgaben für das Einleiten von Abwässern in Gewässer (Abwasserabgabengesetz-AbwAG).

2.1. Die Richtlinien für die Begrenzung von Abwasseremissionen (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1981) führen nur Parameter TOXIZITÄT an:

### Anforderungen an Einleitungen in ein Gewässer:

Das Abwasser soll bei 5facher Verdünnung auf Versuchsfische innerhalb von 24 Stunden nicht toxisch wirken. Zusätzliche Toxizitätstests können von Fall zu Fall in Betracht gezogen werden.

### Anforderungen an Einleitungen in eine öffentliche Kanalisation:

Abzuleitende Abwässer sollen derart beschaffen sein, daß weder die biologischen Vorgänge, insbesondere die Sauerstoffzehrung in biologischen Reinigungsanlagen gehemmt noch die Schlammqualität bzw. der Betrieb der Schlammbehandlungsanlagen nachteilig beeinflußt werden, noch eine Gefährdung durch Bildung von gesundheitsschädlichen Gasen auftritt.

2.2. Im (BRD) Bundesland Nordrhein-Westfalen wurde von KNIE (1983) folgendes Abwasserbewertungsschema entworfen, welches sich allerdings nur an Analyseergebnissen von Daphnientests orientiert:

Die Aufstellung von Toxizitätsklassen nach  $G_D$  Faktoren

|        |                    |
|--------|--------------------|
| $G_D$  |                    |
| 0      | nicht toxisch      |
| 0 - 2  | gering toxisch     |
| 2 - 6  | kritisch toxisch   |
| 6 - 12 | sehr stark toxisch |
| >12    | übermäßig toxisch  |

2.3. Die Beurteilung von Abwässern durch die OECD (1986) gibt einerseits mit der

$$2.3.1. \text{ C-NOTOX} = \frac{\text{Konzentration der Akuttoxizität}}{\text{A/C}}$$

(A/C Daten der Akuttoxizität/Daten der chron. Toxizität)  
Auskunft über den Berechnungsmodus für eine nicht mehr toxische Abwasserverdünnung und mit dem

$$2.3.2. \text{ C-RW} = \frac{\text{Wasserführung des Abwassers}}{\text{Wasserführg. d. Vorfluters + Wasserführg. d. Abw.}}$$

an, welchen Prozentsatz die Abwassermenge im Vorfluter besitzen darf. Es ist weiters zu beachten:

$$\text{C-NOTOX} > \text{C-RW!}$$

2.3.3. Außerdem werden Angaben zur gestuften Testanordnung zur Ausschaltung von Unsicherheitsfaktoren (Tiered Sequence) gemacht:

**Abb. 7:** Gestufte Testanordnung zur Ausschaltung von Unsicherheitsfaktoren (Tiered Sequence)

| Test | Tox.test | Organismenarten                    | Probenahme   | Unsicherheitsfaktor   |
|------|----------|------------------------------------|--|---|
| 1    | akut     | 2 (Fisch,<br>Wirbelloser)          | 12 / a   | 10-100 Abwasservar.<br>10 Empfindl.d. Arten<br>10 A / C -Verhältnis<br>-----<br>1000 - 10000 ges. |
| 2    | akut     | 2 (Fisch,<br>Wirbelloser)          | Probe-<br>nahme gem.<br>Herstellung<br>Abbehandlg<br>Retention | 1 Abwasservar.<br>10 Empfindl.d. Arten<br>10 A / C -Verhältnis<br>-----<br>100 ges.               |
| 3    | akut     | 5 (Fisch,<br>Wirbellose,<br>Algen) | Probe-<br>nahme gem.<br>Herstellung<br>Abbehandlg<br>Retention | 1 Abwasservar.<br>1 Empfindl.d. Arten<br>10 A / C -Verhältnis<br>-----<br>10 ges.                 |
| 4    | chron.   | 5 (Fisch,<br>Wirbellose,<br>Algen) | Probe-<br>nahme gem.<br>Herstellung<br>Abbehandlg<br>Retention | 1 Abwasservar.<br>1 Empfindl.d. Arten<br>1 A / C -Verhältnis<br>-----<br>1 ges.                   |



Die Richtigkeit dieser Aufstellung wird nicht angezweifelt, wohl aber die Durchführbarkeit der "Tiered Test Sequence" wegen ihrer hohen Kostenerfordernisse.

2.4. Der Gewässertoxikologische Klassifizierungsmaßstab für Abwässer und Vorfluter wird von der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, einer Veröffentlichung von KREBS, 1987, zufolge in Form des pT-Wertes angelegt.

Dabei werden Verdünnungsreihen in geometrischer Folge mit dem Faktor 2 angesetzt. Der pT-Wert ist der negative binäre Logarithmus des ersten nicht mehr toxischen Verdünnungsfaktors in der Verdünnungsreihe.

Z.B. werden Verdünnungen in der Größenordnung 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32 erstellt.

Keine toxische Wirkung mehr ergab sich in der Verdünnung 1:16, daher gilt als Grundlage für die Bewertung dieser Verdünnungsstufe 1:16  $1:2^4$   $2^{-4}$ .

Der pT-Wert (neg.Log zur Basis 2) ist hier somit 4. Mit derselben Ziffer ist auch die Toxizitätsklasse zu benennen.

Bei Tests mit mehreren Prüfsystemen bestimmt der empfindlichste Organismus die Toxizitätsklasse des Prüfgutes.

2.5. Das (Bundes)Gesetz (der BRD) über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz-AbwAG) stellt einen Bewertungsmaßstab dar, der in pekuniären Einheiten auszulegen ist. Beim nachstehenden kompletten Schema soll im Rahmen des Themas lediglich auf den Parameter 4 "Giftigkeit gegenüber Fischen" verwiesen werden.

Abb. 8:

(BUNDES)GESETZ (DER BRD) ÜBER ABGABEN FÜR DAS EINLEITEN VON ABWASSER IN GEWÄSSER (ABWASSERABGABENGESETZ - ABWAG)

| Nr. | Bewertete Schadstoffe und Schadstoffgruppen   | Einer Schadeinheit entsprechen jeweils folgende volle Maßeinheiten | Schwellenwerte und Konzentration und Jahresmenge     |
|-----|---|--|--|
| 1   | Oxidierbare Stoffe in chemischem Sauerstoffbedarf (CSB)                             | 50 Kilogramm Sauerstoff  | 20 Milligramm je Liter und 250 Kilogramm Jahresmenge |
| 2   | Organische Halogenverbindungen als adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX) | 2 Kilogramm Halogen, berechnet als organisch gebundenes Chlor      | 100 Mikrogramm je Liter und 10 Kilogramm Jahresmenge |
| 3   | Metalle und ihre Verbindungen:  |  | und  |
| 3.1 | Quecksilber   | 20 Gramm   | 1 Mikrogramm 100 Gramm                               |
| 3.2 | Cadmium   | 100 Gramm  | 5 Mikrogramm 500 Gramm                               |
| 3.3 | Chrom   | 500 Gramm  | 50 Mikrogramm 2,5 Kilogramm                          |
| 3.4 | Nickel  | 500 Gramm  | 50 Mikrogramm 2,5 Kilogramm                          |
| 3.5 | Blei  | 500 Gramm  | 50 Mikrogramm 2,5 Kilogramm                          |
| 3.6 | Kupfer  | 1 000 Gramm Metall   | 100 Mikrogramm je Liter 5 Kilogramm Jahresmenge      |
| 4   | Giftigkeit gegenüber Fischen  | 3 000 Kubikmeter Abwasser geteilt durch $G_f$                      | $G_f = 2$  |

$G_f$  ist der Verdünnungsfaktor, bei dem Abwasser im Fischtest nicht mehr giftig ist.

Abb. 9:

Beispiel: Abwasserbewertung;  
Angabe d. Verdünnungsfaktors  $G$ ,  
Hemmungs(Mortalitäts)angaben in %

A. Testergebnisse

| $G$ | Fische | $G$ | Daphnia | $G$ | Algen | $G$ | Bakterien |
|-----|--------|-----|---------|-----|-------|-----|-----------|
| 10  | 100    | 1   | 100     | 2   | 100   | 2   | 63        |
| 12  | 80     | 2   | 90      | 5   | 95    | 4   | 40        |
| 16  | 60     | 5   | 60      | 10  | 91    | 8   | 28        |
| 25  | 20     | 10  | 40      | 50  | 43    | 16  | 12        |
| 50  | 0      | 20  | 20      | 100 | 16    |     |           |
|     |        | 25  | 10      | 200 | 0     |     |           |
|     |        | 50  | 0       |     |       |     |           |

B. Testauswertung

|       |    |       |    |       |     |       |    |
|-------|----|-------|----|-------|-----|-------|----|
| $G_F$ | 50 | $G_D$ | 50 | $G_A$ | 100 | $G_B$ | 16 |
| pT    | 6  | pT    | 6  | pT    | 6   | pT    | 4  |

C. Abwasserbewertung1) Abwasseremissionsrichtlinien (1981)

Abwasser entspricht.....nicht  
der Anforderung des Parameters Toxizität der  
"Richtlinien für die Begrenzung von Abwasseremissionen"  
des BMLF (5fach verdünntes Abwasser darf nicht mehr  
toxisch wirken).

2)  $G_D$ -Faktoren n. KNIE (1983)

$G_D > 12$ .....übermäßig toxisch

3) Abwasserbewertung n. OECD (1986)

C-NOTOX =  $50 \cdot 20 / (50 + 50 + 32) \cdot 1/3/200$  .....227fach

4) Gewässertoxikologischer Klassifizierungsmaßstab nach KREBS (1987)

pT-Wert<sub>A</sub> = .....Toxizitätsklasse 6

5) Abwasserabgabengesetz der BRD

$G_F = 50$

Schwellenwert  $G_F$   $2 \cdot 3000 \text{ m}^3 / G_F = 2$ .....1500

$3000 / G_F = 50$ .....60

1500/60.....25 Schadeinheiten

1 Schadeinheit.....60 DM

25 Schadeinheiten

(nur für Toxizität)...1500 DM .....10.500 öS

Annahme:

Schwellenwert f. österr.  $G_F = 5$ ... $3000 / G_F = 5$ ..600

$3000 / G_F = 50$ ...60

600/60.....10 Schadeinheiten

1 Schadeinheit ..... 420 öS

10 Schadeinheiten (nur für Toxizität).....(4200 öS)

### 3. OBERFLÄCHENGEWÄSSER (VORFLUTER) BEWERTUNG

- 3.1. 1978 "Die Verwendung von *Selenastrum capricornutum* Reinkulturen für Toxizitätsstudien", CHIAUDANI und VIGHI.
- 3.2. 1987 Vorläufige Richtlinie für die Begrenzung von Immissionen in Fließgewässern, BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, Wien
- 3.3. 1987 Gewässertoxikologischer Klassifizierungsmaßstab für Abwässer und Vorfluter, BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, Koblenz, KREBS
- 3.4. 1987 Beurteilung der toxischen Belastung von Oberflächengewässern, BUNDESANSTALT FÜR WASSERGÜTE, Wien.

3.1. Das Algentoxizität-Beurteilungsschema (CHIAUDANI und VIGHI, 1978) wurde für italienische Seen entwickelt. Dabei wird die Größe der Beeinträchtigung im unverdünnten Wasser als Beurteilungsgrundlage herangezogen.

#### Algenwachstumshemmung

|     |      |
|-----|------|
| <20 | %    |
| 20  | 50 % |
| 50  | 90 % |
| 90  | %    |

#### Bezeichnung

|                      |
|----------------------|
| keine Hemmung        |
| signifikante Hemmung |
| starke Hemmung       |
| Totalhemmung         |

3.2. Die "Vorläufige Richtlinie für die Begrenzung von Immissionen in Fließgewässern" (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1987) führt zum Parameter TOXIZITÄT aus:

"Durch Einwirkung auf Fließgewässer und Flußstauhaltungen (Laufstau) soll keine toxische Beeinflussung der aquatischen Lebensgemeinschaften, keine Verarmung oder Verödung der Biozönosen stattfinden."

3.3. Nach Ansicht der Bundesanstalt für Wassergüte und unter besonderer Bezugnahme auf die ImRL darf Wasser aus Bächen, Flüssen oder Seen von vornherein keine Toxizität besitzen. Der gemäß dem "Gewässertoxikologischen Klassifizierungsmaßstab für Abwässer und Vorfluter", (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 1987) zu errechnende pT-Wert kann nur aufgrund einer Verdünnungsreihe ermittelt werden, eine Auswertung aber mit unverdünntem Vorfluterwasser ist nicht zielführend. Daraus ergibt sich, daß diese Bewertungsmethode für österreichische Oberflächengewässer wohl anwendbar ist, der Klassifizierungsmaßstab für weiterführende wasserwirtschaftliche Maßnahmen jedoch keine Relevanz besitzen dürfte.

3.4. Die Beurteilung der toxischen Belastung von Oberflächengewässern (Bundesanstalt für Wassergüte, KOLLER-KREIMEL, RODINGER, 1987) erfolgt entsprechend der Reaktion der im unverdünnten Wasser exponierten Testorganismen (Fische, Daphnien, Algen und Bakterien). Der Schädigungsgrad (LC, EC) der Testpopulation wird dabei wie folgt bezeichnet:

| <u>Schädigung der Testorganismen</u> |      | <u>verbale Einstufung</u> |
|--------------------------------------|------|---------------------------|
| <10 (20)                             | %    | unbedeutend               |
| 10 (20)                              | 40 % | mäßig-stark               |
| 41                                   | 60 % | stark                     |
| 61                                   | 90 % | sehr stark                |
| >90                                  | %    | Totalschädigung           |

\* Eine geringfügige Beeinträchtigung läßt sich aufgrund der möglichen Schwankungsbreite biologischer Systeme nicht abgrenzen; Hemmwirkungen <10% (bei Fischen und Daphnien) bzw. Hemmwirkungen < 20% (Algen, Bakterien) müssen daher

als nicht signifikant angesehen werden. Angegeben wird der Schädigungsgrad (LC, EC) für jeden Test, außerdem wird noch das ökotoxikologische Belastungspotential angeführt, wobei als Kriterium der Test mit der höchsten Schädigung der Organismen herangezogen wird.

Abb. 10:

Beispiel: Oberflächengewässer (Vorfluter) bewertung;  
 Proben unverdünnt,  
 Hemmungs (Mortalitäts)angaben in %

A. Testergebnisse

| Fisch | Daphnia | Algen | Bakterien |
|-------|---------|-------|-----------|
| 0     | 35      | 45    | 20        |

B. Testauswertung

Empfindlichster Testorganismus:  
 Algen (*Selenastrum capricornutum* P.)

C. Vorfluterbewertung

- 1) CHIAUDANI und VIGHI (1978)  
 Algenwachstum.....signifikant gehemmt
- 2) ImRL (1987)  
 Vorfluter entspricht.....nicht  
 den Anforderungen des Parameters Toxizität der  
 "Vorläufigen Richtlinie für die Begrenzung von  
 Immissionen in Fließgewässern"
- 3) pT-Wert (1987)-
- 4) Beurteilung der toxischen Belastung von Oberflächen-  
 gewässern (1987)

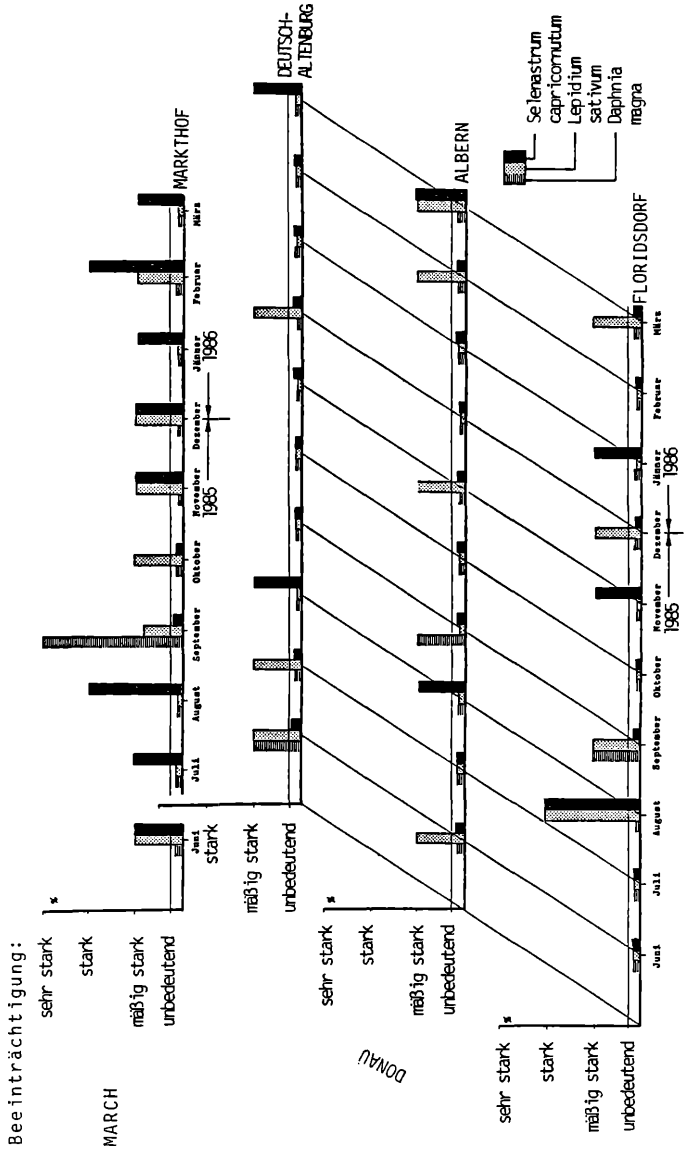
Ergebnisse indizieren bei  
 Fischtoxizitätstests eine.....unbedeutende  
 Daphnientoxizitätstests eine.....mäßig starke  
 Algentoxizitätstests eine.....starke  
 Bakterientoxizitätstest eine.....mäßig starke  
 Belastung des Gewässers.

Das ökotoxikologische Belastungspotential  
 ist als.....stark  
 zu bezeichnen.

Ein weiteres Beispiel von ökotoxikologischen Untersuchungen an Oberflächengewässern über einen längeren Zeitraum hinweg geben die in der Periode 1985/1986 durchgeführten Analysen von Donau und March. Bemerkenswerte toxische Belastungen der Donau ergaben sich dabei vorwiegend im Zuge höherer Wasserstände im August 1985 und März 1986. In der March hingegen wurden ausnahmslos mäßig starke und starke Schädigungen der Testorganismen festgestellt.



Abb. 11: Ergebnisse der Tests mit ausgewählten Wasserorganismen im Rahmen der Intensivierung der Gewässergüteuntersuchungen an der Donau 1985/86, räumlich-zeitlicher Überblick



### Zusammenfassung

Ökotoxikologische, ökologische und genetische Untersuchungen liefern Erkenntnisse, die die Resultate der herkömmlichen Gewässergüteuntersuchungen ergänzen und vervollständigen. Speziell ökotoxikologische Verfahren (Biotests) liefern wertvolle Hinweise auf ein primäres Gefährdungspotential für Umwelt und Mensch.

Bei der Aufzählung von Testobjekten (Testwässern) für ökotoxikologische Analysen wird besonders für Oberflächengewässer die Möglichkeit einer weiteren biologisch orientierten Beurteilung hervorgehoben, die der herkömmlichen Gewässergütebewertung gleichzusetzen ist.

Mit der Darstellung von Schadstoffeffekten auf einzelne Organisationsebenen des biologischen Gefüges wird die Komplexität der ökotoxikologischen Wirkungen aufgezeigt.

Eine Definition von in der Ökotoxikologie gebräuchlichen Begriffen dient zum besseren Verständnis von literarisch dokumentierten Bewertungsmöglichkeiten für Substanzen (Methoden der Jahre 1954 bis 1989), Abwässer (Methoden der Jahre 1981 bis 1987) und Oberflächengewässer (Vorfluter, Methoden der Jahre 1978 und 1987).

Beispiele, die den Weg von den Untersuchungsergebnissen bis zur Beurteilung nach mehreren Gesichtspunkten aufzeigen, ergänzen die Ausführungen.

### SUMMARY

#### Evaluation of the results of ecotoxicological investigations on emissions and immissions.

Common biological testing of water quality by field methods (taxonomic determinations of organisms) can be performed by ecotoxicological, ecological and genetic methods.

The results derived from ecotoxicological tests provide special information about the hazard of toxic substances in water and there can influence the environment as well as man.

Different fluids of testing materials investigated by ecotoxicological methods are discussed in this article.

Referring to surface waters, biologically orientated ecotoxicological assessment can be equalised to the usual assessment of the water quality according to the method of LIEBMANN.

The complexity of ecotoxicological effects dependent on biological systems is also represented graphically.

In addition, definitions of the ecotoxicological vocabulary are specified in order to elucidate the examples of assessments given in the following part.

Different ecotoxicological methods to assess substances, waste waters and surface waters, which are described in literature from 1954 to 1989, are discussed.

Finally examples of these methods are given.

### Literatur

BUNDESGESETZ der BRD über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz-Abw AG).- BGBl Nr.20/1987, 880.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND-U.FORSTWIRTSCHAFT, Wien (1981): Richtlinien für die Begrenzung von Abwasseremissionen.- Eigenvgl., Wien.

(1987): Vorläufige Richtlinien für die Begrenzung von Immissionen in Fließgewässern.- Eigenvgl., Wien.

BUTLER, G.C.(1978): Principles of Ecotoxicology.- SCOPE 12 (Scientific Committee on Problems of the Environment).- Vlg. J. Wiley & Sons, Chichester.

CEFIC (1988): Vorschläge für die Einschätzung einer Substanz als toxisch gegenüber aquatischen Organismen.- Hsg.: Fachverband der chemischen Industrie Österreichs - Fachinformation.

- CHIAUDANI, G., VIGHI, M.(1978): The Use of *Selenastrum capricornutum* batch cultures in toxicity studies.- Mitt.Int.Ver.Limnol. 21, 316-329.
- DIN 38412 (1979): Allgemeine Hinweise zur Planung, Durchführung und Auswertung biologischer Testverfahren-Entwurf.- Vlg. Chemie, Weinheim.
- GRÜNBERG, W.(1988): Zur Physiologie und Pathologie von Fischen und anderen Wassertieren.- Vortrag beim Expertengespräch "Waschen und Gewässerschutz" der Arge Hygiene und Umwelt, Wien 1988.
- HANSEN, P.D.(1989): Konzeptvorschläge für 20 Qualitätsziele in Oberflächengewässern (BLAKQZ) - Bewertung der Umweltgefährlichkeit von Einzelstoffen anhand von Labor- und Freilanduntersuchungen.- Vortrag beim Biotest-Statusseminar "Emissions- und immissionsbezogene biologische Testverfahren zur Wassergesetzgebung (WHG, Abw.AG, WRMG), Berlin 1989.
- KNIE, J.(1983): Die daphnientoxische Situation in der Unteren Wupper - Eine ergänzende Methode der Gewässergüteüberwachung.- DGM 27, 153-157.
- KNIE, J.(1988): Biologische Testverfahren in der Vollzugspraxis des Abw AG und WHG.- Vortrag beim Biotest-Statusseminar "Emissions- und immissionsbezogene biologische Testverfahren zur Wassergesetzgebung (WHG, Abw.AG, WRMG), Berlin 1989.
- KOLLER-KREIMEL, V., RODINGER, W.(1987): Aquatische Toxizität - ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung von Substanzen und Abwässern (Emissionen) sowie zur Feststellung der toxischen Beeinträchtigung von Oberflächengewässern (Immissionen).- Wasser und Abwasser 31,413-432.
- KREBS, F.(1987):Der "pT-Wert" - ein gewässertoxikologischer Klassifizierungsmaßstab bei Abwasser- und Vorfluteruntersuchungen.- 26. Arbeitstagung der IAD, Passau, 1987, Wiss. Kurzref. 537-549.
- LIEBMANN, H.(1960): Handbuch der Frisch- und Abwasserbiologie II.- Vlg. R. Oldenbourg, München.
- NUSCH, E.A.(1989): Interpretation experimenteller ökologischer Daten bei der Bewertung von Stoffen.- Vortrag beim Biotest-Statusseminar "Emissions- und immissionsbezogene biologische Testverfahren zur Wassergesetzgebung (WHG, Abw.AG, WRMG), Berlin 1989.

- OECD (1980): Report on the assessment of potential environmental effects of chemicals. The effects on organisms other than man and on ecosystems.- Vol. 1-3 Eigenvgl.
- OECD (1985): The use of biological tests for water pollution assessment and control.- Working Document No.1., Eigenvgl.
- OECD (1986): The Use of Biological Tests for Water Pollution Assessment and Control.- ENV/WAT 86.1.
- RODINGER, W., KOLLER-KREIMEL, V., LATIF, M.(1987): Biotests im Rahmen der Gewässergüteuntersuchung der Donau und March in der Umgebung Wiens.- Wasser und Abwasser 31, 345-353.
- ROTH, L.(Hsg.) (1988): Wassergefährdende Stoffe.- Vlg. Ecomed, Landsberg/Lech.
- SCHEUBEL, J.B.(1982): Biologische Testverfahren zur Erkennung der Wirkung von Substanzen auf unsere Umwelt. - 23. Arbeitstagung der IAD, Wien, 1982, 162-173.
- TURNBULL, H. et al (1954): Toxicity of various refinery materials to freshwater fish.- Ind.Eng.Chem.46; zit. in LIEBMANN, 1960.
- UMWELTBUNDESAMT BERLIN (1979): Bewertung wassergefährdender Stoffe.- Eigenvgl., Berlin.
- (1984): Chemikaliengesetz, Heft 5. Ökotoxikologische Testverfahren in aquatischen Systemen.- Eigenvgl., Berlin.
- (1985): Katalog wassergefährdender Stoffe.- Eigenvgl., Berlin.

Anschrift des Verfassers: Ob.Rat Dr. Wolfgang RODINGER, Bundesanstalt für Wassergüte, Schiffmühlenstr. 120, A-1223 Wien.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [1989](#)

Autor(en)/Author(s): Rodinger W.

Artikel/Article: [Bewertung der Ergebnisse ökotoxikologischer Untersuchungen von Emissionen und Immissionen. 235-271](#)