

*Aus der Bundesanstalt für Wassergüte, Wien-Kaisermühlen*

**UNTERSUCHUNGEN TOXISCHER EINWIRKUNGEN AUF  
KLÄRANLAGENBIOZÖNOSEN**

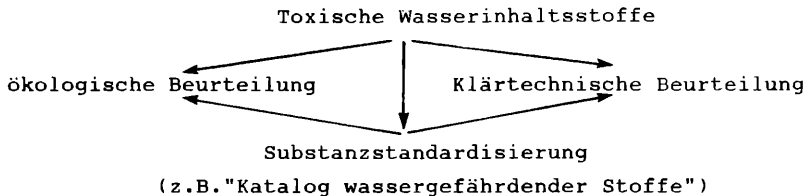
H. DONNER

Die biologischen Systeme unserer Umwelt werden in zunehmendem Maß mit anthropogenen Schadstoffen konfrontiert. Als besonders gefährdend gelten dabei jene Schadstoffe, die sich sowohl durch Toxizität, als auch durch geringe oder fehlende biologische Abbaubarkeit (Persistenz) auszeichnen. Als zusätzlich belastendes Moment kann eine substanzabhängige Anreicherung in Organismen (Bioakkumulation) wirken.

Der erste Kontakt abwasserrelevanter Schadstoffe mit einem biologischen System tritt vielfach in der biologischen Abwasserklärung ein. Die Erhaltung der Funktionstüchtigkeit dieser Systeme, die bei einem Großteil der Emissionen allen anderen nachfolgenden aquatischen Rezipienten als primäre biologische Schutzfilter vorgeschaltet sind, sollte u.a. auch im Interesse der Elimination umweltrelevanter Hemmstoffe größte Bedeutung beigemessen werden.

Nachdem jedoch das Spektrum der für ökotoxikologische Untersuchungen genormten Testorganismen für Kläranlagen nicht repräsentativ ist, die Biomechanismen toxischer Einwirkungen auf Kläranlagenbiozönosen erheblich von denen der bakteriellen Ökotoxikologie abweichen und dementsprechend andere Grenzwerte aufweisen und auch besondere mi-

lieuspezifische Untersuchungsmethoden entwickelt wurden, muß die klärtechnische Beurteilung toxischer Wasserinhaltsstoffe als eigener Sektor des Gesamtbereiches "Aquatische Toxikologie" angesehen werden. In vereinfachender Weise kann man die Stellung dieses Sektors und dessen Wechselbeziehungen zu den anderen Fachbereichen nach folgendem Schema darstellen:



1. Die **ökologische Beurteilung** wird im Rahmen dieser Tagung an anderer Stelle ausführlich behandelt.
2. Für die **Substanzstandardisierung**, bzw. für die Katalogisierung der toxischen Eigenschaften von Reinsubstanzen ist die Reproduzierbarkeit der Untersuchungsergebnisse maßgeblich. Die Untersuchung muß mit gleichem Ergebnis überall wiederholbar sein. Dies bedeutet, daß hier die Prüforganismen genau definiert sein müssen. Im Fall bakteriologischer Tests ist daher das Arbeiten mit Reinkulturen eine unbedingte Voraussetzung.
3. Bei der **klärtechnischen Beurteilung** von Gifteinwirkungen auf biologische ARAS steht dagegen die Reproduzierbarkeit etwas weniger im Mittelpunkt, wichtig ist vor allem die Übertragbarkeit auf die Praxis, bei den oft auf konkrete Fälle ausgerichteten Untersuchungen sogar die Übertragbarkeit auf eine ganz bestimmte Anlage. Je ähnlicher der Versuch den Anlagenbedingungen ist, desto mehr die Gesamt-

heit der in der Anlage enthaltenen Mikroorganismen in den Test einbezogen wird, desto besser werden die Ergebnisse sein. Natürlich erzwingen Kostenaufwand und Labortechnik auch hier Kompromisse.

Wie aus dem obigen Schema ersichtlich, sind auch aus den Substanzkatalogen gewisse Rückkoppelungen für ökologische und klärtechnische Bereiche möglich. Diese können jedoch nur den Charakter einer groben Vororientierung haben, ein Ersatz praktischer, biotopbezogener Toxizitätstests durch die Zahlenangaben dieser Kataloge ist wegen der folgenden fachlichen Vorbehalte nicht möglich:

1. Die Möglichkeit des Auftretens **synergistischer** und **antagonistischer Effekte** bei komplexer Zusammenstellung der Wirksubstanzen wurde bereits in anderen Vorträgen erörtert, ihre theoretische Vorhersage ist beim derzeitigen Wissensstand unmöglich.
2. Die **Testorganismen**, z.B. des "Kataloges wassergefährdender Stoffe", sind u.a. für das Biotop "biologische Kläranlage" nicht repräsentativ.
3. Die Zahlenangaben sämtlicher Toxizitätslisten müssen sich schon aus Gründen der Reproduzierbarkeit auf Substanzen mit dem **Reinheitsgrad "pro analysii"** beziehen. Industrie und Gewerbe benützen im Gegensatz hierzu **technische Produkte**, die in z.T. erheblichem Ausmaß (z.B. bei Wirkkomponenten der Pestizide bis zu 30%) Begleitstoffe enthalten. Diese setzen sich aus den Verunreinigungen der Rohstoffe, aus den Ausgangskomponenten sowie aus unerwünschten Zwischen- und Nebenprodukten der Erzeugung (Synthese) zusammen und können die Toxizität der namengebenden Hauptkomponente um ein

Mehrfaches übertreffen. Ihre Menge und Zusammensetzung ist vom Rohmaterial und von der Produktionsmethode abhängig und kann daher von Erzeuger zu Erzeuger schwanken.

4. Die heutige Kurzlebigkeit der Erzeugungstechnologien und der Innovationsdruck bei technischen Produkten bewirken, daß immer neue, vorher als "Exoten" nahezu unbekannt **Verbindungen** in großmaßstäbliche Produktion und Verwendung gelangen. Diese Umstellungen erfolgen vielfach unter Geheimhaltung und in kürzester Frist (Beispiel: Verwendung hochtoxischer Chemikalien bei der Erzeugung elektronischer Bauteile).

Weltweit wird mit einem jährlichen Zuwachs von ca. 200 - 2000 neuen Verbindungen zu den bereits in der Industrie in Verwendung stehenden 60.000 80.000 Substanzen gerechnet. Es ist unvermeidlich, daß sämtliche Substanzlisten gegenüber der industriellen Praxis nicht nur einen mehrjährigen Rückstand, sondern auch dauernd **offenbleibende Informationslücken** aufweisen.

Hinsichtlich der Herkunft der auf den Kläranlagen auftretenden Hemmstoffe sind zwei Quellen zu unterscheiden:

#### **1. Diffuse Einbringungen:**

Dieser Bereich wäre mit "Chemie im Haushalt" zu umschreiben: Reinigung, Hygiene, Konservierung, "Do it yourself"-Bereich. Auch der Abwasseranfall aus Arztpraxen wäre, trotz seines höheren Gefährdungspotentials, noch diesem Bereich zuzuordnen. Ein Teil dieser Hemmstoffe, insbesondere ein Teil der gezielt als mikrobizid konzipierten und eingesetzten Substanzen, wird allerdings noch im Kanalnetz inaktiviert. Die Größenordnungen von jährlicher Produktion

und Anwendung von Mikrobiziden im häuslichen und industriellen Bereich in der BRD ist aus Tab. 1 zu ersehen.

Eine Verminderung dieser im Normalfall in unterschwelligen Konzentrationen auftretenden Substanzen wäre möglich, wenn einerseits Handhaben zum Zweck einer Selektion zugunsten unschädlicherer Mittel geschaffen würden, andererseits müßte durch entsprechende Aufklärung ein vielfach durch Reklame angeheizter Überkonsum im Haushalt auf ein vernünftiges Maß zurückgeführt werden.

## **2. Punktförmige Einbringungen:**

Diese sollten dem Kläranlagenbetreiber möglichst bekannt sein und umfassen einschlägiges Gewerbe, Industrie und Spitäler. Einbringungen aus diesen Quellen schlagen häufig voll bis in die Kläranlage durch und sind oft durch stoßweisen Anfall gekennzeichnet. Die Gegenmaßnahmen an Ort und Stelle sind auf die Abwasserart abzustimmen, eine verstärkte Einführung toxikologischer Kontrollen schon vor der wasserrechtlichen Zulassung der Einleitung würde das Risiko für den Kläranlagenbetrieb im Zweifelsfall vermindern.

Von der Struktur her hemmend, bzw. auch mikrobizid wirkende Stoffe gibt es demnach in fast allen kommunalen Kläranlagen zu fast allen Zeitpunkten. Ihre Konzentration ist

- entweder 1. so gering, daß sie ohne Folgen bleibt,  
oder 2. so gering, daß sie zwar nicht ohne Folgen, aber auf den Anlagenablauf ohne Auswirkung bleibt: wenn nämlich ein geringer Prozentsatz der Biozönose zwar geschädigt wird, dieser Verlust aber durch die Belebtschlammvermehrung neutralisiert wird,

- oder 3. so groß, daß eine geringgradige Verschlechterung des Wirkungsgrades der Anlage eintritt. Wenn z.B. die BSB<sub>5</sub>-Reduktion einer ARA durch Hemmsubstanzen von 97% auf 94% herabgedrückt wird, scheint das nicht sehr auffällig, wird vom Klärwärter meist nicht wahrgenommen und liegt bei Einzelmessungen noch im Toleranzbereich der Meßgenauigkeit. Wenn man dagegen bedenkt, daß hier bei gleichem Kläraufwand eine Verdoppelung der Emissionsfracht eintritt, dann sind Schädigungen in der Größenordnung bereits als wasserwirtschaftlich relevant anzusehen,
- oder 4. so groß, daß signifikante Schäden eintreten.

Besonders anfällig für toxische Einwirkungen sind Kläranlagen mittlerer und kleinerer Gemeinden. Hier kommt zu der meist geringeren Verdünnung von Abwasser der genannten Herkunft eine größere Empfindlichkeit der für kleinere Anlagen typischen Klärsysteme. Diese zeichnen sich meist aus durch:

- geringere Belastung
- geringere Belebtschlammkonzentration
- geringeres Belebtschlammwachstum
- höheres Schlammalter
- und weniger intensive Kontrolle.

Wir sind aufgrund unserer Untersuchungstätigkeit in diesem Anlagenbereich zur Ansicht gekommen, daß solche Störfälle zumindest im Ausmaß einer Teilhemmung bei Anlagen, in deren Einzugsgebiet potentiell gefährliche Betriebe angesiedelt sind, zwar häufiger sind als man glaubt, aber nur in Einzelfällen zu Reaktionen seitens der Betreiber führen

und der Behörde meist verborgen bleiben.

Bei der **Entwicklung und Auswahl von Toxizitätstests** für diesen Sachbereich sind folgende Prinzipien zu beachten:

In der biologischen Kläranlage stellt die bakterielle Destruktion der Schmutzstoffe den maßgeblichen Funktionsschritt dar. Es ist daher selbstverständlich, daß hier als Testorganismen nur Bakterien in Frage kommen.

Nun wurde eine erhebliche Anzahl von **bakteriellen Tests** zur Gebrauchsreife entwickelt und in großem Umfang praktisch eingesetzt (Beispiele siehe Tab. 2).

Gemeinsam ist diesen Verfahren folgendes Grundprinzip:

Es wird zunächst die ungehemmte Bakterienaktivität in Form von Stoffwechsel, Vermehrung, Enzymproduktion, Lumineszenz oder Abbau von Nahrung gemessen, und zwar zumeist in einer mehr oder minder gut abbaubaren Vergleichssubstanz, auch Standard oder Blindprobe genannt. Gleichzeitig wird in Parallelansätzen dem Standard die zu prüfende Testsubstanz oder das zu prüfende Testabwasser (z.B. Industrieabwasser) hinzugefügt. Hat dieses toxische Eigenschaften, dann wird die Bakterienaktivität in diesem gemischten Ansatz gegenüber der Blindprobe gehemmt. Die Angabe des Ergebnisses erfolgt in % der Hemmung. Dieses Meßprinzip wirkt an sich sehr einfach, birgt aber doch die Möglichkeit zu recht erheblichen Fehlern in sich, auf die später noch eingegangen wird.

Nachdem vom Prinzip her auch reine Abbautests nach entsprechender Modifizierung für eine Messung hemmender Einflüsse geeignet sein können und gerade diese Abbautests (mit Ausnahme der GFT-Methode) zu den neueren Entwicklungen

zählen, sind sie in diesem Zusammenhang ebenfalls aufzulisten (Tab. 3)

Wir haben nun versucht, dieser Liste von Verfahren ihre Aussagekraft in dieser oder jener Richtung gegenüberzustellen, ihre markanten Versuchsbedingungen und als letzten, aber keineswegs unwichtigsten Punkt auch ihre Kosten. Wir haben auch versucht, die Eignung der Verfahren hinsichtlich dieser Kriterien zu werten. Es muß allerdings eingeschränkt werden, daß diese Wertungen mit einigen Ausnahmen nicht auf eigenen praktischen Erfahrungen beruhen, sondern auf der Durchsicht der jeweiligen Methodik und z.T. auf Mitteilungen anderer Institute. Auch ist z.T. eine eindeutige Qualifikation schwierig es handelt sich schließlich um biologische Vorgänge, die sich fallweise gegenseitig überlappen und auch nicht mit der Exaktheit einer EDV-Anlage ablaufen. Die Auflistung erhebt nicht Anspruch auf Vollständigkeit, es fehlen unter anderem sämtliche Simulationsmethoden, die für Routineuntersuchungen vielfach zu aufwendig sind (Tab. 4).

Zu den einzelnen Verfahrenskriterien scheinen folgende Bemerkungen angebracht:

#### 1. Kriterium: Meßparameter

Die Methoden BRINGMANN-KÜHN und MIKROTOX wurden bereits anderen Vorträgen eingehend behandelt.

Als nächstes kommt die Methodengruppe mit dem Meßsystem Respiration bzw.  $O_2$ -Messung.

Wie bekannt, sollen die abbaubaren Schmutzstoffe in aeroben biologischen Kläranlagen möglichst schnell und weitgehend oxydiert werden, d.h. eine Einschränkung der Respiration, des  $O_2$ -Verbrauchs, trifft ins Zentrum der Anlagenfunktion.



Natürlich kann eine Hemmung des Abbaus im Versuchsgefäß auch durch andere Parameter (COD, DOC) registriert werden. Es bietet aber der Parameter  $O_2$ -Respiration wie kein anderer die Möglichkeit zur Automatisierung und zur automatischen Registrierung, gleichgültig ob die Sauerstoffbilanz mit einer Sauerstoffelektrode oder mit anderen Systemen über längere Zeiträume gemessen oder gesteuert wird.

Dagegen sind mit einer einzigen Ausnahme die neueren bakteriellen Abbautests mit ihrer iterativen Probenahme und iterativen CSB- bzw. TOC-Analytik schwer zu automatisieren, in der Laboranalytik aufwendig und sehr unökonomisch, wenn das Labor nicht ausschließlich mit solchen Tests ausgestattet ist. Man kann zwar die Proben konservieren und zuletzt gemeinsam aufarbeiten, aber dann läuft der Versuch als "black box" ab, d.h. es ist weder der planmäßige Ablauf des Tests, noch der optimale Zeitpunkt des Versuchsabbruchs unter Kontrolle.

## 2. Ökologische Aussagekraft:

Sie sagt aus, in welchem Ausmaß die im Versuchsgelände (=Labortest) erhaltene Aussage auf die Praxis (in diesem Fall auf die Kläranlage) übertragen werden kann.

Zum Teil gibt es hier "a priori" gewisse Einschränkungen. So wird z.B. die Toxizität gewisser hemmender Substanzen mit beeinflusst von der spezifischen Bakteriendichte im Versuch oder auch vom Angebot zusätzlicher Bakteriennahrung.

Deutlich verringert wird diese Aussagekraft aber bei den Methoden, die mit Reinkulturen arbeiten, da in diesem Fall entweder nur ein kleines Spektrum der multivalenten Anlagenbiozönose angesprochen wird oder der Prüforganismus auf

Kläranlagen überhaupt nicht vorkommt. Denn die Leistungsfähigkeit, das enzymatische Potential und die Schutzreaktionen einer heterogenen Kläranlagenpopulation sind von einer Reinkultur nie erreichbar.

Auch der TTC-Test hat hier eine schlechtere Klassifizierung. Er beruht auf der Aktivitätsmessung eines an sich wichtigen Enzyms, nämlich der Dehydrogenase. Es sind aber hochpotente Enzymfachleute der Meinung, daß eine Untersuchung der Vitalität einer Bakterienzelle auf Basis Enzymaktivität nicht nur ein, sondern mindestens ein Dutzend verschiedener "Schlüssel" Enzyme umfassen müßte. Obwohl nämlich Bakterien die ältesten Lebewesen der Erde darstellen (in Gesteinsschliffen 3,2 Mia. Jahre alt), ist das Stoffwechselsystem z.B. vieler Saprophyten von einer solchen unglaublichen biochemischen Raffinesse und Anpassungsfähigkeit, daß sie fallweise blockierte Enzymsysteme durch Umgehungsmanöver ihres Stoffwechselsystemes ersetzen können.

Nach den Erfahrungen der Bundesanstalt für Wassergüte gibt dieser schnell und einfach durchzuführende Test zum Teil plausible Ergebnisse, zum Teil versagt er (z.B. bei Cyanverbindungen).

### 3. Toxischer Einflußbereich:

Wie eingangs gesagt, kann die Bakterienaktivität

- a) über den Stoffwechsel, bzw. der Atmung oder
- b) über die Vermehrungsrate, die Zellteilung gemessen werden. Nun werden aber diese zwei Lebensäußerungen über verschiedene Biomechanismen, über verschiedene Enzymsysteme gesteuert, die im Prinzip nur soviel miteinander zu tun haben, daß bei schlechter Ernährungslage natürlich auch die Zellteilung beeinträchtigt ist. Aber die Empfindlichkeit

gegenüber Giften ist bei diesen beiden Systemen zum Teil sehr verschieden (Tab. 5).

Man erhält daher bei allen Methoden, bei denen die Vermehrung keine Rolle oder eine nicht meßbare Rolle spielt, nur über den Teilbereich der Stoffwechselftoxizität eine Aussage. Dieser Teilbereich kann aber, wie aus der Tabelle ersichtlich, vielfach unempfindlicher sein als die Zellteilung. Das trifft bei allen Methoden zu, die den Versuch schon mit sehr hohen Bakterienkonzentrationen starten oder die eine sehr kurze Laufdauer haben. Vielfach trifft beides gleichzeitig zu. In beiden Fällen ist während der Prüfdauer eine Vermehrung nicht erforderlich, es ist aber dann auch der Ausfall der Vermehrung meßtechnisch nicht nachweisbar. Wenn die Art der toxischen Inhaltsstoffe nicht bekannt ist, kann man nach diesen Methoden recht unangenehme Überraschungen erleben. Denn die Kläranlage braucht einen wachsenden Belebtschlamm, sonst geht die Reinigungsleistung der Kläranlagenbiozönose einschneidend zurück und wird in absehbarer Zeit auf 0 gehen, wenn durch Überalterung der Organismen der Zelltod eintritt.

4. Hinsichtlich der allgemeinen Verfügbarkeit des Impfmateria-  
rials wird darauf hingewiesen, daß Belebtschlamm oder ein lyophilisiertes Inoculum aus dem Tiefkühlschrank leichter verfügbar ist als eine Reinkultur, die man unter sterilen Bedingungen weiterzüchten muß, desgleichen stellen besondere Vorbereitungen des Inoculums (WRC-Test, Miti-Test) eine Erschwerung dar.

5. Die Spalte "Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse" sagt aus, in welchem Ausmaß das Ergebnis gleich bleibt, wenn man den Versuch zu einer anderen Zeit, an einem anderen Insti-

tut wiederholt. Bei Einleitungen in eine bestimmte Kläranlage ist dieses Problem, wie gesagt, weniger relevant. Vor allem bei Stoffprüfungen kann die letztlich doch unbekannte Zusammensetzung von Belebtschlamm als Inoculum Probleme bereiten. Ein gewisser Prozentsatz von Ausreißerwerten, der durch Einflüsse des multivalenten Inoculums bedingt ist, zwingt manchmal zu Wiederholungen oder Mehrfachansätzen und ist der Preis, der für die Praxisnähe der Versuchsdurchführung gezahlt werden muß. Vorteilhaft ist eine Vergrößerung des Artenangebotes durch Verwendung eines gemischten Inoculums aus mehreren Kläranlagen.

Am perfektsten scheint das Problem im Miti-Test gelöst. Da wird 4x jährlich das Inoculum aus zahlreichen Kläranlagen und Oberflächenwässern gemischt, anschließend 3 Monate weiter gezüchtet und dann verworfen. Die Reproduzierbarkeit soll glaubhaft sehr gut sein, leider verteuert diese Prozedur die Methode sehr.

Bei den übrigen Verfahren müssen wir uns leider damit abfinden, daß "Reproduzierbarkeit" und "ökologische Aussagekraft" konträre Begriffe sind, die bis jetzt noch nicht zu synchronisieren sind.

6. Die Prüfdauer ist einerseits für die Zellteilungstoxizität maßgeblich, andererseits hängt von ihr die Erkennung auch der toxischen Spätfolgen (chronische Toxizität) ab. Akute und chronische Toxizität kann man nur dann mit einem Verfahren erkennen, wenn die Methode nicht nur Endwerte, sondern auch Zwischenergebnisse möglichst der ersten Stunden und auch des ersten Tages liefert.

7. Die Eignung für flüchtige Substanzen kann ein durchaus maßgeblicher Punkt sein und er war es auch z.B. bei der Kaltreinigerprüfung. Das Feld geeigneter Verfahren wird

hier schon sehr dünn, weil alle Verfahren, die mit offenem Reaktionsbehälter arbeiten, ausscheiden müssen. Es kann bei den geschlossenen Systemen Warburg und SaproMat wohl der Dampfdruck dieser Substanzen die absoluten BSB-Werte verfälschen, doch eliminiert sich dieser Einfluß bei der Auswertung nach der Offhausmethodik von selbst wieder. Deren Systeme sind zwar bis zur Thermostatisierung der Proben noch nicht völlig geschlossen, in der Praxis dürften die Verluste jedoch zu vernachlässigen sein. Beim Miti-Verfahren werden niedrig siedende Testsubstanzen durch eine besondere Methodik berücksichtigt.

8. Die Menge des Inoculums hat entscheidende Rückwirkung auf den toxischen Einflußbereich. Wie schon erwähnt, sollte nach unserer Meinung der Versuch bei unbekanntem Inhaltstoff des Testabwassers so ablaufen, daß eine Bakterienvermehrung im Versuch unbedingt notwendig ist. Höhere Anfangsgehalte an Belebtschlamm haben bei den Abbautests auch einen anderen Nachteil: Gewisse Substanzen haben die Neigung, sich an der Bakterienflocke adsorptiv anzulagern und auf diese Weise aus dem Testwasser zu verschwinden. Nachdem fast alle Abbautests nur über das Filtrat kontrolliert werden (CSB,DOC), entgeht uns das Schicksal dieser Stoffe. Eine Kontrolle könnte hier zumindest in halbquantitativem Umfang der BSB geben (Miti-Test).

Von den schwer vollziehbaren Eluierungstechniken sollte man bei Routineverfahren eher Abstand nehmen.

9. Über "Temperatur" ist nur zu bemerken, daß eine Vereinheitlichung wünschenswert und, abgesehen von Sonderfällen, wohl auch möglich wäre.

10. "Für hemmende Testsubstanzen mit Eigenzehrung geeignet".

Diese Bezeichnung sieht vielleicht im ersten Augenblick etwas paradox aus. Es ist aber schon seit langem bekannt, daß es organische Substanzen gibt, die abbauhemmend wirken, die diese Hemmung auch ihrer Umgebung mitteilen, trotzdem aber selber auch Abbauvorgängen unterliegen. Es tritt dann eine gegenseitige Überlagerung von Zehrungs- und Hemmungsvorgängen ein, die letztlich zu einer Verzögerung des Abbaus führen. Einfachstes Denkmodell wäre hier ein Abwasser, das aus einer gut abbaubaren Komponente und aus einer zweiten, mehr oder minder hemmenden Komponente besteht. Auch ein Teil der Kaltreiniger gehört zu solchen Stoffgemischen, wie auch schon Dr. AUER-WELSBACH in einer Grundsatzarbeit festgestellt hat, die vor 13 Jahren über Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft durchgeführt wurde.

Es gibt aber auch unzählige Reinsubstanzen, die diese Eigenschaften aufgrund ihres Molekülaufbaus gleichzeitig aufweisen.

Es war nun eingangs vom Grundprinzip der meisten Tests die Rede, nämlich

1. Blindversuch mit gut abbaubarer Standardsubstanz
2. Zugabe der Testsubstanz zum Blindversuch (gemischter Ansatz)
3. Feststellung, nur wieviel Prozent der Abbau der Standardsubstanz durch die Testsubstanz gehemmt wird.

Dieser einfache Aufbau ist jedoch nur für Testsubstanzen geeignet, die keine Eigenzehrung aufweisen. Ist dies nicht der Fall, dann muß in einem zusätzlichen Ansatz die Eigenzehrung der Testsubstanz getrennt bestimmt und entspre-

chend berücksichtigt werden, da andernfalls diese Eigenzehrung eine vorhandene Hemmung maskieren kann. Dieser Umstand wurde erstmals von der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt (heute Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung, München) in Rechnung gezogen und im Offhaustest berücksichtigt.

Es ist natürlich möglich, diesen zusätzlichen Ansatz auch in eine Reihe anderer Hemmungs- bzw. Abbautests zu induzieren. Die Verfahren, die sich vermutlich für eine solche **Modifizierung** eignen, wurden mit dem Stichwort "modifizierbar" gekennzeichnet. Daß aber bei manchen Methoden einerseits die Durchführungsanleitungen so minutiös abgefaßt sind, daß man sie sogar einem Nichtfachmann zumuten würde, andererseits aber keinen Hinweis auf diese Fehlermöglichkeit enthalten, scheint bemerkenswert.

Zum Thema "Offhaustest" ist der Hinweis auf eine notwendige **Änderung** bei der **Berechnungsart** der Hemmprozentage gegenüber der älteren Auswertung angebracht. Diese Änderung wurde aufgrund von ho. Überlegungen und Ableitungen entwickelt, nach mehrfachen Kontakten auch vor ca. einem Jahr von der Bayerischen Landesanstalt für Wasserforschung anerkannt und vermeidet eine vor allem bei höheren Eigenzehrungen der Testsubstanz recht signifikant werdende Unterbewertung der Hemmungsprozentage. Demnach entspricht der 100%-Ansatz nicht der Fläche zwischen Abszisse und der Theoretischen Kurve (BSB der Standardsubstanz + BSB der Testsubstanz), sondern nur der Fläche zwischen Abszisse und BSB-Kurve der Standardsubstanz. Desgleichen kann der in den ursprünglichen Rezepturen enthaltene Stickstoffanteil bei N-armen Testsubstanzen mit erheblicher Eigenzehrung zu gering sein und muß bei Bedarf auf ein  $BSB_5:N$ -Verhältnis  $<150:1$  angehoben werden.

11. Die Adaptation wird immer häufiger auch nur Adaption genannt. Adaption ist eine Anpassung der Bakterie an ein Substrat, das ihr im normalen Bakterienleben nur sehr selten oder überhaupt nicht untergekommen ist wobei als "normales Bakterienleben" natürlich eine vielfache Generationenfolge anzusehen ist

Es gibt:

a) Eine enzymatische Adaption.

Das ist eine Reaktivierung eines ruhenden Enzymsystems, dessen Produktionsgeheimnis aber im Computer der Bakterie eingespeichert ist. Sie dauert normalerweise einige Stunden.

b) Eine genotypische Adaption

Hier erfordert die Neubildung der entsprechenden Enzyme genetische Veränderungen, an die sich zumeist eine Selektion zugunsten der optimal adaptierten Organismen anschließt. Diese Adaptionszeit ist äußerst verschieden, aber natürlich immer viel länger als die enzymatische Adaption - Tage, Wochen oder auch Monate. Dies ist u.a. davon abhängig, wie weit sich die neu gebildeten Enzymsysteme vom normalen Verdauungsrepertoire des Organismus unterscheiden (Tab. 6).

Es stellt sich nun folgende Frage: Wenn die Zulässigkeit der Einleitung einer Substanz, eines Abwassers, in eine Kläranlage beurteilt werden sollen, die ohne Adaption toxisch wirken - wie weit ist die Adaption in diese Überlegungen einzubeziehen.

Hier sind unserer Meinung nach zwei Fälle zu unterscheiden: Bei einer biologischen Betriebskläranlage ist eine Adaption



infolge der Beschaffenheit der Abwässer oft die Voraussetzung für eine befriedigende Funktion. Hier liegen die Betriebsverhältnisse und zwar in organisatorischer Hinsicht aber auch günstiger. Hier besteht ein kurzer Draht zu den Abwasseranfallstellen, hier hat in der heutigen Zeit meist auch die Betriebsleitung ein aktives Interesse an der Funktion der Kläranlage.

Bei einer sogenannten Indirekteinleitung in eine Kommunalkläranlage kann die Sache schon etwas anders aussehen. Dort ist der Tatort einige Kilometer entfernt, dort werkt betriebsfremdes Personal, dort kommen fallweise die Versuchsungen der Anonymität hinzu.

Das entscheidende Moment für die Zuverlässigkeit des Betriebes dieser Kläranlage ist hier nicht nur das Ausmaß und die Frist bis zum Erwerb der Adaption, sondern in gleichem oder noch größerem Ausmaß die Frist, innerhalb der die Adaption wieder verloren geht.

Es gibt nämlich kein Industriebetrieb eine Garantie über eine kontinuierliche Einleitung seiner Abwässer, seiner u.U. hemmenden Komponente über 365 Tage im Jahr ab. Es gibt Betriebsrevisionen, es gibt Betriebsurlaube, es gibt verlängerte Wochenenden. Überschreitet die Dauer dieser Unterbrechungen die Frist für die Aufrechterhaltung der Adaption, dann wird bei Wiederaufnahme der Abwassereinleitung die biologische Reinigung der Kläranlage beeinträchtigt sein oder auch vollständig zusammenbrechen. Und die Folgezustände dieses Ereignisses können dann im Vorfluter oft viel spektakulärer sein, als es die Zustände im Vorfluter vor der Errichtung der Kläranlage waren - vorhandene Beispiele bestätigen diese Regel.

Über die Länge dieser Frist für den Verlust der Adaption gibt es leider nur wenige und z.T. erheblich voneinander abweichende Literaturangaben. Die Technische Universität Wien gibt für Industrieeinleitungen im Raume Linz eine Frist vom dreifachen Schlammalter (ca. 20 Tage), ZAHN-WELLENS eine solche von 3-7 Tagen, andere Literaturstellen 2-5 Tage an.

Nach unserer Meinung, die allerdings noch nicht bewiesen werden kann, hat vermutlich von diesen Angaben jede einzelne ihre Berechtigung. Wenn nämlich die Zeit für den Erwerb der Adaption substanzabhängig in den weitesten Grenzen schwankt, dann erscheint es legitim, dasselbe auch für den Verlust der Adaption anzunehmen. Wobei es logisch wäre, daß die Erzeugung jener Enzymsysteme, die dem normalen Bakterienmetabolismus am weitesten entfernt sind, als erstes wieder in Verlust gerät. Dies würde die verhältnismäßig lange Beibehaltung der Adaption, die Hr.Dr. BEGERT in Linz festgestellt hat, mit erklären.

Als Ergebnis der Diskussion scheint folgende Vorgangsweise angebracht:

Dort, wo die Natur des Hemmstoffes, die relevanten Fristen bei der Adaption und die Dauer der möglichen Betriebsunterbrechungen bekannt sind, kann die Adaption bei der Beurteilung der Zulässigkeit einer Einleitung einbezogen werden.

Sind diese Fristen nicht bekannt und wird die Toxizität nur als Abwasser-Summenparameter bestimmt, ohne daß genauere Angaben über die einzelnen Abwasserkomponenten, über deren synergistische oder antagonistische Wirkungen vorliegen was in der Praxis sehr oft passiert - da hat der Begriff Adaption nichts zu suchen. Denn wenn dem Baustatiker, dem

Brückenbauer ein Sicherheitsfaktor zugebilligt wird, der eine Pufferzone bilden soll zwischen dem größtmöglichen Betriebsereignis und dem Absturz, dann hat desgleichen auch der Kläranlagenbetreiber Anspruch auf eine Sicherheitszone, die auch seine Anlage vor dem Absturz schützt.

Über die Spalte der Kosten ist nur zu erwähnen, daß ein Teil der Zahlen der Gebührenordnung der Wasserwirtschaftlichen Bundesanstalten, ein Teil den Angaben aus einem Ringversuch europäischer und außereuropäischer Institute entstammt.

Der letzte Punkt, den allerdings die Liste nicht enthält, ist die Akzeptanz eines Verfahrens. Es ist nicht sehr zielführend, ein Prüfverfahren in eine Richtlinie aufzunehmen, das niemand routinemäßig beherrscht oder für dessen Durchführung erst ein einziges Gerät im Lande steht. Die Tatsache, daß es in Österreich für den Offhaustest ca 250-350 prinzipiell geeignete Geräte gibt davon 30 hochwertige selbstregistrierende Systeme war für die Verfahrensauswahl bei der Kaltreinigernorm B 5104 ebenfalls mitbestimmend.

Aus dem aktuellen Anlaß der Herausgabe dieser ÖNORM über das Abwasserverhalten von Kaltreinigern wird anschließend über die Erfahrungen bei dessen toxikologischer Prüfung berichtet als Beispiel einer Stoffgruppe, die abwasserrelevant ist und in Abhängigkeit von der Zusammensetzung ein erhebliches Gefährdungspotential aufweisen kann.

Kaltreiniger dienen zur Reinigung von metallischen Werkstoffen, insbesondere von Maschinenbauteilen und Motoren, von Fett, Öl und Konservierungsanstrichen. Sie unterkriechen diese Überzüge und bereiten deren Emulgierung vor, so

daß zur Endreinigung ein einfaches Abspülen mit Wasser genügt. Sie haben gegenüber den früheren Verfahren eine gewaltige Arbeitsvereinfachung gebracht und dementsprechend bei Industrie, Gewerbe und "Do it yourself"-Anhängern weiteste Verbreitung gefunden.

Kaltreiniger bestehen meist aus einer mehr oder minder großen Anzahl von Komponenten. Maßgeblich für das Abwasserverhalten ist nicht nur das Ausmaß deren Toxizität, sondern auch die Stabilität der Dispersionen, die sie bilden. Kaltreiniger, die beständige Dispersionen bilden, sind z.B. von einer Kennzeichnung "ÖNORM-geprüft" ausgeschlossen.

Dank der freundlichen Mitwirkung von Herrn Dr. POLZER des TÜV steht ho. nun eine komplettierte Liste von Kaltreinigerbestandteilen zur Verfügung (Tab. 7).

Dieser Komponentenwald wurde von uns, soweit als möglich, durch Toxizitätskennzahlen ergänzt, die dem "Katalog wassergefährdender Stoffe" entnommen wurden.

Man sieht hier mindestens zwei kritische Stoffgruppen, die die Wassergefährdungsklasse 2, "wassergefährdend", und 3, "stark wassergefährdend" aufweisen. Das sind einerseits die halogenierten Kohlenwasserstoffe, die u.a. auch wegen ihrer Stabilität besonders beachtet werden müssen und andererseits die Gruppe der Aromaten (z.B. Benzol, Toluol, Xylol). Bei der Gruppe der Tenside fehlen leider genauere Produktbezeichnungen und daher auch die Toxizitätswerte.

Die ÖNORM B 5104 reagiert hier in der Weise, daß in normgeprüften Produkten halogenierte Kohlenwasserstoffe überhaupt nicht enthalten sein dürfen und die genannten Aromaten nur in der Menge, die aus dem Erzeugungsprozeß anderer Komponenten als unvermeidliche Verunreinigung mitge-

schleppt werden, das sind Massenanteile von ca 0,1 bis ca 2 Promille im Konzentrat.

Für die Biotests wird in einer Prüfapparatur ein Testgut hergestellt, dessen Toxizität auf Fische und Bakterien anschließend in fünffacher Verdünnung geprüft wird.

Die praktischen Erfahrungen dieser Kaltreinigerprüfung können auf folgende Weise konzentriert wiedergegeben werden:

1. Der vor Zustandekommen der ÖNORM B 5104 mit Nachdruck vorgetragene Einwand, nur Produkte mit geringem Gebrauchswert würden den vorgesehenen Bakterien- und Fischttest bestehen, ist unrichtig. Es gibt sowohl Produkte mit guter Wirksamkeit, die den Tests entsprechen, als auch Produkte mit mäßigem Gebrauchswert, die toxische Eigenschaften aufweisen.
2. Verbale Zusätze beim Produktnamen, die eine besondere Umweltverträglichkeit suggerieren sollen, müssen nicht immer eine Garantie für ungiftige Eigenschaften sein.
3. Es liegt nicht in der Kompetenz der Normen, Produkte zu verbieten, die nicht diesen Prüfungen entsprechen. Nach zugegangenen Mitteilungen hat sich aber herausgestellt, daß der Hinweis auf das bessere Abwasserverhalten und die entsprechende Prüfplakette auf jedem Gebinde sehr starke Verkaufsargumente sind. Das verdanken wir zum Großteil der in Richtung Umweltschutz sensibilisierten öffentlichen Meinung. Wir können daher mit Recht hoffen, daß auf diese Weise eine wirkungsvolle Selektion zugunsten der abwasserfreundlichen Produkte eintreten wird. Es bestehen konkrete Hinweise, daß Umstellungen der Rezepturen derzeit im vollen Gange sind.

An dieser Stelle ist auch die Vorreiterrolle der Salzburger Landesregierung im Bereich der Landeskompetenzen hervorzuheben, die z.T. noch vor dem Erscheinen der Norm eine Richtlinie über die Abwasserbehandlung bei der KFZ-Reinigung herausgebracht hat. Sie ist mit der Norm abgestimmt, umfaßt aber sachlich einen weiteren Bereich.

Bei dem Stichwort "Richtlinie" darf natürlich auch der Hinweis auf das Regelblatt Nr. 16 über Tankstellenabwasser des ÖWWV nicht fehlen, das bereits 1984 der Problematik der Kaltreiniger erheblichen Raum gewidmet hat.

Nachdem eingangs bereits auf die Möglichkeit von Vorsorgemaßnahmen an der Anfallstelle hingewiesen wurde, sollen zum Abschluß die Maßnahmen auf der Kläranlage selbst zur Registrierung und Vermeidung von Beeinträchtigungen biologischer Abwasserreinigungsanlagen durch Mikrobizide und Hemmstoffe aufgelistet werden.

Folgende Möglichkeiten stehen offen:

#### 1. Maßnahmen klärtechnischer und gerätetechnischer Art:

Zu den technischen Vorsorgemaßnahmen in der Kläranlage zählen:

- "On line"-Messung der Toxizität des Rohabwassers (bei Großanlagen),
- Vermeidung von Stoßbelastungen durch Pufferbehälter, Erhöhung der Prozeßstabilität durch leistungsverbessernde Maßnahmen, durch Mehrstufigkeit u.a.m.,
- Erhaltung der Adaption der Biozönose.

Die Installation automatischer Trübungsmeßgeräte am Auslauf der gefährdeten Kläranlagen würde zusätzlich eine relativ einfache Registrierung allfälliger Störfälle mit guter Korrelation ermöglichen.

2. Maßnahmen **administrativer Art:**

Die wasserrechtliche Vorschreibung einer Meldepflicht für Störfälle ab einem gewissen Ausmaß wäre anzustreben. Dieses gesammelte Material könnte dann auch ein wesentliches Hilfsmittel für Betreiber und Behörde bei der Entwicklung entsprechender Vermeidungsstrategien sein.

3. Maßnahmen **personeller Art:**

Wir haben Milliardenbeträge in biologische Kläranlagen investiert. Um diese Investitionen voll wirksam werden zu lassen, wären verstärkte toxikologische Kontrollen äußerst wünschenswert. Das Handwerkszeug ist vorhanden und wurde in diesem Referat umrissen. Diese Untersuchungen sind jedoch so arbeitsaufwendig, daß ihre Durchführung beim derzeitigen Personalstand der in Frage kommenden Institute nicht gewährleistet ist.

**Tab. 1:** Antimikrobielle Wirkstoffmengen in der Produktion und im Inlandsverbrauch in der BRD

| Bezugsjahr: 1983                         | mikrobizide Stoffe (in t) |                          |                                       |  |
|--|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|
|  | in der<br>Produktion      | im Inlands-<br>verbrauch | zur Bekämpfung<br>pathogener<br>Keime | zur Bekämpfung<br>technisch schädli-<br>cher Mikroorganismen |
|  | insgesamt                 | insgesamt                |                                       |  |
| Desinfektionsmittel                      |                           |                          |                                       |  |
| - zur Abtötung von<br>Krankheitserregern | 8.200                     | 7.000                    | 7.000                                 |  |
| - in der Ernährungs-<br>industrie        | 10.000                    | 10.000                   |                                       | 10.000   |
| Fungizide                                | 7.000                     | 2.300                    |                                       | 2.300  |
| Wasserkreisläufe                         | 500                       | 500                      |                                       | k.A.   |
| Schleimbekämpfungsmittel                 | 3.000                     | 3.000                    |                                       | 500  |
| WC- und Rohr-/Sanitär-<br>reiniger       | k.A.                      | k.A.                     |                                       | 3.000  |
| Chemietoiletten                          | k.A.                      | k.A.                     |                                       | k.A.   |
| Konservierungsstoffe                     |                           |                          |                                       |  |
| - Lebensmittelindustrie                  | 12.000                    |                          | } 10.000●                             | } 16.100●  |
| - sonstige Zwecke (siehe<br>Text)        | 15.700                    |                          |                                       |  |
| - Hygieneartikel                         | 600                       | 26.100                   |                                       |  |
| - Textilhilfsmittel                      | 3.000                     |                          |                                       |  |
| - Leder-, Pelzhilfsmittel                | 2.500                     |                          |                                       |  |
| - Holzschutzmittel                       | 500                       | 400                      |                                       | 400  |
|  | 63.000                    | 49.300                   | 17.000                                | 32.300   |

k.A. = keine Angabe, ● Schätzung



Tab. 2: Bakterielle Hemmungstest

| Bezeichnung des Tests  | Testsystem           | Meßparameter           |
|--|----------------------|------------------------|
| Pseudomonas-Zellvermehrungs-hemmtest (Bringmann-Kühn)<br>Entwurf DIN 38 412, Teil 8            | Wachstums-hemmung    | Trübung                |
| Water-Researchcenter-Test<br>(Alsop u.a.)Medmenham, G.B.                                       | Wachstums-hemmung    | Trübung                |
| TTC-Test (Messung der Dehydro-genasenaktivität)(DEV L3)  | Enzym-schädigung     | Photometrie            |
| Leuchtbakterien-Test (Microtox)<br>(Photobacterium phosphoreum<br>Entwurf DIN 38 412, Teil 32) | Lumineszenz-hemmung  | Leuchtin-tensität      |
| Pseudomonas-Sauerstoffzehrungs-test (Plötz-Robra)<br>(Entwurf DIN 38 412, Teil 27)             | Respirations-hemmung | O <sub>2</sub> Zehrung |
| Zehrungstest nach Kayser   | Respirations-hemmung | O <sub>2</sub> Zehrung |
| ISO 8192 - Hemmung der Sauer-stoffzehrung durch Belebt-schlamm, Methode B                      | Respirations-hemmung | O <sub>2</sub> Zehrung |
| Bestimmung der Toxizität und der Abbaubarkeit nach der Warburg-Methodik (DEV L2)               | Respirations-hemmung | BSB                    |
| Offhaustest mittels Sapromat<br>(Offhaus-Liebmann-Reimann)                                     | Respirations-hemmung | BSB                    |

**Tab. 3: Bakterielle Abbautests**

| Bezeichnung des Tests  | Testsystem             | Meßparameter  |
|--|------------------------|---|
| Geschlossener Flaschentest (GFT)<br>(Fischer)                                | Biochemischer<br>Abbau | BSB, CO <sub>2</sub> , DOC  |
| Bestimmung d.biol.Abbaubarkeit<br>(Statischer Test)<br>DIN 38 412, Teil 25   | "                      | COD, DOC  |
| Bestimmung der Gesamtabbaubarkeit<br>mit aeroben Mikroorganismen<br>ISO 7827 | "                      | COD, DOC  |
| Biologische Abbaubarkeit<br>Modifizierter OECD-Screening-Test                |                        | COD, DOC  |
| Biologische Abbaubarkeit<br>Afnor Test                                       | "                      | COD, DOC  |
| Biologische Abbaubarkeit<br>Miti-Test I                                      |                        | BSB(+Sonstige<br>Summen- oder<br>substratspe-<br>zifische Para-<br>meter) |
| Zahn-Wellens-Test  |                        | COD, DOC  |

Tab. 4: Vergleich von bakteriellen Hemmungs- und Abbautests

| Bereichung des Tests                | Testsystem               | Messparameter              | Ökolog. Aussagekraft   | Tox. Bereich   |                       | Verfügbark. d. Impfmaterias | Reproduzierbarkeit d. Messerg. | Prüfdauer Art d. Tox.     | Eignung f. flüchtige Substanzen |
|-------------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
|                                     |                          |                            |                        | Stoffwechsels. | Verf. d. Impfmaterias |                             |                                |                           |                                 |
| 1) Bringmann<br>Kühn<br>2) MIC-Test | Wachstums-<br>hemmung    | Trübung                    | 1) - (RK)<br>2) + (BS) | +              | +                     | -                           | 1) +<br>2) ±                   | 8 - 24 h<br>chronisch     | -                               |
| TTC-Test                            | Enzymschäd.              | Dehydrogenas.              | -                      | +              | -                     | +                           | ±                              | 3 h                       | -                               |
| Microtox-Test                       | Lumineszenz-<br>hemmung  | Leucht-<br>intensität      | - (RK)                 | +              |                       | +                           | +                              | ≤ 0,5 h<br>akut           | -                               |
| Plötz-Nobra                         |                          | 0 <sub>4</sub>             | - (RK)                 | +              | -                     | -                           | +                              | 0,5 - 3 h<br>akut         | -                               |
| Zehrungstest<br>nach Kayser         |                          | Zehrung                    | + (BS)                 | +              | -                     | +                           | ±                              | 5 - 30 min.<br>akut       | +                               |
| ISO 8192                            | Respirations-<br>hemmung |                            | + (BS)                 | +              | -                     | +                           | ±                              | 0,5 - 3 h<br>akut         | -                               |
| Warburg                             |                          | BSB                        | + (BS)                 | +              | ±                     | +                           | ±                              | 3-5 (-20)d<br>akut-chron. | ±                               |
| Offhauttest                         |                          | BSB                        | + (BS)                 | +              | +                     | +                           | ±                              | 5 (-28)d<br>akut-chron.   | ±                               |
| Geschl.FI.-Test                     |                          | BSB, CO <sub>2</sub> , DOC | + (BS)<br>o.ä.         | +              | ±                     | +                           | ±                              | 5 - 30 d <sup>o</sup>     | ±                               |
| DIN 38412.T.25                      |                          | COO, DOC                   | + (BS)                 | +              |                       | +                           | ±                              | ≤ 28 d                    | -                               |
| ISO 7827                            | Biochem.                 | COO, DOC                   | + (BS)<br>o.ä.         | +              | ±                     | +                           | ±                              | ± 28 d                    |                                 |
| Modifiz.OBCD-<br>Screening          | Abbau                    | COO, DOC                   | + (BS)<br>o.ä.         | +              | ±                     | +                           | ±                              | ± 28 d                    |                                 |
| Mnor                                |                          | COO, DOC                   | + (BS)                 | +              | ±                     | +                           | ±                              | 28 d                      |                                 |
| Miti I                              |                          | BSB (+monetige)            | + (BS)                 | +              | +                     | -                           | +                              | 14 d                      | +                               |
| Zahn-Wellens                        |                          | COO, DOC                   | + (BS)<br>o.ä.         | +              | -                     | +                           | ±                              | 28 d                      |                                 |

Tab. 4: Fortsetzung

| Bezeichnung des Tests            | Meßparameter               | Menge Inoculum                    | Temp. °C | Für hemmende Testsubstanzen mit Eigenzehrung geeignet | Adaptation | Ausgangskonzentration der Testsubstanzen | ca Kosten €/Substanz |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------|---|------------|--|----------------------|
| 1) Bringmann Kühn<br>2) MFC-Test | Trübung                    | Extinktionsabhängig               | 21       | -<br>modifizierbar*                                   | -          | Verdünnungsreihe<br>z.B. 60 mg/l - 50 %  |                      |
| TTC-Test                         | Dehydrogenas.              | 100 ml/l                          | 25       | -   | -          | Verdünnungsreihe                         |                      |
| Microtox-Test                    | Leuchtintensität           | 10 <sup>7</sup> Zellen/ml         | 15       | -   | -          | Verdünnungsreihe                         | 360,-                |
| Pflüch-Rohbra                    |                            | hoch<br>10 <sup>7</sup> Zellen/ml | 21       | ±   | -          | Verdünnungsreihe                         |                      |
| Zehrunstest nach Kayser          | 0,<br>Zehrung              | 1-3g/l TS                         | 20       | -<br>modifizierb.*                                    | -          | beliebig                                 | 320,-                |
| ISO 8192                         |                            | 1,5g/l TS                         | 20x2     | -<br>modifizierb.*                                    | -          | z.B. 1 - 10 g/l                          |                      |
| Warburg                          |                            | 1ml/l B9                          | 20       | -<br>modifizierb.*                                    | ±          | 0 - 50 ml                                | 5 000,-              |
| OfthausTest                      | BSB                        | s-gering bis<br>2ml/l             | 20       | +   | ±          | bis ca. 400mg/l BSB,                     | 1 500,-              |
| Geschl. Fl.-Test                 | BSB, CO <sub>2</sub> , DOC | s-gering                          | 20       | -   | ±          | 2 - 20 mg/l BSB                          | 6 000,-              |
| DIN 38412, T. 25                 | COO, DOC                   | 0,1-0,5g/l TS                     | 22± 3    | - modifiz.*   | +          | 100-1000 mg/l COO<br>50-400 mg/l DOC     |                      |
| ISO 7827                         | COO, DOC                   | 30mg/l TS                         | 20-25    | -   | +          | 10-40 mg/l DOC                           |                      |
| Modifiz.OECD-Screening           | COO, DOC                   | ca. 0,5ml/l TS                    | 20-25    | -   | +          | ±5-40 mg/l DOC                           | 12 000,-             |
| Mfnor                            | COO, DOC                   | gering                            | 25± 1    | -   | +          | 40mg/l DOC                               | 15 000,-             |
| Miti I                           | BSB (+sonst.)              | 30mg/l TS                         | 25± 2    | - modifiz.*   | ±          | 100 mg/l BSB,                            | 15 000,-             |
| Zahn-Wellens                     | COO, DOC                   | 0,2-1,0g/l TS                     | 20-25    | - modifiz.*   | +          | 100-1000 mg/l COO<br>50-400 mg/l DOC     | 12 000,-             |

\* Annahmen, aber h. . nicht in der Praxis bewiesen

**Tab. 5: Hemmkonzentrationen mikrobizider Stoffe auf Bakterien**

| Wirkstoffe                                      | 1)<br>Vermehrungshemmung<br>Pseudomonas putida (mg/l) |        | 2)<br>Atmungshemmung<br>Pseudomonas putida (mg/l) |  |
|---|---|--------|---|--|
|   |   |        |   |  |
| Pentachlorphenol                                | 60  |        | 1   |  |
| QAV   |   |        |   |  |
| Dimethyl-benzyl-cocosfett-alkyl-ammoniumchlorid |   |        |   |  |
| Amphotensid                                     |   |        |   |  |
| Chlor   |   |        |   |  |
| Aktivchlor                                      |   |        |   |  |
| Iodophor  |   |        |   |  |
| Wasserstoffperoxid                              | 11  |        |   |  |
| Ethanol   | 6.500   | 10.000 |   |  |
| 1-Propanol                                      | 2.700   | 10.000 |   |  |
| 2-Propanol                                      | 1.050   | 10.000 |   |  |
| Benzylalkohol                                   | 658   |        |   |  |
| Triethylenglykol                                | 320   | 10.000 |   |  |
| Tributylzinnoxid                                |   |        |   |  |
| Tributylzinnoxid                                |   |        |   |  |
| HgCl <sub>2</sub>                               | 0,001   | 0,5    |   |  |
| Benzoessäure                                    | 480   | 50     |   |  |
| Salicylsäure                                    | 465   |        |   |  |
| Trichloressigsäure                              | 1.000   | 50     |   |  |
| Formalin 35 %ig                                 | 14  |        | 100   |  |
| Benzaldehyd                                     | 132   |        | 320   |  |
| Hexamethylentetrazin                            |   |        | -   |  |
| Phenol  | 64(350)   |        | 190   |  |
| o-Kresol  | 33( 80)   |        | 66  |  |
| m-Kresol  | 53(180)   |        | 110   |  |
| o-Phenylphenol                                  | 100   |        | -   |  |
| 3-Chlorphenol                                   | 30  |        | -   |  |
| Chlor-m-Kresol                                  | 70  |        | -   |  |
| 2-Benzyl-4-Chlorphenol                          | 70  |        | -   |  |
| 2,3-Dichlorphenol                               | 6(80)   |        | 50  |  |
| 2,4-Dichlorphenol                               | 70  |        | -   |  |
| 3,5-Dichlorphenol                               | 10  |        | -   |  |
| 2,4,5-Trichlorphenol                            | 20  |        | -   |  |
| 2,4,6-Trichlorphenol                            | 170   |        | -   |  |
| 2,4,4'-Trichlor-2'-hydroxi-diphenylether        |   |        | -   |  |
| 2,3,4,5-Tetrachlorphenol                        | 12  |        | -   |  |

1) beginnende Hemmung der Zellvermehrung (EC<sub>10</sub>) nach BRINGMANN, KÜHN, 1977

2) beginnende Hemmung des Sauerstoffverbrauchs (EC<sub>10</sub>) nach ROBBA, 1976

Tab. 6: Abbauparameter mikrobizider Stoffe

|                  |   | Abbauparameter     |          |                     |  |
|------------------|---|--------------------|----------|---------------------|--|
|                  |   | biologischer Abbau |          | Adaptationszeit (d) | Abbaugeschwindigkeit nach Adaptation (% CSB/d) |
|                  |   | Grad (%)           | Zeit (d) |                     |  |
| Aldehyde         | Formaldehyd   | 100                |          | -1                  |  |
|                  | Glyoxal   |                    |          |                     |  |
|                  | Glutardialdehyd   |                    |          |                     |  |
| Phenole          | o-Phenylphenol  | 100                | 1        | 1-1,5               |  |
|                  | Benzylphenol  | 100                | 1        | 2,5-3,5             |  |
|                  | p-Chlor-m-Kresol  |                    |          |                     |  |
|                  | p-Chlor-o-Denzyphenol   | <40                |          | 14                  |  |
|                  | p-Chlorxylenol  |                    |          |                     |  |
| Pentachlorphenol |   |                    |          |                     |  |
| QAV              | TDBA (Tetradecyldimethylbenzylammoniumchlorid)                                    | 73-75              | 21       | 7-14                |  |
| Amphotenside     | Tego 51   | 98                 |          | 35                  |  |
|                  | Tego 103 G  | 98                 |          | 27                  |  |
| Per-Verbind.     | Peressigsäure   | 78                 |          |                     |  |
|                  |   | 90                 |          |                     |  |
| Schwermetalle    | TOTO (Tributylzinnoxid)   | >87                |          | 91                  |  |
|                  |   | 50                 |          |                     |  |
| Carbonsäuren     | Essigsäure  | >90                | 3        | 1                   | 40   |
|                  | Chloressigsäure   | >90                | 5,5      | 1                   | 17   |
|                  |   | (25-43)            |          |                     |  |
|                  | Benzoessäure  | >90                | 2        | 0                   | 48   |
|                  | Salicylsäure  | >90                | 4        | 1                   | 27   |
|                  | Dehydracetsäure   | >90                | 7        | 2,5                 | 20   |
| Amide            | Chloracetamid<br>3,4,4'-Trichlorcarbamilid<br>-p-Chloranilin<br>3,4-Dichloranilin | >90                | 6        | 0                   | 16   |
|                  |   | 97                 |          | 10-16               |  |
|                  |   | 50                 |          |                     |  |
|                  |   | ^ 5                |          |                     |  |
| Heterocyclen     | Isothiazolinon  | -100               | 14       |                     |  |
|                  | Isocyanursäure  | 10-12              |          |                     |  |

**Tab. 7: Zusammenstellung von Kaltreinigerbestandteilen und deren Toxizitätskennzahlen**

|  | Bewertungszahl<br>(akute Toxizität) |       | Wasserge-<br>fährdungs-<br>klasse |
|--|-------------------------------------|-------|-----------------------------------|
|  | Fisch                               | Bakt. |                                   |
| <b><u>Akohole:</u></b>                               |                                     |       |                                   |
| Butylglykol  | 2,7                                 | 3,6   | 1                                 |
| Isopropanol  | 2,1                                 | 2,0   | 1                                 |
| Polyvinylalkohol.                                    | -                                   | -     | -                                 |
| Isopropylalkohol                                     | 2,1                                 | 3,0   | 1                                 |
| 1,2 Propylenglykol                                   | 1,3                                 | <1,7  | 1                                 |
| Methanol   | <2                                  | 2,2   | 1                                 |
| Glykol u.Glykolderivate z.B:                         | <2                                  | <2    | 0                                 |
| diverse Lösemittel<br>und Hilfsstoffe:               |                                     |       |                                   |
| Triäthanolamin                                       | <2                                  | <2    | 0                                 |
| Oelin  | -                                   | -     | 0                                 |
| Wachse   | -                                   | -     | 0                                 |
| Harnstoff  | <2,0                                | <2,0  | 0-1                               |
| Duftstoffe   |                                     |       |                                   |
| Lösungsvermittler                                    |                                     |       |                                   |
| Entschäumer  |                                     |       |                                   |
| <b><u>Halogen-Kohlenwasserstoffe:</u></b>            |                                     |       |                                   |
| Methylenchlorid                                      | 3,3                                 | 3,3   | 2                                 |
| Tetrachlorethan                                      | 3,9                                 | 4,3   | 3                                 |
| Fluortrichlormethan                                  | 4,4                                 | <4,4  | 2                                 |
| <b><u>Kohlenwasserstoffe:</u></b>                    |                                     |       |                                   |
| Aromat.und aliphat.KW,z.B: Benzol                    | 4,5                                 | 4,0   | 3                                 |
| Toluol   | 4,2                                 | 4,5   | 2                                 |
| Xylol  | 4,1                                 | 3,7   | 2                                 |
| Testbenzin   | 3,6                                 | -     | 2                                 |
| Weißöl   | -                                   | -     | 0                                 |
| Kristallöl   |                                     |       |                                   |
| Paraffinöl   |                                     |       | 0                                 |
| Pineöl   |                                     |       | -                                 |
| <b><u>Natriumverbindungen:</u></b>                   |                                     |       |                                   |
| Natriumhydroxid                                      |                                     |       | 1                                 |
| Natriumsulfat  |                                     |       | 0                                 |
| Natriumkarbonat                                      |                                     |       | 0                                 |
| Na-Wasserglas  |                                     |       | -                                 |
| Na-metasilikat                                       |                                     |       |                                   |
| Na-ligninsulfonat                                    |                                     |       |                                   |
| <b><u>Phosphorsäure und Phosphate wie</u></b>        |                                     |       |                                   |
| Natriumorthophosphat                                 | 2,8                                 | 3     | 1                                 |
| Tetrakaliumdiphosphat                                | 3,1                                 | -     | 1                                 |
| Trinatriumphosphat                                   | 2,8                                 |       | 1                                 |
| Natriumdripropylphosphat                             | 2,8                                 |       | 1                                 |
| organische und<br><b><u>anorganische Säuren:</u></b> |                                     |       |                                   |
| Chlorwasserstoffsäure                                |                                     |       | 1                                 |
| Fluorwasserstoffsäure                                | -                                   | -     | 1                                 |
| Essigsäure   | 3,4                                 | 2,6   | 1                                 |
| Amidosulfosäure                                      | -                                   | -     | -                                 |
| Wasserenthärter                                      |                                     |       |                                   |
| Komplexbildner                                       |                                     |       |                                   |
| <b><u>Tenside:</u></b>                               |                                     |       |                                   |
| Nichtionogene  |                                     |       |                                   |
| Anionenaktive  |                                     |       |                                   |
| Kationenaktive                                       |                                     |       |                                   |

### Zusammenfassung

Die Wirkmechanismen toxischer Abwässer auf Kläranlagenbiocözenosen weichen von ökotoxikologischen Abläufen so weit ab, daß zu deren Untersuchung besondere Versuchsbedingungen vorliegen sollen.

Es werden die gebräuchlichen und z.T. auch normierten Bakterienhemmtests besprochen, die auf Messung des Stoffwechsels, der Atmung und sonstiger Bakterienaktivitäten beruhen.

Anhand der für jedes Testsystem charakteristischen Methodik und der Erfahrungen der Bundesanstalt werden die Einsatzbereiche einzelner Systeme, deren Eignung für den genannten Zweck und fallweise empfehlenswerte Modifikationen diskutiert und den Verfahrenskosten gegenübergestellt.

Anschließend werden für ein konkretes Beispiel einer abwasserrelevanten Stoffgruppe (Kaltreiniger) die maßgeblichen Kriterien für die Auswahl eines normierten Toxizitätstests vorgestellt.

### SUMMARY

#### Investigations of toxic effects on sewage plant biocenosis

The effect of toxic sewage components on sewage plant biocenosis differs from normal ecotoxicological occurrences. So it is necessary to develop special methods for investigation.

At first the usual and partly standardized bacterial inhibition tests are specified, based on a measurement of metabolism, respiration or other activities.

From a discussion of the different test methods and the experiences of the Federal Institute of Water Quality, an attempt is made to clarify the special qualities of each method and its suitability for the topic.



As an example of a frequently poisonous sewage-bound substance, the properties of cold-cleaning agents and the way of standardizing a special inhibition test are presented.

#### Literatur

- ATV (1986): Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Bd. VI.- Vlg. Ernst & Sohn, Berlin.
- AUER-WELSBACH, C. (1974): Wassergütwirtschaftliche Untersuchungen der erhöhten Mineralölschmutzfrachten aus Anwendungsbetrieben der Kaltreiniger, toxische Rezepturanteile.- Schrr. Wasserwirtschaft Wasservorsorge des BMLF, Wien (WWK).
- BAYER.LANDESAMT FÜR WASSERFORSCHUNG, MÜNCHEN (Hsg.) (1988): Gefährliche Stoffe im Abwasser und Oberflächenwasser.- Münchener Beiträge 42.
- BEGERT, A., KANDLER, W. (1977): Versuche zur gemeinsamen Reinigung von Kokereiabwasser und häuslichem Abwasser unter besonderer Berücksichtigung extremer Stoßbelastungen.- Vom Wasser 49, 71-116.
- BÖHNKE, B. (1983): Instrumente und Methoden zur Erkennung und Messung von Intoxikationen und anderen Störungen der Abwasser- und Schlammbehandlung.- GWA 63
- BRINGMANN, G., KÜHN, R. (1977): Grenzwerte der Schadwirkung wassergefährdender Stoffe gegen Bakterien (*Pseudomonas putida*) und Grünalgen (*Scenedesmus quadricauda*) im Zellvermehrungshemmtest.- WAF 10, 87-98.
- BRINGMANN, G., KÜHN, R. (1979): Vergleich der toxischen Grenzkonzentrationen wassergefährdender Stoffe gegen Bakterien, Algen und Protozoen im Zellvermehrungshemmtest.- Haustechnik Bauphysik - Umweltschutz 100, 249-252.
- BROECKER, B., ZAHN, R. (1977): The Performance of Activated Sludge Plants Compared with the Results of Various Bacterial Toxicity Tests - a Study with 3,5 - Dichlorphenol.- Wat. Res. 11, 165-172.
- DEUTSCHE EINHEITSVERFAHREN zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Hsg.: Ges. Deutscher Chemiker,- Vlg. Chemie, Weinheim.
- DIN 38412, Teil 25: Testverfahren mit Wasserorganismen. Bestimmung der biologischen Abbaubarkeit. Statischer Test.

- FISCHER, W.K., GERIKE, P., SCHMID, R. (1974): Methodenkombination zur sukzessiven Prüfung und Bewertung der biologischen Abbaubarkeit synthetischer Substanzen, z.B. organischer Komplexbildner, über allgemein gültige Summenparameter (BSB, CO<sub>2</sub>, COD, TOC).- WAF 7, 99-118.
- HAHN, J. (1988): Biologische Testverfahren für Kläranlagenzu- und Abläufe im Zusammenhang mit den neuen Anforderungen des WHG. und Abw. AG.- GWF 129, 377-385.
- ISO 8192 (1986): Water Quality - Test for Inhibition of Oxygen Consumption by Activated Sludge.
- KANNE, R. (1988): Aussagekraft ökotoxikologischer Testverfahren zur Beurteilung von Abwässern.- GWF 129, 394-397.
- KOPPE, P., STOZEK, A. (1986): Kommunales Abwasser.- Vulkan-Verlag, Essen.
- KUNZ, P., FRIETSCH, G. (1986): Mikrobizide Stoffe in biologischen Kläranlagen.- Vlg. Springer, Berlin.
- LIEBMANN, H. (1965): Über die Grundlagen der Abwasserphysiologie.- Wass W 55, 219-229, 256-261, 304-307.
- ÖNORM B 5104 (1988): Abwasserverhalten von Kaltreinigungsmitteln für KFZ- und Motorenreinigung.- Hsg.: Öst.-Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM ISO 7827 (1987): Wasseruntersuchung; Bestimmung der Gesamtabbaubarkeit mit aeroben Mikroorganismen von organischen Substanzen in einem wässrigen Medium.- Hsg.: Öst. Normungsinstitut, Wien.
- ÖWWV - Regelblatt 16 (1984): Hinweise für das Einleiten von Abwasser von Tankstellen, KFZ-Waschplätzen und Werkstätten in eine öffentliche Abwasseranlage oder einen Vorfluter.- Öst. Wasserwirtschaftsverband, Wien.
- OFFHAUS, K. (1969): Abwasserbewertung mit Hilfe von Toxizitäts- und Belebtschlamm-Versuchen.- WAF 2, 171-179.
- OFFHAUS, K. (1973): Beurteilung der Abwasserreinigung durch analytische Verfahren.- Münchener Beiträge 24, 169-196.
- PAGGA, U. (1980): Respiratorischer Abbau- und Toxizitätstest mit Belebtschlamm zur Prüfung von Substanzen im Abwasser.- Vom Wasser 55, 313-325.
- (1981): Der Kurzzeitatmungstest eine einfache Methode zur Bestimmung der Atmungsaktivität von Belebtschlamm.- Vom Wasser 57, 263-275.

- PAGGA, U.(1983): Die Bedeutung von Biotests für die Toxizitätsbestimmung von Abwässern.- Wass W 73, 65-70.
- REIMANN, K. (1966): Über die Grundlagen der Abwasserphysiologie.- Wass W 56, 243-249.
- (1977): Toxizitäts-Teste.- Münchener Beiträge 27, 99-104.
- (1978): Die Prüfung der Toxizität von Schadstoffen bei der Gewässerüberwachung.- Münchener Beiträge 30, 13-18.
- REINNARTH, G., RÜFFER, H. (1983): Bestimmung der Sauerstoffverbrauchsrate von Belebtschlamm.- Vom Wasser 60, 223-225.
- ROBRA, H.(1979): Akute Bakterientoxizität: Auswertungen von Ringversuchen mit einer Reinkultur im Vergleich zu Untersuchungen an Mischpopulationen.- Vom Wasser 53, 267-282.
- ROTH, L. (Hsg.) (1985): Wassergefährdende Stoffe.- Verlg. Ecomed, Landsberg/Lech.
- SEKOULOV, J., BARDKE, D.(1970): Untersuchungen zur schnelleren Bestimmung der Aktivität von Belebtschlamm.- GWF 111,18-20.
- ZAHN, R., WELLENS, H. (1980): Prüfung der biologischen Abbaubarkeit im Standversuch - weitere Erfahrungen und neue Einsatzmöglichkeiten.- WAF 13, 1-7.
- Diverse Schriftwechsel und Berichte im Rahmen der DIN,- ISO-und OECD-Normung.

Anschrift des Verfassers: Hofr.Dipl.-Ing. Herbert DONNER,  
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): Donner Herbert

Artikel/Article: [Untersuchungen toxischer Einwirkungen auf Kläranlagenbiozönosen. 33-67](#)