

## Möglichkeiten des Nachweises einer schädigenden Wirkung von Stoffen - z. B. auch von Pflanzenschutzmitteln - auf den biologischen Abbau in Wasser und Abwasser\*

K. OFFHAUS

In unserem Fachgebiet sind unter anderem immer wieder zwei Fragen von entscheidender Bedeutung:

1. Wie verläuft und wie hoch ist die Abbaubarkeit?
2. Wie hoch ist die Toxizität der zu untersuchenden Probe?

Diese Fragen beschränken sich in der Abwasserbiologie und -chemie nicht nur auf bestimmte Stoffe, wie etwa Detergentien, Bohr- und Schleifölemulsionen oder auch auf Pflanzenschutzmittel — nein, sie haben allgemeine Bedeutung.

Deshalb soll versucht werden, über ein allgemein gültiges Verfahren für toxisch wirksame Substanzen im Abwasser zu berichten, das in den letzten Jahren an unserer Anstalt erarbeitet worden ist.

Immer wieder wird bei der Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB<sub>5</sub>) darüber geklagt, daß je nach Verdünnung ein ganz verschiedener BSB<sub>5</sub> gemessen werden kann. Dies ist ein deutlicher Hinweis, daß neben ernährenden auch toxische Einflüsse in der zu untersuchenden Probe vorhanden waren.

---

\* Die in dieser Arbeit angedeuteten Analysenverfahren werden in Kürze ausführlich in „Die Wasserwirtschaft“, Zeitschrift des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft e. V., Franckh'sche Verlagshandlung (Stuttgart) erscheinen, so daß auf Einzelheiten an dieser Stelle nicht mehr eingegangen werden brauchte. Literaturangaben werden ebenfalls dort gebracht.

In diesen Fällen muß über die Toxizitätsmessung der „wahre“ BSB ermittelt werden.

Abbauhemmende und abbaufördernde Eigenschaften einer zu untersuchenden Probe zeigen ständig Überschneidungen, je nachdem, welcher von diesen beiden Einflüssen überwiegt. Man muß also bemüht sein, einen Verfahrensweg zu suchen, der es gestattet, diese beiden Größen zu trennen. Eine solche Untersuchung wird immer eine Toxizitätsmessung erforderlich machen. Sie kann aber nur Einblick in die Geschehnisse geben, wenn es möglich ist, die Geschwindigkeit des Ablaufes,  $y = f(t)$ , laufend zu registrieren.

Oftmals ist es so, daß Einzeluntersuchungen überbewertet werden und dadurch der Zusammenhang des Untersuchungsganges verlorengeht. So wichtig Einzeluntersuchungen auch sind, für die Praxis sinnvoll werden sie aber oft erst dann, wenn sie durch andere Untersuchungen ergänzt werden. Die Bewertung von Abwässern wird meistens überhaupt erst möglich, wenn man die Untersuchungen in der Gesamtheit betrachtet, wobei die Methoden zur Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs und der Toxizität eine ganz entscheidende Rolle spielen.

### Gang einer Untersuchung Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB)

Hierfür stehen vier Verfahren zur Verfügung. Die Bestimmung nach der Verdünnungsmethode, nach VIEHL, mit der WARBURG-Apparatur und mit dem Sapromat.

Bei der Verdünnungsmethode erhalten die Bakterien ein einmaliges Sauerstoffangebot von etwa 9—10 mg/l, mit dem sie auskommen müssen. Sehr rasch können sie in einen Sauerstoffmangel hineingeraten. Da der Sauerstoff der begrenzende Faktor ist, muß eben vielfach sehr stark verdünnt werden. Bei geringsten analytischen Fehlern werden diese mit dem hohen Verdünnungsfaktor multipliziert und gehen in die Berechnung ein. Die Verdünnungsmethode ist auch heute noch die gebräuchlichste, so daß man sie für vergleichende Untersuchungen mit anderen Verfahren immer einsetzen muß. Nach persönlicher Meinung des Verfassers erfüllt sie nicht die physiologischen Bedingungen. Es wird wohl geatmet oder gezehrt, jedoch ohne jeglichen Sauerstoffnachschub.

Der einmal in das Wasser eingebrachte Sauerstoff in gelöster Form wird verbraucht.

Ganz anders liegen schon die Verhältnisse nach dem Verfahren von VIEHL. Diese billige, einfache und gut anwendbare Methode arbeitet mit einem etwa dreifach höheren Sauerstoffgehalt (25—30 mg/l). Sie ist auch sofort einsetzbar, da das Verdünnungswasser ohne tagelange Vorbelüftung sofort vorhanden ist. Außerdem ist sie ausgesprochen zeitsparend und ermöglicht die sofortige Untersuchung einer Abwasserprobe. Man kann zum Teil unverdünnt, gering verdünnt, oder auch mit hoher Verdünnung arbeiten. Trotz des hohen Sauerstoffgehaltes in Höhe von 25—30 mg/l konnten Schädigungen der Bakterien nicht beobachtet werden. Wenn nicht unnötig geschüttelt wird, tritt über einen längeren Zeitraum kein nennenswerter Sauerstoffschwund auf. Dieses Verfahren, das auch für BSB-Messungen am Vorfluter verwendet werden kann, zeigt gute Übereinstimmung mit dem BSB nach der Verdünnungsmethode.

Bei beiden Verfahren kann mit sehr hohen Verdünnungen gearbeitet werden, da man hier den Sauerstoffgehalt nach der Methode von WINKLER bestimmt, mit der 0,5 mg/l O<sub>2</sub> nachgewiesen werden können.

Bei den folgenden zwei Verfahren zur BSB-Bestimmung findet die bakterielle Atmung unter ständigem Sauerstoffnachschub statt, so daß die physiologischen Bedingungen fast annähernd erfüllt werden. Bei der WARBURG-Apparatur der Firma B. BRAUN, Melsungen, wird unter ständigem Schütteln der Sauerstoff aus dem über dem Untersuchungswasser liegenden Luftpolster eingetragen.

Bei dem Gerät der Maschinenfabrik M. VOITH, Heidenheim (Brenz), wird der Sauerstoff laufend, je nach Bedarf, elektrolytisch erzeugt und steht sozusagen „auf Abruf“ zur Verfügung (Sapromat).

Die WARBURG-Apparatur hat sich zur Zehrungsmessung sehr gut bewährt. Der Sapromat wird zur Zeit an der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt vergleichend mit den anderen Methoden geprüft. Die ersten bisher vorliegenden Ergebnisse sehen sehr erfolversprechend aus. Bei beiden Verfahren ist eine Titration nicht mehr erforderlich.

Die grundsätzlichen Schwierigkeiten, die der Einführung solcher neuen Methoden im Wege stehen, sind nach dem heutigen Stand der Entwicklung nicht mehr nur sachliche, sondern überwiegend auch traditionelle. Es steht außer Zweifel, daß die BSB-Bestimmung mit Hilfe der Verdünnungsmethode viele Jahre das beste und auch einfachste Verfahren war, von dem man sich schlecht trennen kann. Heute allerdings steht dieses Verfahren den Neuentwicklungen oft hemmend im Wege, weil leider zwischen diesen und der BSB-Bestimmung nach der Verdünnungsmethode keine allgemein gültigen Relationen gefunden werden können, so daß ein direkter Vergleich der Werte nach einer bestimmten Abbaupzeit noch nicht möglich erscheint.

Eines Tages wird man aber sicher, zumindest für konzentrierte Abwässer, neue Verfahren zur Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs einführen und allgemein anerkennen müssen, zumal diese sehr viele Vorteile bieten. Bei der Bedeutung, die der Bestimmung des BSB in Abwässern und Gewässern zukommt, sind die neuen Geräte u. E. auch wirtschaftlich vertretbar.

Die BSB-Bestimmung ist die Grundlage für den weiteren Untersuchungsgang.

#### Die Toxizitätsmessungen nach VIEHL, mit dem WARBURG-Apparat und dem Sapromat zur Bestimmung des „wahren“ BSB<sub>5</sub>

Für Substanz- oder Abwasseruntersuchungen, die ungiftig oder frei von giftig wirkenden Begleitstoffen sind, genügen die hier aufgeführten BSB-Untersuchungen.

Sind aber abbauhemmende und abbaufördernde Stoffe in einer Probe vorhanden, dann wird mit denselben Verfahren über die Toxizitätsmessung der „wahren“ BSB bestimmt.

Der „wahre“ BSB wird bei der Verdünnung ermittelt, bei der die zu untersuchende Probe nach fünftägiger, oder der jeweils gewünschten Abbauzeit, keine nachweisbare abbauhemmende Wirkung mehr zeigt.

Die Festlegung ist mit Hilfe eines zusätzlichen Peptonversuches möglich.

Bei dieser durchzuführenden Untersuchung ergänzen sich das modifizierte VIEHLSche Verfahren mit der WARBURG-Apparatur und wahrscheinlich auch mit dem Sapromat auf beste Weise. Es ist durchaus möglich, daß man nach dem ersten Verfahren den „wahren“ BSB nicht bestimmen kann, da die Proben bei geringerer Verdünnung bereits ausgezehrt sind, ohne daß der „wahre“ BSB ermittelt werden konnte. In diesen Fällen muß konzentrierter gearbeitet werden und das ist dann überhaupt nur noch mit dem WARBURG-Apparat oder auch mit dem Sapromat möglich. Dies ist ein glücklicher Umstand, da man bei sehr hohen Verdünnungen bei der modifizierten Methode nach VIEHL den Sauerstoffgehalt nach der sehr empfindlichen WINKLER-Methode, bei der noch 0,5 mg/l nachweisbar sind, mißt, während bei den anderen Verfahren manometrisch bzw. volumetrisch gemessen wird und hier, nach unseren bisherigen Erfahrungen, der Sauerstoffgehalt erst ab 10—15 mg/l zu erfassen ist. Dafür bieten eben die beiden zuletzt genannten Verfahren bei der Untersuchung konzentrierter Abwässer ganz besondere Vorteile.

Selbstverständlich ist auch diesem Verfahren eine Grenze gesetzt, sobald wegen der Toxizität des zu untersuchenden Abwassers eine Verdünnung erforderlich wird, die so hoch ist, daß kaum noch eine Zehrung meßbar ist.

Wie bereits erwähnt, wird der „wahre“ BSB mit Hilfe eines Peptonstestes nur durch eine einmalige Messung, z. B. nach dem fünften Tag, ermittelt.

Um aber Einblick in die Geschwindigkeit des Abbaues zu erhalten, setzt man von der, dem „wahren“ BSB entsprechenden Verdünnung, einen Versuch mit kontinuierlicher Messung an. Zweckmäßigerweise werden auch noch zusätzlich eine höhere und eine niedrigere Verdünnung mit angesetzt.

Bei der modifizierten Toxizitätsmessung nach VIEHL gibt es kein selbstschreibendes Verfahren, man muß sich hier damit begnügen, die jeweilige Zehrung immer täglich zu bestimmen, um wenigstens von jedem Tag einen Meßpunkt zu erhalten und sich dadurch einen behelfsmäßigen Einblick über die Geschwindigkeit des Abbaues verschaffen zu können.

Bei dem WARBURG-Apparat ist schon heute eine gute kontinuierliche Messung möglich, da zusätzlich zu dem Gerät der Longator entwickelt worden ist, der laufend die Atmung bei konstantem Volumen registriert. Wir haben mit diesem Gerät gute Atmungskurven erhalten, die es ermöglichen, die Hemmwerte zu planimetrieren. Damit konnte der Hemmwert im Vergleich zur Kontrolle in Prozenten angegeben werden.

Auf unseren Vorschlag hin ist eine solche kontinuierliche Messung auch bei dem Sapromat eingebaut worden, so daß auch ohne Anwesenheit technischer Kräfte eine laufende Ablesung ermöglicht wird. Die Auswertung erfolgt bei beiden Verfahren mit Hilfe der Planimetrie.

Man erhält so von jeder gewünschten Verdünnung, innerhalb eines Zeitraumes oder nach einer gewünschten Zeit, die entsprechenden Hemmwerte bzw. Hemmflächen nach der Funktion  $y = f(t)$ .

Es sei erwähnt, daß Verfahren zur Toxizitätsmessung immer die Geschwindigkeit des Ablaufes verfolgen sollten. Eine Festlegung mit einem einzigen Meßwert nach einer bestimmten Zeit kann zu beachtlichen Fehlurteilen führen.

Um Aussagen über abbaufördernde und abbauhemmende Substanzen, die gleichzeitig in der zu untersuchenden Substanz oder dem Abwasser vorhanden sind, machen zu können, werden sämtliche folgenden Toxizitätsversuche immer nach folgendem Plan angesetzt:

Tabelle 1

Versuch	Verd.-H <sub>2</sub> O	Bakterien (Impfwasser)	Pepton	zu prüf. Substanz	
1	+	+	+	—	Kontrolle
2	+	—	—	+	Chem. Oxyd.
3	+	+	—	—	Eigenzehrung Bakt.
4	+	+	—	+	Abbau d. Sub- stanz = BSB
5	+	+	+	+	Hauptversuch

### Toxizitätsmessung mit dem modifizierten Verfahren nach VIEHL zur Bestimmung des „wahren“ BSB

A. Einmalige Messung jeweils nach dem fünften Tag  
mit verschiedenen Verdünnungen

#### Nährlösungen und Impfwasser

- a) 8,5 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>  
 21,75 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>  
 33,4 g Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 2 H<sub>2</sub>O  
 1,7 g NH<sub>4</sub>Cl

werden in etwa 500 ml H<sub>2</sub>O dest. gelöst und auf 1000 ml aufgefüllt. Der pH-Wert soll 7,2 betragen.

- b) 22,5 g MgSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O ad 1000 ml H<sub>2</sub>O dest.  
 c) 27,5 g CaCl<sub>2</sub> ad 1000 ml H<sub>2</sub>O dest.  
 d) 0,25 g FeCl<sub>3</sub> 6 H<sub>2</sub>O ad 1000 ml H<sub>2</sub>O dest.

jeweils 1 ml von a), b), c) und d) werden zu 1 Liter Verdünnungswasser zugegeben.

Als Impfwasser dient frisch entnommenes mechanisch geklärtes Abwasser nach zweistündiger Absetzzeit.

Die in Tabelle 1 angegebenen Versuche 1, 4 und 5 sind als Grundversuche anzusehen, da aus diesen drei Untersuchungen der „wahre“ BSB<sub>5</sub> ermittelt werden kann.

### U n t e r s u c h u n g s g a n g

Chlorhaltiges Leitungswasser

Leitungswasser 24 Stunden  
belüften.  
Zusatz der Nährsalze.

Destilliertes Wasser  
Keine Vorbelüftung.  
Zusatz der Nährsalze.

Vorrats-Verdünnungswasser

500 ml Verd.-Wasser + 0,5 ml Impfwasser + 1,0 ml einer 1<sup>0</sup>/oigen sterilen Peptonlösung + die zu untersuchende Probe (Tab. 1, Versuch 5) gibt man in eine 1 Liter-Mischbürette und füllt mit Verd.-Wasser auf 1000 ml auf.

In diesem Wasser wird nun 10 sec. lang über ein Rotameter L 10, bei einem Stand zwischen 10—12, aus einer Sauerstoffbombe Sauerstoff eingeleitet. Unter diesen Bedingungen enthält das Wasser nach Einleitung 25—30 mg/l O<sub>2</sub>.

Als Kontrolle dient der gleiche Ansatz, nur ohne das zu prüfende Wasser, also:

0,5 ml Impfwasser + 1,0 ml einer 1<sup>0</sup>/oigen sterilen Peptonlösung in 1000 ml Verd.-Wasser (Tab. 1, Versuch 1).

Ebenso setzt man an:

0,5 ml Impfwasser + die zu untersuchende Probe in 1000 ml Verdünnungswasser (Tab. 1, Versuch 4).

Stellt sich nach der ersten Versuchsserie heraus, daß z. B. die Eigenzehrung oder die chemische Oxydation (Tab. 1, Versuch 2 und 3) unbedeutend sind, so können diese Untersuchungen bei weiteren Versuchen weggelassen werden.

## Auswertung der Ergebnisse und ihre Darstellung nach A.

Die Auswertung erfolgt nach Aufstellung der in Abb. 1 wiedergegebenen Kurven, wobei immer die hier genannten Verdünnungen angesetzt werden. Einige Meßwerte sind dann meist auswertbar.

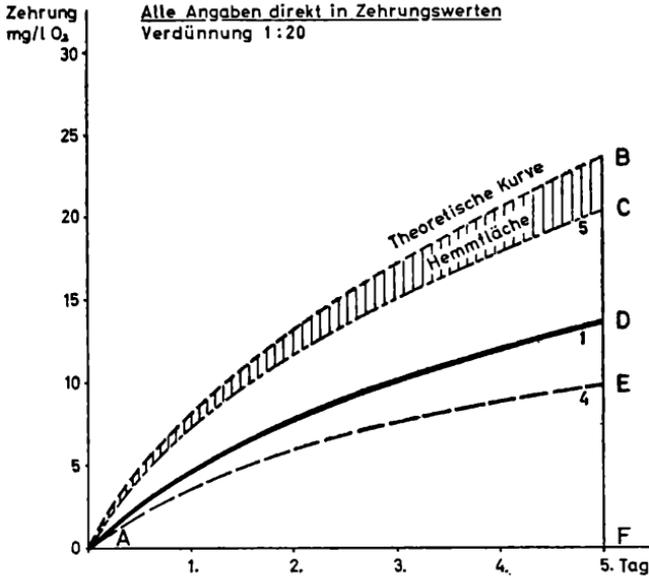


Abb. 1: Toxizitätsmessungen nach dem modif. Verfahren von VIEHL, jeweils am 5. Tag, bei verschiedenen Verdünnungen vor Bestimmung des „wahren“ BSB<sub>5</sub>

Die Kurvenbezeichnungen beziehen sich auf die in der Tabelle 1 angegebenen Versuche 1—5.

Kurve 1 zeigt die Kontrolle, die als Gerade gezeichnet werden kann, weil in allen Verdünnungen auch immer die in der Kontrolle vorhandene gleiche Menge Pepton vorhanden ist.

- Kurve 5 zeigt im Vergleich zu Pepton einen gesteigerten Abbau bei den verschiedenen Verdünnungen.  
 Kurve 4 zeigt den BSB<sub>5</sub> bei den verschiedenen Verdünnungen.  
 Kurve 2 und  
 Kurve 3 zeigen die chemischen Oxydation und die Eigenzehrung, die in diesem Falle unberücksichtigt bleiben kann.

Sind in dem der Kurve 4 und 5 entsprechenden Versuch neben den abbaufördernden nur geringe Mengen an abbauhemmenden Substanzen vorhanden, dann steigen die Kurven mit steigender Konzentration auch laufend an und die Folge ist, daß der Versuch bereits bei einer Verdünnung von z. B. 1:1250 ausgezehrt sein kann. Dann ist es, trotz Sauerstoffanreicherung des Wassers, nicht mehr möglich, nach diesem Verfahren weiterzuarbeiten, weil der Sauerstoff der begrenzende Faktor bleibt. In diesen Fällen wird der Anschluß mit dem WARBURG-Versuch hergestellt, bei dem man wesentlich konzentrierter arbeiten kann.

Sind stark wirksame abbauhemmende Substanzen vorhanden, dann wird man weiter stark verdünnen müssen und man kommt mit dieser Versuchsanordnung zu gut brauchbaren Ergebnissen. In diesem Falle kann man eventuell auf den WARBURG-Versuch verzichten, weil der Hemmwert nach diesem Verfahren festgelegt werden kann.

Eine solche Kurve dient als Grundversuch für die später durchzuführenden Untersuchungen. Während der Verfasser früher nur den Abbau gegenüber der Kontrolle (Peptonlösung) verfolgte, obgleich der BSB (4) immer mit untersucht wurde, gab Herr Dr. K. REIMANN von unserer Anstalt für dieses Untersuchungsverfahren einen wichtigen, sehr brauchbaren Hinweis.

Wie die Versuche zeigen, kann es bei gleichzeitiger Anwesenheit von ernährenden und toxischen Substanzen zu Überschneidungen kommen, wobei je nach den Versuchsbedingungen die eine oder andere Komponente verdeckt wird. Dies kann eventuell zu einer falschen Beurteilung des zu untersuchenden Wassers führen. Die oben angegebene Versuchsanordnung gestattet aber auch hier einen Einblick in diese recht komplizierten Verhältnisse.

Pfropft man nämlich auf die in der Kurve 4 niedergelegten Werte immer den Peptonwert der Kontrolle auf, dann erhält man die theoretische Kurve, die der zu untersuchenden Substanz + Pepton entsprechen würde, wenn keine Hemmstoffe vorhanden wären. Nun zeigt aber Kurve 5, die den Abbau des Peptons + der Nährstoffe der zu untersuchenden Substanz mit den in ihr enthaltenen toxischen Stoffen wiedergibt, daß diese zwar die Peptonkurve (Kontrolle) überschreitet und einen gesteigerten Abbau gegenüber der Kontrolle zeigt, daß sie aber unter der theoretischen Kurve liegt. Der relativ

gute Abbau wird schon hier bereits durch die Anwesenheit von Giftstoffen gehemmt. Der in der Abbildung schraffierte Teil entspricht der Hemmfläche.

Man erkennt am Beispiel, daß die abbauhemmende Wirkung bei einer Verdünnung von etwa 1:1250 behoben ist.

Der bei dieser Verdünnung ermittelte BSB wird in diesem Beispiel als „wahrer“ BSB bezeichnet.

Der abbauhemmende Einfluß wirkt sich bei diesem Beispiel am stärksten bei der Verdünnung 1:20 aus.

Grundsätzlich kann man deshalb für die hier geschilderten Toxizitätsmessungen sagen:

1. Hat man eine giftig wirkende Substanz ohne ernährnde Zusätze, wie z. B. Zink-, Kupfer-, Nickel- oder Eisensalze usw., dann kann die Hemmung allein im Vergleich zur Kontrolle gemessen werden.
2. Sind aber in einer Mischung giftig wirkende Substanzen zu prüfen, die außerdem ernährnde Komponenten enthalten (was meistens der Fall ist) oder Substanzen, die je nach Konzentration abbaufördernd oder abbauhemmend wirken, so sind mindestens, wie eben gezeigt, die Versuche 1, 4 und 5 bei verschiedenen Verdünnungen durchzuführen, um den „wahren“ BSB zu ermitteln.
3. Muß auf Grund der Versuchsergebnisse weiter verdünnt werden, um den „wahren“ BSB zu ermitteln, dann kann mit dem Verfahren nach VIEHL weiter gearbeitet werden, weil der Sauerstoffgehalt in Höhe von 25—30 mg/l den erforderlichen BSB deckt. Muß man dagegen höher konzentrieren, dann ermittelt man die Grenzwerte zweckmäßigerweise mit dem WARBURG-Apparat oder mit dem Sapromat der Firma M. VOITH, Heidenheim, weil bei diesen Verfahren für die Atmung genügend Sauerstoff zur Verfügung gestellt wird.

Man hat also mit dem genannten Verfahren die Möglichkeit, im Vorversuch für die später durchzuführenden Hauptversuche die toxikologischen Grenzwerte abzutasten und außerdem die Toxizität bei verschiedenen Verdünnungen festzulegen.

B. Tägliche Messungen jeweils am 1., 2., 3., 4. und 5. Tag mit verschiedenen Verdünnungen, nach Ermittlung des „wahren“ BSB

#### Durchführung der Versuche

Wie unter A beschrieben.

Diesmal wird, im Gegensatz zu A, von jedem Tag (1., 2., 3., 4. und 5. Tag) und von jeder gewünschten Verdünnung der BSB bestimmt, so daß man von jeder Bestimmung neben der Kontrollkurve jeweils auch die Geschwindigkeit des Abbaues erhält. Die sich daraus ergebenden Flächen können, wie später bei den WARBURG-Versuchen beschrieben, planimetriert werden. Die Steigerung oder Hemmung des Abbaues wird dann in Prozenten angegeben.

#### Auswertung der Ergebnisse und ihre Darstellung nach B.

Nachdem man aus dem Kurvenverlauf nach A einen Anhalt über den Einfluß der zu untersuchenden Substanz auf den biochemischen Abbau um den „wahren“ BSB erhalten hat, kann man nun die besonders interessierenden Verdünnungen herausgreifen und nach B untersuchen. Damit erhält man einen Einblick in die Geschwindigkeit des Abbaus der jeweils betreffenden Verdünnung. Die Auswertung erfolgt hier nach folgendem Schema:

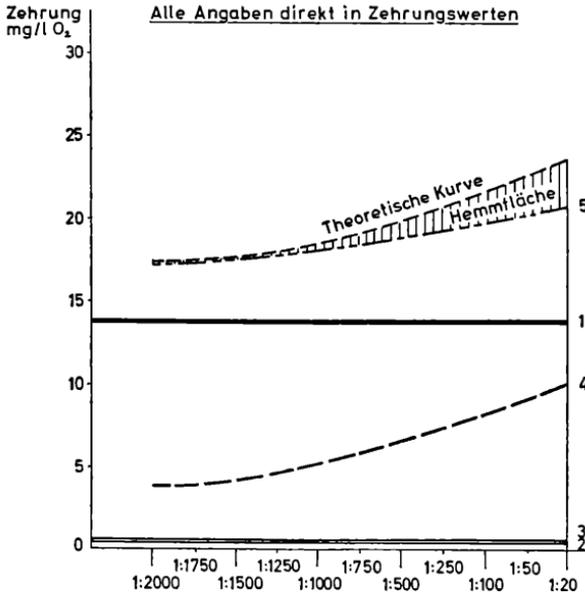


Abb. 2: Toxizitätsmessungen nach dem modif. Verfahren von VIEHL, nach dem 1., 2., 3., 4. und 5. Tag, bei gleicher Verdünnung, zur Bestimmung des „wahren“ BSB<sub>5</sub>

Die Hemmungswerte können nach beliebiger Zeit oder beliebigem Zeitabstand durch Planimetrie bestimmt werden. Auch hier kann Hemmung oder Steigerung des biologischen Abbaus gegenüber der Kontrolle (Pepton) bestimmt oder auch die Hemmfläche planimetriert werden.

$(ABF = 100\%) - (ACF \text{ in } \%) = (ABC) \text{ Hemmfläche in } \%$ .

Der Sauerstoff wird bei allen Untersuchungen nach der Methode von WINKLER titriert.

Es muß aber noch einmal erwähnt werden, daß auch nach dem modifizierten Verfahren nach VIEHL durch den Sauerstoffgehalt im Wasser in Höhe von 25—30 mg/l Grenzen gesetzt sind. Dazu kommt noch, daß man

aus arbeitstechnischen Gründen die Geschwindigkeit des Abbaues nur durch einen täglichen Meßwert verfolgen kann. Trotz der sehr großen Vorteile dieses Verfahrens, insbesondere bei BSB<sub>5</sub>-Bestimmungen an Vorflutern und mit dünnen Abwässern, muß man bemüht sein, für bestimmte toxikologische Fragestellungen zusätzlich nach Verfahren zu suchen, die es gestatten, kontinuierlich Sauerstoff in das zu untersuchende System einzutragen und eine fortlaufende Messung des Biochemischen Sauerstoffbedarfes gestatten. Dies ist mit dem WARBURG-Apparat S 85 der Firma B. BRAUN, Melsungen, möglich, für den ein gut brauchbares, automatisch registrierendes Zusatzgerät entwickelt worden ist, das die Bakterienatmung bei gleichbleibendem Volumen registriert. Mit diesem Gerät, das unter dem Namen LONGATOR angeboten wird, wurden die folgenden Versuche durchgeführt.

Zur Zeit wird auch mit dem von der Maschinenfabrik M. VOITH in Heidenheim (Brenz) angebotenen SAPROMAT gearbeitet, bei dem der Sauerstoff elektrolytisch erzeugt wird. Die ersten Vorversuche sind sehr positiv verlaufen.

### Toxizitätsmessung mit der WARBURG-Apparatur

Beispiel für die Durchführung eines Versuches zur Bestimmung des „wahren“ BSB mit den Verdünnungen 1:10, 1:20 und 1:100

Bei den Toxizitätsbestimmungen mit der WARBURG-Apparatur werden in unserem Labor meist die Verdünnungen 1:100, 1:20 und 1:10 angesetzt, also sehr konzentriert gearbeitet. Damit erreicht man den Anschluß an die Toxizitätsmessung nach VIEHL. Beide Verfahren ergänzen sich dadurch gut.

Die Firma B. BRAUN, Melsungen, hat in letzter Zeit neue Manometer mit verlängerten Vertikal-Kapillaren herausgebracht, die sich im Einsatz sehr bewährt haben. Damit kann man mit dem Modell S 85 insgesamt 14 Meßstellen einrichten.

Auch hier wird wieder nach dem gleichen Schema (Tab. 1) gearbeitet. Je nach Bedarf wird über 1—120 Stunden gemessen. Verdünnungswasser und Impfwasser siehe Seite 8/9.

Impfwasser: Iw; Peptonlösung: Pl; Verd.-Wasser: Vw; Zu untersuch. Wasser: Uw.

## Thermobarometer:

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 1. Kontrolle:                     | 0,3 ml Iw + 1,0 ml Pl + 8,7 ml Vw             |
| 2. Chem. Oxydat:                  | — — — + 10,0 ml Uw                            |
| 3. Eigenzehrung:                  | 0,3 ml Iw — + 9,7 ml Vw                       |
| 4. BSB,<br>Verd. 1:10:            | 0,3 ml Iw — + 8,7 ml Vw + 1,0 ml Uw           |
| 5. Hauptversuch,<br>Verd. 1:10:   | 0,3 ml Iw + 1,0 ml Pl + 7,7 ml Vw + 1,0 ml Uw |
| 6. Hauptversuch,<br>Verd. 1:10:   | 0,3 ml Iw + 1,0 ml Pl + 7,7 ml Vw + 1,0 ml Uw |
| 7. BSB,<br>Verd. 1:20:            | 0,3 ml Iw — + 9,2 ml Vw + 0,5 ml Uw           |
| 8. Hauptversuch,<br>Verd. 1:20:   | 0,3 ml Iw + 1,0 ml Pl + 8,2 ml Vw + 0,5 ml Uw |
| 9. Hauptversuch,<br>Verd. 1:20:   | 0,3 ml Iw + 1,0 ml Pl + 8,2 ml Vw + 0,5 ml Uw |
| 10. BSB,<br>Verd. 1:100:          | 0,3 ml Iw — + 9,6 ml Vw + 0,1 ml Uw           |
| 11. Hauptversuch,<br>Verd. 1:100: | 0,3 ml Iw + 1,0 ml Pl + 8,6 ml Vw + 0,1 ml Uw |
| 12. Hauptversuch,<br>Verd. 1:100: | 0,3 ml Iw + 1,0 ml Pl + 8,6 ml Vw + 0,1 ml Uw |

Sollte eine chemische Oxydation festgestellt werden, dann ist diese auch für die einzelnen Verdünnungen unter Zugabe von Verdünnungswasser zu bestimmen.

## Auswertung der Ergebnisse bei der Verdünnung 1:10

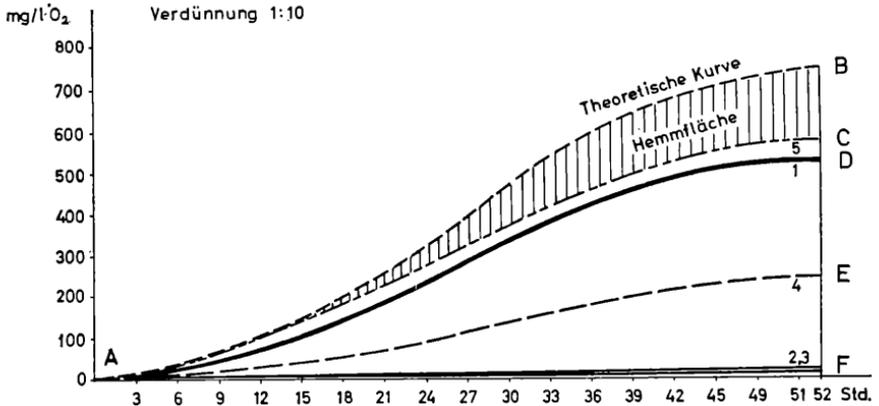


Abb. 3: Toxizitätsmessungen mit dem Warburg-Apparat oder dem Saproamat, bei gleicher Verdünnung, zur Bestimmung des „wahren“ BSBs

Obleich das Abwasser einen höheren BSB zeigt als vorher, darf man sich in der Beurteilung nicht täuschen lassen. Pflöpft man hier auf die Kurve 4 die Peptonwerte der Kontrolle auf, dann erhält man wieder die gezeichnete theoretische Kurve. Man sucht also die Verdünnung, bei der keine Hemmfläche mehr auftritt. Diese Verdünnung entspricht dann der Grenzkonzentration.

Die tatsächlich gemessenen Werte werden durch die Kurve 5 (Hauptversuch) wiedergegeben. Dieser Kurvenverlauf liegt jetzt weit unter dem theoretischen. Es entsteht eine ausgeprägte Hemmfläche (ABC).

Hier waren also, trotz des relativ hohen BSB, Hemmstoffe vorhanden, die einen falschen BSB vortäuschten.

Wie vorher bereits gezeigt, kann man jede Fläche planimetrieren und erhält so einen guten Einblick über den wahren Abbau. Die Hemmung kann wie folgt ermittelt werden:

$$(ABF = 100\%) - (ACF \text{ in } \%) = (ABC) \text{ Hemmfläche in } \%$$

## Auswertung der Ergebnisse bei der Verdünnung 1:20

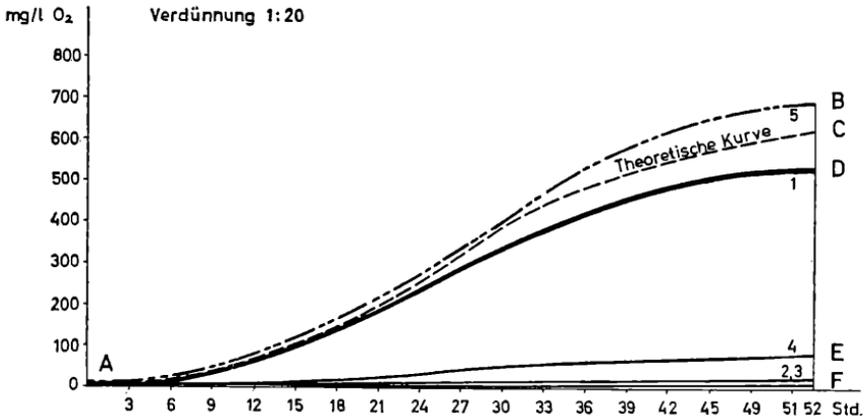


Abb. 4: Toxizitätsmessungen mit dem Warburg-Apparat oder dem Sapromat, bei gleicher Verdünnung, zur Bestimmung des „wahren“ BSB<sub>5</sub>

Man erkennt deutlich, daß das Abwasser, trotz des niedrigen BSB, sich nicht mehr hemmend auswirkt. Pflöpft man auf die Kurve 4 (BSB) die Peptonwerte der Kontrolle (1) auf, dann erhält man die gezeichnete theoretische Kurve.

Die tatsächlich gemessenen Werte werden durch die Kurve 5 (Hauptversuch) wiedergegeben. Dieser Kurvenverlauf liegt sogar noch etwas über dem theoretischen, auf keinen Fall jedoch darunter. In einem solchen Falle waren keine Hemmstoffe in der gewählten Verdünnung nachweisbar gewesen und man darf annehmen, daß der gemessene BSB dem „wahren“ BSB entspricht.

Der „wahre“ BSB konnte in dieser Versuchsreihe bei der Verdünnung 1:20 ermittelt werden.

Wie bereits erwähnt, ist auf unseren Vorschlag hin auch eine kontinuierliche Messung beim Sapromat eingebaut worden, so daß auch mit diesem Gerät der Sauerstoffbedarf laufend gemessen werden kann.

### Der chemische Sauerstoffverbrauch

Nachdem durch kombinierte BSB- und Toxizitätsmessungen der „wahre“ BSB ermittelt worden ist, muß nun der chemische Sauerstoffverbrauch bestimmt werden.

Der chemische Sauerstoffverbrauch gibt die Menge Sauerstoff an, die erforderlich wäre, um die Substanz oder die zu untersuchende Probe vollkommen, bis zu Kohlendioxyd und Wasser, abzubauen.

Bei der Bestimmung des chemischen Sauerstoffverbrauches kann man nach der Kaliumdichromat — oder Jodat-Schwefelsäure-Methode arbeiten.

Wir arbeiten mit sehr zufriedenstellenden Ergebnissen nach dem zuletzt genannten Verfahren. Beide sind aber gut brauchbar. Naßverbrennungen von bekannten Substanzen, bei denen nach der Verbrennungsformel der theoretische Sauerstoffverbrauch bestimmt wurde, ergaben, daß man im Mittel, bis auf wenige Substanzen, wie z. B. Pyridin, mit einer etwa 90<sup>0</sup>/oigen Oxydation rechnen darf. Durch Subtraktion des Biochemischen Sauerstoffbedarfs von dem chemischen Sauerstoffverbrauch erhält man den nicht abbaubaren Anteil der zu prüfenden Probe. Diese Berechnung ist direkt durchführbar, da beide Werte in mg/l O<sub>2</sub> gemessen werden. Da diese Verfahren, neben der Bestimmung des „wahren“ BSB, eine wesentliche Grundlage für die Festlegung der biochemisch nicht abbaubaren und abbaubaren Anteile sind, sollte man diesen Bestimmungsmethoden größte Aufmerksamkeit widmen.

Mit Hilfe der bisher geschilderten Verfahren ist es bereits möglich, den abbaubaren oder nicht abbaubaren Anteil einer Probe zu bestimmen. Man konnte dies aber nur, weil der „wahre“ BSB ermittelt worden ist. Wäre dies nicht geschehen, dann würde bei Anwesenheit abbauhemmender Stoffe jeder beliebige BSB-Wert (von der Verdünnung abhängig) in die Berechnung eingehen. Der nicht abbaubare Anteil wird also wie folgt ermittelt:

$$\begin{array}{r}
 \text{Chemischer Sauerstoffverbrauch in} \quad \text{mg/l O}_2 \\
 \text{— „Wahrer“ Biochem. Sauerstoffbedarf in} \quad \text{mg/l O}_2 \\
 \hline
 \text{Biochem. nicht abbaubarer Anteil gemessen in} \quad \text{mg/l O}_2
 \end{array}$$

## Fischtoxikologischer Test

Bei diesem Testverfahren wird mit Guppies gearbeitet. Diese sind in den Zuchtaquarien in ausreichender Menge immer vorhanden und besitzen den Vorteil, daß sie gegenüber dem Sauerstoffbedarf und äußeren Einflüssen nicht so empfindlich wie Forellen, aber auch nicht so unempfindlich wie der Karpfen sein sollen. Sie nehmen also eine Mittelstellung ein. Beim Einsatz von Männchen, Weibchen und Brut ist fast immer zu beobachten, daß die Männchen wesentlich empfindlicher gegen Giftstoffe reagieren als die Weibchen.

Der einfach zu handhabende Guppytest gestattet meist einen ersten Einblick über die Giftigkeit eines Abwassers. Er sollte deshalb als orientierender Test bei Betrieben viel mehr Anwendung finden.

Selbstverständlich können, je nach Fragestellung, auch andere Fischarten getestet werden.

Die Bestimmung der sonst üblichen Letalzeit wird nicht durchgeführt, weil man für eine genaue Festlegung dieser Größe wesentlich mehr Tiere zum Einsatz bringen müßte. Wir begnügen uns deshalb für die praktische Durchführung des Untersuchungsganges mit folgender Formulierung:

Die Prüfung erstreckt sich über jenen Konzentrationsbereich, in dem nach 24 bzw. 48 Stunden der Besatz insgesamt lebt oder tot ist.

Bei diesem Test, wie bei der Bestimmung des „wahren“ BSB, wird versucht, die erforderliche Grenzkonzentration bzw. Verdünnung zu ermitteln, die ein Weiterleben der Fische nach 24 bzw. 48 Stunden ermöglicht. Für die weitere Untersuchung ist es erforderlich, diese Grenzkonzentration zu kennen. Je nach Fragestellung kann es vorkommen, daß bei dem nun abzuhandelnden Schlammbelebungsversuch auch der Fischtest die zu wählende Versuchskonzentration in der Schlammbelebungsapparatur bestimmt.

## Der Belebtschlammversuch \*

### 1. Meßanordnung

Für das Meßverfahren ist die in Abbildung 5 dargestellte Belebtschlamm-anlage zu verwenden.

---

\* Die hier gezeigte Apparatur wurde im Bundesgesetzblatt, Jahrg. 1962, Teil I, veröffentlicht. Sie wurde von uns geringfügig abgeändert. Diese Abänderungen sind in der Abbildung berücksichtigt worden. Einige Sätze sind der Vorschrift aus der obengenannten Veröffentlichung entnommen worden.

Die Anordnung besteht aus dem Vorratsgefäß A für das synthetische Abwasser, der Dosierungseinrichtung B, dem Belüftungsgefäß C, dem Absetzgefäß D, der Mammutpumpe E für die Rückförderung des abgesetzten Belebtschlammes und dem Sammelgefäß F für das ablaufende behandelte Abwasser.

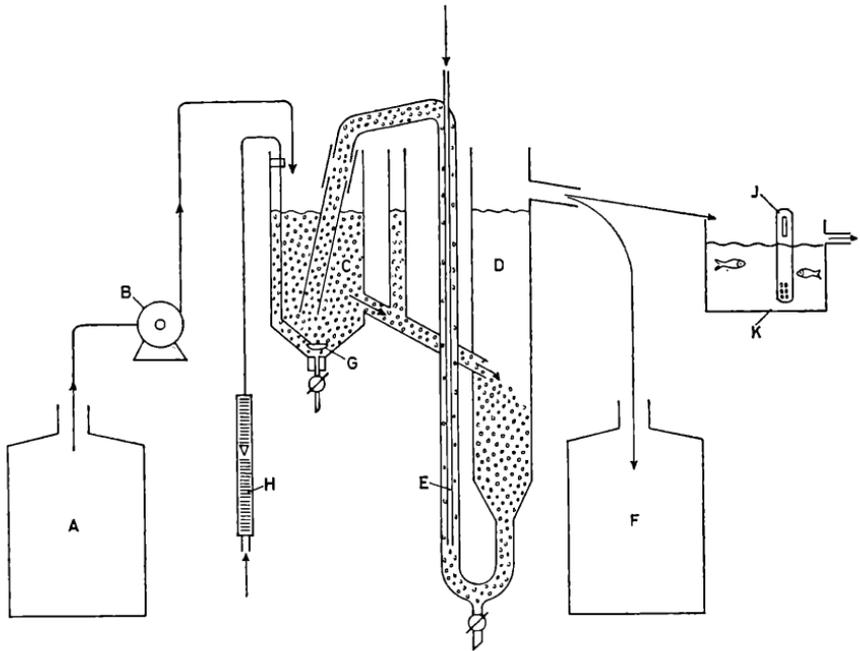


Abb. 5: Schlammbelebungsapparatur

- |   |                      |
|---|----------------------|
| A = Vorratsgefäß  | E = Mammutpumpe      |
| B = Dosierungseinrichtung   | F = Sammelgefäß      |
| C = Belüftungsgefäß   | G = Fritte           |
| D = Absetzgefäß   | H = Luftmengenmesser |
| J = Thermostat (er°) und Belüftung  |                      |
| K = durchflossenes Fischaquarium (alternativ an Stelle von F anschaltbar) |                      |

Die durch die Fritte eingeblasene Luftmenge muß mittels eines Meßgerätes überwacht und konstant gehalten werden.

Die Luftzufuhr ist so einzustellen, daß im Belüftungsgefäß C immer eine gründliche Durchmischung des synthetischen Abwassers erfolgt und in diesem ein Mindestgehalt an gelöstem Sauerstoff von 2 mg je Liter aufrechterhalten wird. Die Mammutpumpe E muß so eingestellt sein, daß immer ein gleichmäßiger Rücklauf von Belebtschlamm aus dem Absetzgefäß D zum Belüftungsgefäß C erfolgt.

Das aus dem Absetzgefäß D abfließende Wasser ist in dem Sammelgefäß F über 24 Stunden aufzufangen; nach Ablauf dieser Zeit ist nach gründlichem Durchmischen eine Probe zu entnehmen. Das Sammelgefäß F ist gründlich zu reinigen.

## 2. Synthetisches Abwasser

Für das Meßverfahren ist ein synthetisches Abwasser aus einer Nährlösung herzustellen.

Der Zulauf des synthetischen Abwassers in das Belüftungsgefäß C muß 1 Liter je Stunde betragen.

Das synthetische Abwasser ist täglich wie folgt zuzubereiten:

75,0 g Pepton (MERCK, Nr. 72 13)  
 50,0 g Fleischextrakt (LIEBIG)  
 13,0 g Harnstoff.

Pepton + Fleischextrakt + Harnstoff werden in ca. 600 ml dest. Wasser aufgekocht und auf 1 Liter aufgefüllt. Davon je 50 ml in eine Kautexflasche (100 ml) eingefüllt und eingefroren. Diese 50 ml Nährlösungskonzentrat sind für einen Ansatz von 24 l synthetischen Abwassers berechnet. In diese 24 Liter kommen noch 10 ml Nährsalzlösung, bestehend aus:

5,0 g  $MgSO_4$  7  $H_2O$   
 5,0 g  $MgSO_4$  7  $H_2O$  in 1000 ml dest.  $H_2O$   
 10,0 g  $CaCl_2$  2  $H_2O$

Alle bisherigen Untersuchungen waren die Voraussetzung für die Durchführung des Schlammbelebungsversuches. Hierbei sind zwei Dinge scharf zu trennen:

- Der eigentliche Versuch mit den Abbauvorgängen in der Apparatur je der gewünschten Verdünnung, je nach Fragestellung.
- Die Analysenverfahren, die die Auswertung des Versuches bei jeder gewünschten Konzentration ermöglichen.

Unabhängig vom „wahren“ BSB muß es möglich sein, jede Probe mit jeder gewünschten Verdünnung in der Schlammbelebungsapparatur zu prüfen. Hat man z. B. eine Verdünnung, die der Verdünnung des „wahren“ BSB nicht entspricht, dann hat man am Zulauf neben den abbaufördernden, je nach Verdünnung, entsprechende abbauhemmende Anteile mit zugeführt und die Bakterien in der Belebtschlammapparatur werden entsprechend reagieren. Ist der toxische Einfluß hoch, dann wird weniger organische Substanz abgebaut werden und umgekehrt. Man kann also die am Ablauf verbleibende organische Substanz, neben dem chemischen Sauerstoffverbrauch, auf ihren BSB untersuchen und die biochemische Abbaubarkeit der zu untersuchenden Probe in Prozent angeben.

Das Problem war nur, welchen BSB man für den Zu- und Ablauf zugrundelegen sollte. Wird eine Verdünnung gewählt, die dem „wahren“ BSB nicht entspricht, dann wird das Ergebnis der BSB-Bestimmungen bei allen Verfahren durch die anwesende toxische Substanz willkürlich beeinflusst. Man kann also je nach Verdünnung bei der BSB-Untersuchung (damit ist nicht die Verdünnung in der Schlammbelebungsapparatur gemeint) andere Ergebnisse erhalten.

Vorher wurde gezeigt, wie die Abbauprozente errechnet werden können. Grundlage für diese Berechnungen sind immer die vorher analytisch ermittelten Werte. Man muß der synthetischen Nährlösung einen bestimmten BSB der zu untersuchenden Probe aufpfropfen. Das Verhältnis von organischer Substanz am Zu- und Ablauf kann also grundverschieden sein, deshalb muß man den BSB unter gleichen Bedingungen ermitteln, d. h., alle BSB-Bestimmungen des Zu- und Ablaufes der Schlammbelebungsapparatur sind wieder auf den „wahren“ BSB umzurechnen.

Der „wahre“ BSB wurde definiert als der BSB mit der Verdünnung nach 5 Tagen oder der jeweils gewünschten Abbaizeit, nach der die zu untersuchende Probe keine nachweisbar abbauhemmende Wirkung mehr zeigt. In diesem Falle wird also bei der Bestimmung nur noch die organische Substanz ermittelt. Da die Höhe der organischen Belastung am Ablauf der Schlammbelebungsapparatur im Vergleich zum Zulauf Ausdruck der Leistung des biochemischen Abbaus in der Anlage ist, mußte auf eine möglichst einwandfreie Bestimmung der organischen Substanz unter Ausschaltung der Wirksamkeit der toxischen Komponente größter Wert gelegt werden.

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß man damit die Möglichkeit geschaffen hat, jede in der Praxis interessierende Verdünnung mit der Schlammbelebungsapparatur zu untersuchen und die Abbaubarkeit für den jeweiligen Versuch immer unter gleichen Bedingungen zu ermitteln, d. h.

bei der Verdünnung, die dem „wahren“ BSB entspricht, unter gleichzeitiger Ermittlung des chemischen Sauerstoffverbrauchs.

Je nach Verdünnung der zu untersuchenden Probe in der Schlammbelebungsapparatur wird auch der prozentuale Abbau verschieden sein. Ist z. B. in der Praxis nur ein bestimmter Verdünnungsgrad möglich, weil weiteres Verdünnungswasser nicht zur Verfügung steht, dann paßt man den Schlammbelebungsversuch diesen Gegebenheiten an und ermittelt die unter diesen Bedingungen bestehende Abbaubarkeit.

### Adaptationsbestimmung mit Hilfe des Fischtestes

Eine bakterielle Adaptation ist nur festzustellen, wenn die zu prüfende Substanz in einer Konzentration im Zulauf der Schlammbelebungsanlage vorhanden ist, die sich im einfachen Fischtest als noch giftig erwies.

Wie die Abbildung 5 zeigt, besteht die Möglichkeit, von Versuchsbeginn an das ablaufende Wasser aus dem Nachklärbecken der Schlammbelebungsanlage über ein Fischaquarium zu leiten. Dieses ist mit Guppies besetzt, wird belüftet und beheizt (23 ° C).

Vom Zulauf der Schlammbelebungsanlage werden ebenfalls Proben entnommen und im Fischtest unter gleichen Bedingungen geprüft. Aus dem unterschiedlichen Verhalten der Guppies im Zulauf- und Ablaufwasser können wichtige Schlüsse gezogen werden. Während der Zulauf, der die zu untersuchende Probe enthält, giftig wirkt, kann man durch tägliche Beobachtungen am Ablauf bei täglichem Neubesatz, eine beginnende sich einstellende Adaptation nach Tagen messen. Die Adaptationszeit ist die Zeit, nach der Guppies unter den oben angegebenen Bedingungen im Ablaufwasser des Versuches 24 Stunden lang schadlos überleben.

Der tägliche Neubesatz der Fische ist erforderlich, damit nicht eine Adaptation der Fische selbst auf die zu untersuchende Substanz eintritt.

### Adaptationsbestimmung mit Hilfe der Schlammaktivität

#### Die Atmungsaktivität des Belebtschlammes

Die Atmungsaktivität ist die Menge Sauerstoff, die eine bestimmte Schlammmenge (hier 10 ml) nach Entfernung des Schlammwassers und Hinzu-

gabe von 1 ml einer 1<sup>0</sup>/oigen Peptonlösung nach einer bestimmten Zeit in der WARBURG-Apparatur veratmet. Die Werte werden auf 1 Liter Belebtschlamm umgerechnet.

Im folgenden soll die Methode kurz beschrieben werden:

Von dem in das Laboratorium gebrachten Belebtschlamm wird sofort das Schlamm Trockengewicht bestimmt. Alle Untersuchungen werden bei einem konstanten Schlamm Trockengewicht von 2,5 g/l durchgeführt. Deshalb werden nach Ermittlung der Schlamm Trockengewichte aus den einzelnen Proben, die dem Schlamm Trockengewicht von 2,5 g/l entsprechenden ml des Schlamm-wassergemisches abgemessen, sofort filtriert und mit dest. Wasser nachgewaschen. Damit wurde das ursprünglich dem Schlamm anhaftende Schlammwasser entfernt, das bei der Bestimmung gestört hätte. Der filtrierte belebte Schlamm wird sofort frisch vom Filter entfernt und unter Rühren in 1 Liter dest. Wasser aufgeschwemmt. Unter Rühren (Magnetrührer) werden je 10 ml dieses Schlammes abpipettiert, 1 ml der 1<sup>0</sup>/oigen Peptonlösung zugegeben und in die Atmungsgefäße eingetragen.

Der Sauerstoffverbrauch wird bei 60 Frequenzen und einer Amplitude von 5 cm abgelesen.

Zur Zeit wird an einem Verfahren gearbeitet, um den Einfluß zu ermitteln, den bestimmte toxische Substanzen auf Wasserbakterien ausüben. Dazu läßt man z. B. eine giftig wirksame Substanz über 24, 48, 72 Stunden usw. im Atmungsgefäß der WARBURG-Apparatur oder Sapromat auf die Bakterien einwirken. Nach dieser Zeit gibt man dann eine bestimmte Menge einer sterilen Peptonlösung hinzu und beobachtet weiter. Je nach Einwirkungszeit zeigen die Bakterien verschieden starke Atmung und man kann die jeweilige Hemmung in % ermitteln. Vielleicht wird es auch möglich sein, die Adaptation zu bestimmen. Mit diesem Versuch könnte man bei einem eventuellen Atmungsstillstand oder einer stark verminderten Atmung auch entscheiden, ob dies der Toxizität der zu untersuchenden Probe zuzuschreiben ist oder ob die Probe für Bakterien nicht angreifbar war.

Wenn man abschließend den gesamten Untersuchungsgang überblickt, dann wird man feststellen müssen, daß er aufwendig und mit viel Arbeit verbunden ist. Solche Mühen wird aber jeder Untersucher immer wieder auf sich nehmen müssen, da die Entwicklung von immer neuen Produkten der chemischen Industrie uns zu solchen Untersuchungsverfahren zwingt. Im Zuge der Automation werden uns laufend neue Geräte angeboten, von denen der Außenstehende annehmen könnte, daß damit die Beurteilung weitestgehend auf das Gerät übertragen wird. Für die Einzeluntersuchung bringen uns diese Neuentwicklungen mancherlei Arbeiterleichterungen und Zeitgewinn.

Aber zum Glück wird die Art der Beurteilung nach wie vor in die Hand des Untersuchers gelegt. Ihm bleibt es auch weiterhin überlassen, durch gedankliche Kombinationen die Verbindung zwischen den einzelnen Verfahren herzustellen. Gelegentlich ist man dann bemüht, den Einzeluntersuchungen, die Säulen vergleichbar sind, nicht nur einen Dachstuhl, sondern auch ein Dach zu geben. Dies ist aber nur möglich, wenn man von jahrelangen, stets arbeitsfreudigen Mitarbeitern anregend unterstützt wird, denen ich auch hier, ohne einzelne Namensnennungen, ganz besonders danken möchte.

Anschrift des Verfassers: Oberregierungschemierat Dr. Kurt OFFHAUS, Bayerische Biologische Versuchsanstalt, 8 München 22, Kaulbachstraße 37.

## DISKUSSION

CERNY: Die Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfes hat schon immer eine gewisse Problematik in sich geborgen. Schon vor Jahren wurde einmal in Zürich in einem Referat von Herrn Prof. Krammer festgelegt, daß ein schlechter gereinigtes Abwasser mitunter bessere Werte ergibt als ein gut gereinigtes. So haben sich Diskrepanzen ergeben, speziell für die planenden Ingenieure, die eine solche Anlage bauen sollen. Ich glaube, daß nun durch diese neue Methoden ein kolossaler Fortschritt in bezug auf Bestimmung und Auswertung des biochemischen Sauerstoffbedarfes erzielt wurde. Es wäre nur zu wünschen, daß dieses Verfahren, das Herr Kollege Offhaus hier in so klarer und anschaulicher Weise beschrieben hat, eine möglichst weitgehende Anwendung finden würde.

OFFHAUS: Wenn die Verdünnungsmethode heute immer noch angewendet wird, so wird man mich berechtigt fragen, warum wir denn nun eigentlich nach dem anderen Verfahren gearbeitet haben. Daß wir dieses Verfahren an unserer Anstalt ausprobieren, hatte zunächst einen ganz praktischen Wert und Sinn. Wir sollten nämlich durch vergleichende Versuche feststellen, ob zwischen dem Verdünnungs-BSB und diesem neuen Verfahren eine Relation besteht. Ich glaube, wir können heute sagen,

daß diese Relation unter den jeweiligen Versuchsbedingungen nicht zu finden ist. Dagegen habe ich den Eindruck, daß bezüglich des Festhaltens am Verdünnungs-BSB nicht bloß sachliche, sondern traditionelle Gründe vorliegen. Man trennt sich schwer von einem Verfahren, das auf der ganzen Welt verbreitet ist. Wir hoffen, daß zumindest für konzentriertere Abwässer eines Tages eine dieser neuen Verfahren Allgemeingut wird. Zur Frage nach der Wirtschaftlichkeit muß ich sagen, daß das Gerät relativ teuer ist, daß aber andererseits bei uns eine Sauerstoff-Flasche auch 6 DM kostet und — da wir oft mit bis zu 500 Flaschen arbeiten — auf diese Weise allein 5000 bis 4000 DM für Sauerstoff-Flaschen aufgewendet werden müssen. Solange die neuen Verfahren jedoch noch nicht genormt sind und weitere Verbreitung finden, werden wir immer noch Schwierigkeiten haben, den Verdünnungs-BSB zu verdrängen, obgleich wir der Überzeugung sind, daß jene Verfahren physiologisch richtiger sind, wo nicht ausschließlich eine Zehrung, sondern eine Atmung vorausgesetzt wird, wie es im Gewässer praktisch ja auch ist.

BERAN: Sie haben die Möglichkeit des Nachweises von Insektiziden erwähnt. Es kann sich hier natürlich nicht um einen quantitativen Nachweis handeln, doch würde mich interessieren, in welchem Größenbereich eine solche Nachweismöglichkeit gegeben wäre.

OFFHAUS: Ich habe über den Nachweis der Insektizide deswegen hier nicht speziell gesprochen, da wir die Untersuchungen auf diese Produkte erst begonnen haben und noch nichts Grundsätzliches darüber sagen können. Die Fragestellung unseres Themas war Wasser und Abwasser. Hier haben wir heute ein toxikologisch-biochemisches Verfahren, mit dem wir bemüht sind, diese Produkte, die in das Wasser kämen, nachzuweisen, wobei immer wieder die Frage auftritt, ob der bakterielle Abbau durch diese Methoden grundsätzlich gestört wird. Wir haben den Eindruck, daß die Beantwortung relativ günstig ist, denn wir haben gesehen, daß die Bakterien mit diesen Stoffen ganz Beachtliches machen können und sie nach 72 Stunden nicht geschädigt waren. Sie waren gehemmt, aber nicht tot. Deshalb ist die Fragestellung eine etwas andere.

# 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: 1965

Band/Volume: [1965](#)

Autor(en)/Author(s): Offhaus K.

Artikel/Article: [Möglichkeiten des Nachweises einer schädigenden Wirkung von Stoffen - z. B. auch von Pflanzenschutzmitteln - auf den biologischen Abbau in Wasser und Abwasser 100-124](#)