

haltigen Abscheidungen sind erfahrungsgemäß vielfach die Ursache zu Wärmestauungen gewesen, die dann weiter Überhitzung und Erglühen einzelner Stellen und Beulenbildung hervorrufen können.

Höchstwahrscheinlich spielt aber neben anderen Dingen die gelöste Kieselsäure auch eine gewisse Rolle bei dem manchmal eintretenden Sauerwerden von Kesselwässern unter Druck. Zur weiteren Aufklärung darüber sind Versuche im Gange über die Einwirkung schwacher kolloidaler Lösungen von Kieselsäure auf verdünnte Lösungen von Chloriden und Nitraten unter verschiedenen Verhältnissen. U. a. wurden z. B. je 5 g Chlormagnesium, Magnesiumnitrat, Kaliumnitrat sowie Chlornatrium in 50 ccm destilliertem Wasser gelöst und in einer Retorte von etwa 2 $\frac{1}{2}$ Liter Inhalt mit je einem Liter kolloidaler Kieselsäurelösung von ungefähr 0,1 % Gehalt auf einem Sandbade, in welchem die Flüssigkeit von Anfang an ganz im Sande stand, zunächst so lange erhitzt, bis ein Liter Destillat erhalten worden war. Das zuletzt Übergehende wurde alsdann für sich aufgefangen und war dann meist ungefähr von der Konzentration einer $\frac{1}{10}$ N.-Säure, zuweilen noch konzentrierter.

Aber auch das zuerst aufgefangene, einen Liter betragende Destillat erwies sich nach guter Durchmischung schwach sauer, sogar auch bei Anwendung von Chlornatrium und salpetersaurem Kalium. Bei Anwendung von Chlormagnesium und Magnesiumnitrat war es merklich kräftiger sauer, als wenn sonst unter gleichen Verhältnissen — aber nur mit destilliertem Wasser anstatt kolloidaler Kieselsäurelösung — gearbeitet wurde.

Die zur Verwendung gelangte kolloidale Kieselsäurelösung erwies sich Methylorange sowie Paranitrophenol, Kongorot und Metanitrophenol gegenüber als neutral, ebenso ihr Destillat¹⁾.

Ausführlicher soll später über diese Versuche berichtet werden, wie auch über die festen silikathaltigen Abscheidungsprodukte aus Dampfkesseln.

¹⁾ Mit denselben Indikatoren ist stets auch der Säuregehalt des Literdestillates festgestellt worden.

Wesen, Wert und Grenzen der biologischen Wasseranalyse.

Von

August Thienemann.

Mitteilung aus der Hydrobiologischen Abteilung der Landwirtschaftlichen Versuchsstation Münster i. W.

Die biologische Wasseranalyse ist die Beurteilung der chemischen Zusammensetzung eines Wassers auf Grund seiner Fauna und Flora. Jeder Organismus stellt besondere Anforderungen an die Lebensverhältnisse, für einen jeden gibt es jedem einzelnen Mediumfaktor gegenüber ein Optimum, bei dem er am besten gedeiht, ein Maximum das nicht überschritten werden darf, und ein Minimum, das erreicht sein muß, wenn der Organismus an der betreffenden Stelle Lebensmöglichkeit finden soll. Die Grenzen, innerhalb deren sich der Organismus normal entwickeln kann, sind sehr verschieden für die einzelnen Organismen, sehr verschieden auch bei den einzelnen Lebensbedingungen. Wir sprechen von einer

großen Anpassungsbreite, wenn ein Organismus unter qualitativ sehr verschiedenen Lebensbedingungen gedeihen kann. So gibt es einzelne Wassertiere (z. B. manche Wasserkäfer, die Larven der Schlammfliege *Sialis*, die Schnecke *Limnaea ovata*, die Wasserassel *Asellus aquaticus*, den Wasserscorpion *Nepa cinerea*), die im reinen Wasser vorkommen, für die aber auch eine nicht allzu starke Verschmutzung des Wassers durch faulende Stoffe oder durch Säuren oder durch Kochsalz kein Verbreitungshindernis darstellt. Andere Tiere und Pflanzen hingegen sind an bestimmte Lebensbedingungen gebunden, können aber eine beträchtlich schwankende Intensität oder, denken wir im speziellen an den Chemismus des Wassers, stark wechselnde Quantitäten eines Stoffes vertragen; sie haben eine große Anpassungsstärke. Solche Organismen sind z. B. in fauligen Gewässern die Polysaprobien, in salzhaltigen Gewässern die typischen Halobien usw. Im Gegensatz zu ihnen finden wir sehr viele Organismen mit geringer Anpassungsstärke und -breite in bezug auf die chemische Zusammensetzung des Wassers; wird ein normales (d. h. für diese Organismen optimales) Wasser auch nur in geringem Grade chemisch verändert, so verschwinden diese Formen. Typen solcher Reinwassertiere sind z. B. der Strudelwurm *Planaria gonocephala*, der Flohkreb *Gammarus pulex*, die Mützenschnecke *Ancylus fluviatilis* u. a.

Die Verschiedenheit der Beziehungen der Organismen zum Chemismus des Wassers bildet die Grundlage für die biologische Beurteilung der Gewässer.

Von praktischer Bedeutung ist die biologische Wasseranalyse vor allem bei der Untersuchung von Gewässern, die durch Abwässer verunreinigt werden; und es fragt sich, ob sie die chemische Analyse hier ergänzen oder gar ersetzen kann, ob und wann sie neben oder statt der chemischen Analyse zum völligen Verständnis einer Wasserverunreinigung notwendig ist, welchen Wert sie hat und welche Grenzen ihr gesetzt sind.

Die Verbreitung der Wasserorganismen hängt von vielerlei Faktoren ab. Neben der chemischen Zusammensetzung des Wassers spielen vor allem auch die physikalischen Verhältnisse eine große Rolle: Bewegung des Wassers, Erwärmung, Belichtung, Untergrund. Dazu kommen Beziehungen ökologischer Art zwischen den verschiedenen Gliedern einer jeden Lebensgemeinschaft, so Ernährungsverhältnisse, Fortpflanzungsverhältnisse usw. Soll also aus der Verteilung der Wasserorganismen ein Rückschluß auf den chemischen Zustand ihres Wohnmediums gezogen werden, so ist für die Richtigkeit und das Zwingende einer derartigen Beweisführung Voraussetzung, daß die Rolle des chemischen Faktors für die Verteilung der Wasserorganismen bedeutsamer ist, als die aller übrigen regulativen Faktoren. Das trifft in dieser Allgemeinheit nicht zu. So ist der Unterschied in der Besiedelung eines kalkhaltigen und kalkarmen Wassers durchaus nicht so scharf, daß er Rückschlüsse auf den Kalkgehalt des Wassers erlaube, wenigstens nicht, wenn dieser Kalkgehalt nicht ganz abnorm hoch ist. Nur in ganz besonderen Fällen läßt sich aus dem Vorkommen bestimmter Organismen auf den Kalkgehalt des Wassers ein Schluß ziehen; die Flußperlmuschel (*Margaritana margaritifera*) z. B. ist stets an ein äußerst kalkarmes, jedoch nicht kalkfreies Wasser gebunden. Es kommt also auf die Art der Stoffe und ihre Menge bei der biologischen Wasseranalyse an. Doch hat diese Betrachtung mehr theoretische als praktische Bedeutung; denn gerade die durch die Abwässer der Kultur hervorgerufenen Veränderungen in der Lebewelt des Wassers sind so charakteristischer

Art, daß sie stets, wie auch im übrigen die biologisch sonst wichtigen Verhältnisse beschaffen sein mögen, biologisch nachzuweisen sind. Das liegt daran, daß es sich bei diesen durch die menschliche Kultur hervorgerufenen Wasserverunreinigungen um Stoffe, Stoffkombinationen und Stoffkonzentrationen handelt, die den natürlichen Wässern fremd sind. Und auf solche Fremdkörper reagiert naturgemäß der Organismus besonders fein.

Welche Stoffe können überhaupt durch die biologische Wasseranalyse nachgewiesen werden?

Die Wirkung einer Wasserverunreinigung auf die Lebewelt kann eine zweifache sein: eine negative, indem die Reinwasserorganismenwelt wenigstens in ihren empfindlichen Vertretern mehr oder weniger weitgehend vernichtet wird, eine positive, indem bestimmte Wasserorganismen eine einseitige Förderung ihrer Entwicklung erfahren. Dies können entweder solche sehr widerstandsfähigen Formen sein, die auch im reinen Wasser häufig sind, die aber, weil durch die Abwässer die empfindlicheren Arten ausgemerzt sind und nun Raum für eine konkurrenzlose Entwicklung vorhanden ist, hier ein Massenaufreten zeigen. Oder es sind Arten, die im reinen, normalen Wasser sonst nicht vorkommen, sondern die stets an das Vorhandensein größerer Mengen von Stoffen gebunden sind, die eben für die betreffenden Wasserverunreinigungen charakteristisch sind. Und was für Stoffe können sich auf diese Weise positiv in den biologischen Verhältnissen aussprechen? Doch augenscheinlich nur die, die auch fern von der Kultur und schon vor jeder Kultur im natürlichen Wasser gelegentlich in Mengen auftreten. Das sind aber nur ganz wenige Stoffe:

1. Die faulenden organischen Substanzen. Sie werden den natürlichen Gewässern unserer Breiten in jedem Herbst durch die absterbende Vegetation in großer Menge zugeführt, sie erfahren ferner überall da im Wasser eine lokale Anreicherung, wo ein größeres Tier verendet. Ihr Vorhandensein im Wasser wird angezeigt durch die Saprobien, von denen besonders scharf die sogenannten Abwasserpilze *Sphaerotilus*, *Apodya* (-*Leptomitus*) und *Beggiatoa* reagieren. Tritt z. B. irgendwo in einem Bachlauf ein Sphärotilus-Besatz auf, so ist damit eine Zufuhr fäulnisfähiger Stoffe sicher nachgewiesen.

2. Das Kochsalz. Wo Kochsalz in einigermaßen beträchtlicher Menge einem Gewässer zugeführt wird, treten die typischen Salinentiere, die Halobien auf, und halophile Arten erfahren eine Massentwicklung. So werden die Larven vieler *Ephydra*-Arten (Fliegen), die Käfer *Philydrus bicolor*, *Ochthebius marinus*, *Paracymus aeneus*, das Rädertier *Brachionus mülleri*, sowie der Krebs *Artemia salina* nur in salzigem Wasser gefunden. Ihr Auftreten im Binnenwasser zeigt einen über das Normale hinausgehenden Kochsalzgehalt mit Sicherheit an.

3. Auch das Eisen ist, wo es im Übermaß gelöst im Wasser vorhanden ist, biologisch positiv charakterisiert, und zwar durch das Auftreten der sogenannten Eisenbakterien.

Ist also ein Wasser einseitig durch ein Übermaß von faulenden Stoffen, von Kochsalz oder Eisen charakterisiert, so zeigt uns dies die Organismenwelt klar an, ohne daß eine chemische Untersuchung nötig wäre.

Aber das sind auch die einzigen Stoffe, die die biologische Wasseranalyse nachweisen kann.

Alle übrigen, in den Abwässern vorhandenen lebensfeindlichen Substanzen wirken in der gleichen Weise: bei geringer Konzentration eliminierend und verödend, indem

sie nur die empfindlichen Arten aus der Lebewelt des Normalwassers vernichten, bei stärkerer Konzentration alles Leben zerstörend.

Die biologische Wasseranalyse kann also wohl nachweisen, ob ein Abwasser die Lebewelt schädigende Bestandteile dem Vorfluter zuführt, sie kann aber nur in bestimmten Fällen (bei faulenden organischen Stoffen, bei Chlornatrium und Eisen) feststellen, was für ein Stoff diese Schädigung hervorruft.

Sie kann weiterhin auch nie Zahlenwerte für die Menge der fraglichen Substanzen liefern! Denn der Organismus ist kein chemisches Präparat, das unter bestimmten Bedingungen stets in der gleichen Weise reagiert. Wieviel Fäulnis, wieviel andere schädigende Substanzen in der freien Natur von den einzelnen Tieren und Pflanzen vertragen werden, läßt sich durch sie zahlenmäßig exakt nie angeben. Wohl zeigt uns das gesamte biologische Bild, ob die Verunreinigung eines Wassers nur eine geringe oder eine starke ist: aber wieviel Milligramm der betreffenden Stoffe im Liter Wasser enthalten sind, kann die biologische Wasseranalyse nicht finden. Solche Zahlenwerte muß die chemische Untersuchung des Wassers liefern.

Wenn aber auch die biologische Analyse in dieser Hinsicht nichts leisten kann, so ist sie in einer anderen Beziehung doch der chemischen Wasseranalyse überlegen. Denn sie gibt in vielen Fällen (nämlich stets bei gleichmäßigem oder doch in regelmäßigen Intervallen wiederkehrendem Abwasserzufluß; vergl. später) schon bei einmaliger Untersuchung Durchschnittswerte für die Wasserverunreinigung, während die chemische Analyse solche Werte nur auf Grund häufig wiederholter Probenentnahmen gewinnen kann.

Der Chemiker gewinnt durch die Analyse einer Probe stets nur ein Bild von dem gerade zur Zeit der Probenentnahme herrschenden Zustande des betreffenden Gewässers. Will er also Durchschnittswerte der Verschmutzung eines Wassers für längere Zeit gewinnen, so muß er die Probenentnahme und Analyse häufig zu den verschiedensten Jahreszeiten, Wochentagen und sogar Stunden wiederholen.

Die Tier- und Pflanzenwelt eines Gewässers aber spiegelt bei einer Untersuchung die durchschnittliche Zusammensetzung des Wassers während ihrer gesamten Entwicklungs- und Vegetationsperiode wieder, sie gibt gleichsam eine Durchschnittsanalyse aller der Wässer, die in den letzten Wochen oder Monaten über sie dahin geflossen sind.

Das kann für die Praxis von größter Bedeutung sein. Wo es sich darum handelt, schnell ein Urteil über die z. B. durch faulende Stoffe hervorgerufene Verschmutzung eines Wassers zu gewinnen, und wenn die Feststellung exakter Zahlenwerte nicht nötig ist, dann ist die biologische Wasseranalyse von unschätzbarem Werte. Es kommt hinzu, daß sich bei einer chemischen Untersuchung an die Probenentnahme erst die eigentliche Arbeit des oft langwierigen Analysierens im Laboratorium anschließt. Bei der biologischen Analyse aber ist mit der örtlichen Untersuchung auch schon so zu sagen alles getan; nur Kleinigkeiten müssen eventuell an dem gesammelten Material im Laboratorium nachgeprüft oder nachbestimmt werden, die Hauptarbeit ist auf jeden Fall schon im Freien, an Ort und Stelle, erledigt. Also auch aus diesem Grunde kann die biologische Beurteilung eines Gewässers meist mit viel größerer Schnelligkeit erfolgen als die chemische.

Hand in Hand damit geht selbstverständlich auch die praktisch sehr wichtige größere Billigkeit der biologischen Analyse. Darüber viel Worte zu verlieren, ist wohl kaum nötig, denn daß ein Reisetag eines Sachverständigen weniger

Kosten verursacht, als eine ganze Anzahl von Tagen örtlicher Probeentnahme und Laboratoriumsarbeit, liegt auf der Hand.

Aber der Hauptvorteil, den der Biologe bei der Wasserbeurteilung vor dem Chemiker voraus hat, ist doch ein anderer:

Der Chemiker baut seine Schlüsse auf auf Grund der durch die Analyse festgestellten Zusammensetzung des Wassers. Wenn er also z. B. die etwaige Schädlichkeit eines Fabrikabwassers beurteilen will, so muß er unbedingt genügend große Proben dieses Abwassers entnehmen. Nun fließen aber die Abwässer nicht bei allen Fabriken dauernd, sondern oft nur stundenweise oder gar nur an einzelnen Tagen der Woche. Sie fließen auch nicht stets in der gleichen Zusammensetzung. Zu Zeiten können sie vielleicht durchaus harmlos sein, zu Zeiten mit schädlichen Stoffen überladen. Es steht bei den meisten Betrieben durchaus in dem Belieben der betreffenden Angestellten, die Abwässer ablaufen zu lassen oder für bestimmte Zeit zurückzuhalten. Der Chemiker muß also zur Probenentnahme ganz unverhofft kommen, und muß auch dann noch unter Umständen tagelang warten, bis die schädlichen Abwässer einmal in dem Vorfluter nachzuweisen sind. Und nicht nur tagelang, sondern sich wohl gar nachts auf die Lauer legen, um die Wässer im rechten Moment zu fangen. Welche Schwierigkeiten es machen kann, bestimmte Abwässer zu fassen, weiß jeder Chemiker, der mit solchen Dingen zu tun hat. Diese Schwierigkeiten kennt die biologische Analyse des Wassers nicht. Sie ist stets anwendbar, mögen die auf ihre Schädlichkeit zu untersuchenden Wässer gerade ablaufen oder nicht. Denn die Tier- und Pflanzenwelt zeigt uns ja nicht die augenblickliche Zusammensetzung des gerade fließenden Wassers an, sondern gibt einen „Durchschnittswert“ für den Zustand des Wassers während langer Zeit. Dem Biologen kann es also gleichgültig sein, ob er bei seiner Untersuchung von der Fabrik aus gesehen wird und ob daraufhin die Abwässer zurückgehalten werden und erst wieder zum Abfluß gelangen, wenn man das Feld für „rein“ hält. Er kann, so paradox es klingt, die Zusammensetzung eines Wassers beurteilen, auch wenn er es bei seiner Untersuchung gar nicht antrifft.

Für die Beurteilung der Abwässer ist es von grundlegender Bedeutung, wie diese Wässer zum Ablauf gelangen.

Läßt normalerweise eine Fabrik ganz harmlose Wässer fließen, plötzlich aber auf einmal — ganz unregelmäßig, oder vielleicht jede Woche einmal — in kurzer Zeit große Mengen schädlicher Wässer in den Vorfluter gelangen, so vernichtet eine solche Abwasserwelle häufig den gesamten Fischbestand unterhalb der Fabrik. Aber die niedere Tier- und Pflanzenwelt des betreffenden Gewässers wird doch nur relativ wenig gestört. Wohl mögen die Tiere der verschiedenen Lebensgemeinschaften (des Schlammes, der Wasserpflanzen, der Steine des Grundes) etwas durcheinander geraten; Wasserschnecken können unter Umständen das Wasser verlassen und finden sich dann an Pflanzenstengeln usw. dicht über dem Wasserspiegel; aber im großen und ganzen ist die Veränderung in der niederen Organismenwelt oft nur gering, und nach kurzer Zeit schon ist der normale Zustand wieder hergestellt. Dieser eigentümliche Unterschied im Verhalten der Fischfauna und der übrigen Organismen gegenüber solchen stoßweise fließenden Abwässern erklärt sich vielleicht aus der Verschiedenheit der Beweglichkeit beider Organismengruppen. Die niedere Tierwelt der fließenden Gewässer ist relativ sessil, an Steine, Pflanzen oder den Schlamm Boden ziemlich fest gebunden, ohne weitergehende Beweglichkeit. Eine Welle schäd-

lichen Wassers rauscht über sie dahin, und ehe sie noch aufgestört sich vom Substrate lösen kann, wird sie schon wieder von reinem, normalem Wasser umspült. Die Fische hingegen müssen, indem sie der Abwasserwelle zu entfliehen suchen, stets dann, wenn sie stromabwärts schwimmen, gerade in dem Bereich der schädlichen Stoffe verbleiben; so wirkt auf sie solches Abwasser viel längere Zeit und damit auch in vieles stärkerem Grade ein. Bei diesen, stoßweise zum Ablaufe gelangenden Abwässern kann die biologische Untersuchung nur dann sichere Resultate über die Abwasserquelle ergeben, wenn sie sofort nach der Verunreinigung vorgenommen wird; denn schon wenige Tage nach einer solchen einmaligen Verschmutzung des Wassers ist gewöhnlich das alte, normale biologische Bild wieder hergestellt. In solchen Fällen hat der Biologe ähnliche Schwierigkeiten zu überwinden wie der Chemiker. Er braucht zwar das schädliche Wasser selbst nicht mehr anzutreffen, indessen darf es doch nicht allzu lange Zeit schon abgelaufen sein. Noch schlechter ist hier allerdings der Chemiker daran. Kann er nicht Proben von dem oft nur minutenlang fließenden Wasser bekommen, so ist ihm eine Analyse und damit Beurteilung des Falles natürlich unmöglich.

Ganz anders bei stetig fließenden Abwässern, also solchen, die entweder dauernd oder doch täglich zu bestimmten Stunden allmählich dem Vorfluter zugeführt werden. Diese verändern die Zusammensetzung der Tier- und Pflanzenwelt in so charakteristischer Weise, daß die biologische Analyse solcher Wässer stets möglich ist, wenn vielleicht zufällig auch seit vielen Tagen keine Verschmutzung des Wassers mehr stattgefunden hat. Der Gang einer solchen biologischen „Analyse“ ist der, daß zuerst reine, sicher nicht verschmutzte Strecken des Gewässers untersucht werden, daß ihre Organismenwelt festgestellt und dann mit den Tieren und Pflanzen unterhalb des Einlaufes der zu beurteilenden Abwässer verglichen wird. Die Untersuchung der Reinwasserfauna und -flora mag dem biologischer Forschung Fernerstehenden überflüssig erscheinen; er wird annehmen, daß die Reinwasserfauna und -flora überall, oder doch zum mindesten bei uns überall in den gleichen Gewässerarten (Bächen, Gräben, Flüssen, Teichen, Seen) die gleiche ist. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Denn die Zusammensetzung der Lebewelt ist von so überaus vielen, mannigfach ineinander greifenden Bedingungen abhängig, daß man ohne Übertreibung sagen kann, die Lebensbedingungen zweier, äußerlich noch so ähnlich erscheinender Lebensstätten („Biotope“) sind niemals völlig die gleichen. Daher ist jedes Gewässer ein Individuum, jeder See und jeder Teich ein Mikrokosmos in sich und für sich. Und selbst innerhalb eines und desselben Gewässers bieten wiederum nicht alle Stellen das gleiche Bild, sind daher auch von verschiedenen Organismenkomplexen besiedelt. Verschieden voneinander z. B. sind in einem Bachlauf die Lebensgemeinschaften, die wir auf und unter den kahlen Steinen in der Strömung, zwischen den flutenden Pflanzen, im Schlamme und im Sande ruhiger Buchten antreffen. Daher dürfen bei der biologischen Wasseranalyse auch nur die gleichen Lebensgemeinschaften des reinen und des verschmutzten Wassers miteinander verglichen werden, will man nicht zu ganz schiefen Urteilen kommen.

Die biologische Analyse muß sich also unbedingt frei halten von jedem Schematismus, der ja der Verteilung der Lebewesen in der Natur auch so fremd ist, daß diese Verteilung uns im Anfang oft ganz zufällig und regellos erscheint — erst bei eingehendem Studium aller Lebensbedingungen erkennen wir ihre Gesetze. Darum aber ist die biologische Analyse der Gewässer auch nur Sache des

Fachmannes, also des Hydrobiologen. Das klingt selbstverständlich und ist es heutzutage hoffentlich auch. Aber die Zeit liegt nicht weit zurück (und mancher steht noch in ihr), in der man solche Untersuchungen durch nicht hinreichend hydrobiologisch ausgebildete anderweitige Sachverständige — „so nebenher“ — glaubte ausführen lassen zu können. Aus dem Vorhergehenden ist weiterhin klar ersichtlich, daß zum Zweck einer biologischen Analyse der Sachverständige stets selbst die örtliche Untersuchung vornehmen muß. Der Chemiker kann wohl — wenn auch nicht immer — seine Proben durch andere entnehmen lassen. Der Biologe aber kann mit einer von anderen entnommenen Wasser-, Schlamm- oder auch Organismenprobe eigentlich nie etwas Rechtes anfangen. Solche Proben können ihm höchstens Hinweise geben. Für die wirkliche biologische Beurteilung eines Wassers jedoch muß er selbst die örtlichen Verhältnisse studieren.

Die Veränderungen, die durch Abwässer in der Organismenwelt der Gewässer hervorgerufen werden, sind verschieden, je nach der chemischen Zusammensetzung dieser Abwässer.

Alle nicht fäulnisfähigen Abwässer, mögen sie hauptsächlich anorganische oder organische Stoffe enthalten, wirken auf die gleiche Weise — die Ausnahme-stellung, die kochsalz- und eisenhaltige Wässer einnehmen, ist schon oben erwähnt; bei starker Konzentration zerstören sie alles Leben in dem Vorfluter („Vernichtungszone“), bei geringerer Konzentration eliminieren sie nur die empfindlichen Formen der Reinwassertierwelt, während die widerstandsfähigen erhalten bleiben („Verödungszone“). Kann also auch die biologische Analyse in solchen Wässern die Art der schädigenden Stoffe nicht bestimmen, so kann sie doch durch die Stärke der Veränderungen, die solche Stoffe in der Organismenwelt des Wassers hervorrufen — und bei fließenden Gewässern direkt durch die Länge der beeinflussten Bach- oder Flußstrecke — den Grad der Verschmutzung feststellen. Ja es ist in bestimmten Fällen möglich, Verunreinigungen, die wegen ihrer geringen Stärke oder ihres ganz intermittierenden Auftretens chemisch kaum zu fassen sind, doch biologisch nachzuweisen. In dem Strudelwurm *Planaria gonocephala* besitzt die biologische Wasseranalyse ein ganz überaus feines Reagens auf Wasserverunreinigung.

Während also fast alle anorganischen und nicht fäulnisfähigen organischen Abwässer sich nur negativ, durch Vernichtung oder doch Verminderung der Reinwasserorganismen ausprägen, sind die fäulnisfähigen Abwässer, wie sie Zucker-, Stärke-, Cellulose-Fabriken, Brauereien und Brennereien, Städte usw. den Gewässern zuführen, biologisch auch positiv charakterisiert durch die schon genannten Saprobien. Vereinzelt treten diese Pflanzen und Tiere überall da auf, wo vorübergehend lokal eine Anreicherung faulender Stoffe im sonst reinen Wasser stattfindet (Tierleichen, faulende Pflanzenstoffe). Ihr Massenauftreten charakterisiert die durch faulige Abgänge der Kultur verunreinigten Gewässer. Und je nach der Stärke der Fäulnis im Wasser lassen sich vermittelt dieser Saprobien verschiedene Zonen unterscheiden; in vielen praktischen Fällen genügt die Angabe der Zone der Saprobien, um die Stärke der Verunreinigung eines Gewässers durch faulende Stoffe völlig ausreichend zu charakterisieren, vor allem, wenn man dann auch noch die Menge des im Wasser gelösten Sauerstoffs sowie die Sauerstoffzehrung in verschlossener Flasche nach Winkler bestimmt.

Gerade bei den so organisch verunreinigten Gewässern zeigt sich ein — in geringerem Grade auch bei den übrigen Verunreinigungen vorhandener — Vorteil

der biologischen Wasseranalyse, der in der Praxis durchaus nicht zu unterschätzen ist. Die Bedeutung der Zahlenergebnisse der chemischen Analyse muß dem Laien, d. h. dem Nichtchemiker, stets erst durch längere Erläuterungen klar gemacht werden. Die Veränderungen, die die Wasserverunreinigungen, und zwar vor allem die Verunreinigungen durch faulende Stoffe in der Lebewelt des Wassers hervorrufen, lassen sich meist ohne weiteres an Ort und Stelle dem Laien mit Leichtigkeit demonstrieren. Daß dies z. B. bei gerichtlichen Lokalterminen von größtem Werte sein kann, leuchtet wohl ein.

Fragen wir uns nun: Gibt es Fälle, in denen eine biologische Wasseranalyse unbedingt erforderlich ist, in denen sie wichtiger ist als die chemische? Die Frage ist zu bejahen. Und zwar gilt dies für solche Fälle, in denen es sich darum handelt, die Einwirkung von Wasserverunreinigungen auf die biologischen Verhältnisse des betreffenden Gewässers festzustellen.

In erster Linie also bei Fischereifragen. Wie oft bekommen die chemischen Untersuchungsstellen Wasserproben zugeschiedt mit der Frage, ob sich das Wasser für „Fischzucht“ eigne. Eine solche schief gestellte Frage läßt sich eigentlich gar nicht beantworten. Denn es kommt ja durchaus auf die örtlichen Verhältnisse an; ein mit organischen Stoffen überladenes Wasser kann unter Umständen bei genügender Verdünnung zur Speisung großer Teiche wegen seiner düngenden Wirkung sehr geeignet sein, während es in starker Konzentration jegliches normale Leben unmöglich macht. In allen Fällen der Beurteilung eines Wassers für fischereiliche Zwecke ist eine örtliche biologische Untersuchung unbedingt erforderlich.

Aber auch für hygienische Fragen scheint uns die biologische Wasseranalyse in sehr vielen Fällen recht bedeutungsvoll zu sein. Denn ein Wasser mit normaler Tier- und Pflanzenwelt wird im allgemeinen auch hygienisch einwandfrei sein. Wird aber das biologische Gleichgewicht in einem Gewässer gestört, so ist damit auch die Möglichkeit gegeben, daß sich hygienisch bedenkliche Veränderungen einstellen. Bei allen wichtigen Fragen der Wasserhygiene sollte also auch die biologische Analyse der Gewässer nicht unberücksichtigt bleiben.

Und daß in vielen anderen Fällen die biologische Beurteilung des Wassers die chemische Analyse ergänzen kann, daß sie dann, wenn es sich nicht um Feststellung von Zahlenwerten handelt, sie unter Umständen sogar ersetzen kann, haben wir im vorstehenden wohl zur Genüge ausgeführt.

Während die chemische Wasseranalyse mit langlebigen Methoden arbeitet, ist die biologische Wasseranalyse — einer der jüngsten Zweige am Baume der hydrobiologischen Wissenschaft — noch ganz im Ausbau begriffen, noch sehr der Erweiterung, Vertiefung und Verbesserung fähig. Wir haben noch kein Lehrbuch der biologischen Wasserbeurteilung, nur ein paar kurze zusammenfassende Anleitungen¹⁾ sind vorhanden; im übrigen sieht sich jeder, der ihre Grundlagen und Methoden kennen lernen will, auf die zerstreute Originalliteratur sowie vor allem auf das Selbststudium in der freien Natur verwiesen. Die biologische Analyse des Wassers beruht auf der Kenntnis der Anforderungen, die die verschiedenen Wasserorganismen an die

¹⁾ Z. B. R. Lauterborn's Schrift: „Die Verunreinigung der Gewässer und die biologische Methode ihrer Untersuchung“ (Ludwigshafen a. Rh. 1908), sowie des Verf.'s Auseinandersetzungen über „die biologische Untersuchung der Abwässer“ in J. König's Handbuch: „Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe“ (Vierte, neu bearbeitete Auflage, Berlin 1911).

chemische Zusammensetzung des Wassers stellen. Je besser in dieser Hinsicht unsere Kenntnisse sind, um so mehr wird sich die biologische Wasseranalyse praktisch verwerten lassen. Wohl haben die letzten Jahre wesentliche Bereicherungen unserer Kenntnisse gebracht, aber noch bleibt viel, sehr viel zu tun. Wie starke Verunreinigungen auf die Lebewelt des Wassers wirken, wissen wir jetzt recht gut. Was uns vor allem aber noch fehlt, ist die genauere Kenntnis von den Veränderungen, die geringe Unterschiede im Chemismus des Wassers, wie sie auch ohne kulturelle Verunreinigungen natürlich und regelmäßig vorkommen, in der Organismenwelt hervorrufen. Es ist hier nicht der Ort, näher hierauf einzugehen. Doch wird es auch ohne weiteres klar sein, daß ein wirkliches tieferes Verständnis für die Wirkung der starken durch Abwässer hervorgerufenen Wasserverunreinigung auf die Tiere und Pflanzen des Wassers erst erreicht werden wird, wenn wir den Einfluß der schwachen, natürlichen, räumlichen und zeitlichen Unterschiede im Chemismus der Gewässer genau kennen. Da es sich hierbei nicht etwa nur um die physiologische Beeinflussung eines Organismus oder einzelner Organismen handelt, sondern um die — ökologische — Wirkung, die der Chemismus auf die Zusammensetzung der gesamten Lebewelt des Wassers ausübt, so lassen sich diese Verhältnisse nur zum kleinsten Teil im Laboratorium experimentell untersuchen. Eine in die Tiefe gehende Erforschung dieser Beziehungen kann nur das Studium der einschlägigen Verhältnisse in der freien Natur bringen. Wenn solche Forschungen bisher nur vereinzelt und noch bei weitem nicht in dem Umfange angestellt worden sind, wie es bei ihrer großen theoretischen wie auch praktischen Bedeutung erwünscht ist, so liegt das wohl vor allem daran, daß wir in Deutschland kein staatliches Institut besitzen, das — ohne Rücksicht auf praktische Interessen — der hydrobiologischen Forschung dient. Bei einer so ausgesucht synthetischen Wissenschaft aber, wie es die Hydrobiologie ist, kann der Einzelforscher ohne die Hilfe eines Instituts, von dem alle für die Hydrobiologie wichtigen und grundlegenden Zweige der Nachbarwissenschaften gepflegt werden (d. h. Hydrographie, Hydrochemie, Physiologie der Wasserorganismen, Zoologie, Botanik), nur in beschränktem Maße und in Auswahl an den großen Problemen mitarbeiten. Hoffen wir, daß uns die allernächste Zukunft eine große Deutsche Anstalt für die Hydrobiologie der Binnengewässer bescheren möge, die, der reinen Forschung gewidmet, unsere junge, in den letzten zwei Jahrzehnten zu so reicher Blüte entfaltete hydrobiologische Wissenschaft der Reife entgegenführt. Aus der nur auf diese Weise zu erzielenden Erweiterung und Vertiefung der Probleme der allgemeinen Hydrobiologie wird nicht in letzter Linie auch die angewandte Hydrobiologie und mit ihr die Praxis der biologischen Wasseranalyse den größten Nutzen ziehen.

Mit Arsenik präparierte japanische Küken, ein neues Spielzeug für Kinder.

Von

Theodor Sudendorf.

Mitteilung aus dem Staatlichen Hygienischen Institut zu Hamburg.

Wenn man die Jahresberichte der Untersuchungsanstalten des Deutschen Reiches eingehend verfolgt, so kann man sich des Eindrucks kaum erwehren, daß der amt-