Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 29 (1937)

Heft: 1-2

Artikel: Die Beurteilung eines Gewässers auf Grund biologischer Untersuchungsmethoden

Autor: Fehlmann, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-922120

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

um dem Uebelstand abzuhelfen. Die Erstellung von Reinigungsanlagen bildet überdies ein wertvolles Objekt der *Arbeitsbeschaffung* und verdient schon aus diesem Grunde vermehrte Aufmerksamkeit unserer kommunalen und kantonalen Behörden, deren Blick in dieser Beziehung allzusehr einseitig auf Strassenbau und Verkehrsinteressen gerichtet war. Wenn die Interessenten an dieser Aufgabe weiterhin harmonisch zusammenarbeiten, wird und muss auch der Wille zur Besserung des heutigen Zustandes erstarken, und wo ein Wille ist, da ist auch ein Weg.

Die Beurteilung eines Gewässers auf Grund biologischer Untersuchungsmethoden

von Prof. Dr. *W. Fehlmann*, Schaffhausen.

Biologische Untersuchungsmethoden sind, wie der Name es besagt, Methoden der *Ueberprüfung eines Wassers auf Grund alles dessen, was in ihm lebt* («Bios» heisst Leben). Es umfasst also diese biologische Prüfung nicht etwa irgendeinen kleinen Ausschnitt z. B. nur die Bakterien, oder etwa nur die Krebstiere, oder die Fische eines Gewässers, sondern die Gesamtheit aller das betreffende Gebiet besiedelnden Lebewesen.

Im Grunde genommen ist eine solche Beurteilung eines Wassers schon uralt, und der Mensch nutzt ihre wertvollen Leistungen wohl schon seitdem er überhaupt die Erde bewohnt, weil diese Art der Gewässerbeurteilung ihm instinktiv eigen ist. Selbst ein Kind wird sich kaum je veranlasst fühlen, aus einer braunen schlammigen Pfütze zu trinken, wogegen sogar der heikelste Erwachsene auf einer Bergtour an der ihn lockenden kristallklaren Quelle seinen Durst stillt. Beide treiben nichts anderes, als Beurteilung des Wassers auf Grund biologischer Tatsachen. Ein von Lebewesen durchsetztes und daher gefärbtes oder undurchsichtiges Wasser erscheint uns unappetitlich im Gegensatz zum organismenfreien, von uns als rein erkannten Trinkwasser.

Dieser angeborene Instinkt lässt sich, wie jede geistige Fähigkeit des Menschen, bewusst ausbauen und schulen. Das Urteil wird durch Erfahrung, durch die Aneinanderreihung und Vergleichung von einschlägigen Beobachtungen erweitert und verschärft. Von der blossen Nutzung des Wassers zu Trinkzwecken schreiten wir, je nach unserer Beschäftigung und unserer Interessenrichtung, weiter zur Uebertragung dieser biologischen Prüfung auf Gebrauchswasser, auf Fischwasser und schliesslich sogar auf die Beurteilung von künstlich durch den Menschen beeinflussten Wasserqualitäten, von Abwasser. Der mit der Fischerei Vertraute schult sein Urteilsvermögen derart, dass er kaum je im Zweifel ist, wenn er an ein Gewässer herantritt, welche Fisch*arten* er darin erwarten darf, oder mit was für einem Fisch*einsatz* er am betr. Gewässer einen wirtschaftlichen Erfolg zu erzielen vermag. Es geht diese Schulung so weit, dass der Fachmann an Hand der Tiere und Pflanzen des Wassers abzuschätzen vermag, wie gross der Gewichts- und Geldertrag eines solchen Gewässers bei fischereilicher Bewirtschaftung sich gestalten wird und dies sogar an einem Wasser, in dem unter Umständen überhaupt noch nie ein Speisefisch herumgeschwommen ist. Wir bezeichnen bekanntlich derartige Schätzungen mit dem Ausdruck *Bonitierung*. — Gerade in neuerer Zeit, wo in Gestalt von Fischvergiftungen durch Eingriffe Dritter der Fischereiberechtigte leider gar häufig geschädigt, und wo vor Gericht die Grösse der Entschädigungsforderung umstritten wird, spielt diese Bonitierung durch den unparteiischen Gerichtsexperten zur Feststellung der Schadenhöhe eine hervorragende Rolle. Dasselbe gilt natürlich auch bei Handänderungen von Fischgewässern, bei Ablösung von Fischereirechten, z. B. durch Kraftwerkunternehmungen, oder bei der Berechnung hypothekarischer Belastungsmöglichkeiten von grundbuchamtlich eingetragenen Eigen-Fischenzen.

Die Grundlagen, welche die Möglichkeiten für eine solche biologische Beurteilung schaffen, sind in den verschiedenartigen Lebensansprüchen der einzelnen Glieder der Tier- und Pflanzenwelt des Wassers zu finden. Es sind dies auch jedem Laien teilweise wohlbekannte Tatsachen. So wird jeder einigermassen gebildete und mit der Natur vertraute Mensch keinen Moment darüber im Zweifel sein, welche Wasserqualitäten z. B. die Forelle für ihr Leben benötigt, sondern es wird jeder auf Befragen antworten: *Dieser* Fisch braucht reines, kühles, sauerstoffreiches, fliessendes Wasser, am besten sogar mit Strudeln, mit schützenden Verstecken unter überhängendem Ufer und Baumwurzeln und mit einem mindestens stellenweise kiesigen Boden. Es weiss auch jeder, dass speziell die Forelle überall da, wo das Wasser seine Bewegung verliert, zum Teich oder gar zum Sumpf wird, wo es durch den Menschen eine Begradigung und Kanalisierung erleidet, wo der Boden durchwegs verschlammt, keine Existenzmöglichkeit mehr findet. Es ist anderseits ebenso allgemein bekannt, dass man einen Hecht oder einen Karpfen kaum jemals im strudelnden Berg-

bach erbeuten wird, sondern dass man solche Fische im stehenden, gutbesonnten Wasser des Teiches oder Sees suchen muss.

Es sind also die *physikalischen Faktoren* der Bewegung und der Wassertemperatur, und es sind die *chemischen Eigenschaften* des Gehaltes an gelöstem Sauerstoff und anderweitigen Beimengungen, welche sich existenzbedingend für das Leben der gesamten Fische auswirken. Was hier an diesem einen bekannten Musterbeispiel, der fischereilichen Besiedelung der Gewässer, gezeigt worden ist, das lässt sich *ganz allgemein auf die Tier- und Pflanzenwelt des Wassers ausdehnen.* Ob es sich um einen Krebs, um eine Mückenlarve, um eine Schnecke, eine Alge, ein Bacterium oder eine höhere Pflanze handelt, immer können wir den eindeutigen Tatbestand registrieren, dass diese Geschöpfe für ihre Existenz ganz bestimmte Umweltbedingungen verlangen. Ein reichliches und gesundes Gedeihen ist für jedes Wasserlebewesen nur da möglich, wo ihm die Gesamtheit dieser Bedingungen von seinem Lebensraum geboten wird.

Tritt plötzlich eine extreme Veränderung dieser physikalischen oder chemischen Faktoren des Wohngebietes ein, so werden diese Lebewesen entweder, sofern ihnen dies möglich ist, zur Flucht veranlasst, oder aber sie sterben ab und zwar Tier wie Pflanze.

Tritt dagegen die Veränderung eines oder mehrerer Umweltfaktoren nur langsam und allmählich ein, so werden die beweglicheren Geschöpfe dahin auszuwandern versuchen, wo sie von der schädlichen Veränderung nicht erfasst werden. So finden wir unter Umständen die Wasserschnecken ausserhalb vom Wasser auf dem Ufer und an den aus dem Wasser ragenden Stengeln und Pflanzenteilen, durch ihren Schleim für einige Zeit wohl geschützt gegen die Austrocknung, den Moment abwarten, wo ihnen im Wasser selber der Aufenthalt wieder ermöglicht wird.

Unter den unbeweglichen und festgewachsenen Geschöpfen wird dagegen durch die Veränderung der Umweltbedingungen eine *allmähliche* Auslese eintreten. Dies deswegen, weil der Grad der Aenderung nicht von allen Tier- oder Pflanzenarten in gleicher Weise als unerträglich empfunden wird, oder, weil einzelnen Formen im Hinblick auf diese Umweltänderung gewisse Abwehrkräfte zu Gebote stehen. So hüllen sich z. B. gewisse Egelarten bei einer eintretenden chemischen Veränderung in einen undurchlässigen Schleimmantel ein, während andere, wie z. B. gewisse Würmer, sich in selbstgebohrte enge Löcher des Bodens hinunter zurückziehen. Für eine weitere Gruppe von Lebewesen ist der veränderte Chemismus des Wassers bei ihrer biologischen Veranlagung überhaupt nicht nachteilig, sondern unter Umständen sogar förderlich. Es werden also *diese* Tier- oder Pflanzenarten unter der Einwirkung des veränderten Faktors erst recht ein reges Wachstum und an Stelle einer zahlenmässigen Verminderung eine reichliche Vermehrung aufweisen und so für den beobachtenden Forscher zu einem besonders augenfälligen Merkmal der betr. Gewässerstrecke werden. Je stärker und extremer die im Wasser eingetretene physikalische oder chemische Veränderung geworden ist, um so grösser wird sich auch dieser Einfluss in der veränderten Besiedelung geltend machen. Es folgt eine immer schärfere Auslese der für den neuen Zustand geeigneten Gattungen und Arten, so dass ein früher von hunderten von Spezies besiedelter Lebensraum schliesslich nurmehr von ganz wenigen Formen bewohnt wird. Diese bilden zunächst vereinzelte Gruppen, dann dank der reichlichen Vermehrung ganze Bestände, und diese Bestände wachsen unter Umständen zu förmlichen Decken aus, die im extremen Fall restlos alles und jedes überziehen, was im betr. Gewässer überhaupt als Träger von Lebewesen in Betracht kommen kann. Ufer und Boden, Stein und Bauwerke, hereinhängende Gräser und Aeste, ja selbst die Körper grösserer, ebenfalls noch aushaltender Lebewesen werden von dieser Decke überzogen und allseitig mit ihr umhüllt.

Besonders zu beachten ist bei der Herausbildung eines solchen Zustandes die Tatsache, dass es durchaus nicht nötig ist, dass die physikalisch-chemische Veränderung des Gewässers eine andauernde oder eine gleichmässig starke sei. Sie kann in ihrem Grad recht erhebliche Schwankungen, ja sie kann sogar länger dauernde, vollständige Unterbrechungen aufweisen; der Effekt wird trotzdem der vorher geschilderte sein. Es liegen in dieser Hinsicht im Wasser ähnliche Verhältnisse vor, wie wir sie seit *Justus von Liebig* für die Fruchtbarkeit eines Bodens kennen. Dort ist bekanntlich nach dem Gesetz des Minimums derjenige Stoff für den Ertrag massgebend, welcher sich in minimaler Menge vorfindet, ganz ohne Rücksicht darauf, in wie grossem Quantum die andern Nährstoffe der Kulturpflanzen auftreten. *Im Wasser ist derjenige Faktor, welcher für die betr. Tier- oder Pflanzenart im extremsten Ausmass abgeändert ist, bestimmend.* Es kann dies für die eine Art ein physikalischer, für eine andere ein chemischer Faktor sein. Immer wird sich nach diesem einen extrem abgeänderten Milieueinfluss die ganze Lebewelt, die ganze sogenannte *Biocoenose* einstellen.

Versuchen wir uns dies an einem der häufig auftretenden Beispiele der Praxis klar zu machen:

Ein industrielles Abwasser bringe in einen wohl besiedelten Bach allwöchentlich einmal während 5 Minuten ein Quantum freier Säure. In der ganzen Zwischenzeit läuft der Bach, wie Jahrzehnte vorher, ohne jegliche Zustandsänderung. Also eine Woche lang reines Wasser und dann wieder 5 Minuten Säure. Tier- und Pflanzenwelt erleidet durch die Veränderung die oben besprochene Auslese. Nur ganz wenige Arten werden unter solchen Verhältnissen trotz der anscheinend nur geringen Veränderung noch ihre Existenz finden können. Die grosse Masse wird vernichtet. Für den Biologen ist das Bild dann entgegen der landläufigen Erwartung so ziemlich das gleiche, wie wenn das betr. Gift, also die Säure, andauernd fliessen würde. Es liegt also dasselbe Verhältnis vor, wie wir es, allerdings in etwas anderem Sinne, auf einer kahlen Felsplatte beobachten können. Trotz tagelanger Regengüsse, trotz wochenlanger Durchfeuchtung bei der Schneeschmelze, vermögen doch nur die allerextremsten Trockenheitspflanzen, Flechten, Hauswurz u. dgl. diese Felsplatte zu besiedeln, wenn im Laufe des Jahres nur ein einziges Mal während längerer Zeit das lebenspendende Nass total ausbleibt. — Es ist auch meistens durchaus gleichgültig, ob der veränderte Faktor, in unserm Falle die Säure, bei Tag oder bei Nacht einwirkt. Die Auslese der ungeeigneten und der geeigneten Arten wird immer mit unweigerlicher Sicherheit eintreten, und sie wird selbstverständlich für den forschenden Menschen auch dann unzweifelhaft und eindeutig erkennbar sein, wenn *im Momente der Prüfung der Säuredurchlauf gar nicht erfolgt.* Mit andern Worten, es vermag der biologisch Geschulte die Folgen einer Abwassereinleitung, also deren Wirkung auch dann zu erkennen und festzustellen, wenn er das betr. Abwasser gar nie zu Gesicht bekommt. Und dies sogar noch nach längerer Zeit. Da die neue Besiedelung einer so veränderten Gewässerstrecke, durch Zuschwemmung von oben oder durch Fortpflanzung an Ort und Stelle, nur ausserordentlich langsam vor sich geht, so bleiben nämlich die Spuren der Abwasserwirkung tage- und wochenlang erhalten.

Treffen zwei oder mehr solche abgeänderte Faktoren am gleichen Gewässer zusammen, so wird jeder für sich auf diejenigen Arten vernichtend, hemmend oder fördernd einwirken, die in ihrer Lebensweise, also in ihrer Biologie am stärksten vom betr. Faktor abhängig sind. In unserm Beispiel werden also die Blutegel mit ihrer auf Stunden genügenden schutzbildenden Schleimhülle, bodenbewohnende Würmer mit ihrer Rückzugsmöglichkeit von dem kurzen Säuredurchlauf kaum beeinträchtigt werden. Die Forelle im freien Wasser dagegen wird geschädigt, ja sogar getötet, sofern es ihr nicht gelingt, in dichte Nähe eines reinen Zulaufes zu entfliehen und sich dort, im nicht angesäuerten Stromstrich, zu halten. Der Karpfen im Teich, in den der Bach einmündet und in dem sich die ganze Säuremenge aufsammelt, wird keinen Ausweg finden, sondern sicher dem Tod verfallen sein. Kommt aber nun zum Säurezulauf als zweiter Faktor z. B. noch die Hitze hinzu, fliesst also heisse Säure ein, so werden auch die Egel trotz ihrer Schleimhülle verenden. Die Forelle aber wird sich an ihrem Fluchtort, im reinen, kühlbleibenden Stromstrich des Zulaufes lebend halten. Es bietet sich also nachher bei der Besichtigung das Bild eines anscheinend totalen Massensterbens im ganzen Gewässer. Jede Fischart verzeichnet Tote, die ganze Kleinfauna, die ganze Flora wird tot sein. Aber vereinzelt schwimmen dicht neben oder über ihren toten Artgenossen einige wenige Forellen. Wir haben dann also einen der berüchtigten Fälle vor uns, wo der Verursacher des Sterbens, z. B. der säureableitende Industrielle, die Schuld am ganzen dadurch von sich abzuwälzen sucht, dass er das Ueberleben der doch so hoch empfindlichen Forellen als Gegenbeweis gegen seine Schuld ins Feld führt, ja wo er sogar vom Gericht, mangels eindeutiger chemischer Schuldbeweise freigesprochen wird.

Das Zusammentreffen mehrerer Faktoren bewirkt also wohl in gewissem Sinne eine Summierung der Effekte. Es ist aber nicht eine Summe wie bei der mathematischen Addition, sondern diese Summe ist geteilt durch die individuelle biologische Eigenschaft der verschiedenen Gruppen von Lebewesen, ja sogar von Einzelindividuen. Diese summierte Wirkung lässt sich am ehesten vergleichen mit dem mathematischen *Mittelwert,* oder mit dem *Durchschnitt.* Wir reden infolgedessen bei der biologischen Gewässeruntersuchung auch einfach vom *«Mittelwert»,* der sich als Resultat einer Summe von Eingriffen an der Biocoenose nachher erkennen lässt.

Jedes natürliche Gewässer unterliegt ständig schon von Haus aus, nicht erst unter dem Eingriffe des Menschen einer Reihe von veränderlichen physikalisch-chemischen Faktoren. Sie sind begründet durch das Klima, durch die Geologie von Untergrund und Einzugsgebiet, durch den Wechsel der Jahreszeiten, durch den Einfluss von Tag und Nacht, durch die Verschiedenheiten in der Topographie eines Wasserlaufes und durch weitere, mannigfaltige Umstände. Daraus folgt im Zusammenhang mit dem vorher Gesagten, dass auch jedes natürliche Gewässer in seiner Flora und Fauna von Haus aus

einen solchen Mittelwert erkennen lässt, also eine Einstellung der ganzen Biocoenose auf die Wirkung der verschiedenen Faktoren, relativ zur Biologie der einzelnen Tier- und Pflanzenart. Es ist somit kein Gewässer von Hause aus gleich wie das andere und keines in seinem Verlauf in allen Teilen gleich. Wir sprechen vielmehr in der Hydrobiologie von *«Gewässertypen»*. Wir stellen also einzelne wohlumrissene Musterbeispiele auf und schaffen dadurch einen Rahmen, ein Schema, in das die Gesamtheit der Gewässer eingereiht wird. Dank seiner Individualität passt jedoch kein einzelnes Gewässer ganz genau auf den Typus, oder bestenfalls nur dasjenige, welches als Muster gewählt worden ist. Alle andern Gewässer-Individuen weichen innerhalb einer mehr oder weniger grossen Variationsbreite vom Typus ab. So reden wir also vom Typus «Forellenbach», vom «subalpinen», vom «baltischen See», vom «Karpfenteich», vom «Torftümpel» usw. Die Biocoenose aller Forellenbäche hat eine dem Typus im grossen und ganzen ähnliche Zusammensetzung. Sie ist aber vom einen Bach zum andern verschieden. — Die Bezeichnung «subalpiner See» ist für den Kenner also ein Sammelausdruck. Er ist gleichbedeutend wie ein langes Verzeichnis von Tieren und Pflanzen. Er enthält zugleich aber auch eindeutige Angaben über die im betr. Gewässer herrschenden physikalischen und chemischen Verhältnisse. Trotz dieser Eindeutigkeit sind jedoch unsere subalpinen Seen unter sich durchaus nicht gleich, sondern es sind wiederum Individuen mit einzelnen Besonderheiten in ihrer Biocoenose. Bodensee und Walensee sind beide zweifellos solche zum subalpinen Seetypus gehörende Objekte. Wer möchte aber behaupten, weil sie nun in grossen Zügen bei diesem Typus eingereiht werden müssen, es seien die beiden Seen deswegen durchaus gleichartig? — Man denke doch nur z. B. an die so grundverschiedene Ufergestaltung und den damit in engstem Zusammenhang stehenden, weitgehend differenten Wärmehaushalt. Wie oft ist doch der Bodensee schon zugefroren. Der Walensee hat sich dagegen selbst in den kältesten Wintern noch nie mit Eis bedeckt. Schon dieser eine Faktor bewirkt selbstverständlich eine starke Differenz in der Zusammensetzung der Biocoenose. Der Mittelwert ist also ein anderer in beiden Seen und zwar, es sei dies wiederholt, *schon von Haus aus*. — Kommt nun noch der Mensch dazu mit seinen Eingriffen, so wird der Mittelwert nochmals erheblich verschoben. Es werden bestimmte Tier- und Pflanzenarten gefördert, andere zurückgedrängt oder sogar zum Verschwinden gebracht.

Und nun drehen wir den Spiess um: Wir nehmen an, es sei uns möglich, einen einzelnen Milieufaktor in seiner Bedeutung für gewisse Tier- oder Pflanzengruppen oder -arten eingehend zu studieren, also festzustellen, bei welchem Ausmass dieser einen äusseren Bedingung Gedeihen oder Verschwinden erfolgt. Dann werden wir zweifellos, wenn wir nachher mit diesen Kenntnissen ausgerüstet an ein Gewässer kommen, aus der Verbreitung, der Häufigkeit oder dem Fehlen des speziell untersuchten Organismus einen Rückschluss ziehen können auf den in Frage stehenden Faktor im betr. Wasser. Dieser Rückschluss wird genau so bindend sein, wie z. B. irgendeine chemische Nachweisreaktion oder eine physikalische Messung. — Wenn wir aus einer klaren Lösung mit Hilfe von Silbernitrat einen weissen, am Licht sich schwärzenden, in Ammoniak löslichen, käsigen Niederschlag erhalten, so wissen wir bekanntlich mit voller Sicherheit, dass in der klaren Lösung, für unser Auge unsichtbar, Chlorjon vorhanden gewesen sein muss. — Wenn wir an eine Gewässer treten, und entdecken an ihm, dass die Wurzelfüssler (Rhizopoden),[1] diese auf Chlorjon hoch empfindlichen Lebewesen, die doch sonst in jeder Pfütze, in jedem Teich, an jedem Bachufer, ja in Dachrinnen und Karrengeleisen zu finden sind, total fehlen, so ist die Feststellung von Chlorjon im betr. Wasser genau so sicher, wie die chemische Reaktion mit Silbernitrat. Dazu kommt aber, dass der chemische Nachweis ein *absoluter* ist und nichts aussagt über das für den betr. Gewässertypus erträgliche oder normale Quantum, über ein event. Zuviel oder Zuwenig der betr. Substanz. Aus dem Fehlen einer sonst zum Typus gehörenden Tier- oder Pflanzenart sind wir aber in der Lage, nicht nur auf das absolute Vorhandensein oder Fehlen des betr. Stoffes zu schliessen, sondern wir bekommen den sichern Hinweis darauf, dass im vorliegenden Fall das dem Typus entsprechende Mass über- oder unterschritten wird, mit andern Worten, dass ein für das betr. Gewässer schädlicher Eingriff vorliegt. Damit aber noch nicht genug. Der chemische Chlornachweis gibt uns wohl genau und zahlenmässig Auskunft über den *momentanen* Gehalt des Wassers. Er sagt aber gar nichts aus darüber, wie dieser Gehalt vor 2 Tagen, vor 3 Wochen, oder gar im ganzen Laufe des vergangenen Jahres war. Um über solche Punkte Auskunft zu erhalten, müssen wir als Chemiker periodisch, unter Umständen in ganz kurzen Intervallen, ja vielleicht sogar zu allen Tages- und Nachtzeiten, Proben fassen und analysieren. Selbst dann besteht aber noch die Möglichkeit, dass uns einmal, vielleicht innert einer Viertelstunde, ein hoher Gehalt unbeobachtet durchgeht. So kann z. B. bei einem industriellen Abwasser mit seinem

[1] Speziell die Gattung Difflugia.

intermittierenden Fliessen der Fall vorliegen, dass der gesuchte Faktor an allen Analysentagen überhaupt nie anwesend ist. Dies ganz besonders, wenn sich die betr. Firma, wie es ab und zu vorkommt, schuldbewusst nicht erwischen lassen will, das Ausfliessenlassen eines ihrer Abwässer überhaupt bestreitet, und auf die Anwesenheit des probefassenden Chemikers streng achtet. In solchen Fällen müssen wir als Chemiker sogar unter Umständen nächtelang auf der Lauer liegen, um endlich einmal doch eine Probe zu erwischen mit dem gesuchten oder vermuteten Inhalt. Auf biologischem Wege erhalten wir dagegen nach dem früher Gesagten den Mittelwert, ganz unabhängig davon, ob bei der Untersuchung das betr. Abwasser fliesst oder nicht. Dies sogar, wenn wir erst nach Tagen, ja event. Wochen zur Prüfung gerufen werden. Wir sind wohl nicht in der Lage, zahlenmässige Angaben zu machen, dafür aber die Beziehung des betr. Abwassers zum vorliegenden Gewässertypus und seiner Biocoenose genau anzugeben. So hat, um nur wenige Beispiele anzuführen, die biologische Untersuchung des Zürichsees an Hand des Verschwindens der vorhin erwähnten Rhizopoden, schon jahrelang, ehe die chemische Analyse darauf aufmerksam wurde, die zunehmende Versalzung des Seewassers erkennen lassen. So hat auch für den gleichen See das Massenauftreten von Schwefelbakterien in seinem Untergrund schon 1½ Jahrzehnte vor dem chemischen Nachweis die Tatsache erhärtet, dass auf dem Seeboden die normalen Oxydationsprozesse durch Reduktionsvorgänge ersetzt worden sind; und das gleichzeitige Verschwinden sogar der blutkiementragenden Zuckmückenlarven hat damals schon erkennen lassen, dass der Sauerstoffgehalt am Seeboden auf Null zurückgegangen sein muss. Das ist aber gleichbedeutend mit dem Ende der Leistungsfähigkeit einer normalen Seewasser-Selbstreinigung.[1] Eine einzige, vom Boden heraufgehobene Schlammprobe zeigt dem Kenner der Seebiologie derartige Angaben innert weniger Untersuchungsstunden. Mit unsern chemischen Methoden sind wir dagegen darauf angewiesen, den See einer periodischen Untersuchung zu unterwerfen und gleichzeitig mit der Analyse auch eingehende physikalische Messungen zu verbinden. Wir müssen ausserdem mit dem abschliessenden Urteil unbedingt so lange zuwarten, bis wir die Resultate des Endes einer thermischen Stagnationsperiode, also den Zeitpunkt knapp vor dem Eintreten der neuerlichen vollen Zirkulation, erwischt haben. Erst die Erfassung dieses extremsten Momentes gestattet aus der chemischen Analyse für den betr. Seetypus eine wirklich eindeutige und abschliessende Auswertung.

Nach alledem dürften die Voraussetzungen, das Wesen und der praktische Wert der biologischen Gewässeruntersuchung klar sein.

Voraussetzungen sind eingehende systematische zoologische und botanische Gewässerstudien in Verbindung mit sorgfältigen chemischen und physikalischen Messungen. Dadurch werden die individuellen Reaktionen möglichst vieler Tier- und Pflanzenarten gegenüber Umweltveränderungen festgelegt. Es erfordert dies also ein jahrelanges Freiland- und Laboratoriumsstudium und muss daher als Sache des Spezialisten bezeichnet werden.

Das Wesen der biologischen Untersuchung liegt darin, auf Grund der erworbenen Kenntnisse von Systematik und Biologie der einzelnen Tier- und Pflanzenarten, aus deren Abwesenheit oder ihrem üppigen Gedeihen Rückschlüsse zu ziehen auf die im betr. Gewässer herrschenden Umweltfaktoren.

Der Wert der biologischen Untersuchung ergibt sich daraus, dass mit ihrer Hilfe alle am betr. Objekt auftretenden atypischen, also von der Norm, vom Typus abweichenden Erscheinungen erkannt und nachgewiesen werden können. Die Angaben der biologischen Untersuchung sind also keine absoluten, zahlenmässigen, wie sie die chemische und physikalische Messung liefert. Sie enthalten aber die für die Beurteilung des Stoffhaushaltes eines Gewässers viel bedeutungsvolleren *Mittelwerte* und diese wiederum nicht absolut, sondern *in engster Abhängigkeit vom Charakter,* also von der Individualität des betr. Gewässers. Die biologische Untersuchung weist somit, um beim einfachen, früheren Beispiel zu bleiben, nicht nach: so und so viel Milligramm Chlorjon, sondern sie gibt die letztendlich wichtigste und massgebendste und meistens auch allein *wirklich gesuchte* Auskunft, nämlich: Der Chlorjongehalt ist für das betr. speziell in Frage stehende Gewässer richtig, ist gerade noch erträglich, oder er ist zu hoch. Wie in unserm Beispiel für das Chlorjon, so werden auch für eine Reihe weiterer, besonders wesentlicher Faktoren durch die biologische Methode die bindenden Schlüsse gefunden.

[1] Ein weiteres Beispiel: In seinem Referat hat Herr Prof. Dr. *von Gonzenbach* erklärt, dass man von gewisser Seite die Aufnahmefähigkeit der Limmat für Schmutzstoffe überschätzt habe. Für den Biologen war dies absolut klar. So hat der Verfasser lange vor dem Einstau des Wettinger Werkes in einem Gutachten zu Handen des Stadtrates Zürich an Hand der *biologischen* Tatsachen, welche damals schon vorlagen, die künftige Entwicklung eingehend geschildert und eine Voraussage gegeben, welche heute ein fast photographisch getreues Bild darstellt von den seither an der Limmat eingetretenen unerträglichen Mißständen. Leider ist diese rechtzeitige Warnung unbeachtet geblieben.

Die biologische Untersuchung arbeitet rasch und mit geringem Aufwand an Hilfsmitteln. Sie ist also im höchsten Masse *«Feldmethode»*. Sie gestattet, dank ihrer raschen Arbeitsweise auch in den Fällen zu brauchbaren und mit den exakten physikalisch-chemischen Methoden weiter verfolgbaren Anhaltspunkten zu gelangen, wo die andern Untersuchungen bei direkter Anwendung oft zu spät oder gar nicht mehr zum Ziel führen würden.

Wann und wo bedienen wir uns also mit Vorteil der biologischen Gewässeruntersuchung?

a) *Vor allen andern Methoden* und ohne langes Erwägen ist die biologische Untersuchung beizuziehen, wo es sich um raschestmögliche Auskunft, um unverzügliches Ermitteln von Anhaltspunkten handelt. So z. B. in allen Fällen von akuten Fischvergiftungen! Wie die hundertfache Erfahrung lehrt, kommen gerade in diesen leider sich immer mehr häufenden Fällen die andern Untersuchungsmethoden meist zu spät. Sie finden das, was sie zur Untersuchung benötigen, nämlich die giftige Welle, gar nicht mehr vor, wenn die Probenahme am Wasser nach Stunden oder Tagen erfolgt. Bei solchen akuten Ereignissen ist also die Unterlassung der biologischen Untersuchung als recht schwerer Fehler zu bezeichnen. Es ist dringend zu wünschen, dass dies alle die Herren sich einprägen und zur Regel machen, welche mit Pflege oder Aufsicht von Fischgewässern betraut sind.

b) *Unbedingt am Platz* ist die biologische Untersuchung dann, wenn ein Uebersichtsbild, eine Zusammenfassung, wenn Auskunft über den speziellen Charakter oder fischereiwirtschaftlichen Wert eines Gewässers nötig ist, oder wenn Verursacher, Wirkung oder Umfang eines durch Abwassereinleitung hervorgerufenen Schadens ermittelt werden soll. Diese Einsicht beginnt sich erfreulicherweise allmählich durchzusetzen.

c) *Sehr zu empfehlen* ist die biologische Untersuchung überall, wo ein neues Gewässerobjekt, ein neues Ereignis, irgendeine neue Frage an einem Gewässer zum *eingehenden* Studium in Angriff genommen werden soll, z. B. infolge von Abwassereinleitungsproblemen, von Korrektions- oder Kanalisationsarbeiten, von fischereiwirtschaftlichen Erwägungen oder Einführung und Ausbau biologischer Abwasserreinigungsmethoden. Hier wird der erfahrene Biologe in relativ kurzer Zeit und verhältnismässig billig eine *erste Orientierung* ermöglichen und imstande sein, zu ermitteln, ob und welche weitern exakten Untersuchungen anzusetzen sind und in welcher Richtung diese speziell zu forschen haben, um das Problem von Anfang an in seinem Kernpunkt zu erfassen. Dadurch wird wohl immer wertvolle Zeit und meistens auch beträchtliches Geld eingespart werden können. Das wochen- oder monatelange Herumtasten mit den exakten Methoden, bis die Kernfrage sich allmählich herausschälen lässt, fällt dann meistens dahin.

Die Voraussetzungen und die Arbeitsweise der biologischen Untersuchungen bergen leider auch eine grosse und der raschen Durchsetzung der Methode hinderliche Schattenseite. Die im allgemeinen geringe oder meistens sogar ganz fehlende hydrobiologische Schulung auch der Gebildeten und das auf der Schulbank und im Fachstudium einseitig angezüchtete Verlangen nach Analysenzahlen und Messungsgrössen machen es dem Nichtspezialisten vielfach ganz unmöglich, den Untersuchungen des Biologen zu folgen, seine Angaben zu verstehen und vor allem sie richtig zu bewerten. Es will dem Nichtfachmann einfach nicht einleuchten, wieso der Biologe, nachdem er ein paar Steine herumgedreht, oder vom Boden einen Kübel Schlamm heraufgefördert hat, vielleicht schon nach einigen Minuten ein bindendes Urteil soll abgeben können. Die Untersuchungsmethode erscheint unzuverlässig, vielleicht sogar schwindelhaft, ja sie erinnert eventuell gar an das «Wasserbschauen» der Volksmedizin. Der Laie sieht nur ein paar sogenannte «Würmer» auf dem Stein herumkrabbeln, er beobachtet bloss, dass der Stein auf seiner Unterseite schwarz gefärbt ist, wie mit Schuhwichse angestrichen, aber dass nun der Biologe imstande sein soll, behaupten zu können, es müsse deswegen die Molkerei X eine Kläranlage erstellen, denn sie überlaste das Bächlein, das geht doch manchem zu weit. X Milligramm Albuminoid-Ammonik, Permanganatverbrauch, Nitroeffekt etc. *scheinen* doch ganz anders zuverlässige und vielsagende Angaben, als die paar Würmer und die «Schuhwichse», um so mehr, als ja der Schmutz auch nach gr und mgr bemessen werden muss. Vor diesen allgemein verständlichen Grössen kapituliert man und baut die Kläranlage.

Und damit komme ich zum Schluss noch auf ein Kapitel, das dem Biologen vielleicht die grössten Enttäuschungen bringt, nämlich das Gebiet der Abwasserreinigung. So wenig dem biologisch Ungeschulten in den Kopf hinein will, dass der Biologe, obwohl er keine Zahlenangaben zu machen vermag, doch den Vorgängen im freien Wasser heute sicher gegenübersteht und sie mit seinen anscheinend einfachen Hilfsmitteln voll zu erfassen vermag, ebenso wenig ist es bis heute gelungen, der Biologie im Gebiet der Abwasserreinigung bei den Herren von der Technik genügend zum Durchbruch zu verhelfen. Und doch sind die Vorgänge auf dem Tropfkörper und im belebten Schlamm der Abwas-

serreinigungsanlagen nichts anderes als eine Zusammendrängung oder eventuell ein Ausschnitt von den in der freien Natur im Vorfluter unterhalb einer Kanalisationszuleitung sich abspielenden Vorgängen. Auf dem engen Raum der technischen Anlagen spielt sich also eine Wiederholung von dem ab, was der Biologe im Freien draussen zum Gegenstand seines Spezialstudiums gemacht und für was er, wie gezeigt, zuverlässige Prüfungsmethoden entwickelt hat. Um so erstaunlicher ist es also, dass die Technik bis vor kurzem trotz dieser Tatsache immer versucht, *allein* gegen die Abwässer vorzugehen und darauf verzichtet hat, sich die speziellen Fachkenntnisse des Abwasser-Biologen in gemeinsamer Zusammenarbeit zu Hilfe beizuziehen. Die Zeiten liegen ja noch gar nicht so weit zurück, wo sogar darum gestritten worden ist, ob nicht der Tropfkörper doch, entgegen allen Behauptungen der Biologen, als ein rein mechanisches und nur physikalisch absorbierendes Filter zu betrachten und zu behandeln sei. Auch heute wird leider noch vielerorts probiert, den Effekt einer biologischen Reinigungsanlage durch rein technische Massnahmen zu verbessern. Ich verweise dafür vor allem auf die mannigfaltigen, teilweise bilogisch geradezu widersinnigen Vorschläge zur Steigerung der Tropfkörperleistungen (Deckschichten, vorgängige Schwermetallfällungen usw.). Als ob ein natürlicher Vorgang, wie der Stoffabbau im Wasser nicht dann am besten und glattesten ablaufen würde, wenn er bei einem Maximum von naturgleichen, fördernden und einem Minimum von naturwidrigen, hemmenden Bedingungen vor sich gehen kann. Für den Biologen scheint es eine Selbstverständlichkeit, dass diejenige Abwasserreinigungsanlage die grössten Aussichten auf Dauererfolg und Wirtschaftlichkeit bietet, welche dem *natürlichen* Ablauf der Verarbeitung von Schmutzstoffen in ihrem Prinzip am nächsten kommt, welche dazu aber die in der Natur vorhandenen Hemmungen ausschaltet und infolgedessen das Tempo des Abbaues auf grösstmögliche Höhe steigert.

Meine Herren! Es kommt ganz sicher nicht von ungefähr, dass wir bis heute eine so erdrückende Menge von Systemen und Konstruktionsvorschlägen haben, aber nur ganz wenige, in jeder Beziehung voll befriedigende Reinigungsverfahren besitzen. Und wie einfach wäre doch oft die Lösung zu finden, wenn man mehr von den «Würmern» und der «Schuhwichse» lernen wollte! — Lassen Sie mich dies noch an einem letzten Beispiel erhärten. — Mosterei- und Brennereiabwässer zählen für den Abwassertechniker zu den problematischsten und am meisten Schwierigkeiten bereitenden Substanzen. Es gibt kaum ein Reinigungsverfahren, das daran nicht schon, meist mit *Miss*erfolg, probiert worden wäre. Dabei beobachten wir aber doch als Biologen immer wieder, *dass* die Natur und *wie* die Natur mit diesen Stoffen fertig wird. Sie *hat* eine Lösung und dazu noch eine einfache und restlos gute. Und der Biologe kennt diese Lösung des Problemes. Wenn er aber darauf basierend aus voller Ueberzeugung ein Sanierungsverfahren vorschlägt, so stösst er trotzdem immer wieder auf Zweifel, auf Unglauben und Widerstand. Er erlebt die Enttäuschung, dass sein Vorschlag zu einfach ist, dass er nicht plausibel scheint, weil er chemisch noch nicht restlos gefasst und erklärt werden kann und die Würmer, Schnecken und Mückenlarven eben doch keine Beweiskraft haben für den Nichtbiologen.

Was macht denn die Natur mit solchen Abwässern? —

Zunächst wendet sie dagegen den von ihr bekanntlich auch sonst in einer unendlichen Zahl von Umsetzungen, von Ab- und Aufbauvorgängen benützten Stoff, man könnte fast sagen, ihr *Universalreagens* an, nämlich den ganz gewöhnlichen, in fast allen unsern Gewässern vorhandenen kohlensauren Kalk. Soweit ich Ihnen chemisch darüber Aufschluss geben kann, dürfen wir darin in erster Linie eine Neutralisation der Fruchtsäuren erblicken, dann aber auch eine Fällung der Schwebestoffe und eine Ausflockung eines Grossteiles der Kolloide. Es mögen auch noch andere Prozesse dahinter stecken, die wir aber eben wie gesagt heute noch nicht restlos chemisch zu erfassen vermögen. Auf alle Fälle erreicht die Natur damit eine Lösung mit optimaler Wasserstoffjonenkonzentration und im übrigen solcher Beschaffenheit, dass darauf eine biologische Bearbeitung unter Verwendung der gewöhnlichsten Hilfsmittel erfolgen kann. Die Natur schaltet einfach ihre übliche Abwasser-Biocoenose ein, ohne irgendeinen besondern Faktor hinzuzunehmen oder wegzulassen und erreicht tatsächlich nach Einwirkung einer genügend grossen belebten Oberfläche, d. h. nach einem entsprechend langen Lauf über den besiedelten Flussboden eine vollständige Beseitigung des zugeleiteten Schmutzes. — Nun werden Sie vielleicht mit der üblichen Skepsis einwenden: für den Ablauf in der Natur ist das Beispiel nicht schlecht, weil sich jedermann vom Endresultat wirklich überzeugen kann. Aber einen wirklichen Beweis dafür, dass ein nach solchem Vorbild gebautes Reinigungssystem tatsächlich auch funktioniert, haben wir doch nicht. — Stimmt! stimmt insofern, als wir eben bis heute den Beweis meines Wissens noch gar nirgends angetreten haben. Es existiert also auch ebensowenig ein Gegenbeweis,

und darum ist die Skepsis zum allermindesten verfrüht. Um so verfrühter, als die einzelnen Stufen des natürlichen Vorganges in ihren wesentlichsten Teilen als bekannt und gesichert betrachtet werden dürfen. Oder kann jemand heute noch ernstliche Zweifel hegen gegenüber der Wirksamkeit von Kalk, also einem Mono- oder Bikarbonat auf Säuren? — Kann noch jemand einen Gegenbeweis antreten gegen die Behauptung der physikalischen Wirksamkeit von schweren Flocken auf Schwebestoffe in feiner Verteilung? — Oder kann schliesslich irgend jemand noch Zweifel darein setzen, dass sich eine normale Abwasser-Biocoenose aus einem Vorfluter auf einen Tropfkörper zurückverlegen und dort konzentrieren lässt? Ich glaube, diese Teilfragen fallen wirklich alle ausser Diskussion. Und nun lässt, wie gezeigt worden ist, die Natur alle diese Stufen des Reinigungsvorganges hintereinander laufen. Kann da nun wirklich noch ein stützbarer Zweifel vorliegen, dass das Gleiche mit gleichen Mitteln in gleichem Ablauf nicht auch in technisch korrekter Anordnung sich durchführen liesse? — Bei der grossen Zahl unserer Brennereien und Mostereien und der noch viel grösseren der Molkereien, wo ja im Prinzip die Verhältnisse ganz ähnliche sind, wäre es eine Wohltat für das ganze Land, wenn bald irgendwo auf abwasserbiologischer Grundlage die Reinigung durchprobiert würde. Der Weg wäre also, wie ihn auch Herr Prof. von Gonzenbach geschildert hat, umgekehrt als bisher: Nicht zuerst eine schöne technische Anlage erstellen, der sich dann die Biologie so gut es gehen will zu fügen und anzupassen hat, sondern: Erfüllung aller biologischen Erfordernisse, so gut die Technik dies mit ihren fast unerschöpflichen Mitteln zu lösen imstande ist.

Es war mir nicht vergönnt, Ihnen in so kurzer Zeit die Details der biologischen Untersuchungsmethoden vorzuführen oder gar Sie zu befähigen, in Zukunft selber mit dieser Arbeitsweise zu hantieren. Meine Herren Kollegen von der hydrobiologischen Forschungsrichtung werden dies alles viel besser und eindrücklicher in der Natur, an der Glatt und im Laboratorium am Mikroskop in den nächsten Tagen durchzuführen imstande sein. Ich hoffe aber, es sei mir gelungen, Ihnen in grossen Zügen das Wesen der biologischen Prüfung als eigentliche Orientierungs- oder *Sondierungsmethode* zu erläutern und Ihnen zu zeigen, in welchen Fällen die Praxis sich mit erheblichem Vorteil dieses Hilfsmittels bedient und auch, wo es demnach nicht am Platze ist. Ich hoffe Sie ferner darin mit mir einig, dass wir von der jetzt endlich angebahnten Zusammenarbeit aller Wasser- und Abwasserforschungsgebiete zusammen mit der biologischen Gewässer-Untersuchung grossen und raschen Fortschritt erwarten dürfen in der Sanierung der Abwasserkalamität in der Schweiz, und ich nehme an, auch in Ihrem Namen zu sprechen, wenn ich den hohen Behörden, welche durch Gründung unserer neuen Abwasserberatungsstelle an der E. T. H. diese Zusammenarbeit eingeleitet haben, aufrichtigen Dank ausspreche.

Tagung für Wasserbau und Wasserwirtschaft in Wien vom 15. bis 17. Oktober 1936

von Dipl. Ing. *M. Wegenstein*, beratender Ingenieur, Zürich.

Der Wasserwirtschaftsverband der österreichischen Industrie hat in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft in der Zeit vom 15. bis 17. Oktober 1936 in Wien die Tagung für Wasserbau und Wasserwirtschaft veranstaltet, die durch die persönliche Anwesenheit des Bundespräsidenten *Wilhelm Miklas*, des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft *Peter Mandorfer* und des Präsidenten des Rechnungshofes, Bundeskanzler a. D. Dr. *Otto Ender* eine besondere Bedeutung erhielt. Als Vertreter des schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes durfte ich als einziger schweizerischer Gast an dieser Tagung teilnehmen, zu der sich mehr als 550 Personen aus den Kreisen der Wirtschaft, der Technik und des Rechtswesens eingefunden hatten, und an der auch Delegierte aus Deutschland, Ungarn, der Tschechoslowakei, Polen, den Niederlanden und der internationalen Donaukommission teilnahmen.

Im gut besetzten Festsaal des monumentalen Industriehauses am Schwarzenbergplatz eröffnete am Donnerstag, den 15. Oktober 1936 morgens der Präsident des Wasserwirtschaftsverbandes, Bundeskanzler a. D. *Ernst von Streeruwitz* die Tagung. Nach seinen Begrüssungsworten verwies er auf die überragende Bedeutung des Wassers in jedem einzelnen Zweig unseres Wirtschaftslebens, insbesondere für die Bodenbebauung, die industrielle Produktion, die Kraftnutzung und die Binnenschiffahrt. Er betonte, dass die praktische Technik ihre grössten Anregungen immer aus der wissenschaftlichen Forschung erhalte. Neben dem Hauptzweck der Tagung, eine Vertiefung und gleichzeitig einen Ueberblick der gesamten Fachgebiete des Wasser-