

Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme
Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung
Band: 20 (1963)
Heft: 1

Artikel: Forschung im Dienste der Gewässerüberwachung
Autor: Zimmermann, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-783034>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Forschung im Dienste der Gewässerüberwachung

Von Dr. P. Zimmermann, Tägerwilen TG/Schweiz

Soll die Ueberwachung eines Gewässers wirksam sein und die gewünschten Informationen liefern, dann darf sie sich nicht mit gelegentlich, sporadisch durchgeführten chemischen Wasseranalysen begnügen, sondern sie muss sich auf kontinuierliche, zuverlässige Untersuchungen stützen können, welche laufend ein richtiges Bild des Gewässerzustandes vermitteln. Bei einem ausgedehnten Beobachtungsnetz bedeutet dies aber die Notwendigkeit, eine sehr grosse Zahl von Proben periodisch zu erheben und zu untersuchen, was einen entsprechend grossen Aufwand an Personal, Zeit, Mitteln und Apparaturen erfordert, der die Leistungsfähigkeit der entsprechenden Amtstellen in der Regel übersteigt. Auf diesem Wege allein wäre deshalb zumeist eine zweckdienliche Ueberwachung der Gewässer praktisch gar nicht durchführbar.

Zum Glück springt hier ein Heer von Helfern in die Lücke, die uns über den Verunreinigungsgrad und über andere Eigenschaften eines Gewässers zuverlässig Auskunft geben können, vorausgesetzt, dass wir ihre Sprache verstehen. Es sind damit die tierischen und pflanzlichen Organismen gemeint, die auf das Leben im Wasser dauernd oder während einer gewissen Entwicklungsperiode ihres Lebens eingerichtet und spezialisiert sind. Eine ungeheure Fülle von Arten belebt den aquatischen Lebensbezirk, die innerhalb ihres gemeinsamen Merkmals — der Gebundenheit an das Leben im Wasser — zu einer stark entwickelten Spezialisierung in bezug auf die mannigfaltigen Umweltfaktoren neigen. Kein noch so extremer Biotop innerhalb des Wassers, der nicht für eine Reihe von «angepassten» Arten noch günstige Lebensstätte bedeuten würde, während kaum zwei Arten völlig identische Umweltsbedingungen zu ihrem optimalen Gedeihen verlangen. Der erfahrene Gewässerbiologe macht sich diese Umstände zunutze; er erkennt am Artbestand die zugehörigen Umweltbedingungen.

Im Bestreben, zu ordnen und zu vereinfachen, um auch dem Anfänger ein Zurechtfinden zu ermöglichen, sucht er die Fülle von Arten zu klassieren. Dabei bildet jener Faktor das Kriterium, auf den er sein Augenmerk zunächst richtet, den er später analysieren will. Die Schwierigkeit bildet dabei die Tatsache, dass nicht ein einzelner Faktor auf den Organismus einwirkt, sondern dass er einem ganzen Spektrum von Reizen ausgesetzt ist, gemäss der kompliziert ineinandergreifenden Vielfalt aller Faktoren, welche die physiographischen Eigenschaften eines Biotops bestimmen.

Die Unterteilung der Wasserorganismen in Bewohner der Seen und in Bewohner der Bäche und Flüsse, in Bewohner des Flachlandes und Bewohner des Hochgebirges, wie sie schon in älteren Lehrbüchern hervortritt, ist nichts anderes als eine solche Klassierung nach den Kriterien der Wasserbewegung bzw. der Wassertemperatur. *Kolkwitz* und *Marsson* haben dann als erste bewusst eine Klassierung im Hinblick auf die Verunreinigung, auf den Gehalt des Wassers an organischer, abbaufähiger Substanz vorgenommen, mit dem klaren Ziel, ein Werkzeug für die Beurteilung der Gewässer nach eben diesem Kriterium zu schaffen. Die Idee, diese erste zweckbestimmte Einteilung der aquatischen Fauna und Flora, geboren aus einer überaus reichen persönlichen Erfahrung heraus, war höchst genial und hat seitdem für alle folgenden Versuche, das Saprobien-system zu erweitern und zu verbessern, als Grundlage gedient.

Die schon angedeuteten Schwierigkeiten zeigen sich indessen bald auch hier. Die Schöpfer des Systems hatten nur *einen* bestimmten Faktor vor Augen; sie waren gewissermassen befangen

im Blick auf den Gehalt an organischer, abbaufähiger Substanz. Die Reaktion der Organismen wurde nur im Hinblick auf diesen wichtigen Umstand geprüft und analysiert, gleichsam aus einem grösseren Zusammenhang herausgerissen. Es wurde denn auch bald gefordert, die Gesamtheit der Faktoren, die wir gemeinhin als Verunreinigung bezeichnen, wie Gehalt an organischer Substanz, Einfluss der Fäulnisgifte, Sauerstoffgehalt usw. zu berücksichtigen. Aber es zeigte sich auch, dass der Wirkung oft eine falsche Ursache zugeschrieben worden war, dass gar nicht die Verunreinigung, sondern andere Faktoren das Vorkommen gewisser Arten in erster Linie bestimmen. Immer mehr zeigte sich deshalb die Notwendigkeit, noch weitere Faktoren, wie die Temperatur, die Strömung und viele andere ebenfalls in die Rechnung einzubeziehen. So ging der Streit zunächst um die Einreihung einzelner Organismen hin und her, bis immer mehr die Einsicht durchdrang, dass nicht die Anwesenheit oder das Fehlen derselben, sondern die Summe der gefundenen Pflanzen und Tiere massgebend sein kann, in der Erkenntnis, dass eine Vielheit von Arten, alle auf denselben Gesichtspunkt hin geprüft, die Wirkungen der übrigen Faktoren viel eher ausschliessen lassen, als dies bei einer einzelnen Art der Fall wäre. Gleichzeitig wurde begonnen, innerhalb der vier Saprobienstufen Gruppen auszuscheiden, die begrenzten Bereichen anderer Faktoren entsprechen, wie z. B. oligo-saprobe Organismen des stehenden und langsam fliessenden Wassers, und oligo-saprobe Organismen des schnell fliessenden Wassers. Gerade die Fliessgeschwindigkeit war dazu geeignet, in einem gebirgigen Land wie der Schweiz manche Verwirrung innerhalb des Saprobien-systems zu schaffen.

Man sieht, es herrscht auf dem Gebiet der biologischen Wasseranalyse, wie diese Methode der Gewässerbeurteilung oft genannt wird, einige Unsicherheit. Diese zu beseitigen, bedarf es ausgedehnter Forschungsarbeit. Eine grosse Zahl von autökologischen Studien und Ergebnisse biologischer Aufnahmen an verschiedensten Gewässern ermöglichen dem praktisch Tätigen, zusammen mit seiner persönlichen Erfahrung jetzt schon eine erfolgreiche Anwendung der biologischen Wasseranalyse. Dennoch drängt sich eine systematische Bearbeitung des ganzen Problemkreises auf, soll die Analyse über die blosse Feststellung ziemlich augenfälliger Verunreinigungsgrade hinausgehen.

Auf welche Weise hat dies zu geschehen? Es sei nochmals hervorgehoben, wie zahlreich und kompliziert ineinandergreifend die Faktoren sind, die den Charakter eines Biotops, worunter wir ein ganzes Gewässer oder auch nur einen kleinen, durch eigene Merkmale sich deutlich abhebenden Teil desselben verstehen können, bestimmen. Es gilt nun, die Wirkung jedes einzelnen dieser Faktoren auf die Organismen des Wassers abzuklären. Es fehlt nicht an Versuchen, Untersuchungen an natürlichen, zu diesem Zwecke speziell ausgewählten Biotopen nach dieser Richtung hin auszuwerten, indem die Lebensgemeinschaften möglichst ähnlicher Lebensräume, die sich in nur einem Faktor unterscheiden, genau festgehalten und verglichen werden. Gerade die Vielfalt der zu untersuchenden Faktoren birgt aber immense Schwierigkeiten; denn es sind kaum zwei natürliche Biotope auffindbar, die sich nur in dem zu prüfenden Faktor deutlich unterscheiden, sonst aber völlig identisch sind. So können auf diese Weise herausgearbeitete Abhängigkeiten zwischen der Lebensgemeinschaft und dem zu prüfenden Faktor nicht mit genügender Sicherheit belegt werden. Es gibt in jedem Falle noch viele andere Möglichkeiten,

um die Unterschiede in der Zusammensetzung der Lebewelt zu deuten.

In solchen Fällen pflegt die Forschung nach dem Experiment zu greifen. Dass dies im vorliegenden Falle auf etwelche Schwierigkeiten stösst, liegt in erster Linie an der Grösse der zu untersuchenden Biotope. Aus praktischen, naheliegenden Gründen geht es nicht an, mit Seen und Flüssen zu experimentieren, weshalb wir uns mit Modellen begnügen müssen. Um aber Bedingungen zu schaffen, die es erlauben, die Ergebnisse ohne weiteres auf natürliche Verhältnisse zu übertragen, müssen die Modelle bestimmte minimale Abmessungen besitzen. Alle zu prüfenden Faktoren müssen nach Belieben gewählt, verändert oder konstantgehalten werden können.

Die Erfüllung dieser Bedingungen verlangt in der Regel nach einem grösseren technischen Aufwand, der nur von Instituten mit einer Versuchsanlage erfüllt werden kann. Die Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz an der ETH ist in der glücklichen Lage, eine mit allen notwendigen technischen Einrichtungen versehene Versuchsanlage zu besitzen, welche insbesondere ein System von künstlichen Gerinnen einschliesst, das alle Voraussetzungen für die Durchführung von fliesswasserökologischen Versuchen gestattet. Unter den für die Umgebung gegebenen klimatischen Verhältnissen lassen sich alle Faktoren, wie Fliessgeschwindigkeit, Wassertiefe, Sohlengestaltung, Chemismus des Wassers, Einstrahlung u. a. m. künstlich steuern und konstanthalten und somit einwandfreie Experimente im geschilderten Sinne durchführen, deren Ergebnisse ohne weiteres auch für natürliche Verhältnisse Gültigkeit besitzen.

Wenn man nun solche künstliche Fliesswasserbiotope, also Modelle von Bächen mit exakt definierten, künstlichen Faktorenkombinationen, biologisch untersucht, kommt man zu teilweise überraschenden Ergebnissen. Es zeigt sich nämlich, dass die Lebewelt des fliessenden Wassers auf die Fliessgeschwindigkeit unabhängig von anderen Faktoren so stark reagiert, dass jeder Strömung ein bestimmter Organismenbestand zukommt. Dieser Einfluss ist derart ausgeprägt, dass Bewuchs und Besiedlung zwischen Modellen unterschiedlicher Fliessgeschwindigkeit bei sonst identischen Bedingungen völlig verschiedene Aspekte zeitigen und sich in ihrer artenmässigen Zusammensetzung stark unterscheiden. Ganz verschiedenartige Lebensgemeinschaften können also z. B. in bezug auf die chemische Beschaffenheit des Wassers dasselbe aussagen.

Innerhalb einer bestimmten Verunreinigungsstufe reagieren die Organismen demnach sehr empfindlich auf Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeit. Nun ist es aber so, dass diese verschieden rasch fliessenden Modellbiotope anhand der ihnen eigenen Lebensgemeinschaften nach dem bekannten Saprobien-system verschieden beurteilt werden, indem die zugehörigen Artengruppen verschiedenen Saprobienstufen zugeordnet sind. Diese Feststellung steht in offensichtlichem Widerspruch zu den Grundsätzen, nach denen das Saprobien-system geschaffen wurde und findet seine Erklärung in der ungenügenden Kenntnis der Oekologie der einzelnen Arten.

Unsere Versuche bringen uns auch hier etwas weiter. Wertet man nämlich die Ergebnisse in bezug auf die einzelnen Arten aus, dann stellt man u. a. fest, dass die Reaktion dieser Organismen auf den Strömungsreiz in der Mehrzahl der Fälle weit stärker ist als die Reaktion auf den Faktor Verunreinigung mit organischem Material. Das Saprobien-system hat diese Tatsache ausser acht gelassen, ausser acht lassen müssen, weil exakte Untersuchungen hierüber einfach fehlten. Es ist aber nicht zu verkennen, dass, abgesehen von planktischen Formen, ein grosser Teil der als oligosaprob geltenden Arten ausgesprochen strömungsliebend ist und nur deshalb in dieser Stufe eingereiht

wurde, weil ihr Hauptverbreitungsgebiet in den Oberläufen der Flüsse und Bäche liegt, die in der Regel nicht oder nur wenig verschmutzt sind. Demgegenüber wurden viele Arten des träge fliessenden Wassers und des Schlammes als poly- und alpha-mesosaprob bezeichnet, weil diese Biotope vornehmlich in den meist stark verunreinigten, mit Abwasser belasteten Unterläufen der Flüsse auftreten.

Mit dem Faktor Fliessgeschwindigkeit wird eine ganze Reihe weiterer Faktoren automatisch impliziert. Der Aufenthaltsort der meisten fliesswasserbewohnenden Organismen sind die sogenannten Totwässer, die sich an der Bachsohle zwischen den Geröllen und hinter irgendwelchen Hindernissen bilden. Die physiographischen Verhältnisse in diesen Zonen verlangsamer Strömung unterscheiden sich oft grundlegend von denjenigen der freien Wasserwelle und sind direkt abhängig von der mittleren Fliessgeschwindigkeit des Gerinnes. Im schnellströmenden Bach sind diese Räume relativ gross, und das sie erfüllende Wasser hat, durch die darüberstreichende Wassermasse selbst in Bewegung gehalten, weitgehend dieselbe chemische Zusammensetzung wie die freie Wasserwelle. Im langsam und träge dahinfließenden Gewässer werden diese Totwasserzonen durch Sedimentation verkleinert, oft schrumpfen sie auf die Kapillarräume zwischen den sedimentierten Teilchen zusammen, wo die Wasserbewegung gleich Null ist und ein Austausch mit dem darüberströmenden Wasser fast gänzlich fehlt. Der Chemismus des Wassers ist deshalb in diesen Zonen meist anders, und zwar schlechter als in der freien Welle, insbesondere in belasteten Gewässern. Die Organismen, die hier leben, haben deshalb weit schlechtere Bedingungen zu ertragen, als sie eine chemische Analyse des freien Wassers widerspiegelt. Wenn wir diese Lebewesen auf sammeln und das Gewässer nach ihnen beurteilen, dann beurteilen wir eben die Gewässersohle. Dies ist der Grund, warum wir ein Gewässer nach dem Saprobien-system um so schlechter beurteilen, je langsamer es fliesst.

Hier findet auch ein alter Widerspruch zwischen Chemikern und Biologen seine Erklärung. Im gestauten Fluss wird die Fliessgeschwindigkeit derart herabgesetzt, dass ungelöste Schmutzstoffe sedimentieren. Gleichzeitig findet durch Massenentwicklungen pflanzlicher Organismen eine Verarmung an gelösten Nährstoffen statt, mit der eine sekundäre Verunreinigung des Flussbodens einhergeht. Wenn nun der Chemiker das Flusswasser auf der Staustrecke analysiert, dann stellt er eine deutliche Abnahme des Schmutzstoff- und Nährstoffgehaltes in der Staustufe fest. Der Biologe dagegen, welcher vorwiegend den Gewässergrund untersucht, beurteilt jede Verlangsamung der Strömung als Verschlechterung des Gewässerzustandes.

Ueber diese die Organismengesellschaften betreffenden Feststellungen hinaus liefern die Modellversuche mit der Exaktheit des Experimentes detaillierte autökologische Angaben über die beteiligten Arten. Ihre Reaktion auf chemische Komponenten des Wassers, auf die Wasserbewegung, auf die Ausgestaltung des Gewässergrundes, auf die Wassertiefe, die Temperatur, die Einstrahlungsverhältnisse usw. kann eindeutig festgestellt werden. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen, kann dann eine gerechtfertigte, begründete Einstufung der Arten in ein Beurteilungssystem erfolgen. Ein wirklich allgemeingültiges System kann indessen nicht die einfache Form aufweisen, wie sie das heutige Saprobien-system zeigt. Dazu ist das Spiel zwischen den Kombinationen der ökologischen Faktoren und der Reizbeantwortung durch die beteiligten Organismen viel zu komplex. Im Interesse einer einfachen Anwendung des Systems, als Werkzeug in der Hand des praktisch tätigen Limnologen drängt sich jedoch eine Beschränkung, eine Vereinfachung auf. Man wird sich deshalb mit den ökologisch wirksamsten Faktoren begnügen müssen, als welche wir zunächst die Strömung, die Temperatur und die Belastung mit organischem, abbaubarem Material betrachten.