

Biologische Aspekte sauberer und verschmutzter Gewässer unter spezieller Berücksichtigung der Verhältnisse in Fließgewässern

Autor(en): **Rüegg, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme**

Band (Jahr): **23 (1966)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-783838>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Biologische Aspekte sauberer und verschmutzter Gewässer unter spezieller Berücksichtigung der Verhältnisse in Fließgewässern

628.191:576.8 G

Von W. Rüegg, Kant. Laboratorium, Zürich¹

A. Einleitung

Ein erfolgreicher Gewässerschutz setzt unter anderem voraus, dass wir über das Ausmass der Verschmutzung unserer Gewässer bestens orientiert sind. Unter Verunreinigung oder Verschmutzung verstehen wir ungünstige stoffliche Veränderungen der ursprünglichen natürlichen Beschaffenheit des Wassers und der Gewässer. Solche Veränderungen können auch ohne die Mitwirkung des Menschen erfolgen. Meist sind aber Abwässer von Siedlungen, Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft deren Hauptursache. Zur Erfassung des Ausmasses einer Verunreinigung bedient man sich chemischer, physikalischer, bakteriologischer und biologischer Methoden, deren Resultate sich im Idealfalle gegenseitig ergänzen. Die Anwendung biologischer Methoden brucht auf der Tatsache, dass der natürliche Organismenbestand eines Sees, Flusses oder Baches bei Zufuhr von Abwässern oder andern Schmutzstoffen meist in bestimmter Art und Weise sich verändert.

Die Art und das Ausmass der biologischen Veränderung richtet sich vor allem nach der stofflich-chemischen Zusammensetzung der Abwässer und deren Konzentration bzw. Verdünnung im Gewässer. Auf diese Weise können ganz bestimmte, für die betreffenden Abwasserarten typische biologische Verschmutzungsaspekte entstehen. Massgebend für die biologische Veränderung ist auch der Gewässertyp. Ein See oder Teich reagiert anders auf die Zufuhr von Schmutzstoffen als ein Bach oder Fluss. Dazu sind noch zahlreiche andere natürliche Faktoren mitbestimmend an der Ausbildung und Veränderung der Organismengesellschaften. Bei einem Fließgewässer sind vor allem die Stärke der Strömung und Belüftung, die Beschaffenheit des Grundes (Fels, Geröll, Sand, Schlamm), die Temperatur und Belichtung von Bedeutung. Innerhalb eines Gewässers können sich zudem zahlreiche dieser Faktoren von Stelle zu Stelle verändern. Die Wirkung der verschiedenen Abwasserarten lässt sich somit auf ein bestimmtes Gewässer nicht vorausbestimmen oder vorausberechnen. Jedes Gewässer ist ein Organismus mit individuellen Eigenschaften, der auf seine eigene Art und Weise auf die ihm zugeführten Abwässer reagiert. In Fließgewässern ist bei grosser Abwasserverdünnung unterhalb der Einleitungsstelle oft kaum eine Veränderung im Organismenbestand festzustellen. Erst beim präzisen

Vergleich mit von Natur aus gleichartigen Stellen, die sich oberhalb der Einleitungsstelle befinden, ergibt sich eine durch die Abwässer bedingte biologische Veränderung. Je stärker aber die Wasserverschmutzung gegenüber den andern massgebenden Faktoren ins Gewicht fällt, desto ausgeprägter ist das biologische Bild der Verschmutzung. Vor allem bei der Verunreinigung durch häusliche Abwässer nimmt es in der Mehrzahl der Fälle solche Formen an, dass jedermann mit einigen Sachkenntnissen die Lage richtig beurteilen kann. Ohne aus Laien limnologische Fachleute machen zu wollen, soll die vorliegende Beschreibung der typischsten mehrheitlich biologischen Merkmale sauberer und verschmutzter Gewässer dazu dienen, den am Gewässerschutz interessierten Kreisen den richtigen Blick für den Zustand eines Gewässers zu geben. Es würde aber zu weit führen, die Seen und Fließgewässer sowie sämtliche wichtigen Abwasserarten gleich eingehend zu diskutieren. Aus Gründen der Zweckmässigkeit wird im vorliegenden Aufsatz vorwiegend auf die Verhältnisse in Fließgewässern und nur auf die Wirkung organischer fäulnisfähiger Abwässer eingegangen. (Die zahlreichen, häufig giftig wirkenden und nicht faulenden reinen Industrieabwässer sind in ihrer chemischen Zusammensetzung und darum auch in ihrer Wirkung derart verschieden und manchmal kompliziert, dass hier auf ihre biologische Darstellung verzichtet wird.)

B. Saubere Gewässer

Wenn man von einigen Spezialfällen absieht, ist das Wasser in der Regel klar und sauerstoffreich. Der Grund ist blank und der Algenbewuchs wegen des geringen Nährstoffgehaltes meist spärlich. Bestände höherer Unterwasserpflanzen (z. B. Laichkräuter) fehlen oder beschränken sich auf wenige Stellen mit meist schlammigem Boden. Saubere Gewässer sind vegetationsarm.

Handelt es sich um ein typisches *Fließgewässer* (z. B. Forellengewässer), so können allerdings einige Wassermoose stark vertreten sein, indem sie an gewissen Stellen, wie Abstürzen, überrieselten Felsen usw., die Gewässersohle als dichte Polster überziehen. Grössere tierische Organismen scheint es auf den ersten Blick kaum zu geben. Hebt man aber einige Steine aus dem Wasser, so findet man vor allem auf deren Unterseite meist Organismen verschiedensten Aussehens und mannigfaltigster «Anpassung» ans fließende Wasser. Zerteilt man Moosbüschel, kommen

¹ Vorstand Dr. E. Romann.

wieder Organismen zum Vorschein, aber vorwiegend andere Arten. Gräbt man im Schlamm, so findet man Arten, die mit den Bewohnern der Moose oder der Steine des strömenden Wassers nur wenig gemeinsam haben. Jeder Lebensraum beherbergt somit die für ihn typischen Organismen. Je reicher das Mosaik der Lebensräume, um so mehr Arten findet man. In der Regel dominieren die Insektenlarven (Forellennahrung) von Stein-, Eintags- und Köcherfliegen und Zuckmücken, hin und wieder auch kleine Wasserkäfer und deren Larven. Ferner wird diese Region meist von Strudelwürmern, Rundwürmern, Bachflohkrebsen, kleinen Wassermilben, wenigen Schnecken und andern Organismen bevölkert (Abb. 14 bis 21). Zahlreiche dieser Arten verlangen sauerstoffreiches Wasser und meiden in der Regel stärkere Verschmutzung. Es gibt unter ihnen sogar einige Formen, welche auf die geringste Verunreinigung empfindlich reagieren. Es sind die eigentlichen Reinwasserorganismen, welche als Leitformen bei der Beurteilung eines Gewässers ganz besonders berücksichtigt werden (Organismenliste, spez. Abb. 15, 16, 21 u. a.).

In sauberen, nährstoffarmen, *stehenden Gewässern* ist die Zahl der Individuen eher gering, dafür ist der Artenreichtum an Pflanzen und Tieren um so grösser. In der Uferregion der Seen und am Grunde der Teiche können Organismen auftreten, die man auch an gewissen Stellen der Fließgewässer findet. Im Gegensatz zum fließenden Wasser überwiegen aber kleinste, von Auge nicht oder kaum sichtbare, meist äusserst zart gebaute Arten. Sie leben vorwiegend im freien Wasser als pflanzliches und tierisches Plankton (Schwebelbewelt).

C. Verschmutzung durch vorwiegend organische, fäulnisfähige Abwässer — Gewässerselbstreinigung

1. Allgemeine Wirkung und Herkunft

Gelangen grössere Mengen organischer, fäulnisfähiger Stoffe in ein Gewässer, so verschiebt sich nach einiger Zeit sein chemisch-biologisches Gleichgewicht. Die dabei entstehenden Verschmutzungsbilder sind sehr auffallend und zudem weit verbreitet. Besonders reich an organischen, abbaubaren, fäulnisfähigen Stoffen sind alle ungereinigten häuslichen Abwässer, gewisse Abwässer der Landwirtschaft (z. B. Silo), zahlreiche Abwässer der Lebensmittelindustrie (Schlächtereien, Molkereien, Mostereien, Brennereien, Brauereien, Zucker-, Stärke- und Konservenfabriken usw.), der Holzverarbeitung (Zellulose- und Papierfabriken usw.) sowie der Leim- und Lederfabrikation, um nur einige der wichtigsten zu nennen. Wegen ihres hohen Gehaltes an organischen, abbaubaren Stoffen wirken trotz verschiedenster chemischer Zusammensetzung die erwähnten Abwässer auf die Gewässer ähnlich und ergeben im wesentlichen die gleichen Verschmutzungsaspekte.

2. Fließgewässer

a) *Sehr starke Verschmutzung.* Gelangen ungereinigte Siedlungsabwässer in fließendes Wasser, so

bildet sich unterhalb deren Einleitungsstelle eine trübe, meist schmutziggraue und allerlei Schwimmstoffe mit sich führende Abwasserfahne. Sie breitet sich im Gewässer mehr oder weniger rasch aus und verliert sich je nach Verdünnung und Strömung. Die chemischen und biologischen Verhältnisse des Gewässers ändern sich dabei schon nach kurzer Fließstrecke grundlegend. Das Wasser enthält zahlreiche organische Trübungs- und gelöste Stoffe (hochmolekulare orga-

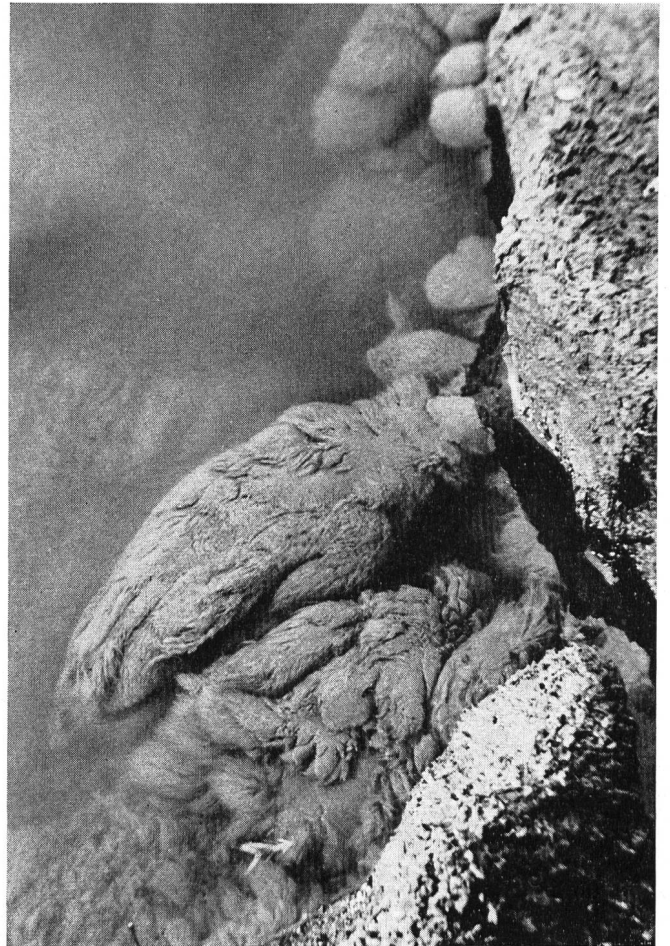


Abb. 1. Abwasserpilz; graue Zotten des Bakteriums *Sphaerotilus natans*. Sehr starke Verschmutzung. Limmat unterhalb der Stadt Zürich nach Aufnahme der nur mechanisch gereinigten städtischen Abwässer. Photo Weiss

nische Verbindungen, anorganische Salze). In einem Tropfen Wasser oder in etwas Schlamm kann es von Bakterien wimmeln. Oft sind über eine Million Keime in einem Kubikzentimeter Wasser enthalten. Es sind vorwiegend Fäulnisbakterien, die sich infolge günstiger Nahrungsverhältnisse stark vermehren. Durch Spaltung und Reduktion bauen sie die vorhandenen organischen Stoffe, vor allem Eiweisse und ihre Zwischenstufen, Fette, Stärke und Zucker, zu einfachen anorganischen Verbindungen ab. Als Fäulnisprodukte entstehen neben harmlosen Verbindungen wie Wasser auch grössere Mengen von Koh-

lensäure (CO_2) sowie die eigentlichen Fäulnisgifte Ammoniak (NH_3 bzw. NH_4^+) und Schwefelwasserstoff (H_2S). Bei einer Verunreinigung durch fäkalienhaltige Wässer findet man in dieser Zone auch zahlreiche Fäkalbakterien, z. B. das Bakterium *Coli*. Es muss dann damit gerechnet werden, dass Darmparasiten (z. B. Wurmeier) und verschiedene Krankheitskeime (Bakterien und Viren) im Wasser vorhanden sein können. Durch umfangreiche Zerset-

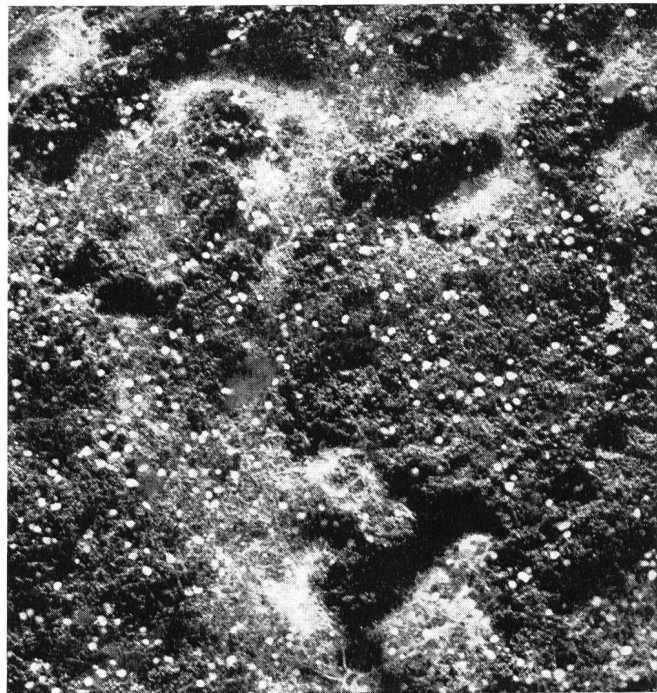


Abb. 2. Schwefelbakterien *Beggiatoa alba*; weisser durchlöcherter Schleier auf schwarzem Faulschlamm. Sehr starke Verschmutzung. Limmat im Staugebiet von Wettingen.
Photo Weiss

zungsvorgänge kommt es in dieser Zone zu einem starken Sauerstoffschwund. Im Extremfall ist überhaupt kein Sauerstoff mehr vorhanden. Dieses Wasser ergibt im Laboratorium einen sehr hohen biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB). Im bewegten, noch sauerstoffhaltigen Wasser sind die Steine oft dicht mit grauen bis weissen schleimigen Zotten überzogen. Sie sind meist einige Zentimeter lang, können aber einen halben Meter und mehr erreichen und dabei kleinere Bäche buchstäblich ausfüllen. Man nennt diese Erscheinung Verpilzung eines Gewässers. Sie wirkt sich aber nicht nur an den Stellen ihres Auftretens sehr ungünstig aus, sondern belastet zusätzlich auch tiefer gelegene Strecken, indem zahlreiche losgerissene Pilzflocken, von der Strömung verfrachtet (Pilztreiben), an ruhigeren Stellen, z. B. Staustrecken, zur Ablagerung gelangen und sich dort zersetzen. Die Verpilzung kann durch einen echten Pilz verursacht werden. In den meisten Fällen, vor allem bei Siedlungsabwässern, ist

es aber die Massenentwicklung eines Bakteriums (*Sphaerotilus*, Abb. 1). Die *Sphaerotilus*-zotten beherbergen verschiedenste andere Bakterien und zahlreiche, mehrheitlich bakterienfressende, einzellige tierische Organismen (Protozoen), hauptsächlich Wimpertierchen (Ciliaten). An Stellen geringerer Strömung, z. B. unter den «Pilzzotten», kommt es zur Ablagerung eines tiefschwarzen, halbflüssigen, übelriechenden und sauerstofffreien Faulschlammes. Typisch ist dabei der Geruch nach faulen Eiern, bewirkt durch Schwefelwasserstoff (H_2S). Die schwarze Farbe des Schlammes beruht auf der Entstehung von Schwefeleisen (FeS). Im Hinterwasser können infolge grösserer Sedimentation Faulschlamm-bänke entstehen. Häufig, besonders beim Hineinstossen, entweichen ihnen Blasen von Fäulnisgasen, wie Ammoniak, Schwefelwasserstoff oder Methan. Im Innern sind solche Bänke völlig sauerstofffrei und beherbergen darum in tieferen Schichten nur spezialisierte Mikroorganismen (Anaerobier), die wegen ihrer Kleinheit von blossen Auge nicht gesehen werden können. Die Schlammoberfläche ist häufig mit einem gespinstartigen weissen Belag überzogen. Diese netzartig durchbrochenen Häute werden durch zahlreiche kleine Fäden einer weissen Schwefelbakterie (*Beggiatoa alba*, Abb. 2) gebildet. Ihr Vorhandensein ist ein sicheres Zeichen für das Vorkommen von Schwefelwasserstoff und bei organischen Verunreinigungen ein Hinweis auf stärkste Verschmutzung. Jedoch noch auffälliger als diese Ueberzüge sind einige quadratzentimeter- bis quadratmeter-grosse blutrote Flecken, welche die Schlammoberfläche durchsetzen. Beim Berühren des Schlammes oder oft nur bei etwas kräftigem Auftreten auf die Uferböschung verschwinden diese Flächen plötzlich, um nach einiger Zeit wieder zu erscheinen. Bei näherer Betrachtung erkennt man, dass dieselben aus unzähligen kleinen roten Würmern bestehen. Es handelt sich um den Schlammröhrenwurm *Tubifex tubifex* (Abb. 5). Jeder dieser Würmer steckt mit seinem Kopf in einer kleinen Schlammröhre. Dabei ist das freie, sichtbare Hinterende meist in schlängelnder Bewegung, um aus den nahen Wasserschichten sich Sauerstoff zuzuführen. Diese Bewegungen sind um so lebhafter, je weniger Sauerstoff im Wasser vorhanden ist. Bei der geringsten Erschütterung ziehen sich blitzschnell sämtliche Würmer ganz in ihre Röhren zurück, um dort für einige Zeit zu verharren und dann wieder zu erscheinen. Neben dem *Tubifex* und ihm nah verwandten Arten findet man auf diesen Schlamm-bänken oft eine schlammröhrenbauende Insektenlarve, die rote Zuckmückenlarve (*Chironomus thummi*, Abb. 7). Auch sie kann in zahlreichen Exemplaren vorkommen, bei sehr starker Verschmutzung aber nie in solchen Mengen wie der *Tubifex*. Die oberen Schichten der Faulschlamm-bänke beherbergen manchmal auch weisse, beschwänzte Maden der Bienenfliege (*Eristalis tenax*), die sogenannte Rattenschwanzlarve, oder «Gülle-wurm» (Abb. 6). Diese Tiere holen nach der Art eines Schnorchels mit Hilfe ihrer schwanzartigen Verlänge-

zung (Atemröhre) den Atemsauerstoff aus der Luft und leben in völlig sauerstofffreien Schichten. Selbst in Jauche- und Abortgruben sowie in stärksten Abwasserkonzentrationen sind sie zu finden. Damit sind die wichtigsten von Auge sichtbaren Organismen dieser Zone erwähnt.

Bei Einleitung von frischen, hochkonzentrierten organischen Abwässern oder sehr grossen Abwassermengen kann ein Gewässer derart stark verschmutzt werden, dass auf einer ersten Strecke der Abwasserpilz noch nicht aufkommt. Ausser der Rattenschwanzlarve fehlen dann auch sämtliche erwähnten Tiere, so dass man von einer Verödung spricht. Bei diesem Stadium der Verschmutzung bilden sich gelblich-weiße Gallertmassen in Form von Knötchen oder bis eigrossen Klumpen. Es sind Kolonien verschiedenster Bakterien, sogenannte Zoogloen.

In der Verödungs- wie in der Abwasserpilzzone dominieren somit die Mikroorganismen, vor allem die Bakterien und einige Protozoen (Ciliaten, farblose Flagellaten). In der Pilzzone gibt es zudem Makroorganismen, es sind nur einige wenige Tierarten, die aber meist in grossen Mengen vorkommen. Höhere Unterwasserpflanzen fehlen und auch Algen sind kaum vorhanden. Wenn einige Algen auftreten, so nur am Ufersaum oder seichten Stellen dicht unter der Wasseroberfläche, wo die Sauerstoff- und Lichtverhältnisse günstiger sind. Ist die ganze Gewässerbreite verschmutzt, so sind infolge Sauerstoffmangels kaum Fische zu finden. Direkt unterhalb der Abwassereimündung, wo für die Fische noch eine Ausweichmöglichkeit ins saubere Wasser besteht, halten sie sich aber wegen des Nahrungsreichtums oft in grossen Scharen und schwimmen zeitweise in die Abwasserfahne, um sich Nahrung zu holen. Von diesen Spezialfällen der Grenzzonen abgesehen, finden sich aber durchwegs Organismen, die gegenüber Sauerstoffmangel und Fäulnisgiften unempfindlich sind. Diese beiden Eigenschaften ermöglichen es ihnen erst, sich unter den extremen Bedingungen einer starken Verschmutzung anzusiedeln. Es sind hauptsächlich auf faulende Stoffe angewiesene Lebewesen, sogenannte Fäulnisbewohner, ferner Organismen, die auch im reinen Wasser leben können, sich im verschmutzten aber wegen des grossen Nahrungsangebotes zu Massen vermehren. Diese beiden Gruppen bezeichnet man als Schmutzwasserorganismen. Es sind zuverlässige Indikatoren für die Beurteilung eines Gewässers (Organismen-tafel sowie Abb. 1 und 2).

b) *Starke Verschmutzung.* Die Abwasserpilzzone kann sich bis zu kilometerlangen Strecken hinziehen, ohne dass die Lebensgemeinschaften sich ändern. Nach und nach werden aber die Pilzzotten immer kleiner, bis der graue Pilzbelag von grünen, blaugrünen und braunen, schleimigen Flöckchen und Krusten durchsetzt wird. Hier erfolgt das erste Auftreten einiger weniger Arten von Grün-, Blau- und Kieselalgen, welche mit zunehmender Fliesstrecke im Gewässer immer mehr Fuss fassen, während der Abwasserpilz zurückgeht. Das Wasser befindet sich auf

dem Wege zur Selbstreinigung. Es ist bereits klarer geworden. Der weitere Abbau der organischen Schmutzstoffe kann nun vorwiegend durch Oxydation erfolgen. Die stinkigen Gerüche treten nicht mehr auf, das Wasser wird entfäult. Der Ammoniak (NH_3 , NH_4^+) wird über Nitrit (NO_2^-) zu Nitrat (NO_3^-) und der Schwefelwasserstoff (H_2S), wie auch die Sulfide (S^{--}), über elementaren Schwefel zu Sulfat (SO_4^{--}) oxydiert. Infolge Bildung von Eisenoxyd-



Abb. 3. Schneckeninvasion an den Steinunterseiten in der Limmat unterhalb der Stadt Zürich bei Vermischung des Seewassers mit städtischem Abwasser. Starke Verschmutzung. Grosse Art: Spitzschlamm Schnecke *Limnaea stagnalis*. Kleine Art: Kleine Deckelschnecke *Bithynia tentaculata*. Zahlreiche rundliche Egelcocons (Eikopseln). Photo Weiss

hydrat ($\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$) wird der anfangs dunkle Schlamm hell. Der Sauerstoffgehalt des Wassers ist grossen zeitlichen Schwankungen unterworfen, kann aber während des Tages infolge Assimilation schon recht erheblich sein. Der biochemische Sauerstoffbedarf ist immer noch sehr hoch. Die durch den Abbau der Eiweisstoffe freiwerdenden Aminosäuren reichern sich hier an. Mit der fortschreitenden Oxydation bilden sich vermehrt Nitrate (NO_3^-), die

gegen das Ende der Stufe Höchstwerte erreichen. Phosphate (PO_4^{--}) sind ebenfalls reichlich vorhanden, kommen aber schon in der Zone der stärksten Verschmutzung in grossen Mengen vor.

Im freien Wasser befinden sich noch viele Bakterien, doch gehen sie mit zunehmendem Abbau der organischen Schmutzstoffe zurück. Auch die Protozoen (Ciliaten) sind hier noch zahlreich vertreten; es sind aber vorwiegend andere Arten als in den Regionen extremster Verschmutzung. Einige der fest-sitzenden Ciliaten, z. B. das Glockentierchen *Carchesium polypinum*, bilden grössere, schon von Auge sichtbare Kolonien. Sie können bei guter Entwicklung sämtliche im Wasser befindlichen Gegenstände mit einem weisslichen, durchscheinenden Flaum über-

ziehen. Die rote Zuckmückenlarve (*Chironomus thummi*) findet in den belüfteten Schlammschichten dieser Zone ihre optimalen Lebensbedingungen. Auch der Tubifex kommt vor, geht aber in seiner Entwicklung bereits zurück. Typisch ist das Auftreten von Egel, die sich an der manchmal durch Schwefel-eisen noch geschwärzten Unterseite der Steine aufhalten. Sehr gut gedeiht hier der braune bis schwarze Rollegel (*Herpobdella octoculata*, Abb. 8) und manchmal auch der kleinere graue, durchscheinende Plattegel (*Helobdella stagnalis*, Abb. 9). Unter den Steinen, auf dem Schlamm und in den Algenbüscheln (Watten) findet man häufig die Wasserassel (*Asellus aquaticus*, Abb. 10). Mit der Abnahme des Pilzes und zunehmender Veralgung gedeiht sie besonders gut und

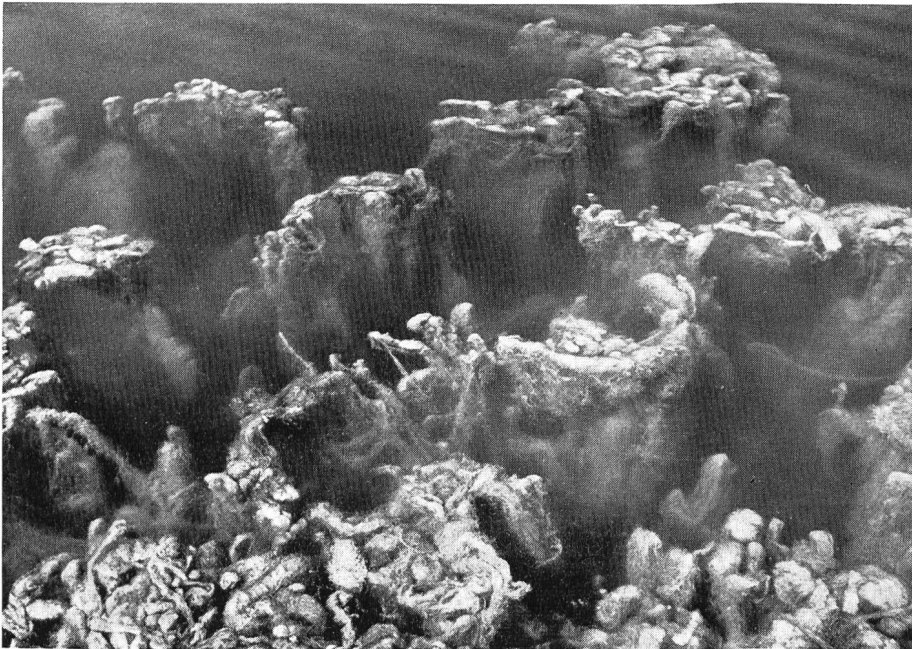


Abb. 4.

Veralgung. Schwimmende, vom Grunde sich losgelöste lebende Algenwatten der grünen Aсталge *Cladophora glomerata*. Starke (bis mittlere) Verschmutzung. Uferregion des nährstoffreichen (überdüngten) Zürichsees (Sommer).

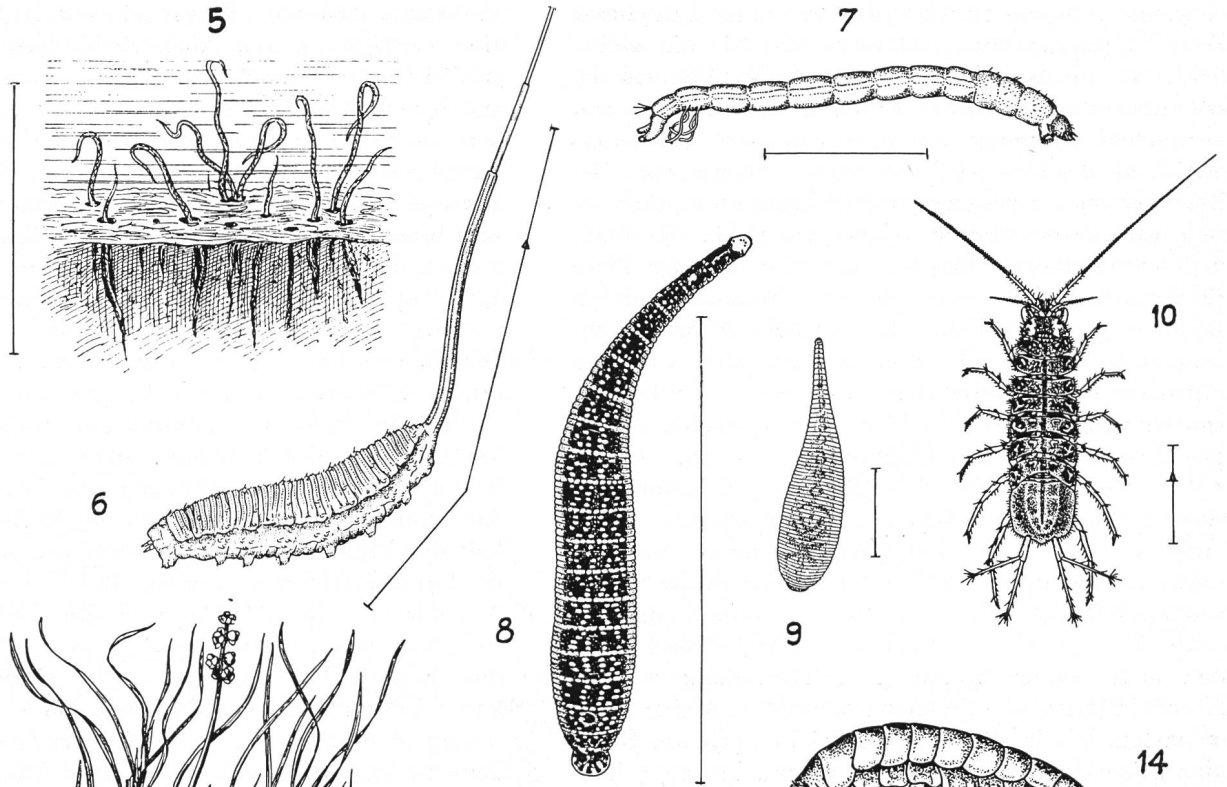
Photo Weiss

Organismentafel: Abb. 5 bis 21

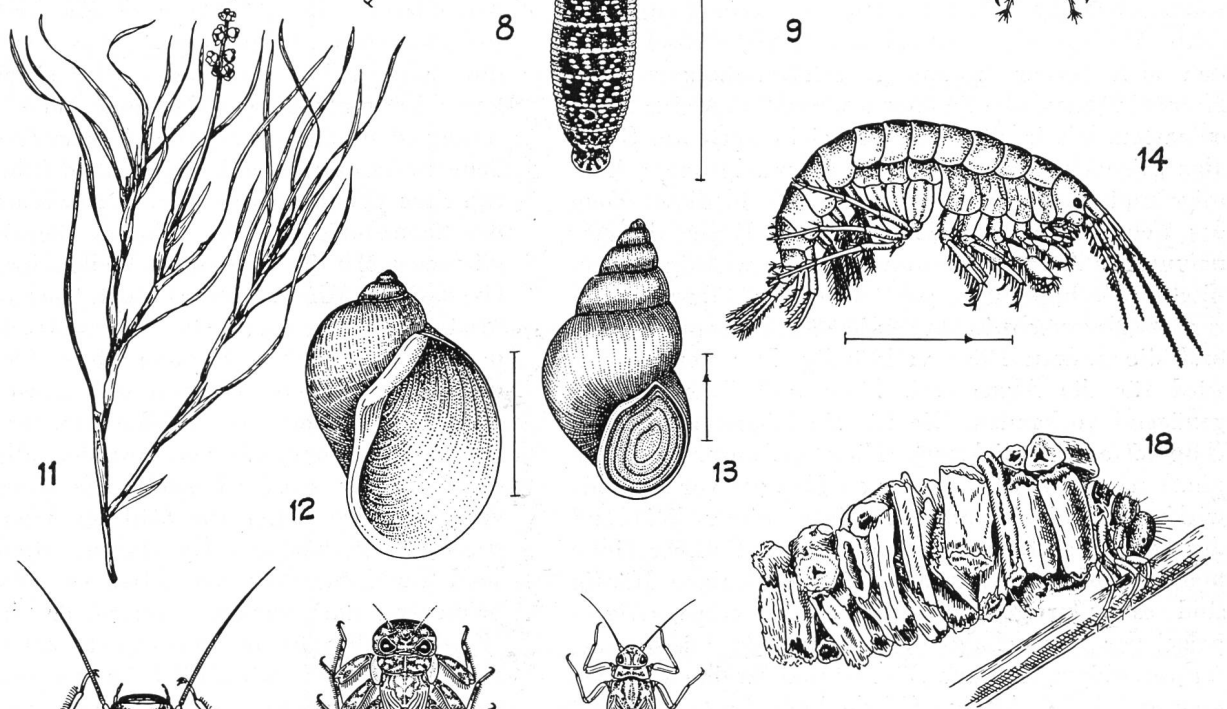
- Schmutzwasserorganismen: Abb. 5 bis 10
 Sehr starke Verschmutzung: Abb. 5 und 6
 Starke Verschmutzung: Abb. 7 bis 10 (eventuell 12)
 Organismen mittlerer Verunreinigung: Abb. 11 bis 14 (eventuell 17, 18)
 Reinwasserorganismen: Abb. 15 bis 21
 † natürliche Grösse (bis Pfeil Min., bis oberes Ende Max.)
5. Roter Schlammröhrenwurm, *Tubifex tubifex*
 6. Rattenschwanzlarve («Güllewurm»), *Eristalomyia* sp. und *Eristalis tenax*
 7. Rote Zuckmückenlarve, *Chironomus thummi*
 8. Rollegel (Schlammegel), *Herpobdella octoculata*
 9. Zweiäugiger Plattegel, *Helobdella stagnalis*

10. Wasserassel, *Asellus aquaticus*
 11. Kammförmiges Laichkraut, *Potamogeton pectinatus*
 12. Kleine Schlamm-schnecke, *Limnaea (Radix) ovata*
 13. Kleine Deckelschnecke, *Bithynia tentaculata*
 14. Bachflohkrebs, *Gammarus pulex*
 15. Steinfliegenlarve (grosse Art), *Perla (Dinocras)* sp.
 16. Eintagsfliegenlarve, *Ecdyonurus* sp.
 17. Eintagsfliegenlarve, *Baëtis* sp.
 18. Köcherfliegenlarve, *Limnophilus flavicornis* (Pflanzengehäuse)
 19. Köcherfliegenlarve, *Rhyacophila* sp. (nackt, räuberisch)
 20. Köcherfliegenlarve, *Stenophylax* sp. (Steingehäuse)
 21. Strudelwurm, *Planaria gonocephala*
- Abb. 6 bis 21 aus W. Engelhardt, «Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?» Kosmos, Stuttgart.

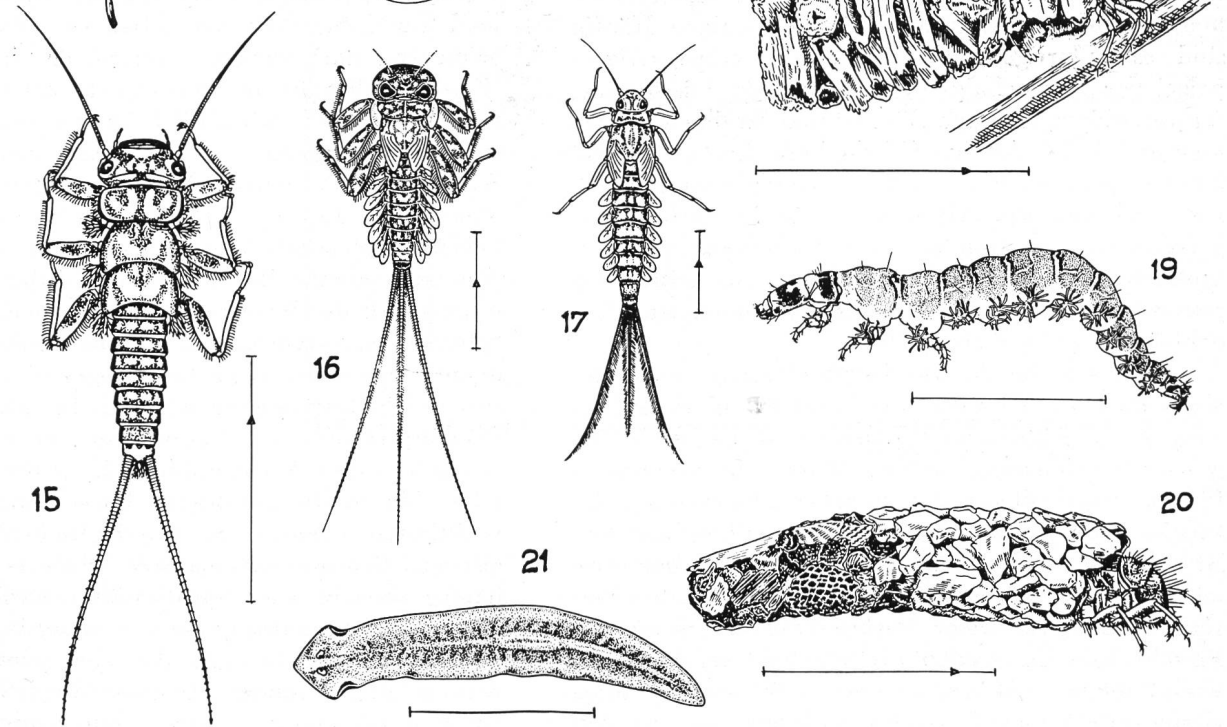
Schmutzwasserorganismen



Mittlere Verunreinigung



Reinwasserorganismen



vermehrt sich am stärksten im untersten Teil dieser Zone (Algenmaximum). Dasselbe gilt für die kleine Schlamm Schnecke (*Limnaea ovata*, Abb. 12) und ihr nahverwandte Arten. Sie kommen bei mittlerer und schwacher Strömung vor allem an den Steinunterseiten, an Pfählen und auf dem Schlamm vor. Bei ihnen besonders zusagenden Bedingungen können sie sich zu grossen Massen vermehren (Abb. 3). Dank dem vorhandenen Sauerstoff hat die Zahl der Tiere (Makroorganismen) zugenommen. Zusammen bilden sie einen wichtigen Faktor bei der Selbstreinigung des Gewässers, da sie als Konsumenten sich von den organischen Schmutzstoffen ernähren (Verdauung, Inkarnation). Unter den hier vorkommenden Algen, den Produzenten dieser Zone, gibt es nur wenige Arten, welche bis in die eigentliche Pilzzone vorstossen. Am weitesten dringen einige Blaualgen (*Oscillatorien*) vor. Dabei entstehen blaugrüne bis fast schwarze Algenhäute. Neben den Pilzzotten des *Sphaerotilus*, dem sich auf dieser Höhe manchmal auch der echte Abwasserpilz *Leptomitus lacteus* beimischt, bilden sich ferner braune Kieselalgenüberzüge, wie *Nitzschia palea*, *Gomphonema parvulum*, kleine *Navicula*-arten. Bis in die Pilzzone reicht auch die Grünalge *Stigeoclonium tenue*, deren dunkelgrüne, schleimige und zarte Flöckchen und Zöpfe in dieser Zone des Ueberganges besonders auffallen. Durch die Abnahme der Aminosäuren und anderer wichtiger organischer Verbindungen geht auch das Pilzwachstum zurück. Es verschwinden schliesslich der *Sphaerotilus* und die andern Pilze vollständig. Der Lebensraum wird für die Algen frei. Licht und Sauerstoff ist genügend vorhanden. Die für sie lebensnotwendigen Nährstoffe wie Stickstoff (Nitrat), Phosphor (Phosphat) u. a. kommen in grossen Mengen vor und bewirken ein Maximum ihrer Entwicklung. Während der wärmeren Jahreszeit kommt es auf dieser Höhe meist zur Massenentfaltung einiger Grünalgen. Häufig sind es fellartige, dunkelgrüne Ueberzüge (Algenpelze) der Schlauchalge (*Vaucheria*) oder frischgrüne, feinverzweigte, flutende Büschel und Strähnen (50 cm und mehr) der Astalge (*Cladophora fracta* und *glomerata*, Abb. 4). Bei Gewittern oder grösseren Landregen werden die Algen von ihrer Unterlage losgerissen und zersetzen sich an tiefer gelegenen Stellen (Sekundärverunreinigung). In dieser Zone können bereits wieder anspruchslosere Fische vorkommen (Aal, Schleie, Karpfen, Weissfische).

c) *Mässige bis leichte Verunreinigung.* Je weiter fluss- oder bachabwärts wir kommen, desto grösser wird der Reichtum an Pflanzen- und Tierarten. Die grossen Algenmassen, die dem Wasser die wichtigsten Pflanzennährstoffe entziehen, gehen hingegen mit der zunehmenden Elimination derselben (Phosphate und Nitrate) allmählich zurück. Besonders bei verschlammter Gewässersohle kommt es nach der Veralgung häufig zu einer Verkrautung des Gewässers. Verschiedene Laichkräuter (*Potamogeton*, Abb. 11), Tausendblatt (*Myriophyllum*), Wasserhahnenfuss (*Ranunculus*) und Wasserpest (*Elodea*) können sich

in dichten Beständen entwickeln und in Extremfällen eine Verstopfung und Abflussbehinderung bewirken. In den reichen Krautbeständen wie an andern Stellen auf dieser Höhe finden die meisten Arten der Schnecken sowie viele Muscheln, Käfer, Insektenlarven, Kleinkrebse, Süsswasserschwämme und Moostierchen günstige Lebensbedingungen. Auch Tiere der stärker verschmutzten Zone (Wasserassel und Egel) und Organismen des sauberen Wassers leben hier. Die meisten auftretenden Arten sind aber wegen ihrer Häufigkeit für diese Region typisch (Abb. 12 bis 14, 18). Manche Organismen bilden eine wertvolle Nahrung für zahlreiche Fischarten und oft ist der Fischertrag hier dank dem Nahrungsreichtum am höchsten. Starke Verkrautung oder Veralgung kann jedoch zu erheblichen Sauerstoffschwankungen des Wassers führen. An sonnigen Tagen wird durch die Assimilationstätigkeit der Pflanzen soviel Sauerstoff produziert, dass es zu Uebersättigungen kommt. Beim Ausbleiben der Assimilation (bei Nacht) wird ein Teil des Sauerstoffs durch die Pflanzen und Tiere veratmet, so dass die Sauerstoffkonzentration wieder abfällt. Bei stärkerer Verschmutzung (Algenzone) und warmer Witterung ist infolge vermehrter Zersetzungs Vorgänge der Sauerstoffabfall besonders gross und führt zu Schwierigkeiten (Fischsterben). Weiter gewässerabwärts wird der Sauerstoffgehalt des Wassers aber immer ausgeglichener. Mit der fliessenden Welle schreitet auch die Oxydation (Mineralisation) noch vorhandener organischer Stoffe weiter. Die Sauerstoffzehrung (BSB) des Wassers gerät weit unter 50 %. Der Bakteriengehalt des Wassers reduziert sich meist auf weniger als 100 000 Keime pro Kubikzentimeter Wasser. Die reichen Krautbestände verschwinden allmählich. Die Steine werden wieder blanker. Die Menge der Algen verringert sich weiter, die Zahl der Arten nimmt hingegen zu (Grünalgen, Kieselalgen, Blaualgen, eventuell Rotalgen). Mit den Pflanzen gehen auch die Schnecken stark zurück, während die Insektenlarven (Förellennahrung) in zahlreichen Arten mehr und mehr zunehmen. Allmählich dominieren die Arten, welche vorwiegend im sauberen, unverschmutzten Wasser sich aufhalten, die sogenannten Reinwasserorganismen. Es entsteht eine gleiche oder ähnliche Lebensgemeinschaft, wie wir sie bereits oberhalb der Abwassereinlaufstelle angetroffen haben. Der Bakteriengehalt des Wassers ist hier nur noch gering. Der Schlamm ist durchoxydiert und die Mineralisation der organischen Stoffe weitgehend abgeschlossen. Der Prozess der Selbstreinigung ist somit beendet, nach dem Prinzip: «Fliesst das Wasser über sieben Stein, so ist es wieder rein.» Auf Abbildung 22 ist der Verlauf derselben durch die graphische Darstellung einiger der wichtigsten chemischen, physikalischen und biologischen Grössen schematisch wiedergegeben. Sehr häufig erreicht aber ein Gewässer nach einmal erfolgter Verschmutzung seinen ursprünglichen sauberen Zustand nicht mehr, da es auf seinem Wege zur Selbstreinigung immer wieder neu verschmutzt wird. Es wird in seiner obersten Verunreinigung auf die

ihm zugeführten Abwässer auch nicht immer mit einer Verpilzung reagieren, sondern es wird sich diejenige biologische Abbaustufe einstellen, welche der Belastung des Gewässers auf dieser Höhe entspricht.

3. Seen

Bei Einleitung organischer Abwässer in Seen kommt es wegen der rasch erfolgenden starken Ver-

sowohl zu einer Veralgung der belichteten Gewässer-
sohle, wie auch zu einer erhöhten Algenproduktion
in den belichteten Schichten des freien Wassers. Bei
starker Ueberdüngung (Eutrophierung) hält die
Algenproduktion während des ganzen Jahres prak-
tisch ununterbrochen an, häufig mit einem Maximum
im Frühjahr und im Herbst.

In der seichten *Uferzone* sind es je nach Jahreszeit

Abb. 22.

Schematische Darstellung der Verände-
rungen, welche ein Abwassereinlauf in
einem Flussgewässer auslöst.

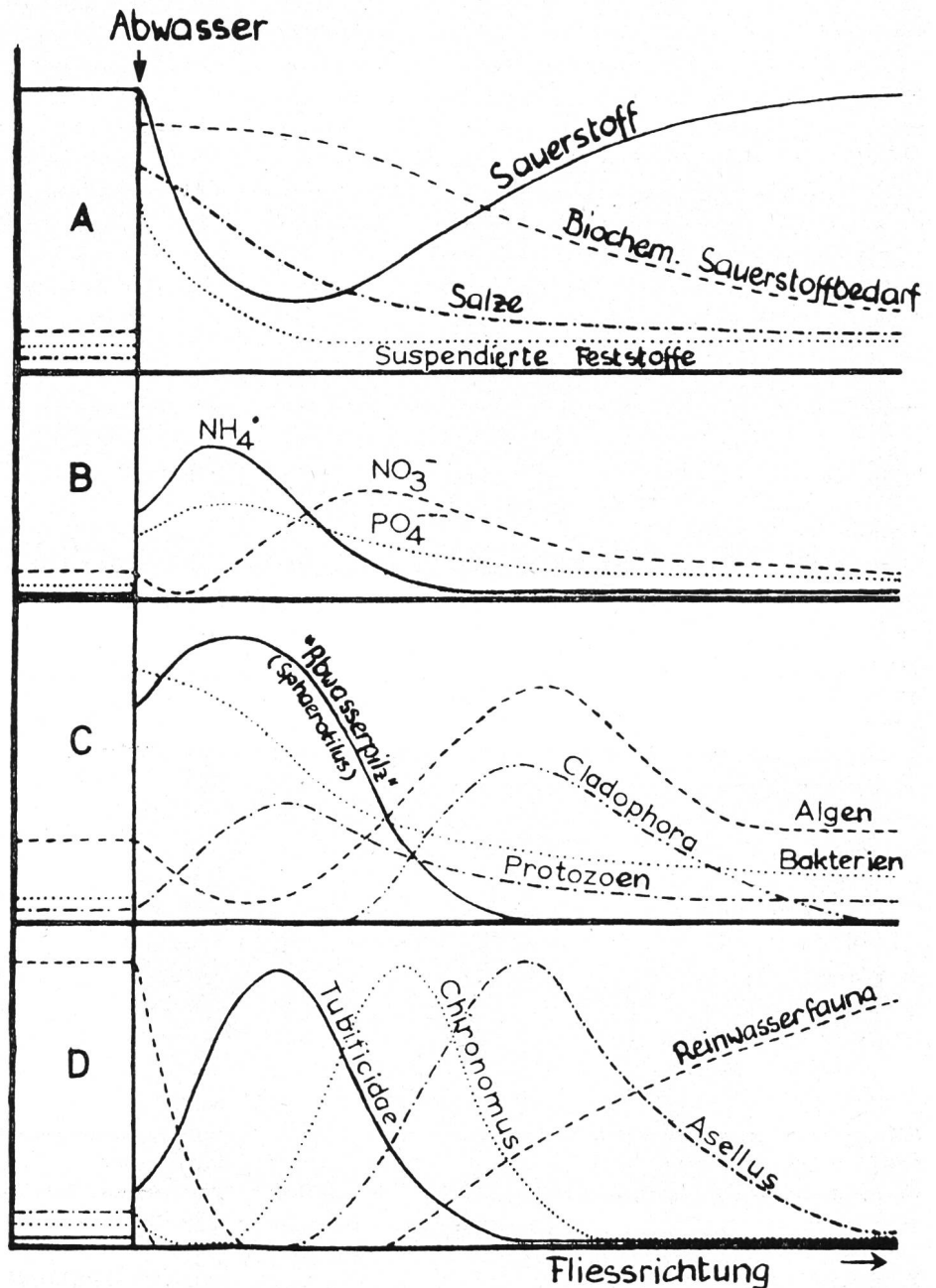
Senkrecht aufgetragen: Konzentrationen
bzw. Organismendichte.

Nach rechts aufgetragen: Fließstreck.

A und B: Physikalische und chemische
Veränderungen.

C: Veränderungen der Mikroorganismen.

D: Veränderungen der Makrofauna.



dünnung durch das Seewasser höchstens lokal, in der
Nähe der Abwassereinleitungsstellen zu einer Verpil-
zung. Ungünstiger wirken sie hier durch eine
starke Veralgung aus. Die fortwährend zugeführten
Algendüngstoffe (Phosphate, Nitrate) reichern sich
mit der Zeit im Gewässer immer mehr an. Dies führt

Kieselalgen, Blaualgen oder grüne Fadenalgen, die vor
allem durch längere Schönwetterperioden in ihrem
Wachstum stark gefördert werden und manchmal
sämtliche im Wasser befindlichen Gegenstände voll-
kommen überziehen. Bei starker Assimilation bilden
sich an den Algen zahlreiche Sauerstoffblasen, wo-

durch sich häufig ganze Algenpakete vom schlammigen Grund loslösen und an die Wasseroberfläche emporsteigen. Sie treiben dann als schleimige, gelb- bis dunkelgrüne Watten oder braune und blaugrüne Häute (Fladen) an der Seeoberfläche und können ganze Buchten überdecken (Abb. 4). In den oberen Schichten des *freien Wassers* sind es zahlreiche Arten mikroskopisch kleiner Planktonalgen, welche sich bei Nährstoffreichtum in riesigen Mengen entwickeln. Es bilden sich eigentliche Wolken, manchmal ist der ganze See je nach den vorherrschenden Arten grün, blaugrün, rötlich, gelblich oder braun getönt. Die Farbe wird besonders deutlich, wenn einige dieser Planktonarten an der Wasseroberfläche aufrahmen; man spricht dann von einer Wasserblüte. Neben dem pflanzlichen Plankton findet man im freien Wasser auch tierisches Plankton (Kleinkrebse, Rädertiere), das sich von den kleinen Planktonalgen und abgestorbenen organischen Substanzen ernährt und bei Ueberdüngung ebenfalls in grossen Mengen vorkommt. Wegen der Kurzlebigkeit der pflanzlichen und tie-

rischen Planktonorganismen ist die im freien Wasser schwebende Planktonmasse in ständiger Umsetzung. Je mehr Nährstoffe zur Verfügung stehen, desto grösser ist die Produktion, um so umfangreicher aber auch wieder die Zersetzung. In stark überdüngten Gewässern wird durch das Absinken grosser Mengen abgestorbener Planktonorganismen der Sauerstoff im Tiefenwasser und zeitweise auch in höheren Wasserschichten vollständig aufgebraucht. Es kommt dadurch auf dem Seeboden und im sauerstofffreien Wasser zu Fäulnisprozessen, ferner wegen der stark erhöhten Planktonproduktion zu einer vermehrten Schlammablagerung, wobei sich ein schwarzer, stark nach Schwefelwasserstoff riechender Faulschlamm am Grunde bildet. Diese sogenannte Sekundärverunreinigung erreicht hier einen Grad, wie er bereits bei den Fliessgewässern mit ausserordentlich starker Belastung besprochen wurde. Im Unterschied zum Fliesswasser ist aber wegen des Kreislaufes der Nährstoffe bei stetiger Zufuhr neuer Stoffe eine Selbstreinigung und damit eine Verbesserung des Zustandes nicht möglich.

*Schweizerische Vereinigung für Gewässerschutz
und Lufthygiene (VGL)*

Geschäftsstelle: 8049 Zürich, Kürbergstrasse 19, Tel. 051/44 56 78

*Ligue suisse pour la protection des eaux
et de l'air*

Secrétariat: 8049 Zurich, Kürbergstrasse 10, tél. 051/44 56 78

Einladung

an die Herren Delegierten und Gäste

Die Schweizerische Vereinigung für Gewässerschutz und Lufthygiene (VGL) hat die Ehre, Sie höflich einzuladen zu ihrer diesjährigen

Delegiertenversammlung

auf Freitag, 22. April 1966, 10.30 Uhr, in Lausanne, im Konferenzsaal Nr. 3, Restaurant du Rond-Point, Palais de Beaulieu, rue Bergière 6. (Die detaillierte Einladung ergeht per Post.)

Convocation

à MM. les délégués et aux invités

La Ligue suisse pour la protection des eaux et de l'air a l'honneur de vous inviter à

l'assemblée annuelle

qui aura lieu vendredi, le 22 avril 1966, à 10 h. 30, à Lausanne, à la salle de conférence n° 3, au restaurant du Rond-Point, Palais de Beaulieu, rue Bergière 6. (L'invitation détaillée suivra par poste.)