
Die biologische Bedeutung der Schwebestoffe und Schlämme

R. Liepolt

Schwebestoffe und Schlämme besitzen für das Leben in Gewässern eine entscheidende Bedeutung. Ihre Beziehungen und Auswirkungen auf das freie Wasser und die Bodenregion sind mannigfaltigster Art. Sie beeinflussen, je nach ihrer Menge und Beschaffenheit, fördernd oder hemmend, unmittelbar und mittelbar den Ablauf fast aller Lebensprozesse und damit die für die Volksgesundheit und Wasserwirtschaft so bedeutungsvolle biologische Selbstreinigungskraft. Umwelt und Wasserorganismen stehen nach limnologischen Erkenntnissen in Wechselbeziehung. Daraus ergibt sich, daß auch der physikalisch-chemische Haushalt eines Gewässers von diesen Komponenten weitgehend abhängig ist und damit auch im besonderen Maße die bestehenden Wassernutzungen, wie Trink- und Brauchwasserversorgung, Fischerei usw. Die moderne Gewässerforschung muß sich daher mit dieser wasserwirtschaftlich wichtigen Frage auseinandersetzen.

Betrachten wir zunächst die *Schwebestoffe*. Sie können aus organischer oder anorganischer toter Materie bestehen sowie aus lebender Zellsubstanz. Entweder werden sie autochthon, im Gewässer selbst, gebildet oder von außen her, auf allochthonem Wege, eingebracht. Ihre Entstehung im Gewässer selbst erfolgt bei der Bildung neuen Lebens in Form pflanzlicher und tierischer Mikroorganismen (Plankton, Aufwuchs) oder während des Ablaufs der Lebensprozesse, wie z. B. der bei der Kohlensäure-Assimilation der Wasserpflanzen, also auf biologischem Wege sich ausscheidende Kalk. Bei intensiver Photosynthese verdanken kalkreiche Seen ihr manchmal milchigtrübes Aussehen dieser rezenten Kalkbildung. Die absinkenden Teilchen gehen jedoch in Gegenwart genügender freier Kohlensäure in der Seetiefe als Bikarbonat in Lösung. In Ufernähe bilden sie den als Seekreide bekannten Kalkschlamm. Auch an der Ausfällung von Eisen und Kieselsäure sind Organismen beteiligt. Eisenspeichernde Bakterien und kieselsäurebindende Diatomeen können bei ihrem Absinken zu bedeutenden Konzentrationen dieser Stoffe in den tieferen Wasserschichten führen. In Urgesteinsgebieten kann es auch zu merklicher Ausfällung von Humuskolloiden kommen.

Während die autochthonen Schwebestoffe vorwiegend organischer Art sind, sind hingegen die von der Umgebung auf natürlichem Wege eingeschwemmten ungelösten Substanzen hauptsächlich anorganisch. Solche Stoffe werden oft in großen Mengen bei Niederschlägen dem Gewässer zugeführt und stören, speziell in Fließwässern und stark durchströmten Seen, mehr oder weniger deren Lebensablauf. Noch schädlicher sind jedoch bei weitem Einbringungen der Siedlungs- und Industrieabfälle, die sowohl kontinuierlich als auch stoßweise erfolgen und die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Gewässers nachhaltig verschlechtern.

Allen Schwebestoffen gemeinsam ist ihr biologischer Einfluß durch Hemmung und Änderung des in das Wasser eindringenden Lichtes. Das Ausmaß hängt von ihrer Menge, Größe, Form, Farbe und Lichtdurchlässigkeit ab. Sie bewirken vor allem durch ihre Reflexion eine starke Lichtstreuung. Ansonsten dunkelgefärbte Gewässer erscheinen durch feinste schwebende Teilchen, z. B. nach einem Hochwasser, hellblau oder hellgrün. Kalk und Ton sind farblos, andere Schwebestoffe jedoch gefärbt, wie z. B. das pflanzliche Plankton. Streuung und Absorption beeinflussen aber im hohen Maße das Lichtklima und damit den Aufbau der pflanzlichen Substanz oder, mit anderen Worten, die Primärproduktion eines Gewässers. Die Schwebestoffe bewirken eine Änderung der spektralen Durchlässigkeit der Wasserschichten [12, 19]. Die Qualität des Lichtes ist aber maßgeblich für die Assimilation des Kohlenstoffs durch Wasserpflanzen. Letztere können sich nur bis zu einem gewissen Grade dem geänderten Wellenbereich des Lichtes anpassen. Bei längerwährendem veränderten Lichtklima tritt eine Umschichtung der Arten mit andersfarbigen Chromatophoren ein. Grünalgen werden z. B. durch braune Kieselalgen oder durch die Burgunderblutalge *Oscillatoria rubescens*, ersetzt, die ein durch Phycoerythrin rotgefärbtes Chromatoplasma besitzt. Für die assimilatorische Leistung der Wasserpflanze ist nicht nur die Strahlungsdurchlässigkeit entscheidend, sondern auch die Wärme, die im Wasser durch Absorption geliefert wird. Schwebestoffe stehen mit allen diesen Erscheinungen, von denen die Fruchtbarkeit eines Gewässers unmittelbar abhängt, in unlösbarem Zusammenhang.

Ein schädigender Einfluß der Trübstoffe wäre noch zu erwähnen. Bei ihrem Absinken können sie die im Wasser schwebenden Mikroorganismen zu Boden schlagen und so die freie Wasserregion verarmen. Ein besonders krasser Fall dieser Art ist in den Jahren 1961 und 1962 im Mondsee aufgetreten, in den anlässlich des Autobahnbaues im erwähnten Zeitraum rund 800.000 m³ lehmiger Bergabbau eingebracht

wurde [3]. Die Folge war eine Verminderung des Phytoplanktons, das sich mit den Tonteilchen sedimentierte, und eine damit verbundene Erhöhung der Lichtdurchlässigkeit der obersten Seeschichte. Die im Sommer im Mittel kaum 2 m betragende Sichttiefe stieg auf 6—8 m. Diese Dezimierung des Phytoplanktons führte auch indirekt zur Schädigung der Kleinkrebse, der Hauptnahrung der Saiblinge und Reinanken. Bei der Aufnahme der Schwebestoffe wurde deren Darm verletzt und so schwer, daß die Tiere absedimentierten.

Anders war die Auswirkung der künstlich veranlaßten Trübstoffführung in der Möll [7]. In diesem alpinen, 80 km langen Fließgewässer wurden in den Jahren 1960 und 1961 in den Sommermonaten rund 50.000 m³ Feinsedimente von 1—300 μ Korngröße des 2000 m hoch gelegenen Wasserkraftspeichers Margaritze abgepumpt. Es kam trotz der dauernden Schwebestoffbelastung von mehreren 100 g/m³ zu keiner merklichen Schädigung der größeren Bachforellen und Äschen. Selbst nicht, als man 1962 bei einer das Mittelwasser auf Hochwasser erhöhenden Flut rund 80.000 m³ dieser Sedimente in drei Tagen abspülte, wobei sich mittlere Konzentrationen von etwa 5—6% bei Sichttiefen von 0—7 cm ergaben. Dieser massive Abtransport von rein mineralischen Sedimenten führte aber mit Sicherheit zu einer weitgehenden Schädigung der Fischbrut und einem vorübergehenden Abwandern der Äschen in die untere Flußregion. In diesem schnellfließenden, kaltstenothermen Salmonidengewässer ist kein Plankton vorhanden, sondern nur pflanzlicher Aufwuchs. Die Hauptnahrung der Edelfische setzt sich aus Larven der Köcher- und Eintagsfliegen zusammen, die auch während und nach der Abschlämmung in genügenden Mengen zur Verfügung standen. Eine Verminderung der Nahrung trat nur bei starken Sedimentationen zur Niederwasserzeit auf, aber auch nur im obersten Flußteil.

Diese beiden Beispiele zeigen extreme Verhältnisse auf. Es gibt auch noch genügend andere Fälle. So können erfahrungsgemäß künstlich oder natürlich in Bewegung gesetzte Faulschlämme durch Freisetzung von giftigen Zersetzungsprodukten und Sauerstoffverbrauch zu großen Schäden in der Fischerei und zu Fischsterben führen. Ein solcher Fall trat 1962 bei Anstieg der Wasserführung in dem mit Abfallstoffen der Zuckerindustrie belasteten Grenzgewässer *M a r c h* [18] auf. Neue Untersuchungen erbrachten auch, daß selbst rein mineralische Schwebestoffe nach längerer Einwirkung auf Fische zu Wucherungen und Verdickung der Kiemenepithelien führen [13] und so die Aufnahme des im Wasser gelösten Sauerstoffs behindern. Die meisten Fischarten

vertragen Konzentrationen von mehr als 100 g/l eine Woche oder länger und sterben erst bei über 200 g/l, während 260—400 g/l Fische schon in ein bis zwei Stunden töten. Treten jedoch Kiemenschädigungen durch Laugen und Säuren auf, so daß dadurch die schützende Schleimabsonderung unterbunden wird, so führen sie zu Erstickungen.

Eingangs wurde erwähnt, daß auch die freischwebende, lebende Substanz den Gewässerhaushalt maßgeblich beeinflussen kann. Hiezu zwei weitere Beispiele:

Die nach der Eisschmelze im Zellersee und im Würthersee sprunghaft auftretende Massenentwicklung der Blaualge, *Oscillatoria rubescens*, die nach ihrem schon erwähnten rötlichen Aussehen auch als Burgunderblutalge bezeichnet wird, erbrachte eine ungeheure Produktion organischer Substanz mit allen ihren Folgeerscheinungen, die sich bei der Zersetzung und Mineralisation einstellen. Die Dissimilationsprozesse führten in erster Linie zu einer starken Sauerstoffverminderung bzw. zu einem völligen Sauerstoffschwund in der Tiefe und damit zu anaeroben Stoffwechselfvorgängen, die sich außerordentlich schädlich auf die Fischerei und auf die biologische Selbstreinigung auswirkten. Diese Fadenalge fand in genannten Seen zufolge reichlicher Zufuhr an düngenden häuslichen Abwässern bei den vorherrschenden Licht- und Temperaturverhältnissen ausgezeichnete Entwicklungsmöglichkeiten. Die sofort eingesetzten Sanierungsmaßnahmen führten im Falle Zellersee zu einer weitgehenden Fernhaltung der Abwässer durch eine neugebaute Uferkanalisation sowie einer anschließenden biologischen Klärung und Ableitung der Abwässer in den Seeauslauf [8, 9] und im Falle Würthersee zunächst zu einer kostspieligen mechanischen Entfernung und Kompostierung des vom Wind zum Ufer angetriebenen Algenteppiches.

Die biologische Bedeutung der Schwebestoffe liegt schließlich auch darin, daß sie als Haftsubstrat für Mikroorganismen dienen und so, gleichsam einer Belebtschlammflocke in biologischen Kläranlagen, ihren nicht zu unterschätzenden Beitrag zur Selbstreinigung eines Gewässers leisten.

Ganz wesentlich für den Stoffhaushalt der Gewässer sind aber jene arten- und mengenreichen Schweborganismen, die die gelösten Stoffverbindungen des Wassers in geformte Zellsubstanz umbilden, organische Substanz aufbauen, den für die Mineralisation der fäulnisfähigen Stoffe benötigten Sauerstoff erzeugen und den Fischen als Plankton eine hervorragende Nahrungsquelle sind. Weiter haben die letzten Forschungen erbracht, daß besonders die pflanzlichen Schwebestoffe im

erhöhten Maße auch radioaktive Isotope speichern und dadurch gefährdend wirken [4]. Schließlich hat sich erwiesen, daß im verunreinigten Oberflächenwasser cancerogene Substanzen enthalten sein können [1, 2]. So konnten im Filterschlamm eines Bodenseewasserwerkes solche aromatische Kohlenwasserstoffe gefunden werden, wovon rund 10% durch die Filter und somit in das Trinkwasser gelangen. Die bisher festgestellten Werte schließen jedoch eine Carcinomgefährdung aus. Die Verunreinigungen stammten von Dieselmotoren der Schiffe und eingeschwemmten Ruß- und Teerteilchen. Schließlich ist bei Trinkwassergewinnungen aus Seen zu beachten, daß sich auch Krankheitskeime an Schwebestoffen ablagern und mit diesen in die Entnahmetiefe befördert werden können. Diese besonders wichtigen Hinweise auf die biologische Bedeutung der Schwebestoffe berühren uns wohl sehr. Sie bekräftigen die immer wieder von Experten erhobene Forderung, für die Trinkwasserversorgung möglichst Grundwasser heranzuziehen.

Betrachten wir nunmehr die schlammigen Sedimente und deren biologische Bedeutung. Letztere wird um so größer sein, je mehr die Bodenablagerungen in das komplizierte Wechselspiel der Lebensvorgänge im Gewässer eingreifen. Sie werden in Fließgewässern nur dort eine Rolle spielen, wo die Strömungsgeschwindigkeit ein Absedimentieren zuläßt, also in Ufernähe, in Buchten, hinter Einbauten, in Bühnfeldern oder in Flußstauen [17]. Schließlich beruhen die Mineralisationsvorgänge in organischen Schlämmen der Kläranlagen auf der Tätigkeit von Mikroorganismen, die damit sehr maßgeblich die Abwassertechnik beeinflussen und von dieser berücksichtigt werden müssen.

Die Beziehungen der Organismen zu den Schlämmen sind mannigfaltigster Art. Je nach ihrem Anteil an biologisch abbaufähigen organischen Stoffen, ihrer ernährungsbiologischen Verwertbarkeit, ihrer Struktur, ihrem Wassergehalt und den physikalisch-chemischen Eigenschaften werden die Schlämme geeignet sein, den Organismen als Nahrung, Wohnraum und Unterlage zu dienen. Diese organogenen Sedimente sind auch als Nährstoffreservoir für das darüber befindliche Wasser anzusehen und für die temporäre sekundäre Eutrophierung verantwortlich. Im Stoffwechsel der Seen haben die obersten Schlammablagerungen in der Kontaktzone Boden—Wasser eine entscheidende Bedeutung. Sie bilden nach N a u m a n n (1930) die sogenannte „aktuelle“ Schicht, die von Bodentieren durchsetzt ist [11]. Ihre Stärke beträgt rund 10—20 cm. In ihr leben die für die Bodenstruktur so wichtigen Sedimenttransporteure, die Schlammröhrenwürmer (Tubificiden). Diese

holen ihre Nahrung aus tieferen Schichten und lagern ihre Ausscheidungen auf der Sedimentoberfläche ab. Ebenso durchziehen die kleinen Muschelkrebse (Ostracoden), Kleinkrebse und Fadenwürmer die Schlämme, während die Mückenlarven (Chironomiden) mehr in der Kontaktzone leben. Unter der „aktuellen“ Schicht befindet sich die „fossile“, das Sediment aus vergangenen Zeiträumen. Eine strenge, deutliche Schichtung tritt jedoch in den Schlammersedimenten nur dort auf, wo lebensfeindliche Zustände das Bewohnen durch bodendurchwühlende Organismen verhindert. Die makroskopisch sichtbaren Zonen müssen jedoch keineswegs Jahresschichten darstellen. Es kann sich auch um schwarzgefärbte, durch Eisensulfidverbindungen hervorgerufene Reduktionszonen handeln. Das Studium der planktogenen Ablagerungen in Seen hatten neuerdings Z ü l l i g und T h o m a s [14, 15, 20, 21] in Angriff genommen. Bei genauer Kenntnis der Schwebeorganismen und ihrer Veränderungen lassen sich auf Grund von Profillotungen und Sedimentversuchen Schichten auch datieren und zurückberechnen. Als wertvolle Ergänzung hiezu dient für längere Zeiträume die Pollenanalyse.

Für den Gewässerforscher ist jedenfalls die Schlammoberfläche außerordentlich aufschlußreich. Er kann aus der Farbe, der Konsistenz und der Besiedlung auf die biochemischen Verhältnisse dieser zu den wichtigsten Lebensräumen zählenden Kontaktzone schließen. Unter aeroben Bedingungen wird das im Wasser vorhandene Eisen als Ferrihydroxyd die oberste Schichte mit einem gelblichen bis rostbraunen Niederschlag überziehen. Kommt es jedoch zu einer Sauerstoffreduktion unter 0,5 mg/l, wandelt sich das dreiwertige Eisen in die Ferroform um. Sind Schwefelverbindungen anwesend, wie solche durch städtische Abwässer eingeschwemmt werden, so entsteht in Gegenwart von H_2S das Eisensulfid, welches Schlamm und Steine tiefschwarz färbt. Ist Sauerstoff vorhanden, kann man auf der lockeren Sedimentoberfläche Röhren oder kleine Schlotte entdecken, die als Wohnröhren der Bodentiere dienen. Dem Limnologen sind diese Formen wohlbekannt. Die Art der Schlammbesiedlung gibt ihm die Möglichkeit, den Gewässertypus zu bewerten, d. h. zu klassifizieren. Die Sedimentoberfläche läßt ihm den Trophiegrad erkennen. Selbst im schwarzen sauerstofflosen Faulschlamm leben noch Bakterien, die organische Substanzen auch unter extremsten Verhältnissen noch mineralisieren können, wobei sie hiezu den chemisch gebundenen Sauerstoff in Nitraten, Sulfaten u. a. Verbindungen benutzen. Die Schlämme haben daher in Gewässern eine hervorragende biologische Bedeutung im Hinblick auf

den Selbstreinigungsprozeß und als Nährstoffquelle für den darüberliegenden Wasserkörper. Sprunghafte Algenentwicklungen, sogenannte Wasserblüten, verdanken unter anderem ihr Entstehen solchen Reserven, die durch Vertikalströmungen als Salze in die durchwärmte Lichtzone geführt werden. In Planktonzellen inkarniert sinken diese Bausteine wieder bei der Sedimentation zu Boden und schließen so den Nährstoffkreislauf, wenn sie nicht aus dem Gewässer abgeschwemmt werden.

In den Bodenablagerungen spielen aber nicht nur die tierischen und pflanzlichen im Gewässer selbst entstandenen oder von außen eingebrachten Organismen oder ihre Reste, also die organische Substanz, eine Rolle, sondern auch die entweder autochthone oder allochthone Zufuhr anorganischer, nicht gelöster Stoffverbindungen. Diese haben fast durchwegs mehr oder weniger biologisch hemmende Wirkungen. Sie veröden die Lebensräume, wo sie sich ablagern. Sie vermindern die Wohnräume der Bodenorganismen und Fische, decken ihre Fraßstätten und Eiablagen zu und bewirken dadurch, je nach Dauer und Ausmaß, eine mehr oder weniger große biologische Schädigung des Gewässers. Noch schlechter werden die Verhältnisse, wenn aus solchen anorganischen Materialien Stoffe in Lösung gehen, die das Leben im Gewässer direkt beeinträchtigen. Hierzu zählen eine Reihe von Industrieschlämmen, auf die aber an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden kann.

Schließlich soll auch nur kurz hervorgehoben werden, daß die bereits vorerwähnten Abbauprozesse nicht nur in Gewässern, sondern sinngemäß ebenso in Kläranlagen stattfinden, wo der Mikrobiobewert allerdings eine hervorragende Bedeutung beizumessen ist. Ein Beispiel hierfür ist die auf Bakterientätigkeit beruhende Methangärung, die das in den Faulräumen anfallende und wirtschaftlich sehr wertvolle Heizgas liefert.

Übersieht man zusammenfassend all die erwähnten, von Schwebestoffen und Schlämmen ausgelösten und beeinflussten Vorgänge, die so tief in das Wechselgeschehen der Lebensprozesse eingreifen, aber noch lange nicht erforscht sind, so erkennt man, wie groß ihre biologische Bedeutung für die gesamte Wasserwirtschaft, im besonderen für den Gewässerschutz, ist.

Literatur

[1] Borneff, J., Fischer, R.: Cancerogene Substanzen in Wasser und Boden. IX. Untersuchungen von Filterschlamm eines Seewasserwerkes auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Archiv für Hygiene, 146, H. 3, 183 (1962).

[2] Borneff, J., Fischer, R.: XII. Polyzyklische, aromatische Kohlenwasserstoffe in Oberflächenwasser. Archiv für Hygiene, 146, 542 (1963).

[3] Einsele, W.: Schwere Schädigungen der Fischerei und der biologischen Verhältnisse im Mondsee durch Einbringung von lehmig-tonigem Berg-Abraum. Der spezielle Fall und seine allgemeinen Lehren. Schweiz. Fischerei-Ztg., Jg. 71, Nr. 5, 139—142.

[4] Frantz, A.: Die Radioaktivität österreichischer Oberflächengewässer mit besonderer Berücksichtigung der pflanzlichen und tierischen Sedimente. Wasser und Abwasser, Band 1962, 63—76, 1962.

[5] Liebmann, H.: Die biochemischen Grundlagen des Oxydationsgrabens. Berichte der ATV, H. 11, 1960, 217—224.

[6] Liebmann, H., Offhaus, K.: Möglichkeiten zur Intensivierung der Schlammausfäulung. Berichte der ATV, H. 12, 1961, 92—103.

[7] Liepolt, R.: Biologische Auswirkung der Entschlammung eines Hochgebirgsstaus in einem alpinen Fließgewässer. Wasser und Abwasser, Band 1961, 110—132, 1961.

[8] Liepolt, R.: Die Verunreinigung des Zellersees. Wasser und Abwasser, Band 1957, 9—38, 1957.

[9] Liepolt, R.: Zur limnologischen Erforschung des Zellersees in Salzburg (2. Mitteilung). Wasser und Abwasser, Bd. 1958, 18—101, 1958.

[10] Lundquist, G.: Bodenablagerungen und Entwicklungstypen der Seen. Die Binnengewässer, Bd. II, Stuttgart 1927.

[11] Naumann, E.: Einführung in die Bodenkunde der Seen. Die Binnengewässer, Bd. IX, Stuttgart 1930.

[12] Sauberer, F.: Zur Durchsichtigkeitsmessung in Gewässern. Wetter und Leben, Jg. 10, H. 3—4, 67—69, 1958.

[13] Slanina, K.: Beitrag zur Wirkung mineralischer Suspensionen auf Fische. Wasser und Abwasser, Band 1962, 186—194, 1962.

[14] Thomas, E. A.: Sedimentation in oligotrophen und eutrophen Seen als Ausdruck der Produktivität. Verh. d. Int. Verein. f. theor. u. ang. Limnol., Bd. XII, 383—393, 1955.

[15] Thomas, E. A.: Sedimentation und Stoffhaushalt im Türlerseer. Monatsbull. d. Schweiz. Vereins v. Gas- u. Wasserfachmännern, Jg. 1956, Nr. 12, 1956.

[16] Triebel, W.: Die Lösung des Schlammproblems auf dem Gruppenklärwerk I des Niersverbandes. Berichte der ATV, H. 13, 1962, 140—154.

[17] Weber, E.: Biologie des Donaustaues Ybbs-Persenbeug. Wasser und Abwasser, Band 1961, 52—59, 1961.

[18] Weber, E.: Die Ursachen der häufig auftretenden Fischsterben in der March. Wasser und Abwasser, Band 1962, 195—221, 1962.

[19] Weber, E.: Durchsichtigkeitsmessungen in der angewandten Limnologie. Wetter und Leben, Jg. 12, H. 9—10, 243—246, 1960.

[20] Züllig, H.: Das kombinierte Ramm-Kolben-Lot, ein leichtes Bohrgerät zur vereinfachten Gewinnung mehrere Meter langer, ungestörter Sedimentprofile. Schweiz. Zeitschr. f. Hydrol., Vol. XVIII, Fasc. 2, 208—214, 1956.

[21] Züllig, H.: Sedimente als Ausdruck des Zustandes eines Gewässers. Schweiz. Zeitschr. f. Hydrol., Vol. XVIII, Fasc. 1, 5—143, 1956.

Anschrift des Verfassers: Hochschulprof. Dipl.-Ing. Dr. Reinhard Liepolt, Direktor der Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung, Wien-Kaisermühlen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1963

Band/Volume: [1963](#)

Autor(en)/Author(s): Liepolt Reinhard

Artikel/Article: [Die biologische Bedeutung der Schwebestoffe und Schlämme 13-21](#)