

Einfluß von Wasserpflanzen auf den Planktongehalt von Fließgewässern

Michael Böhme

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Schnellerstraße 140, 12439 Berlin

1 Einführung

Wasserpflanzen können über mehrere verschiedene Mechanismen den Planktongehalt in Fließgewässern beeinflussen. Welche Mechanismen das sind und welche qualitativen und quantitativen Wirkungen sie haben, wurde in einer Literaturstudie zusammengestellt (BÖHME 1998).

Die Mehrzahl der Wirkungsmechanismen ist geeignet, die Planktonkonzentration im Wasser zu vermindern. Nur wenige können das Planktonwachstum fördern. Eine weitgehend vollständige Liste der Wirkmechanismen wurde von SAND-JENSEN & BORUM (1991) veröffentlicht:

Tab. 1 Mechanisms by which macrophytes can reduce or promote phytoplankton development (Tab. 4 aus SAND-JENSEN & BORUM 1991)

Phytoplankton reduction	Phytoplankton promotion
Nutrient uptake from sediment reducing release to the water	Nutrient uptake from sediment and decomposition in water
Nutrient uptake from water	
Oxidation of surface sediments	Reduced conditions in dense stands
Shading of phytoplankton	
DIC uptake and O ₂ -release to water	
Release of allelopathic substances	
Shelter for zooplankton	
Filtrators in macrophyte stands	
Shelter for piscivorous fish	Shelter for planktivorous fish

Ein wichtiger Wirkmechanismus fehlt in der Liste, nämlich das Fangen oder Festhalten und Umwandeln bzw. Verwerten von Plankton auf und in dem Biofilm, der alle benetzten Oberflächen im Fließgewässer überzieht. Da Wasserpflanzen eine im Vergleich zum Bodengrund sehr große benetzte Oberfläche bieten können, kann die Wirkung dieses Mechanismus durch Wasserpflanzen stark erhöht werden. Maximal wurde in der Literatur eine Erhöhung der benetzten Oberfläche durch Makrophyten auf das 75-fache der Fläche des Bodengrundes gefunden (KÖRNER 1996).

Desweiteren reduzieren Makrophyten die Turbulenz des Wassers innerhalb ihrer Bestände, womit die Sedimentation von Seston verstärkt wird und die Akkumulation von Sedimenten in den Makrophytenbeständen gefördert wird. Nicht so sehr der Einbau von Nährstoffen in die

Pflanzen, sondern eher die Akkumulation der Sedimente bewirkt einen Nährstoffrückhalt in den Makrophytenbeständen, und verringert die Rückführung der Nährstoffe zum Phytoplankton. Es kann zu N-Limitation des Phytoplanktons durch die Makrophyten und N-Austrag durch periphytische Denitrifikanten kommen. Nährstoffe, die vom terrestrischen Umfeld eingetragen werden, werden durch ufernahe Makrophytenbestände (Röhrichte) zurückgehalten.

Neben allelopathisch wirkenden Substanzen können auch Stoffe mit flockulierender Wirkung von Makrophyten ausgeschieden bzw. bei ihrem Abbau freigesetzt werden, z.B. Huminstoffe.

2 Beispiele

Insgesamt wurden 12 Beispiele gefunden. Am ehesten ist eine nennenswerte Wirkung von Wasserpflanzen auf die Phytoplanktonkonzentration in flachen, eutrophen und langsamfließenden Gewässern mit relativ gedämpfter Durchflußdynamik zu erwarten, also da, wo die Wahrscheinlichkeit für ein Zusammentreffen von dichter Makrophytenbesiedlung und hoher Phytoplanktonkonzentration groß ist.

Wenn aber diese Fließgewässer schon vom Oberlauf an eine dichte Makrophytenbesiedlung aufweisen, so hat das Phytoplankton auch nach längerer Transportzeit kaum eine Chance, eine hohe Populationsdichte aufzubauen, so daß man an solchen Fließgewässern eine Wirkung von Makrophyten auf das Plankton schlecht untersuchen kann.

Flüsse, die bereits eine hohe Planktonkonzentration aufbauen konnten, haben dagegen oft eine für die Makrophytenentwicklung nachteilige Morphometrie und Wasserqualität (Lichtklima). Die morphologischen Bedingungen für die Ansiedlung von Makrophyten verschlechtern sich in diesen Flüssen zudem weiter meist in Richtung Unterlauf, so daß diese Flüsse oft auch keine geeigneten Untersuchungsobjekte darstellen.

Gute Beispiele findet man dagegen mehrfach an Abflüssen von (eutrophen) Seen.

HAMM (in MELZER & HAMM 1984) stellt fest, daß in Bayrischen Fließ- und Standgewässern die Konzentration von Nährstoffen wie N und P durch Makrophyten allenfalls geringfügig beeinflusst wurden, daß jedoch "eine Ausfilterung des Phytoplanktons im Makrophytenbestand ... eindeutig nachgewiesen werden (konnte), wobei dem Aufwuchs auf den Wasserpflanzen eine bedeutende Rolle zukommt."

Ein Nachteil von Seeplankton ist, daß man vermuten muß, Seeplankton ist von vorneherein nicht an die Lebensbedingungen in Fließgewässern angepaßt und würde auch ohne

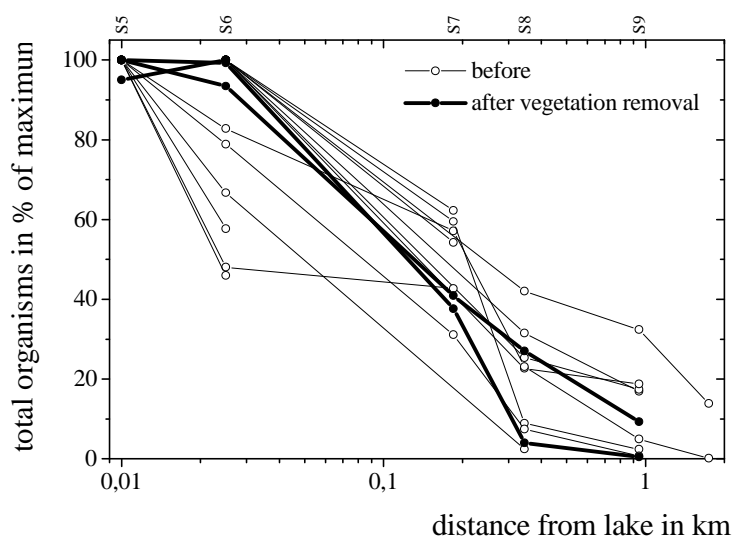


Abb. 1 Abnahme der Planktonzahl im Bessey Creek.

Berechnet aus Daten von CHANDLER (1937). Die Wasserpflanzen wurden nur im ersten Abschnitt, zwischen S5 und S6, entfernt.

Der Rückgang des Phytoplanktons betrug auf dieser 25 m langen Fließstrecke vor Entkrautung deutliche 17 - 54 %.

Danach, also ohne Makrophyteinfluß, betrug der Rückgang -5, 1 und 7 %. Wahrscheinlich bewegen sich diese geringen Werte im Bereich der Meßgenauigkeit.

Anwesenheit von Wasserpflanzen einem starken Rückgang unterliegen. Diese Unsicherheit helfen Ergebnisse zu vermindern, bei denen das Schicksal des Phytoplanktons im selben Gewässer einmal mit und einmal ohne Makrophytenbesiedlung untersucht wurde.

CHANDLER (1937) untersuchte drei Fließgewässer, die von Seen gespeist werden. Zwei Abschnitte kleiner Fließgewässer wurden experimentell entkrautet, so daß durch den Vergleich der Plankton-Retention vor und nach Entkrautung auf den Effekt der Makrophyten geschlossen werden konnte. Einzige die Makrophytenbiomassen sind nicht bestimmt worden.

Ein starker Rückhalt von planktonbürtigem Seston ist auch im Maxsee-Abfluß und in der Löcknitz zu beobachten, die beide dicht von submersen Makrophyten bewachsen sind (BÖHME 1996). Das aus dem Liebenberger See und besonders aus dem Maxsee eingetragene Phytoplankton wurde während der Passage von dichten Makrophytenbeständen wirkungsvoll eliminiert. Die Seston-Konzentration lag im Maxsee um 15 mg/l TM und nahm während der Wochen der dichten und vitalen Makrophytenbesiedlung auf der Fließstrecke bis zur ersten Station nach 1.6 km durchschnittlich um 89 % ab. Dominante Makrophyten waren *Ceratophyllum demersum* (90 %), *Potamogeton pectinatus* und *Hydrocharis morsus-ranae*. Die Makrophytenbiomasse nahm im Verlauf der Vegetationsperiode von 0.5 (19.5.1994) auf 5 kg (24.6.1994) FM/m² zu. In den Monaten vor dem Wachstum der Makrophyten bzw. nach dem Niedergang der Makrophyten während einer Hitzeperiode betrug der Sestonrückhalt auf dieser Fließstrecke nur um 50 %. Hauptbestandteil des Sestons waren die planktischen Blaualgen *Limnothrix redekei* und *Planktothrix aghardii* (BEHRENDT et al. 1996). Auf dem weiteren Verlauf der Fließstrecke, nach dem Zusammenfluß mit der Stobber und dem Abfluß des Liebenberger Sees, wurde weiter effektiv Seston zurückgehalten. Nach 10 km Fließstrecke und nach Passage von dichten Makrophytenbeständen war das Wasser so klar, daß ständig 6 bis 8 m horizontale Sichtweite gemessen werden konnten. Erst im Oktober, mit Verminderung von Vitalität und Biomasse der submersen Makrophyten, erhöhte sich die Wassertrübung, so daß die Sichtweite unter 1 m fiel.

3 Wirkung einzelner Mechanismen - hier: des Biofilms auf Makrophyten

In der Literaturstudie (BÖHME 1998) wurden zu allen in der Einleitung erwähnten Wirkmechanismen qualitative und z.T. quantitative Untersuchungsergebnisse zusammengestellt. Hier soll nur auf einen Wirkmechanismen näher eingegangen werden: die Vergrößerung der biologisch aktiven Kontaktzone zwischen Freiwasser und Benthos. Sie ist die wichtigste Basis für die Wirkung von Makrophyten auf Phytoplankton. BAUER (1985) stellt fest, daß Phytoplankton vom Aufwuchs festgehalten wird. "Die Untersuchung von Makrophytensprossen aus dem Kanal ... ergab, daß auf aufwuchsfreien Makrophytensprossen Phytoplankton fehlte, auf Algenbewuchs tragenden Makrophyten wurden planktische Formen - *Asterionella formosa*, *Synedra*, *Dinobryon*, *Cyclotella comta* - in z.T. beachtlicher Häufigkeit registriert. Auch im Aufwuchs auf den Folien der Pflanzenattrappen ... waren die genannten Formen enthalten. Da sich im Kanalwasser eine Verminderung des Phytoplanktons, des Chlorophylls sowie des in diesem Fall im wesentlichen durch das Phytoplankton beeinflussten BSB ergab, kann gesagt werden, daß Phytoplankton durch Makrophyten zurückgehalten wird, wobei dem Aufwuchs eine wesentliche Bedeutung zukommt" (S. 447).

Der Hauptgrund dafür, daß sich Detritus und Phytoplankton am Gewässergrund und den Blattflächen der Makrophyten ansammelt, ist nicht die physikalische Sedimentation, sondern eher ein Haftenbleiben der Partikel bei Kontakt mit von Aufwuchs bewachsenen, angeströmten Oberflächen.

RUTTNER (1956) untersuchte den Abfluß des Lunzer Ober- und des Untersees und stellte hier drastische Abnahmen der Planktonzahlen fest. RUTTNER sucht nach Erklärungen für die

Planktonverluste. “Eine normale Sedimentierung ist insbesondere bei den winzigen Formen des Nannoplanktons nach so kurzer Zeit und bei der hohen Turbulenz des rasch strömenden Wassers ausgeschlossen. Eine etwaige Zerstörung durch Absterben scheidet als alleinige Ursache ebenfalls aus, weil die Abnahme sowohl die nackten Formen des Nannoplanktons (z.B. *Rhodomonas*, *Chrysidialis*, *Chromulina*) als auch – allerdings in geringerem Ausmaß – die starkumhüteten, deren Hüllen beim Absterben erhalten bleiben (z.B. *Protococcalen*, *Diatomeen*), erfaßt.

Es muß sich also um eine Filter- bzw. Oberflächenwirkung handeln, welche die Suspensionen zurückhält. Wenn das Wasser in nicht zu dicker Schicht über eine große, vielfach gegliederte Oberfläche fließt, geraten schwebende Teilchen früher oder später in die nahezu ruhende, adhäsiv festgehaltene, die Oberflächen überziehende Wasserhaut und werden dort festgehalten. Ganz besonders ist dies dort zu erwarten, wo der Untergrund von submersen Wassermoosen gebildet wird, welche die Oberfläche gewaltig vergrößern und gewissermaßen filtrierend wirken ...“.

Die Wirkung des zunächst relativ einfachen Maßes 'Vergrößerung der benetzten Oberfläche' auf die Retention von Phytoplankton beruht zum einen auf der Verlangsamung der Wasserbewegung bei Annäherung an Oberflächen und der Ausbildung einer viskosen Unterschicht, in der Seston bzw. Phytoplankton gefangen werden kann, und vor allem auf der Wirkung des Aufwuchses, der “gefangene” Partikel in seine Matrix einbaut und zum Teil verstoffwechseln kann.

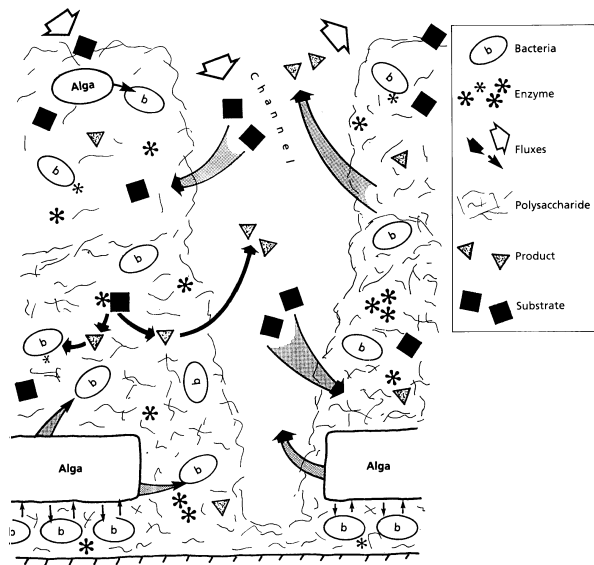


Abb. 2 Struktur des Biofilms auf benetzten Oberflächen. Die Partikel haften auf einer Matrix aus extrazellulären Polysacchariden, in die Zellen von Aufwuchsalgen, Pilzen und heterotrophen Einzellern eingebettet sind (LOCK et al. 1984).

Die Dicke des Biofilms ist u.a. abhängig von der Fließgeschwindigkeit des vorbeiströmenden Wassers; je geringer die Fließgeschwindigkeit, desto dicker kann die Schicht werden.

Phytoplankton kann in dieser Schicht festgehalten werden (JOHNSON 1978) und dann zum Teil inkorporiert und verwertet werden (z.B. gefressen). (Fig 6.4 aus LOCK 1993)

Die Besiedlung der submersen Makrophyten-Oberflächen mit Aufwuchs ist abhängig von der Zeit, die für die Besiedlung der Oberfläche (z.B. eines Blattabschnittes) zur Verfügung stand, der Textur der Oberflächen, der Lage in der Strömung, davon, ob sich Blätter aneinander oder am Untergrund reiben (und damit möglichen Bewuchs immer wieder abscheuern), von Substanzen, die allelopathisch auf Aufwuchs wirken (beschrieben für Characeen von WIUM-ANDERSON et al. 1982), von der Wasserhärte, der Menge und der Zusammensetzung des Sestons und und und...

Teile des Aufwuchses werden durch mechanischen Störungen regelmäßig abgelöst und können wegen der Größe und hohen Dichte der Flocken gut sedimentieren. Die hohe Dichte erklärt sich zum einen wegen der darin auch eingeschlossenen mineralischen Partikel, andererseits ist das im Biofilm dominante Periphyton im Gegensatz zum Plankton nicht auf Schweben selektiert.

In Gewässern mit hartem Wasser bilden sich regelmäßig Krusten auf den photosynthetisch aktiven Teilen von vielen Wasserpflanzenarten, in die Aufwuchs und sedimentiertes Material eingebettet sind, und die teilweise in großen, gut sedimentierenden Flocken abfallen (BRAMMER 1978).

JOHNSON (1978) zeigt für das Wassermoos *Fontinalis dalecarlica*, wie sich in Abhängigkeit von der Wasserströmung im Fluß im Strömungsschatten zwischen den kleinen Einzelblättern des Mooses Detritus sammelt und eine Aufwuchsgemeinschaft anwächst. Ältere Sproßabschnitte waren vollständig mit Pilzhyphen überzogen, durchsetzt mit Partikeln (Aufwuchsalgen und Detritus).

Zusammenfassend kann man feststellen, daß die Summe der Wirkungen von Wasserpflanzen den Planktongehalt in Fließgewässern vermindert. Mir ist keine Untersuchung bekannt geworden, bei der explizit festgestellt wurde, daß Wasserpflanzen die Entwicklung des Planktons gefördert hätten.

Ähnlich wie in flachen eutrophen Standgewässern, kann auch im Fließgewässer eine ausreichende Wasserpflanzenentwicklung den Charakter des Gewässers entscheidend beeinflussen: ohne Wasserpflanzen planktondominiert, trübe, oft relativ artenarm gegen die Variante mit Wasserpflanzen: benthisch dominiert, nährstoffreiches, aber dennoch klares Wasser und hoher Artenreichtum.

4 Literatur

- Bauer, J. (1985):** Limnologische Untersuchungen über die Bedeutung von Makrophyten für die Selbstreinigung und den Stoffhaushalt in stehenden Gewässern. Münch. Beitr. Abwasser-Fisch.-Flussbiol. 39, 431-464.
- Behrendt, H.; Böhme, M.; Driescher, E.; Gelbrecht, J.; Hoeg, S. & Krockner, M. (1996):** Wasserbeschaffenheit, Plankton und Makrophyten einiger Seen im Einzugsgebiet der Löcknitz. Beitr. angew. Gewässerökol. Norddeutschl. 3 (Die Löcknitz und ihr Einzugsgebiet), 31-51.
- Böhme, M. (1996):** Sauerstoffhaushalt, Sestonrückhalt und die Bedeutung von Makrophyten in einem naturnahen Flachlandfluß (Löcknitz). Beitr. angew. Gewässerökol. Norddeutschl. 3 (Die Löcknitz und ihr Einzugsgebiet), 60-68.
- Böhme, M. (1998):** Direkter und indirekter Einfluß von Makrophyten auf den Planktongehalt von Fließgewässern. (Literaturstudie) Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. 83 S.
- Brammer, E. (1978):** Phytogenic precipitation of calcium carbonate as a source of sedimentation. Polsk. Arch. Hydrobiol. 25(1-2), 49-59.
- Chandler, D.C. (1937):** Fate of typical lake plankton in streams. Ecol. Monogr. 7, 446-479.
- Johnson, T. (1978):** Aquatic Mosses and Stream Metabolism in a North Swedish River. Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. 20(3), 1471-1477.
- Körner, S. (1996):** Selbstreinigungsprozesse im Klärwerksableiter Wuhle unter besonderer Berücksichtigung der Makrophyten. Dissertation, FU Berlin. 122 S.
- Lock, M.A. (1993):** Attached microbial communities in rivers. In: Aquatic microbiology. (Hrsg: Ford, T.E.) Blackwell., S. 113-138.
- Lock, M.A.; Wallace, R.R.; Costerton, J.W.; Ventullo, R.M. & Charlton, S.E. (1984):** River epilithon: towards a structural- functional model. Oikos 42, 10-22.
- Melzer, A. & Hamm, A. (Hrsg) (1984):** Die Bedeutung von Makrophyten für die Gewässerökologie. Vegetationsentwicklung, Einflüsse auf den Stoffhaushalt in Gewässern, Badebelastung. Gemeins. Bericht des Inst. für Botanik und Mikrobiologie der TU München und der Bayerischen Landesanstalt für Wasserforschung, München, Wielenbach. 345 S.
- Ozimek, T.; Gulati, R.D. & van Donk, E. (1990):** Can macrophytes be useful in biomanipulation of lakes - The Lake Zwemlust example. Hydrobiologia 200, 399-407.
- Ruttner, F. (1956):** Einige Beobachtungen über das Verhalten des Planktons in Seeabflüssen. Österr. Botan. Zeitschr. 103(1), 98-109.
- Sand-Jensen, K. & Borum, J. (1991):** Interactions among phytoplankton, periphyton, and macrophytes in temperate freshwaters and estuaries. Aquat. Bot. 41(1-3), 137-175.
- Wium-Andersen, S. (1987):** Allelopathy among aquatic plants. Ergeb. Limnol., Archiv Hydrobiol. Beih. 27, 167-172.