Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Band 22, 1993

Auswirkungen von Strömung und Schwebstofführung auf die Verbreitung und Verteilung von Fließgewässermakrophyten

Dominique Remy

Synopsis
Investigations of the distribution of vegetation in running waters in northern Germany show a dependency of the habitation by hydrophytes on the siltation and current. In clear rivers lower on siltation, the density of plants depends among other factors on the availability of radiation and the maximum velocity of water. In turbid running waters the siltation in combination with the minimum velocity over extended periods of the time is an importand factor at the station as well. Even with sufficient light the diminishing velocity leads to a distinct change of species combination and distribution of the vegetation. In the extreme, complete loss of vegetation is observed. The present investigation shows a quantitative correlation between the amount of sedimentation onto the aquatic plants and the velocity of the running water. Observations and measurements on *Myriophyllum spicatum* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) showed the existence of a species specific limiting velocity, in the range of 0.7-4 cm/s. With slower velocities the amount of sedimentation leeds to a complete loss of vegetation.

Hydrophyten, Fließgewässer, Strömung, Schwebstoffe, Verödung, Sedimentation, Vegetationsverbreitung, Vegetationsverteilung, Sedimentauflage

1. Einleitung

Die Artenkombination und die Vegetationsverteilung in Fließgewässern ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. So wird die Artenkombination wesentlich vom Karbonatgehalt und der Konzentration an Nährsalzen bestimmt. Es können Arten und Gesellschaften des Weich- und des Hartwassers sowie verschiedener Trophiestufen unterschieden werden. Steuernd wirken sich auf die Vegetationsverteilung in den Bächen und Flüssen wesentlich das Lichtangebot und die Strömungsgeschwindigkeit aus. Es können unterschiedlich strömungstolerante oder lichtbedürftige Arten und Gesellschaften differenziert werden, die ihre Verbreitungsschwerpunkte entsprechend in beschatteten oder durchlichteten bzw. in lotischen oder lenitischen Bereichen haben. Es gibt nur wenige Hydrophyten, die ausschließlich im Fließwasser vorkommen; vielmehr erweist sich für die Mehrzahl der Hydrophyten ein gut durchlichteter und strömungsarmer Standort, also z.B. ein nicht zu tiefes Stillgewässer als Optimum. Daraus darf aber nicht geschlossen werden, daß unbeschattete, strömungsarme Bereiche in Fließgewässern, wie Gleithänge oder Stauhaltungen, in allen Fällen optimale Standorte für Hydrophyten sind. Es zeigen sich vielmehr deutliche Unterschiede in der Vegetationsverteilung zwischen weitgehend klaren Fließgewässern einerseits und trüben Fließgewässern andererseits. Während für klare Bäche und Flüsse die oben genannten optimalen Standortbedingungen zutreffen, weisen trübe, schwebstoffreiche Fließgewässer trotz guter Durchlichtung flacher Bereiche bei abnehmender Strömung eine Verschiebung in der Artenkombination auf, die bis zum völligen Ausfall der Vegetation, der Verödung, reichen kann. Ursache ist die von der Strömungsgeschwindigkeit abhängige Höhe der Ablagerung von Schwebstoffen unterschiedlicher Herkunft auf den Sprossen der Wasservegetation. Allgemeine Hinweise auf die Empfindlichkeit einzelner Arten gegenüber Schwebstoffen gibt es bei EDWARDS (1969), SIRJOLA (1969), WEBER (1976), HAM & al. (1982), CAFFREY (1986) und KOHLER (1988). Ziel der vorliegenden Untersuchung war der Versuch derartige Beobachtungen durch Messungen zu quantifizieren und festzustellen, ob artspezifische Unterschiede in Bezug auf die Empfindlichkeit gegenüber Sedimentauflagerungen auftreten.

2. Material und Methode

Als Untersuchungsobjekte dienten zwei in Fließgewässern verbreitete Arten, *Myriophyllum spicatum* (L.) und *Potamogeton pectinatus* (L.). Der Verbreitungsschwerpunkt von *Myriophyllum spicatum* in Norddeutschland liegt in schwebstoffarmen, aber karbonathaltigen Gewässern grobklastischer Einzugsgebiete. In schwebstoffreichen Bächen und Flüssen feinklastischer Einzugsgebiete kommt die Art seltener vor und ist dort weitgehend auf lotische Bereiche beschränkt.
Potamogeton pectinatus ist weit verbreitet und Kennart des Sparganio-Potamogetonetum pectinati. Die Gesellschaft ist artenarm und wird durch die zumeist gutwüchsigen Schwaden von *Potamogeton pectinatus* bestimmt.

Die Art findet in nährstoffreichen Gewässern optimale Wuchsbedingungen. Wie langjährige Beobachtungen zeigen, ist im Tiefland eine zunehmende Verbreitung der Gesellschaft auf Kosten empfindlicherer Assoziationen, wie u.a. dem Ranunculetum fluitantis feststellbar.
Für die Auswahl der beiden Untersuchungsabschnitte war u.a. das Auftreten von *Myriophyllum spicatum* entscheidend. Nur so konnte die Sedimentablagerung auf morphologisch gleich gestalteten Sproßoberflächen in unterschiedlichen Untersuchungsabschnitten bestimmt und später verglichen werden.

Die hier vorliegenden Untersuchungen stellen unter Berücksichtigung neuer Aspekte eine Weiterführung früherer Arbeiten dar (REMY 1991). Die zugrundeliegende Methodik ist dort ausführlich dargelegt und kann hier nur kurz erläutert werden.
Um eine Quantifizierung der Ablagerung von Schwebstoffen auf den Sprossen von Makrophyten zu erreichen und um weitere Faktoren zu bestimmen, wurde wie folgt vorgegangen:

1. Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit (cm/s) mittels Meßflügel in unmittelbarer Umgebung der Untersuchungsobjekte
2. Entnahme sedimentbedeckter Sproßteile
3. Trennung von Pflanzenmaterial und Sedimentauflage
4. Bestimmung von Frisch- und Trockengewicht bei Pflanzenmaterial und Sediment
5. Berechnung des Verhältnisses vom Gewicht der Sedimentauflage (g) zum Gewicht der Pflanzensprosse (g). Das Ergebnis wird als Sedimentauflage-Quotient (SaQ) angegeben.
6. Graphische Darstellung der Beziehung von Strömungsgeschwindigkeit (cm/s) zum SaQ.
7. Die Vitalität der Bestände bzw. der Individuen zum Zeitpunkt der Probenahme wurde abgeschätzt. Für Individuen war der Gesamteindruck maßgeblich (Größe, Blattdichte, Fertilität, Färbung, Schäden). Bei der Beurteilung der Bestände wurden außerdem die Dichte des Bestandes und seine Altersstruktur berücksichtigt. Es wurde eine 5-teilige Vitalitässkala entwickelt und angewendet:
   (1 = vital, 2 = mäßig vital, 3 = geschädigt, 4 = stark geschädigt, 5 = letal).
8. Die Erfassung des Lichtangebots am Wuchsort, der Lichtgenuß, erfolgte mittels Lux-Meter durch Messung der Lichtintensität am Gewässerboden. Der Lichtgenuß ist der prozentualen Anteil des Oberflächenlichts, das den Wuchsort erreicht.

3. Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungsabschnitte 1 und 2, im folgenden als U1 und U2 bezeichnet, befinden sich in unterschiedlichen Fließgewässertypen, die beide eine starke Trübung durch Schwebstoffe aufweisen.

U1 befindet sich südwestlich von Bad Pyrmont im Mittellauf der Emmer, einem Mittelgebirgsfluß im Weserbergland. Das Gewässer weist aufgrund von natürlichen und künstlichen Untiefen im Wechsel mit breiteren, tieferen Abschnitten ein rasch wechselndes Strömungsregime auf. Bereiche mit hoher Strömungsenergie wechseln in geringen Abständen mit Zonen fast stagnierender Strömung. Die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit ist ganzjährig hoch, sie liegt bei 37 cm/s. Das Einzugsgebiet wird von feinklastischem Material bestimmt, so von z.T. erosionsgefährdeten Lehm-, Feinsand- und Lößböden.

U2 ist nördlich von Hannover im Unterlauf der Leine, einem Niederungsfluß am Rande der Norddeutschen Tiefebene, angesiedelt. Aufgrund des relativ großen Einzugsgebietes im Mittelgebirge kommt es periodisch zu Hochwässern mit stärkerer Strömung, in der Regel herrschen jedoch ruhig strömende bis stagnierende Verhältnisse vor, wobei die Stärke der Strömung vom Wechsel zwischen Gleit- und Prallhang bestimmt wird. Die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit liegt unter 20 cm/s. Das Einzugsgebiet wird auch hier von feinklastischem Material bestimmt, das durch Erosion in die Leine gelangt und wesentlich zur Schwebstofführung beiträgt.

4. Ergebnisse

4.1 Vergleich des Umfangs der strömungsabhängigen Sedimentbedeckung von *Myriophyllum spicatum* in den Untersuchungsabschnitten U1 und U2

Das Diagramm (s. Abb. 1) zeigt den Zusammenhang zwischen der Strömungsgeschwindigkeit und dem Sedimentauflagerungs-Quotienten (SaQ). Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,92. Bereits mit dem Unterschreiten einer Geschwindigkeit von 20 cm/s beginnt eine sichtbare Zunahme der Sedimentauflagerung; der SaQ liegt zwischen 0,1 und 0,2. Unterhalb von 10 cm/s erfolgt ein rascher Anstieg des SaQ auf Werte >0,3. Fertile Indivi-

duen wurden überwiegend bei Geschwindigkeiten >15 cm/s gefunden. Im Bereich von 5 bis 15 cm/s waren die Pflanzen weitgehend überdeckt, nur bei jungen Trieben waren noch grüne Blattflächen erkennbar, blühende oder fruchtende Exemplare waren selten.
Mit dem Unterschreiten einer Strömungsgeschwindigkeit von 4 cm/s nimmt der SaQ Werte von 0,9 bis >1 an. Ein SaQ von >0,9 ist mit vollständiger und dichter Sedimentauflage auf den Sprossen gleichzusetzen, wobei auch die jüngsten Triebe vollständig bedeckt sind. Durch den weitgehenden Lichtmangel wird die Photosynthese behindert oder unterbunden. Bei über mehrere Tage anhaltender Sedimentbedeckung stirbt der betroffene Sproß bzw. der betroffene Bestand ab.

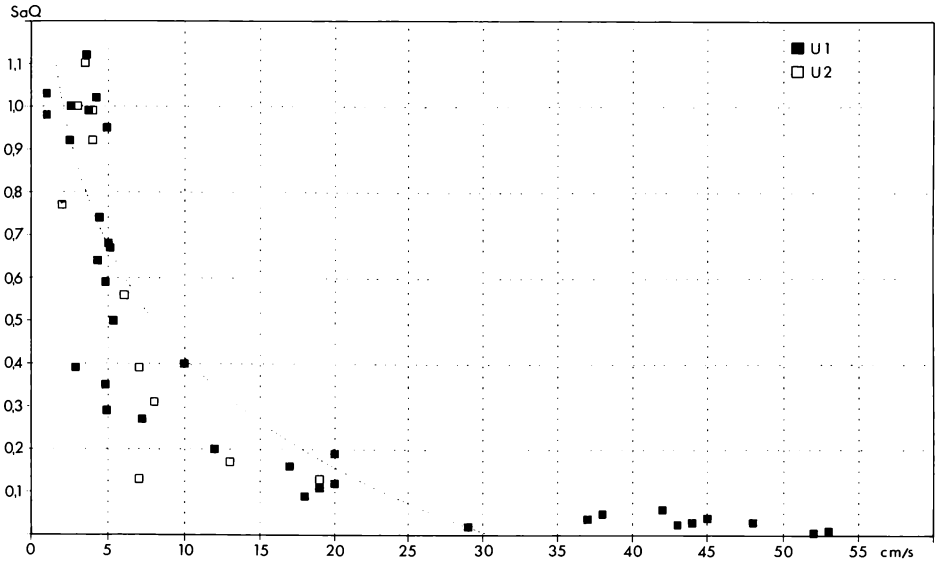

Abb. 1: Zusammenhang zwischen dem Sedimentauflagerungs-Quotienten (SaQ) und der Strömungsgeschwindigkeit (cm/s) am Beispiel von *Myriophyllum spicatum* (L.) in den Untersuchungsabschnitten U1 und U2.

Der Vergleich zwischen U1 und U2 zeigt bei der gleichen Art keine nennenswerten Unterschiede in bezug auf die strömungsabhängige Sedimentauflage. Es zeigt sich vielmehr, daß trotz unterschiedlicher Strömungsregime räumlich und zeitlich begrenzt ähnliche Sedimentationsbedingungen und Sedimentbedeckungen auftreten. Da im Unterlauf der Leine in ausreichend mit Licht versorgten flachen Bereichen kaum eine Strömungsgeschwindigkeit von >10 cm/s erreicht wird, die eine starke oder übermäßige Sedimentablagerung verhindern kann, zeichnet sich in derartig schwebstoffreichen Gewässern ein Standortnachteil für *Myriophyllum spicatum* ab. Gleithänge oder andere Bereiche, in denen die Strömung unter 4 cm/s sinkt, sind für *Myriophyllum spicatum* nicht besiedelbar. Dagegen ist eine übermäßige Sedimentüberdeckung von *Myriophyllum spicatum* in strömungsreicheren Mittelgebirgsbächen die Ausnahme und wird dort häufig durch Stauanlagen bewirkt.

4.2 Vergleich der Höhe der strömungsabhängigen Sedimentablagerung auf *Potamogeton pectinatus* und *Myriophyllum spicatum*

Die beiden Arten traten nur im Untersuchungsabschnitt U2 gemeinsam auf. Das Diagramm (s. Abb. 2) weist für *Potamogeton pectinatus*, bezogen auf die jeweils gleiche Höhe der Strömungsgeschwindigkeit, eine durchschnittlich geringere Sedimentauflage aus als für *Myriophyllum spicatum*. Eine merkliche Sedimentation auf den Sprossen von *Potamogeton pectinatus* setzt überhaupt erst unterhalb einer Strömungsgeschwindigkeit von 10 cm/s ein, wenn ein SaQ von 0,1 überschritten wird. Während bei *Myriophyllum spicatum* ein Unterschreiten der Geschwindigkeit von 4 cm/s zu einem Anstieg des SaQ über 0,9 führt, erreicht der SaQ von *Potamogeton pectinatus* erst Werte zwischen 0,1 und 0,4. *Myriophyllum spicatum* zeigt in dieser Situation bereits deutliche Schäden oder Ausfälle durch Lichtmangel, während *Potamogeton pectinatus* optimale bis gute Wuchsbedingungen vorfindet.
Für *Potamogeton pectinatus* wird die Situation erst mit dem Unterschreiten der 1 bis 0,7 cm/s-Grenze kritisch. Der SaQ steigt dann steil an und erreicht schlagartig Werte von 0,8 bis >1,0. Mit dem Unterschreiten von

0,7 cm/s setzt die Verödung ein, da die Sedimentablagerung dann so schnell erfolgt, daß auch die jüngsten Triebe sofort bedeckt sind und nicht mehr assimilieren können.
Der Korrelationskoeffizient beträgt für *Myriophyllum spicatum* 0,93, während er für *Potamogeton pectinatus* nur 0,8 erreicht. Ursachen für die geringere Korrelation von SaQ und Strömungsgeschwindigkeit bei *Potamogeton pectinatus* sind z.Zt. noch nicht eindeutig geklärt.

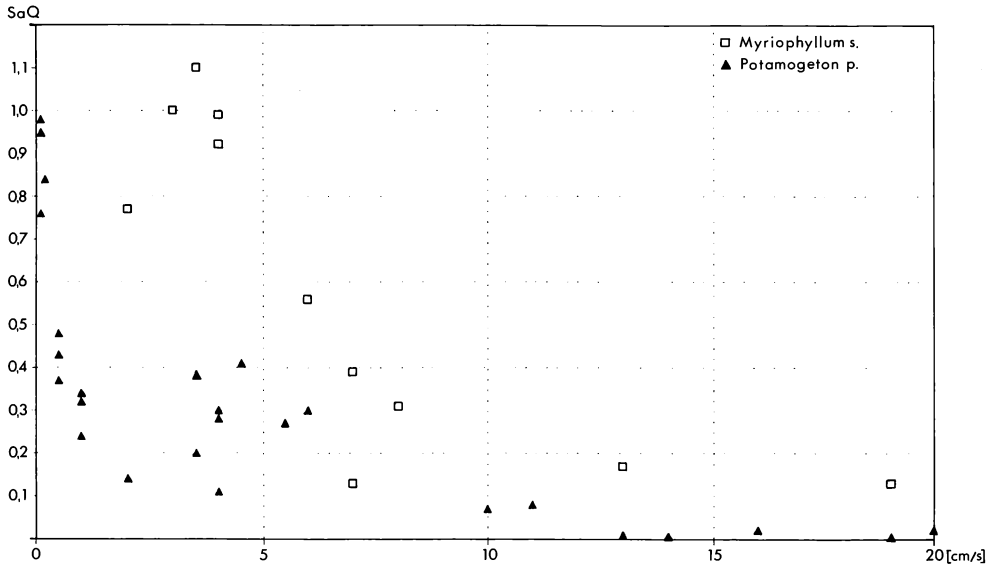

Abb. 2: Zusammenhang zwischen dem Sedimentauflagerungs-Quotienten (SaQ) und der Strömungsgeschwindigkeit (cm/s) am Beispiel von *Myriophyllum spicatum* (L.) und *Potamogeton pectinatus* (L.).

4.3 Standortbedingungen in einem Transekt durch den Untersuchungsabschnitt U2

In Abbildung 3 ist die Verteilung der Vegetation in einem Transekt durch die Leine - Gleithang links, Prallhang rechts - schematisch dargestellt. Das Schema zeigt Merkmale der bekannten Vegetationsverteilung in einer Flußschlinge. So weisen die steil einfallenden, rasch überströmten Bereiche des Prallhanges keine oder nur zerstreute Wasservegetation auf, während in dem flachen, ruhig überströmten Bereich vor dem Gleithang eine vegetationsbedeckte Zone ausgebildet ist. Die Abbildung zeigt zusätzlich im Bereich des Gleithanges eine vegetationsfreie Zone, hier als Verödungszone bezeichnet, welcher ein Streifen mit dichten Beständen von *Potamogeton pectinatus* vorgelagert ist, in dem in geringer Mächtigkeit *Myriophyllum spicatum* vorkommt.
Die Ursachen für die ungewöhnliche Vegetationsverteilung wurden unter besonderer Berücksichtigung der Verödungszone untersucht. Es zeigte sich, daß die hydrochemischen Verhältnisse im Gewässerquerschnitt homogen waren. Weiterhin traten in der Verödungszone nur geringe Strömungsgeschwindigkeiten auf (s. Abb. 3b), aufgrund der geringen Wassertiefe (Abb. 3a) lagen optimale Lichtverhältnisse vor (s. Abb. 3c).

Erst eine Quantifizierung der Sedimentauflage auf den Pflanzen in diesem Transekt zeigte die Ursache der partiellen Verödung auf. Da in der verödeten Zone die Strömungsgeschwindigkeit unter 1 cm/s fiel, wurden verstärkt Schwebstoffe abgelagert. Dies führt, wie bereits oben erläutert, zu einer Überdeckung der photosynthetisch aktiven Sproßflächen und in der Folge zum Absterben bestehender Bestände, bzw. verhindert das Aufkommen neuer Bestände aus vorhandenem Diasporenmaterial.

Aus den Kurven für das Lichtangebot am Gewässergrund (s. Abb. 3c) und für den Sedimentauflage-Quotienten (SaQ) (s. Abb. 3d und f) lassen sich die besiedelbaren Bereiche ableiten. Sie stimmen mit der vorgefundenen Situation überein. Beim Vergleich der Arten wird der artspezifische Zusammenhang zwischen Strömung und SaQ erkennbar. Da *Myriophyllum spicatum* merklich höhere Strömungsgeschwindigkeiten benötigt, um den SaQ unter der kritischen Grenze von 0,9 zu halten, ist der besiedelbare Bereich, also der Raum in dem die Art vital ist und erfolgreich siedeln kann, sehr viel schmaler als bei *Potamogeton pectinatus*, das auch noch bei geringeren Geschwindigkeiten einen günstigeren SaQ aufweist (s. Abb. 3e und g).

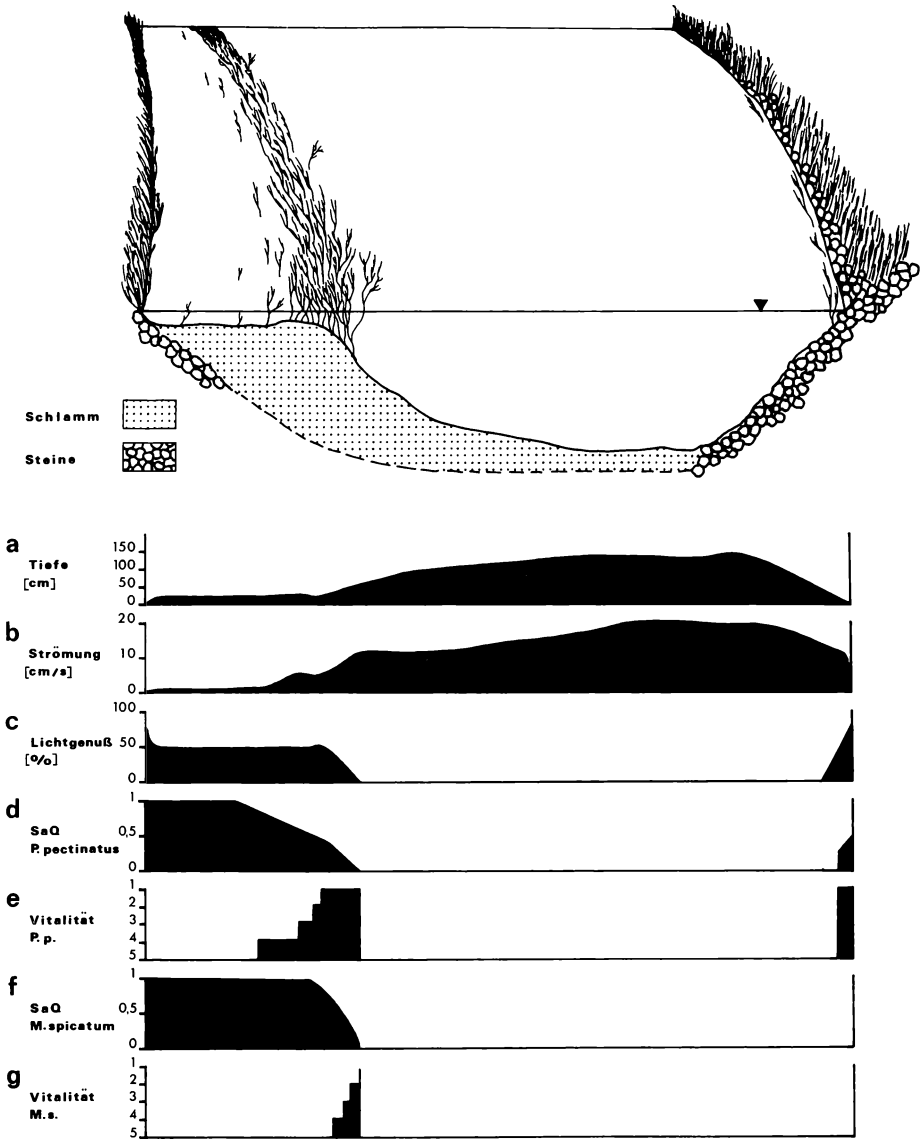

Abb. 3: Vegetationsverteilung im Transekt durch den Untersuchungsabschnitt U2 mit Angaben zu wichtigen Standortfaktoren und zur Vitalität der untersuchten Arten.

Die Einschränkung der Wuchsfläche für die beiden untersuchten Arten zur Gewässermitte hin resultiert aus der sich negativ auswirkenden Kombination von Wassertiefe und Trübung. Wie die Messungen ergaben, ist ab einer Tiefe von 55-60 cm nicht mehr mit einer ausreichenden Lichtmenge am Gewässergrund zu rechnen, so daß ein Vordringen der Vegetation in Richtung auf die Flußmitte stark eingeschränkt wird.

Im Falle des Untersuchungsabschnittes U2 zeigte sich außerdem eine Abhängigkeit des Umfanges der Verödungszone von der Jahreszeit und von der angrenzenden Vegetation. Im Jahresverlauf konnte eine Verschärfung der Situation beobachtet werden, da einerseits im Sommer, abgesehen von größeren Abflüssen nach Gewittern, die geringsten Abflußmengen auftraten. Andererseits nahm die Phytomasse in dem vorgelagerten Bereich stark zu. Beide Faktoren führten zu einer weiteren Verminderung der Strömung im uferseitigen, verödeten Bereich. In der Folge erfuhr die Verödungszone eine Ausweitung auf Kosten der vorgelagerten Bestände von *Potamogeton pectinatus*, da die uferseitigen Individuen zunehmend unter Sedimentabdeckung gerieten.

Die Hydrophyten können also eine partielle Verödung verstärken. Da höhere Abflüsse mit stärkerer Strömung erst gegen Ende der Vegetationsperiode von *Potamogeton pectinatus* auftraten, hatte die Verödungszone bis in den Herbst hinein Bestand. Erst bei Hochwasserabflüssen im Winter wurden die dann weitgehend vegetationsfreien Schlammbänke am Gleithang abgetragen.

5. Schlußfolgerungen

Die Schwebstoffauflagerung ist in trübstoffreichen Fließgewässern ein wichtiger Standortfaktor, der zu einer Verödung führen kann. Die artspezifischen Unterschiede im Umfang der Schwebstoffablagerung auf den Hydrophyten im Geschwindigkeitsbereich von 6 bis 1 cm/s ist eine wahrscheinliche Ursache für die unterschiedlichen Verbreitungsschwerpunkte der untersuchten Arten. Aufgrund der ungünstigeren Blattmorphologie, die eine Sedimentation zwischen den sich überdeckenden Fiederblättern begünstigt, erleidet *Myriophyllum spicatum* in schwebstoffreichen Gewässern Standortnachteile. In strömungsärmeren Zonen derartiger Gewässer kann sie infolge stärkerer Sedimentablagerung auf den Blättern nicht erfolgreich aufkommen. Der Verbreitungsschwerpunkt der Art liegt daher in klaren Gewässern, wo sie auch stagnierendes Wasser besiedeln kann. *Myriophyllum spicatum* wird durch verstärkt auftretende Detritusablagerungen, die aus der Eutrophierung unserer Gewässer resultieren auch in von Natur aus klaren Gewässern zunehmend beeinträchtigt und zurückgedrängt.
Potamogeton pectinatus ist dagegen in schwebstoffreichen Flüssen und Bächen auch bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten konkurrenzstark. Dies gilt auch für Stauhaltungen, solange eine Strömungsgeschwindigkeit von etwa 1 cm/s nicht unterschritten wird. Mit zunehmender Schwebstofführung in den Fließgewässern werden empfindlich reagierende Arten zurückgedrängt, während sich Arten wie *Potamogeton pectinatus* ausbreiten können.

Verschiebungen in den Artenkombinationen unserer Fließgewässer sind also nicht nur unmittelbare Folgen von Veränderungen der chemischen Wasserqualität. Vielmehr bildet der regional zunehmende Gehalt an Schwebstoffen eine weitere Ursache. Ebenso führt die künstliche Veränderung des Strömungsregimes von Flüssen und Bächen zu strömungsarmen Zonen; so werden bei wasserbaulichen Eingriffen häufig strömungshemmende Querbauwerke eingebracht. Besonders problematisch sind bei hohen Schwebstofffrachten kanalisierte, laufverkürtzte Gewässerabschnitte mit einer im gesamten Gewässerquerschnitt weitgehend gleichmäßig geringen Strömung, die in Abständen zusätzlich durch Sohlgleiten vermindert wird.
Bezogen auf Sanierungskonzepte für Fließgewässer ergeben sich daraus folgende Forderungen:

1. Einleitung von Maßnahmen zur Verringerung von Bodenerosion und Nährstoffeinträgen in den Einzugsgebieten, um die Schwebstofführung zu verringern.
2. Vermeidung bzw. Beseitigung großer, künstlicher Zonen mit stagnierendem Wasser, wie sie vor Stauhaltungen aber auch vor Sohlgleiten auftreten bzw. auftreten können.

Literatur

CAFFREY, J.M., 1986: The impact of peat siltation on macrophyte communities in the river Suck: an irish coarse fishery. - Proc. Eur. Weed Res. (EWRS/AAB) 7th int. Symp. on Aquatic Weeds: 53-60.

EDWARDS, D., 1969: Some effects of siltation upon aquatic macrophyte vegetation in Rivers. - Hydrobiologia 34: 29-37.

HAM, S.F., HILEY, D.A., Mc LEISH, P.R., SCORGIE, H.R.A. & A.D. BERRIE, 1982: Growth and recession of aquatic macrophytes on a shaded section of the River Lambourn, England, from 1971 to 1980. - Freshwater Biol. 12: 1-15.

KOHLER, A., 1988: Veränderungen in der Vegetation süddeutscher Fließgewässer seit Anfang der 70er Jahre. - In: KOHLER, A. & H. RAHMANN, (Hrsg.): Gefährdung und Schutz von Gewässern. - Hohenheimer Arbeiten, Stuttgart: 143-147/162-167.

REMY, D., 1991: Vergleichende pflanzensoziologische und hydrochemische Untersuchungen an Fließgewässern ausgewählter Naturräume Nordwestdeutschlands. - Diss. Univ. Hannover, 221 S.

SIRJOLA, E., 1969: Aquatic vegetation of the river Teuronjoki, south Finland, and its relation to water velocity. - Ann. Bot. Fenn. 6: 68-75.

WEBER, H.E., 1976: Die Vegetation der Hase von der Quelle bis Quakenbrück. - Osnabrücker Naturwiss. Mitt. 4: 131-190.

Adresse

Dr. Dominique Remy, FU Berlin, Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie, Altensteinstr. 6, D-W-1000 Berlin 33

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: 22_1993

Autor(en)/Author(s): Remy Dominique

Artikel/Article: Auswirkungen von Strömung und Schwebstoffführung auf die Verbreitung und Verteilung von Fließgewässermakrophyten 279-284