Wasser- und Ufervegetation

Autor(en): **Arnold, Philipp / Demierre, Alain / Juge, Raphaëlle**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern**

Band (Jahr): **33 (1993)**

PDF erstellt am: **01.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-523610

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Wasser- und Ufervegetation

Philipp Arnold, Alain Demierre, Raphaëlle Juge, Jean-Bernard Lachavanne
und Jean Perfetta

Wasserpflanzen in Uferzonen haben eine wichtige Funktion für das Ökosystem von Seen. Obwohl untergetauchte Pflanzen von Auge kaum sichtbar sind, entspricht ihre Nettoprimärproduktion (Zunahme des Trockengewichts pro Flächeneinheit) in nährstoffreichen Seen derjenigen unserer Kulturpflanzen. Die totale durch untergetauchte Arten gebildete pflanzliche Oberfläche kann jene der effektiven Bestandsfläche um bis das 20fache übertreffen. Viele Prozesse laufen an diesen Grenz-

Abb. 1: Der Hecht laicht im Frühling in dichten Pflanzenbeständen der Uferzone ab. Die Eier und frischgeschlüpften Larven haften an Wasserpflanzen und finden so optimale Brut- und Schlüpfbedingungen. Später benötigt die junge Hechtbrut dicht bewachsene Pflanzenbestände zum Schutz vor räuberischen Fischarten und Vögeln. Der ausgewachsene Hecht findet darin ideale Jagdverhältnisse.

Abb. 2: Ansicht eines Röhrichtes am Oberkircher Ufer, vorwiegend bestehend aus Schilf. Im Winterhalbjahr bilden die braunen abgestorbenen Halme einen braungefärbten Gürtel vorgelagert der Uferlinie. Im Mai/Juni lassen neue Sprosse den Bestand ergrünen.

flächen zwischen der festen Phase des Pflanzengewebes und der Wasserphase ab. Dies sind Adsorption und Ausfällung von Stoffen aus dem Wasser, Aufnahme von Pflanzennährstoffen sowie Austausch von gelöstem Kohlenstoff (Bicarbonat) mit Sauerstoff durch die Prozesse der Photosynthese. Insgesamt findet dadurch ein Fluss verschiedener Nähr- und Schadstoffe aus dem Wasser via Wasserpflanzen in das Flachwassersediment statt. In der Freiwasserzone übernehmen die freischwebenden Algen (Phytoplankton) diese Funktionen.

Die Uferzonen bilden für verschiedene Tierarten Laichplatz, Brutplatz, Rückzugs- und Schutzgebiet sowie Nahrungsgrundlage. Zu diesen vielfältigen Funktionen gehört eine intakte Ufervegetation. Fehlt sie, verschwinden vor allem jene Tierarten, die entweder speziell in einem ihrer Entwicklungsschritte (Ablaichen, Brüten) oder wegen ihrer allgemeinen Lebensraumansprüche auf naturbelassene Ufer angewiesen sind. Beispielsweise benötigen verschiedene Fischarten (Hecht, Egli, Schleie) für das Ablaichen eine reiche Unterwasservegetation (Abb. 1). Für verschiedene Vogelarten (Teich- und Sumpfrohrsänger, Rohrammer, Drosselrohrsänger, Zwergreiher, Haubentaucher und Blässhuhn) bilden natürliche Seeufer mit zusammenhängenden, ausgedehnten Röhrichten den eigentlichen Lebensraum.

Der Makrophytenbestand am Sempachersee wurde vom «Laboratoire d'écologie et de biologie aquatiques» der Universität Genf 1987 detailliert erhoben. Dabei wurden die Arten und ihre Ausbreitung unterhalb der Uferlinie des Hochwasserstandes untersucht. Die landeinwärts an-

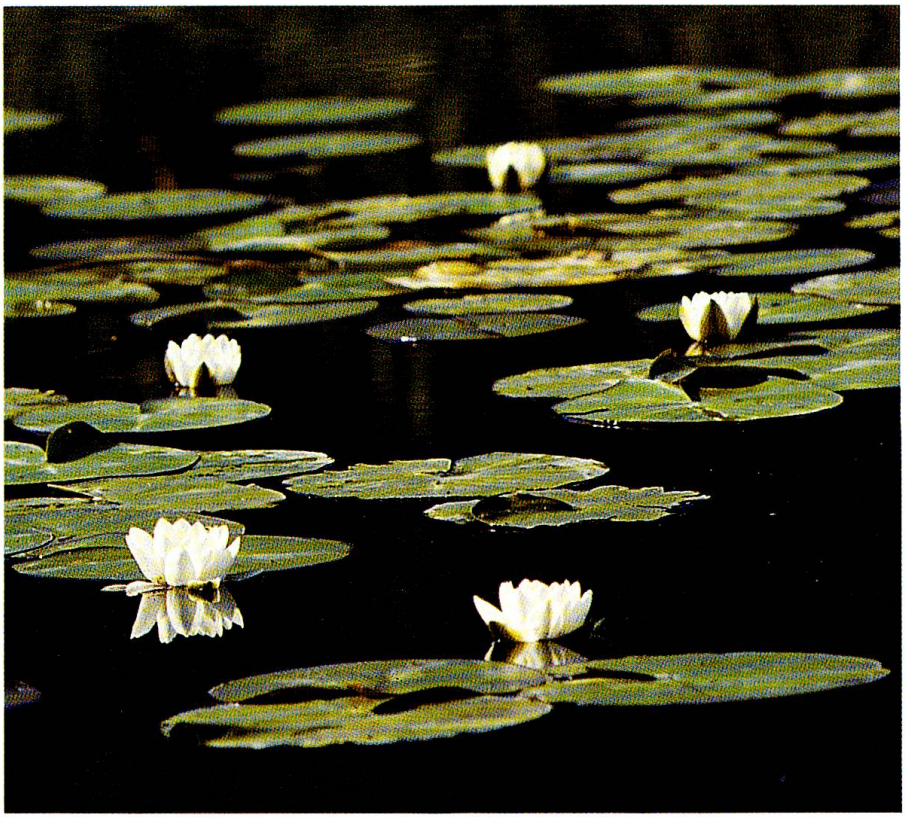

Abb. 3: Die Weisse Seerose (Bild) bildet mit der Gelben Teichrose oft grossflächige Schwimmblattfluren an windgeschützten, zurückversetzten Uferpartien. Durch die Zunahme des Bootsverkehrs und der Erholungsnutzung in diesen attraktiven Buchten geht ihr Bestand zurück.

grenzende Vegetation der Sumpfpflanzengesellschaften und Feuchtwiesen ist nur berücksichtigt, sofern sie in den Grenzbereich Wasser–Land vorstossen. Die erwähnten Gesellschaften sind nur noch an wenigen Abschnitten des Sempachersees erhalten geblieben und vielfach durch Landschilf dominiert.

Die vorliegende Zusammenstellung beruht mehrheitlich auf den Untersuchungen von Jean-Bernard Lachavanne und seinen Mitarbeitern.

Das Ufer als Lebensraum für Wasserpflanzen

Mit «Makrophyten» als Sammelbegriff für Wasser- und Sumpfpflanzen werden sämtliche von Auge sichtbaren pflanzlichen Individuen im Uferbereich bezeichnet. Als Begrenzung des Standortes wird landseitig die Linie des Hochwasserstandes gewählt. Seeseitig wird ihre Ausdehnung durch die Absorption des Sonnenlichtes in der oberen Wasserschicht und durch die Druckverhältnisse limitiert. Taxonomisch umfassen die Makrophyten folgende Abteilungen:

- Armleuchteralgen *(Charophyta)*
- Moose *(Bryophyta)*
- Farne und Schachtelhalme *(Pteridophyta)*
- Samenpflanzen *(Spermatophyta)*

Für das ebenfalls im Uferbereich vorkommende, von Auge kaum sichtbare Phytoplankton wird im Gegensatz dazu der Sammelbegriff «Mikrophyten» verwendet.

Vegetationszonen im Wasser

Bei einem Seeufer mit ausgeprägter Flachwasserzone kann man natürlicherweise eine bestimmte Abfolge von Pflanzengesellschaften erkennen:

Abb. 4: Ein typischer Vertreter der Laichkrautzone ist das sehr verbreitete «durchwachsene Laichkraut» oder «Eglikraut». Diese Art kommt mit den gegenwärtigen Bedingungen am Sempachersee gut zurecht und breitet sich aus.

– Aus dem Wasser ragende Pflanzen bilden das «Röhricht» (Abb. 2). Es besteht hauptsächlich aus Schilfpflanzen *(Phragmites australis)* teilweise mit Rohrglanzgras *(Phalaris arundinacea)*, beide aus der Familie der echten Gräser *(Gramineae)*. Daneben können Rohrkolbengewächse *(Typhaceae)* sowie Binsen *(Schoenoplectus)* und Seggen *(Carex)* aus der Familie der Sauergräser *(Cyperaceae)* zum Röhricht gehören. Typisch für diese teilweise auch als «Sumpfpflanzen» bezeichneten Arten ist die Toleranz gegenüber einem variablen Wasserstand.

– Pflanzen mit Organen auf der Wasseroberfläche bilden «Schwimmblattfluren» mit Seerosen- *(Nymphaeaceae)* (Abb. 3) und Knöterichgewächsen *(Polygonaceae)*.

– Die untergetauchten Pflanzen, deren Vegetationsorgane die Wasseroberfläche teilweise erreichen, bilden die «Laichkrautzone», die von Arten aus der Familie der Laichkrautgewächse *(Potamogetonaceae)* dominiert werden (Abb. 4).

– Völlig untergetauchte Arten, die ausschliesslich unter Wasser assimilieren, gehören zu der Familie der «Armleuchteralgen» *(Characeae)* (Abb. 5). Sie besitzen kein Gewebe für den Sauerstofftransport und halten daher den in der Tiefe zunehmenden Druck aus.

Eine vielfältige Ufervegetation kann in einer heterogen ausgebildeten Uferlinie begründet sein. Dies wird mit dem Wert der Uferentwicklung erfasst, welcher das Verhältnis der Seeuferlänge zum Umfang eines flächengleichen Kreises darstellt. Für die Uferlinie des Sempachersees mit der eher regelmässig ovalen Ausformung beträgt dieser Wert rund 1,5, für jene des

Abb. 5: Die Armleuchteralge besiedelt die tiefste Zone des Flachwasserbereichs. Am Sempachersee ist diese eher in nährstoffarmen Gewässern verbreitete Art zwischen 1978 und 1987 verschwunden.

vielfältig ausgeformten Vierwaldstättersees dagegen 3,4 und für jene des Zugersees 2,0.

Die Ausdehnung des Lebensraumes von Wasserpflanzen wird direkt durch die Fläche der Flachwasserzonen im Uferbereich des ganzen Sees bestimmt. Indirekt bestimmen auch der morphologische Zustand der Ufer und die Qualität des Wassers die Ausdehnung und Zusammensetzung der Makrophytenbestände.

Licht als limitierender Faktor

Die Ausdehnung der mit Makrophyten bewachsenen Fläche unter dem Wasserspiegel wird durch die Einstrahlungsverhältnisse bestimmt. Während in Seen mit nährstoffarmem, klarem Wasser ein Wachstum von Makrophyten bis in eine Tiefe von rund 20 Metern möglich ist, nimmt die bewachsene Tiefe in zunehmend nährstoffreichen Seen ab. Mit der Erhöhung der Konzentration an Partikeln im Seewasser nimmt einerseits die Lichteinstrahlung durch Streuung ab. Andererseits wird durch die Zunahme an gelösten organischen Stoffen die Lichtabsorption erhöht. Schliesslich wird durch extreme Erhöhung der Biomassenproduktion bis zu Algenblüten die Lichtversorgung der tieferen Wasserschichten durch Eigenbeschattung der aufschwimmenden Algen stark vermindert.

Am Sempachersee lag die Grenze des Makrophytenwachstums Ende der achtziger Jahre in etwa 5 Metern Tiefe. Ursprünglich dürfte sich diese Grenze etwa in einer Tiefe von 10 bis 15 Metern befunden haben.

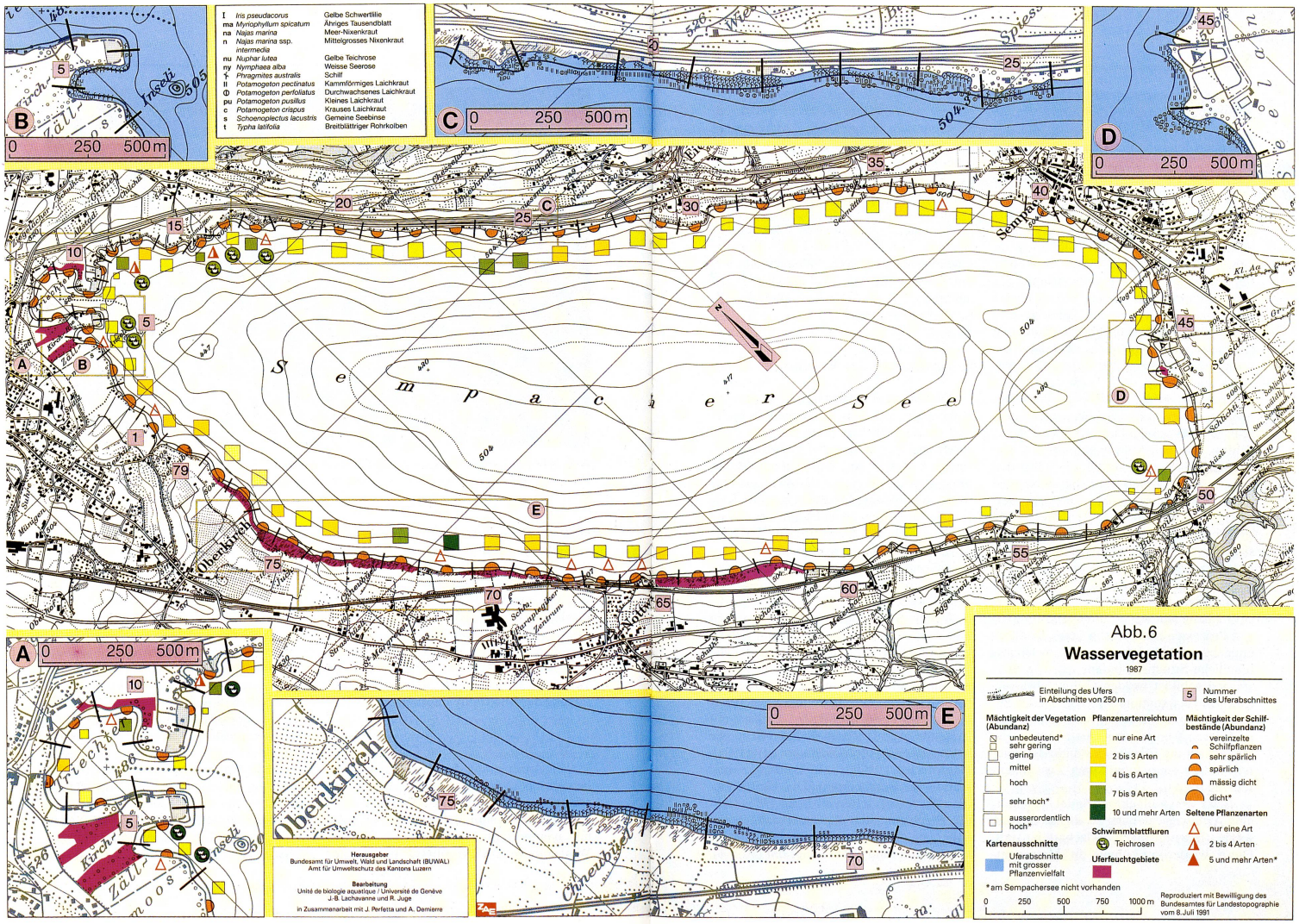

Abb. 6

Wasservegetation

1987

Einteilung des Ufers in Abschnitte von 250 m

5 Nummer des Uferabschnittes

Mächtigkeit der Vegetation (Abundanz)

- unbedeutend*
- sehr gering
- gering
- mittel
- hoch
- sehr hoch*
- ausserordentlich hoch*

Kartenausschnitte

Uferabschnitte mit grosser Pflanzenvielfalt

Pflanzenartenreichtum

- nur eine Art
- 2 bis 3 Arten
- 4 bis 6 Arten
- 7 bis 9 Arten
- 10 und mehr Arten

Schwimmblattfluren

Teichrosen

Uferfeuchtgebiete

Mächtigkeit der Schilfbestände (Abundanz)

- vereinzelte Schilfpflanzen
- sehr spärlich
- spärlich
- mässig dicht
- dicht*

Seltene Pflanzenarten

- nur eine Art
- 2 bis 4 Arten
- 5 und mehr Arten*

* am Sempachersee nicht vorhanden

0 250 500 750 1000 m

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 8. Juli 1991

Auswirkungen der Nährstoffanreicherung auf die Wasserpflanzen

Neben den genannten direkten Wirkungen via Lichteinschränkung hat ein durch Nährstoffe angereicherter Wasserkörper noch weitere negative Auswirkungen auf die Wasservegetation. Der erhöhte Nährstoffeintrag in den See fördert die Primärproduktion im Freiwasser wie auch im Uferbereich. Dies geht einher mit einer Verschiebung des Artenspektrums der Wasserpflanzen. In unbelasteten Gewässern konkurrenzieren sich verschiedene Arten um die beschränkt vorhandenen Nährstoffe; bei allmählicher Nährstoffanreicherung findet eine Verschiebung zu wenigen Spezialisten statt. Diese sind einerseits an die nährstoffreiche Situation im Wasser angepasst und zeigen sich andererseits gegenüber schädlichen Umweltbedingungen resistent. Mit zunehmender Überdüngung des Sees und erhöhtem Nährstoffumsatz sind beispielsweise durch vergrösserte Kohlenstoffixierung höhere pH-Werte und eine deutlich erhöhte Sauerstoffübersättigung in den oberen Wasserschichten messbar. Auf der anderen Seite treten im Sediment, gerade auch im Uferbereich, durch den erhöhten Anfall an abzubauender Biomasse verstärkte Sauerstoffdefizite auf, was zu intensiven reduktiven Prozessen mit Faulung führt. Dadurch entsteht eine für Pflanzenwurzeln lebensfeindliche Situation, indem toxische Substanzen gebildet werden (Schwefelwasserstoff, Nitrit, Ammoniak). Von diesen zunehmend extremen Umweltbedingungen profitieren wenige, angepasste Arten, die schliesslich die Pflanzenbestände dominieren und zu einer monotonen Zusammensetzung führen.

Beim Phytoplankton findet ebenfalls eine Artenverschiebung zu allgemein grösseren, fadenförmigen Algenarten statt. Diese wiederum können in Massenentwicklungen durch Aufschwimmen (Algenblüten) Wasserpflanzen direkt schädigen. So verstärken beispielsweise Algenmatten die physikalische Einwirkung des Wellenschlages auf Schilfpflanzen, oder sie stören die Funktion der für den Gasaustausch notwendigen Organe (Spaltöffnungen, sauerstofftransportierendes Gewebe) von Schwimmblatt- und anderen Pflanzen. Oft zeichnen sich Arten mit hoher Konkurrenzkraft auch durch die Fähigkeit aus, sich durch Sekretion von allelopathisch – auf andere Arten schädlich – wirkenden Stoffen Vorteile zu verschaffen.

Kartierung der Vegetation

Die Mehrzahl der Uferabschnitte mit ausgedehnten Flachwasserzonen befindet sich am südöstlichen Ende des Sees. Entsprechend dem Grossrelief der Landschaft sind in Längsrichtung des Sees mit den relativ steil abfallenden Hügelzügen nur wenig ausgedehnte Flachufer ausgebildet.

Die Ausdehnung von Flachwasserzonen im Vergleich zur Gesamtfläche des Sees sowie die Anteile der verschiedenen Vegetationszonen an der Gesamtfläche der bewachsenen Flachwasserzone sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Mittels Auswertung von Flugaufnahmen und durch Erhebungen an Ort mit Tauchgängen wurden im Sommer 1987 rund 400 Pflanzenbestände kartiert und deren Artenzusammensetzung festgestellt. Eine standardisierte Auswertung mit vorgegebener Klassierung ermöglicht einen Vergleich mit Bestandesaufnahmen an anderen Seen wie beispielsweise Vierwaldstättersee (1984), Hallwilersee (1987) sowie Baldegger- und Rotsee (in Bearbeitung). Die Karte über die «Wasservegetation im Jahre 1987» stellt die Ergebnisse der pflanzensoziologischen Erhebung, bezogen auf einzelne Uferabschnitte von rund 250 m Länge dar (Abb. 6).

Flachwasserzonen und Vegetationszonen			
	Fläche	*prozentuale Anteile*	
Seefläche insgesamt	14,40 km²	100,0 %	–
Flachwasserzone 0 bis 20 m Tiefe	1,51 km²	11,0 %	–
Flachwasserzone 0 bis 5 m Tiefe	0,45 km²	3,0 %	–
Bewachsene Fläche 1987	0,208 km²	1,5 %	100 %
Röhricht (Schilf und Seebinse)	0,096 km²	–	46 %
Untergetauchte Vegetation	0,110 km²	–	53 %
Schwimmblattpflanzen	0,002 km²	–	1 %

Tab. 1: Anteil der Flachwasserzonen an der Gesamtfläche des Sees, Anteil der verschiedenen Vegetationszonen auf Grund der Erhebung 1987.

In den eingefügten Kartenausschnitten sind ausgedehnte Bestände von Wasserpflanzen und Röhrichte in besonders wertvollen Seeuferzonen mit erhöhten Detailierungsgrad dargestellt.

Berücksichtigte Kriterien:

Die «Mächtigkeit der Vegetation (Abundanz)» beschreibt die Ausdehnung der Bestandesflächen unter Berücksichtigung der Bestandesdichten. Je dichter der Bewuchs und je ausgedehnter die Bestände einen Uferabschnitt bedecken, um so grösser ist der Abundanz-Wert.

Am Sempachersee fehlen vegetationslose Abschnitte weitgehend, wie dies natürlicherweise an Seen mit steil abfallenden Felsufern der Fall ist. Ebenso fehlen Abschnitte mit sehr hoher bis ausserordentlich hoher Mächtigkeit der Bestände. Mittlere Abundanz-Werte sind recht gleichmässig über den See verteilt. Dies ist einerseits auf das Fehlen von ausgedehnten Flachwasserzonen an den Ufern zurückzuführen. Andererseits ist die Bewuchsdichte von Röhrichten, mit der oft dominierenden Hauptart Schilf *(Phragmites australis)* am Sempachersee nicht sehr hoch.

Der «Pflanzenartenreichtum» pro Uferabschnitt ist mit durchschnittlich 2 bis 6 Arten nicht hoch. Dies widerspiegelt die etwas eintönige Zusammensetzung der Wasservegetation.

Die «Mächtigkeit der Schilfbestände» beschreibt die Ausbreitung und Dichte der aus dem Wasser ragenden Vegetation mit den beiden Hauptarten Schilf und Seebinsen *(Schoenoplectus lacustris)*. Schilfbestände fehlen nur an wenigen Uferabschnitten vollständig. Der Deckungsgrad der aus dem Wasser ragenden Pflanzengemeinschaft von durchschnittlich rund 95 % ist hoch und zeugt von einem zufriedenstellenden Zustand bestehender Schilf- und Binsenbestände. Dichte Bestände, wie sie von anderen Seen bekannt sind, werden am Sempachersee nicht beobachtet.

Das Vorkommen von «Schwimmblattfluren» mit See- und Teichrosen *(Nymphaea alba, Nuphar lutea)* ist auf kleine Bestände in den Uferabschnitten Zellmoos–Sursee, Seematten–Schenkon sowie Seehüsli–Neuenkirch beschränkt. Im Bestand kommen sehr oft beide Arten vor. Ihr Vorkommen geht stark zurück, und beide Arten sind am Sempachersee geschützt.

Die in der Karte aufgeführte Angabe der «seltenen Pflanzenarten» ist auf den See selber bezogen. Die Flachwasserzonen des Sempachersees sind keine Standorte von in der Schweiz «gefährdeten» oder «vom Aussterben bedrohten» Arten.

Gegenwärtig bestehen etwa 2,8 km Ufer aus «Feuchtgebieten». Dies macht 14 % des Seeumfanges aus. Sie bilden heute meist nur noch kleine, isolierte Biotope.

Die Ufervegetation

Die aktuelle Vegetation der Ufer besitzt eine eher triviale Artenzusammensetzung (Tab. 2). 1987 waren rund 18 Arten festzustellen, die alle der Abteilung der Samenpflanzen *(Spermatophyta)* zuzuordnen sind. Der Vierwaldstättersee zum Beispiel wies bei der Erhebung 1982/83 insgesamt 69 Taxa aus, der Zugersee 1989 etwa 31 und der noch am ehesten mit dem Sempachersee vergleichbare Hallwilersee 1987 etwa 27.

Die dominant vorkommenden Wasserpflanzen gehören zu den Laichkräutern *(Potamogeton pectinatus* und *P. perfoliatus).* Es sind anspruchslose Arten, die insbesondere auch an nährstoffreiche Verhältnisse durch hohe Konkurrenzkraft angepasst sind. Aus der Literatur ist bekannt, dass mit zunehmender Eutrophierung Laichkrautgewächse (insbesondere *P. pectinatus*) grossflächig Bestände dominieren. In der Untersuchung von Peter Perret wird noch für die Jahre 1968/69 ausdrücklich auf das Fehlen eines Laichkraut-Gürtels aufmerksam gemacht.

Abb. 7: Sowohl der breitblättrige (Bild) wie auch der schmalblättrige Rohrkolben sind am Sempachersee nicht häufig. Beide Arten bevorzugen eher nährstoffreiche Standorte.

Ein weiterer Hinweis auf die monotone Artenzusammensetzung ist auch das weitgehende Fehlen von bedrohten oder gesamtschweizerisch seltenen Pflanzenarten. Lediglich das Mittelgrosse Nixenkraut *(Najas marina* ssp. *intermedia),* eine an Schweizer Seen als selten geltende Art, tritt relativ häufig auf. Die Gelbe Teichrose *(Nuphar lutea)* und die Weisse Seerose *(Nymphaea alba),* beides Schwimmblattpflanzen, gehören zu den als attraktiv geltenden Arten. Sie bilden heute nur noch Restbestände, obwohl an den ruhig gelegenen Buchten und teilweise auch in den grossflächigen Flachwasserzonen, dem Röhricht vorgelagert, die Möglichkeit zur Ausbildung von ausgeprägten Beständen bestehen würde. Andere relativ anspruchslose Arten wie die Kanadische Wasserpest *(Elodea canadensis),* der Schmalblättrige und der Breitblättrige Rohrkolben *(Typha angustifolia* und *T. latifolia)* sowie der Wasserknöterich *(Polygonum amphibium)* treten nur vereinzelt auf.

Entwicklung der Artenzusammensetzung

Bereits Ende des letzten Jahrhunderts hat Jakob Heuscher in seinem Bericht über die fischereilichen Verhältnisse des Sempachersees von einer «Flora der untergetauchten Wasserpflanzen» mit einer «Armut an Arten, wie ich sie noch in keinem anderen Wasserbecken der Ebene ange-

Artenzusammensetzung der Wasservegetation

Art		*Vorkommen*		
		1922[1]	*1987*[2]	*1978*[3]*–87*
Aus dem Wasser ragende Pflanzenarten:				
Carex elata	Steife Segge		+ (p)	
Iris pseudacorus	Gelbe Schwertlilie		+ (p)	
Phalaris arundinacea	Rohrglanzgras	+	+ (p)	
Phragmites australis	Schilf	+	+ (hd)	+
Schoenoplectus lacustris	Gemeine Seebinse		+ (h)	+/–
Typha angustifolia	Schmalblättriger Rohrkolben		+ (e)	
Typha latifolia	Breitblättriger Rohrkolben		+ (p)	
Schwimmblatt-Arten und Arten mit teilweise aus dem Wasser ragenden Organen:				
Nuphar lutea	Gelbe Teichrose	+	+ (p)	–
Nymphaea alba	Weisse Seerose	+	+ (p)	––
Polygonum amphibium	Wasserknöterich	+	+ (e)	–
Untergetauchte Arten:				
Elodea canadensis	Kanadische Wasserpest		+ (p)	–
Myriophyllum spicatum	Ähriges Tausendblatt	+	+ (p)	––
Najas marina ssp. *intermedia*	Mittelgrosses Nixenkraut		+ (e)	––
Najas marina	Meer-Nixenkraut	+	+ (e)	––
Potamogeton crispus	Krauses Laichkraut		+ (e)	–
Potamogeton pectinatus	Kammförmiges Laichkraut		+ (hd)	+
Potamogeton perfoliatus	Durchwachsenes Laichkraut	+	+ (hd)	+
Potamogeton pusillus	Kleines Laichkaut		+ (h)	–
Chara sp.	Armleuchteralge		○	○
Zannichellia palustris	Teichfaden		○	○
Ceratophyllum demersum	Rauhes Hornblatt	+	○	

Tab. 2: Übersicht über die am Sempachersee vorkommenden Arten von Wasserpflanzen incl. in der Literatur genannte Arten.

[1] Die in der Veröffentlichung von Bachmann (1922, siehe S. 278/279) erwähnten Arten: +

[2] Effektiv vorkommende Arten am Sempachersee im Jahre 1987 (Lachavanne 1992): + vorkommend, (h) häufig, (d) Bestände dominierend, (p) punktuell, (e) wenige Einzelbestände, ○ nicht vorkommend.

[3] Tendenz Bestandesdichte und -fläche der Pflanzenarten in der Periode 1978 bis 1987 (Stand 1978 an Hand von Flugaufnahmen): + zunehmend, +/– gleich, – abnehmend, –– stark abnehmend, ○ verschwunden zwischen 1978 bis 1987.

troffen habe» gesprochen. Hans Bachmann korrigierte diese Aussage und zählt in seinem Bericht von 1922 insgesamt 9 Arten auf (Tab. 2; siehe S. 278/279).

Über die jüngere Entwicklung der Zusammensetzung der Arten und ihrer Ausbreitung am Sempachersee lassen sich nur sehr allgemeine Aussagen machen. Vergleichbare Erhebungen aus früheren Jahren fehlen. Die Aussagen von Lachavanne über die Entwicklung in der Periode 1978 bis 1987 stützen sich auf Flugbilder von 1978. Die entscheidenden Jahre von 1950 bis 1975 mit Beginn der Eutrophierung und der aus-

Abb. 8: Die beiden Schrägansichten des Städtchens Sempach mit dem Seeufer im Vordergrund dokumentieren den drastischen Schilfrückgang am Sempachersee. Im obigen Bild aus dem Jahre 1948 ist der ausgedehnte und mehrheitlich geschlossene Schilfgürtel noch deutlich zu erkennen. Im rechten Bild aus dem Jahre 1964 ist die Röhrichtfläche auf einzelne Restbestände zurückgegangen. Die dem Röhricht unmittelbar vorgelagerte Unterwasservegetation ist an den dunklen Flächen schwach erkennbar.

giebigen Bautätigkeit an den Ufern sind nicht berücksichtigt. Aus Berichten und Aussagen von Anwohnern des Sees lässt sich aber erahnen, welche Ausbreitung vor allem Röhrichte und Schwimmblattfluren noch vor wenigen Jahrzehnten aufwiesen.

Die Schwimmblattfluren gehen gesamtschweizerisch wegen der intensiven Nutzung der Seen und deren Ufer zurück. Am Sempachersee spielen die massiven Eutrophierungserscheinungen und der landseitige Erholungsdruck die Hauptrolle beim Rückgang der Schwimmblattfluren wie auch der Röhrichte. Die Ausdehnung der Schwimmblattpflanzen nahm flächenmässig von 1978 bis 1987 um rund 50 % auf etwa 1600 m² ab.

In der gleichen Zeitspanne verschwanden auch anspruchsvollere, untergetauchte Arten. So wurde beispielsweise die Armleuchteralge (*Chara* sp.) – ein Zeiger für oligotrophe (nährstoffarme) bis mesotrophe (schwach mit Nährstoffen angereicherte) Gewässer – 1987 nicht mehr gefunden, nachdem sie bereits 1978 nur noch kleinflächig beobachtet worden war. Sie hat ihre Hauptverbreitung in der tieferen Zone des Flachwassers. Ihr Wachstum wird durch die verminderte Lichteinstrahlung in die Tiefe limitiert und durch die Eutrophierung beeinträchtigt. In oberflächennahen Zonen ist sie nicht konkurrenzfähig.

In dieser kurzen Zeitspanne verschwand auch der Teichfaden *(Zannichellia palustris)*. Er ist, wie auch das von Bachmann erwähnte Rauhe Hornblatt *(Ceratophyllum demersum)*, in nährstoffreichen, ruhigen und seichten Gewässern anzutreffen. Das Verschwinden dieser beiden Arten im Sempachersee ist vermutlich auf den hohen Konkurrenzdruck durch die Laichkrautgewächse und auf den Rückgang von seichten, ruhigen und schilffreien Zonen zurückzuführen.

Der Schilfbestand

Rund die Hälfte der 1987 kartierten Flachwasservegetation am Sempachersee wird durch Röhricht eingenommen. Schilf selber bildet natürlicherweise ausgedehnte, geschlossene Bestände (Monokulturen). Seine oberirdischen Pflanzenteile sterben über den Winter ab. Die Nährstoffe werden in den unterirdischen Teilen der Pflanze, in den Rhizomen, während der Vegetationsruhe gespeichert. Dieses dichte, bis zu einem Meter dicke Rhizom-Geflecht stabilisiert das Flachwassersediment und bildet damit einen idealen Uferschutz. Aus den Rhizomen spriessen jeweils im Frühjahr die neuen Halme und bilden so den aus dem Wasser ragenden, zur Assimilation fähigen Teil der Pflanze. Diese «vegetative», im stehenden Wasser über Rhizomsprossung ablaufende Vermehrung der Schilfpflanze bestimmt letztlich auch deren Ausbreitungsmöglichkeit

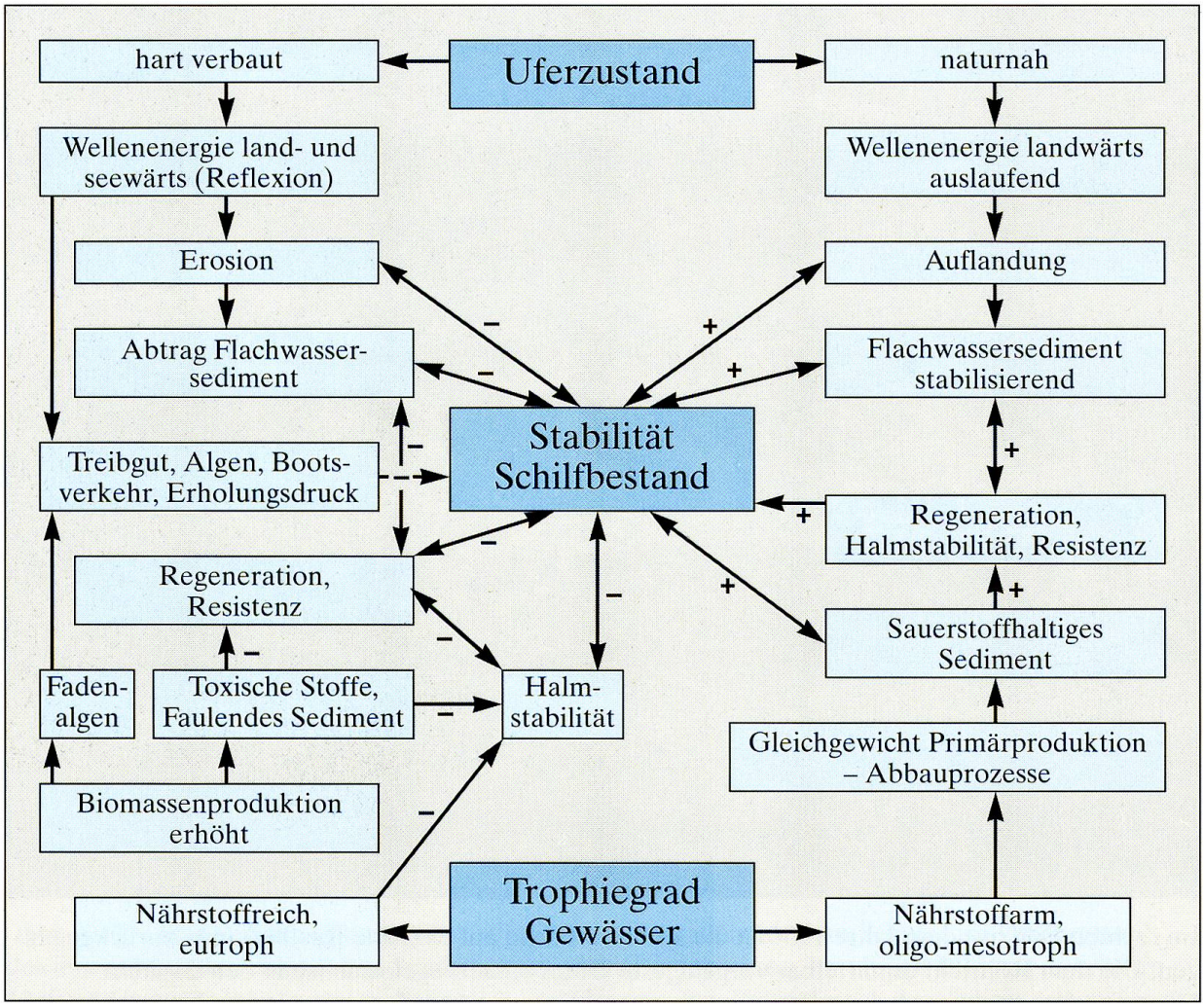

Abb. 9: Darstellung der Ursachen und Wirkungsmechanismen des Schilfrückganges im Vergleich zu den Funktionen eines gesunden Schilfbestandes.

– → negative Einwirkung
+ → positive Einwirkung
← – → gegenseitig negative Beeinflussung
← + → gegenseitig positive Beeinflussung

und -geschwindigkeit. Uferzonen werden hauptsächlich durch angeschwemmte Rhizome neu von Schilf besiedelt. Wegen den hohen Ansprüchen an den Wasserstand und wegen der Beschattung findet nur in seltenen Fällen eine «generative» Vermehrung mit Samenkeimung an der wechselfeuchten Zone der Land-Wasser-Linie statt. Neben den mehr als fingerdicken Rhizomen besteht ein feines Wurzelwerk von teilweise über das Sediment ragenden Adventivwurzeln, die zur Nährstoffaufnahme dienen.

Abgesehen vom Lebensraum für viele Fisch- und Vogelarten, bietet das Schilf direkt Nahrungsgrundlage für Blässhühner und Schwäne. Wenn diese beiden Arten im Übermass vorkommen, können bereits geschwächte Schilfbestände durch Vogelfrass an den frischen Sprossen im Frühjahr weiter geschädigt werden. Ende des letzten Jahrhunderts war die Wasserfläche des Sempachersees nach Heuscher mit einem «Kranz von Schilf und Binsen ..., nur selten durch kleine Lücken unterbrochen», umrahmt (Abb. 8). Perret hat in seinen

Abb. 10: Blütenstand des Schilfs.

1968/69 durchgeführten Untersuchungen auf die Schwächung und den Rückgang des Schilfgürtels, vor allem auf der rechten Seeseite zwischen Eich und Sempach, hingewiesen. Er erklärte dies mit der Einleitung von häuslichem Abwasser und der Beeinträchtigung durch Ferien- und Weekend-Häuser.

Heute fehlen Schilfpflanzen zwar nur an zwei der von Lachavanne 1987 untersuchten Seeuferabschnitte, am südwestlichen Ende des Sees. Der durchgehende Schilfgürtel wurde in kleine, teilweise isolierte Einzelbestände zerstückelt. Der Rückgang des Schilfbestandes, über den ganzen See gesehen, hat sich verlangsamt. Trotzdem blieb beispielsweise an der Mündung der Grossen Aa von Sempach bis Langenrain 1987 lediglich noch an 48 % der 1979 mit Schilf bewachsenen Seeuferlänge ein Schilfgürtel erhalten. Teilweise gehen Ausdehnung und Dichte der Schilfbestände immer noch massiv zurück; an anderen Standorten erholen sie sich aber wieder.

Die heute allgemein angenommenen Ursachen des Schilfrückganges mit den Wirkungsmechanismen sind in der Abbildung 9 vergleichend zur normalen Funktion eines gesunden Schilfbestandes dargestellt. Von Bedeutung sind komplexe und positiv rückgekoppelte Prozesse, die beim Zusammenbruch eines Bestandes ablaufen. So kann beispielsweise die Eutrophierung eines Gewässers über die physiologisch schwächere Ausbildung des Schilfhalmes in einer ersten Phase zu einer verringerten Dichte des Bestandes führen. Als Folge davon wird das Gleichgewicht zwischen Anlandung und Erosion zugunsten der Erosion von Flachwassersedimenten verschoben, und die Brandung kann sich bei zunehmend schwächerem und lückenhaftem Schilfbestand ungehindert bis an

Abb. 11: Die gemeine Seebinse, hier am Ufer zwischen Nottwil und Oberkirch, ist dem Schilfgürtel seewärts vorgelagert. Die Seebinse wächst im Gegensatz zur Schilfpflanze bis in eine Tiefe von zirka 3 Metern. Rechts befinden sich einzelne Schilfhalme, erkennbar am höheren Wuchs.

die Land-Wasser-Linie auswirken. Die Erholung eines Bestandes auch nach einem natürlicherweise schilfzerstörenden Ereignis (Hagel, Sturm) ist nicht mehr gewährleistet. Weitere solch positiv rückgekoppelten Prozesse sind letztlich durch den harten Verbau der Uferlinie und den erhöhten Erholungsdruck verursacht.

Eine wichtige Rolle spielt auch die Beschattung durch den Baumbestand am Ufer. Grossflächige Entwässerungen und Aufschüttungen der an den See grenzenden Parzellen ermöglichen heute einen Baumbestand direkt an der Land-Wasser-Linie mit Schattenwurf in die mit Schilf bewachsene Flachwasserzone. Als Folge davon verschwindet das Schilf wegen Lichtmangels insbesondere an den ohnehin schmalen, streifenförmigen Beständen im Bereich der Längsufer.