

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Luzern
Band: 34 (1996)

Artikel: Entwicklung der Makrophyten im Luzerner Teil des Vierwaldstättersees
Autor: Burri, Judith
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-523748>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Entwicklung der Makrophyten im Luzerner Teil des Vierwaldstättersees

JUDITH BURRI

Zusammenfassung

Über die Makrophyten (Sumpf- und Wasserpflanzen) des Vierwaldstättersees liegen umfangreiche Untersuchungen von GAMMA (1933) und LACHAVANNE et al. (1984) vor. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden 1994 im Luzerner Teil des Vierwaldstättersees 9 Uferprofile aufgenommen. Ein Vergleich mit den entsprechenden Erhebungen aus den Jahren 1933 und 1982 lieferte Anhaltspunkte über die Entwicklung der Unterwasservegetation. Dies besonders im Hinblick auf die Phosphorabnahme im See seit den 80er Jahren. Die Armleuchteralgen, die von 1933 bis 1982 infolge der Nährstoffzunahme und den dadurch schlechteren Lichtverhältnissen zurückgingen, haben sich wieder stark vermehrt. Ihre Verbreitung und ihre Bestandesdichten nahmen zu. Dadurch haben auch die Bewuchstiefe sowie die Ausdehnung und Dichte der Unterwasservegetation zugenommen. Laichkraut-Arten wie *Potamogeton pectinatus* und *Potamogeton gr. pusillus*, die sich aufgrund ihrer Überlegenheit bei mesotrophen Verhältnissen zwischen 1933 und 1982 ausbreiteten, sind wieder im Rückgang. Die Artenvielfalt (Artenzahl) veränderte sich kaum. Die Artenzusammensetzung jedoch variierte beträchtlich.

Résumé

GAMMA (1933) et LACHAVANNE (1982) ont effectué de vastes recherches sur les macrophytes du

lac des Quatre-Cantons. Cette étude a permis de relever 9 profils de végétation sur les rives lucernoises du lac des Quatre-Cantons. La comparaison avec les recherches effectuées entre 1933 et 1982 a donné des informations sur le développement de la végétation aquatique. Ce qui est particulièrement intéressant en considération de la diminution du phosphore des eaux à partir des années 80. Les characées, de 1933 à 1982, ont diminué à cause de la transparence réduite des eaux, conséquence de l'augmentation des substances atrophiantes. Actuellement, leur répartition et la densité de la végétation aquatique ont augmenté fortement. Il en résulte une colonisation plus élevée des profondeurs par la végétation submergée, ainsi que l'augmentation de l'abondance de celle-ci. Des espèces, comme *Potamogeton pectinatus* et *P. gr. pusillus*, qui se sont répandues à cause de leur résistance aux conditions mésotrophes entre 1933 et 1982 sont maintenant de nouveau en régression. La richesse floristique (nombre d'espèces) est restée relativement stable. En revanche, la variation floristique est considérable.

Abstract

About macrophytes of the Lake of Lucerne there are comprehensive investigations by GAMMA (1933) and LACHAVANNE (1982). With the scope of this work, nine shore profiles were registered in the Lucerne bay of the Lake of Lucerne. A comparison with the corresponding inquiries of

the years 1933 and 1982 gave information about the development of the underwater vegetation. This is of interest particularly concerning the decrease of phosphorus in the water since the 1980s. Characees have increased in the last years, between 1933 and 1982 they had decreased as the result of increase of nutritive substances and diminution of light. Their spread and their density

of growth have increased. Species of *Potamogeton*, as *Potamogeton pusillus* and *P. pectinatus* which had increased between 1933 and 1982 because of their superiority at mesotrophic conditions, are now diminishing again. The variety (number) of species has hardly changed. The composition of species however varies considerably.

Einleitung

Anfang der 30er Jahre führte Dr. H. Gamma umfangreiche Untersuchungen über die Sumpf- und Wasserpflanzen des Vierwaldstättersees durch. Die Ergebnisse wurden durch die Naturforschende Gesellschaft Luzern veröffentlicht (GAMMA, 1933). 12 Uferprofile an verschiedenen Stellen des Vierwaldstättersees zeigten anschaulich die Abfolge der Wasserpflanzen eines Uferbereichs.

1982 kartierten LACHAVANNE et al. (1984) im Auftrag der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee die Makrophyten. Auf dieser Grundlage erarbeiteten sie eine ökologische Bewertung der Uferabschnitte rund um den See (LACHAVANNE et al., 1985).

Neben der Beschaffenheit von Ufer und Wasserlinie (natürlich, teilweise natürlich, künstlich) wurde die Unterwasservegetation (Dichte, Ausdehnung, Artenzahl, Artenvielfalt, Anzahl seltener Pflanzen) als wichtigstes Kriterium herangezogen. Bis heute stützt man sich bei der Beurteilung von Eingriffen in die Seeufer auf diese Untersuchung.

Es lag nun aber die Vermutung nahe, dass vor allem die seit den 80er Jahren erfolgte Abnahme der Phosphatkonzentration im See eine Änderung der Makrophytenbestände bewirkte.

Zur Klärung dieser Frage gab das Amt für Umweltschutz die vorliegende Untersuchung in Auftrag. Ziel der Arbeit war es, Anhaltspunkte zu gewinnen über die Entwicklung der Makrophyten im Luzerner Teil des Vierwaldstättersees.

Es wurden einzelne Uferprofile aufgenommen und den Vegetationsaufnahmen von LACHAVANNE et al. (1984) gegenübergestellt. Einige Uferprofile können, dank der Arbeit von GAMMA (1933), mit den Verhältnissen zu einer Zeit, als sich der See noch im nährstoffarmen Zustand befand, verglichen werden.

Makrophyten

Unter den Begriff Makrophyten fallen Sumpf- und Wasserpflanzen des Uferbereichs, die noch von Auge sichtbar sind (Armleuchteralgen, Moose, Farne, Schachtelhalme, Bärlappe, Samenpflanzen).

Ökologische Bedeutung

In der Uferzone von Seen findet eine reiche Pflanzen- und Tierwelt Lebensraum. Die Makrophytenvegetation spielt eine besonders wichtige Rolle für das Ökosystem See. Sie reagiert aber empfindlich auf vom Menschen vorgenommene Eingriffe in die Ufer, wie auch auf Veränderungen der Wasserqualität. Daher wird sie auch als Bioindikator bei der ökologischen Bewertung eines Uferabschnitts herangezogen.

Makrophyten dienen einerseits als Nahrungsquelle, Rückzugs- und Schutzgebiet sowie als Fortpflanzungsort (Laich- und Brutplatz) für viele Wassertiere. Als Primärproduzenten stehen sie am Anfang eines komplexen Nahrungsnetzes.

Andererseits beeinflussen sie chemische Prozesse im Wasser. Durch die Photo-

synthese wirken sie auf den Sauerstoffkreislauf wie auch auf das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht.

Pflanzennährstoffe, vor allem Phosphat und Nitrat, werden aufgenommen und so aus dem Wasserkörper entfernt.

Wo noch Röhrichte vorhanden sind, tragen sie zur Stabilisierung der Ufer bei.

Zonierung

In einer natürlich erhaltenen Flachwasserzone eines Ufers kann man eine Abfolge bestimmter Wasserpflanzengemeinschaften finden (Abb. 1).

– Zone der Röhrichte

An der Grenze zwischen Land und Wasser wachsende, aus dem Wasser herausragende Pflanzen. Hauptvertreter ist der Schilf (*Phragmites australis*).

– Zone der Schwimmblattpflanzen

Pflanzen mit Blättern und Blüten, die auf der Wasseroberfläche schwimmen. Bekannte Vertreter sind die Seerosen (*Nymphaeaceae*).

– Zone der Laichkräuter

Vollständig untergetauchte Pflanzen. Die wichtigsten Vertreter gehören, wie schon der Name sagt, zu den Laichkräutern (*Potamogetonaceae*).

– Zone der Armleuchteralgen

Armlleuchteralgen (*Characeae*) dringen anschliessend an die Laichkrautzone am weitesten in die Tiefe vor.

Selten findet man tatsächlich eine Abfolge aller vier Zonen. Die Ausdehnung der Flachwasserzone, die Morphologie der Ufer sowie die Wasserqualität bestimmen letztlich die Ausbildung und Zusammensetzung der Unterwasservegetation in einem Uferabschnitt.

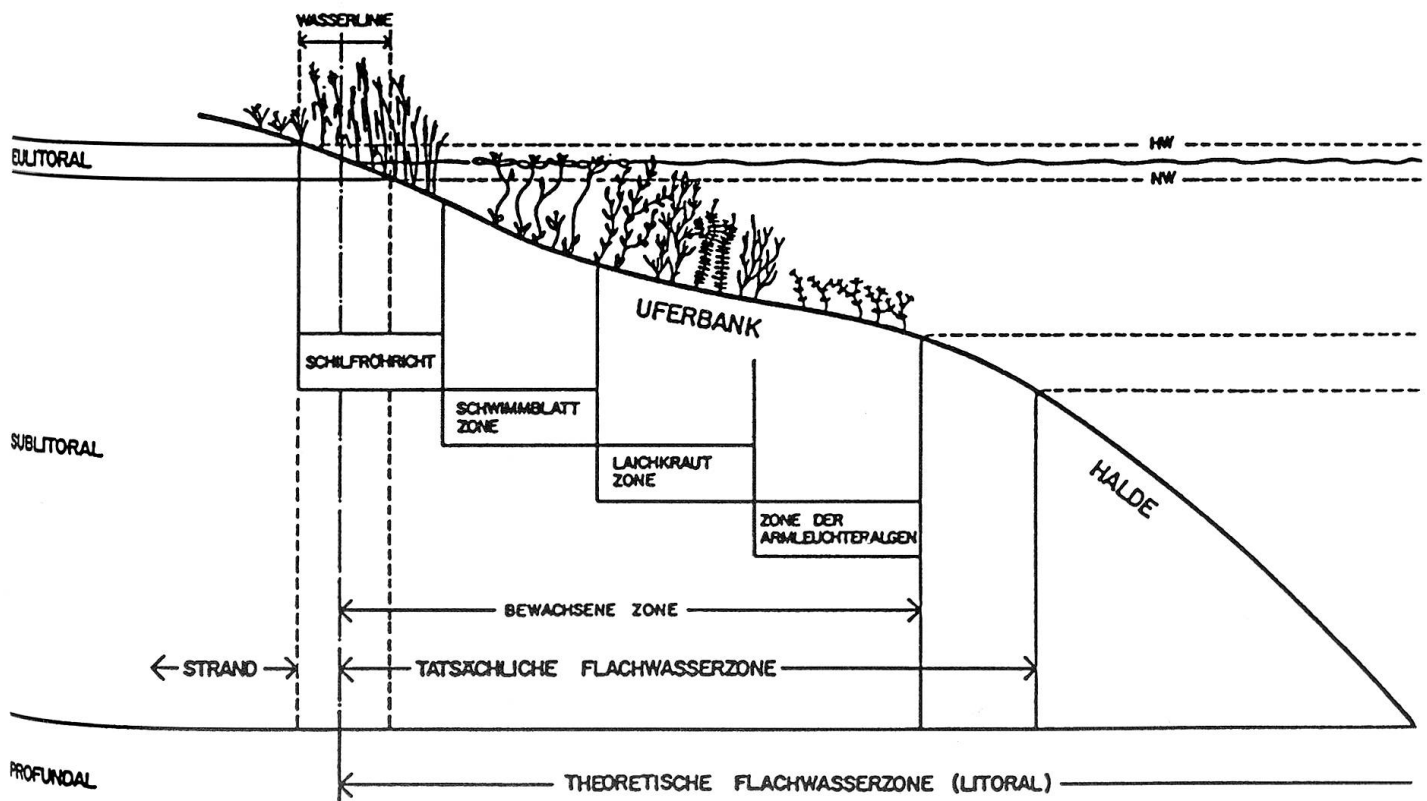


Abb. 1: Wichtigste Zonen des Seeufers und Zonierung der Makrophyten (aus: LACHAVANNE et al., 1985).

Der Vierwaldstättersee

Unterwasservegetation

Der Vierwaldstättersee (Abb. 2) bietet im Vergleich zu anderen Seen einer besonders vielfältigen Flora Lebensraum.

Bei den Vegetationsaufnahmen im Jahr 1982 (LACHAVANNE et al., 1984) wurden 69 Sumpf- und Wasserpflanzen, davon 43 untergetauchte Arten, gefunden. Im Vergleich dazu: Der Zugersee beheimatet 31 (11) Sumpf- und Wasserpflanzen (davon untergetauchte Arten), der Hallwilersee 27 (9), der Sempachersee 18 (8).

Der obere Teil des Vierwaldstättersees

(Urner See, Gersauer Becken, Weggis-Vitznauer Becken, Alpnacher See) ist grösstenteils von Felsufern umgeben. Diese sind für die meisten Makrophyten schlecht besiedelbar. In den Mündungsgebieten der Flüsse (Muota, Reuss, Engelberger Aa) kann sich jedoch eine wertvolle, artenreiche Unterwasservegetation entwickeln. Der Schutz dieser Uferabschnitte ist wegen ihres geringen Anteils am gesamten Seeufer besonders wichtig.

Der untere Teil des Sees (Horw-Hergiswiler Becken, Luzerner See, Küssnacher See) bietet durch seine zum Teil ausgedehnten Flachwasserzonen und höheren Nährstoffkonzentrationen günstige Bedingungen für

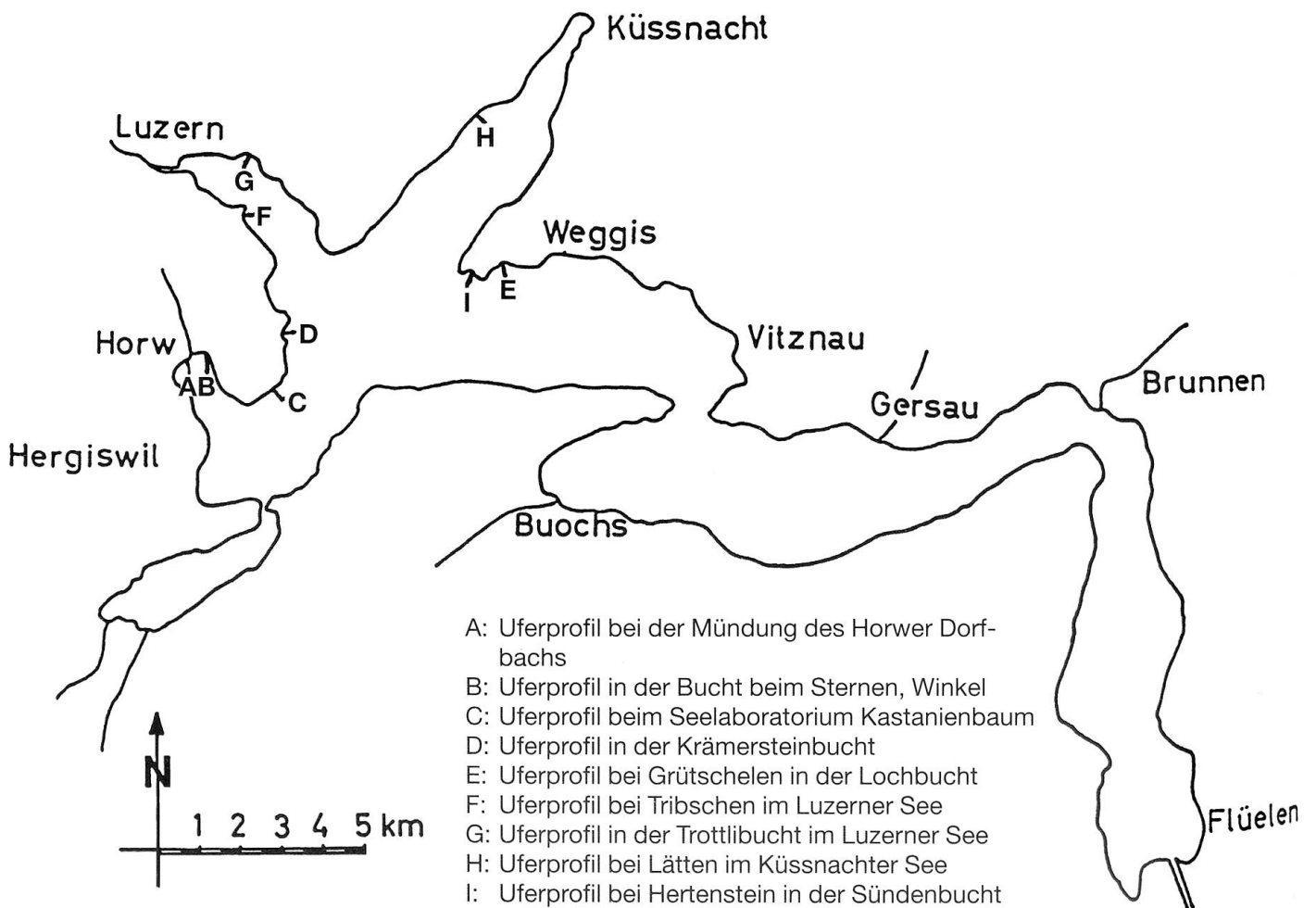


Abb. 2: Der Vierwaldstättersee und die Standorte der 1994 aufgenommenen Profile der Unterwasservegetation.

ein ausgedehntes Pflanzenwachstum. Die grösste Vegetationsdichte ist in diesem Teil des Sees zu finden. Während im Luzerner See die Artenvielfalt nicht sehr gross ist, findet man im Küssnachter See und im Horw-Hergiswiler Becken eine grosse Artenvielfalt und viele seltene Arten.

Seeufer

GAMMA (1933) bezeichnete noch 59% der Ufer des Vierwaldstättersees als natürlich und warnte vor weiteren Eingriffen.

1984 wurden nur noch 22% der Ufer als natürlich klassifiziert, 78% sind teilweise oder ganz künstlich verbaut.

Nach der ökologischen Bewertung der Uferabschnitte durch LACHAVANNE et al. (1985) sind noch 2% von ausserordentlich hohem und 8% von hohem Wert, 20% sind von mässigem und 70% von niedrigem bis sehr niedrigem Wert.

Und noch immer herrscht ein beträchtlicher Nutzungsdruck auf die Ufer des Vierwaldstättersees, vor allem durch die zunehmende Urbanisierung, durch Aufschüttungen und Uferbefestigungen, den Bau von Hafenanlagen, Tourismus- und Freizeitanlagen, die Austrocknung von Uferfeuchtgebieten, Abwassereinleitungen und Kiesabtragungen.

Nährstoffverhältnisse

Im Gegensatz zum am Alpenrand gelegenen Vierwaldstättersee, ist bei unsern Mittellandseen ihre starke Überdüngung nach wie vor ein grosses Problem.

Phosphor (P) ist dabei der Schlüsselfaktor. Er begrenzt die Primärproduktion, das Wachstum von Makro- und Mikrophyten (Phytoplankton). Zweitwichtigstes Nährelement ist der Stickstoff (N), der in Form von Nitrat (NO_3^-) verwertet wird.

Phosphor

Der Vierwaldstättersee machte in den 60er und 70er Jahren eine starke Eutrophierungsphase durch. Die Konzentration des Phos-

phat-P, gemessen nach der Frühjahrszirkulation, stieg an bis maximal $30 \mu\text{g P}$ pro Liter. Der See erreichte den mesotrophen Zustand.

In den 80er Jahren gelang dann eine drastische Reduktion der Phosphorfrachten. Die Erhöhung des Anschlussgrades an Kläranlagen, die P-Elimination (3. Stufe) in Kläranlagen und auch das Phosphat-Verbot in Waschmitteln bewirkten schliesslich eine Rückführung des Sees in den oligotrophen Zustand (EAWAG, 1994).

Bei der Makrophytenerhebung durch LACHAVANNE et al. im Jahr 1982 mass man im See eine Phosphat-P-Konzentration von $22 \mu\text{g P}$ pro Liter, 1994 liegt sie bei $2-3 \mu\text{g P}$ pro Liter.

Infolge der P-Verminderung nahm auch das Phytoplanktonwachstum ab. Der See ist deshalb deutlich klarer geworden. Die Zusammensetzung der Phytoplanktongemeinschaft änderte sich. Auswirkungen auf höhere trophische Ebenen sind eine zu erwartende Konsequenz. So hat sich zum Beispiel der Fischertrag reduziert. Bessere Sauerstoffverhältnisse gewährleisten dafür auch zukünftig eine natürliche Verlaichung.

Nitrat

Im Gegensatz zum Phosphor hat die Nitratkonzentration im See stetig zugenommen. N-Quellen sind die Landwirtschaft, Siedlungsabwässer und die Luftverschmutzung. Noch wird diese Entwicklung nicht als bedrohend angesehen. Die Verschiebung des N:P-Verhältnisses zugunsten von N könnte aber die Artenzusammensetzung von Makro- und Mikrophyton beeinflussen.

1982 betrug der Nitratgehalt des Sees nach der Frühjahrszirkulation $500 \mu\text{g N}$ pro Liter; 1994 $600 \mu\text{g N}$ pro Liter.

Methodik

Standorte der Uferprofile

Die von GAMMA und LACHAVANNE in den Jahren 1933 bzw. 1982 erarbeiteten Uferprofile der Unterwasservegetation wurden wie-

derholt (Profile A, B, C, D, E). Zusätzlich wurden vier neue Uferprofile aufgenommen (Profile F, G, H, I; Abb. 2, S. 190).

Die Daten zu den Profilen A und B konnten vom Ökobüro AquaPlus, Wollerau, übernommen werden, das Ende August 1994 im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Luzern eine Makrophytenaufnahme in der Horwer Bucht durchführte.

Feldaufnahmen

Die Feldaufnahmen wurden von der Wasserpolizei des Kantons Luzern begleitet. Sie stellte sich uns freundlicherweise mit Boot, Taucherausrüstung und einem zweiten Taucher für Unterwasserfotos zur Verfügung.

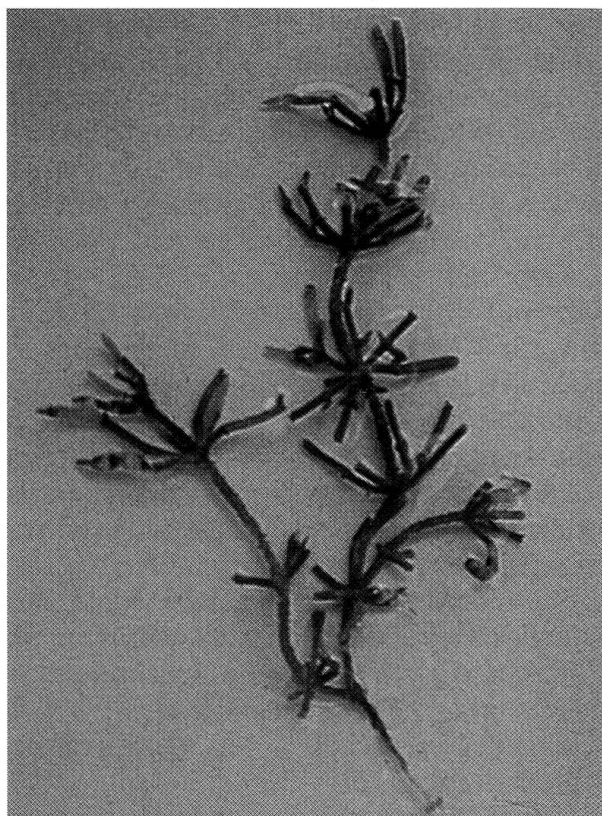
Die Uferprofile wurden einmal in der vorgegebenen Richtung (mit Kompass) abgetaucht und dabei wurden folgende Parameter protokolliert:

- Wasserpflanzenarten (Belegsexemplare wurden gesammelt);
- Abstand vom Ufer (mittels Messband);
- Tiefe (mittels Tiefenmesser);
- prozentualer Anteil einer Art an der Pflanzengemeinschaft (geschätzt);
- Bewuchsdichte der Unterwasservegetation (geschätzt);
- Bewuchsgrenze (Abstand vom Ufer, Tiefe; gemessen).

Resultate

Erst Mitte bzw. Ende September konnten die Vegetationsaufnahmen vorgenommen werden. Die Pflanzenbestände befanden sich in gesundem Zustand. Noch waren keine Anzeichen des bevorstehenden herbstlichen Zerfalls zu sehen.

Abb. 3–7 zeigen die Uferprofile A, B, C, D und E von 1994 und die entsprechenden Profile aus den Jahren 1933 (GAMMA, 1933; die Armleuchteralgen wurden nicht miteinbezogen) und 1982 (LACHAVANNE et al., 1984) im Vergleich. Bei Profil C ist allerdings nicht gesichert, ob der Standort 1994 richtig gewählt wurde.



Armlauchter-Alge, *Chara* sp.

In Abb. 8–11 sind die neu festgelegten Uferprofile F, G, H und I von 1994 dargestellt. Sie können mit den Resultaten der Makrophytenaufnahmen im Vierwaldstättersee von LACHAVANNE et al. (1984) verglichen werden.

Diskussion

Auf der Basis von einzelnen Uferprofilen kann nur ein punktueller Vergleich der Unterwasservegetation erfolgen. Die vorliegende Untersuchung lässt aber trotzdem einige allgemeine Aussagen über die Entwicklung der Makrophyten im Luzerner Teil des Vierwaldstättersees zu.

Artenvielfalt und Artenzusammensetzung

Seit 1982 sind erhebliche Veränderungen (durchschnittlich 44 % Variation) in bezug

auf die Artenzusammensetzung der Uferprofile eingetreten, zum Teil sicher aufgrund natürlicher Wechsel.

Die Artenvielfalt (Artenzahl) hat sich nicht wesentlich verändert.

Armleuchteralgen (Charophyta)

Die Armleuchteralgen (Characeen) haben sich stark ausgebreitet und sind seit 1982 bei sieben der bearbeiteten Profile wieder neu in Erscheinung getreten. Vor allem im Luzerner See (Tribschen, Trottlibucht) dominieren ausgedehnte und sehr dichte Chara-Wiesen die Unterwasserwelt. GAMMA (1933) erwähnt ebenfalls Chara-Wiesen unterhalb der Laichkraut-Zone, vor allem im Luzerner und im Küssnacher See.

Zwischen 1933 und 1982 registrierten LACHAVANNE et al. (1984) einen Rückgang der Armleuchteralgen in Ausdehnung, Dichte und Bewuchstiefe. Diese Entwicklung wurde mit der zunehmenden Eutrophierung (stärkeren Trübung) erklärt.

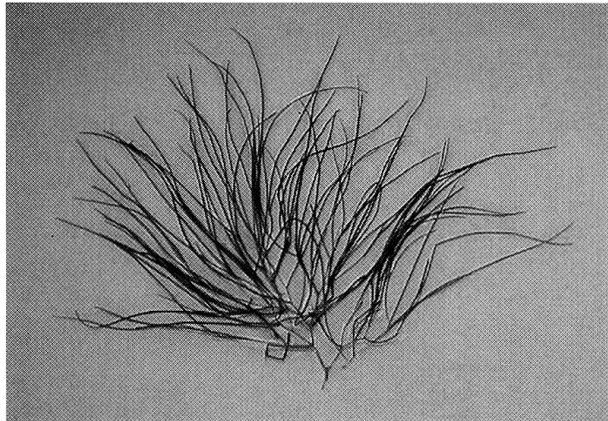
Armleuchteralgen sind unempfindlicher gegen Druckbelastung, da sie kein Gewebe für den Sauerstofftransport besitzen. Die Bewuchstiefe hängt vorwiegend von der Lichteinstrahlung ab (GESSNER, 1955).

Im klarer gewordenen See finden Armleuchteralgen daher günstige Wachstumsbedingungen. Sowohl die Dichte als auch die Ausdehnung und Bewuchstiefe ihrer Bestände nahmen wieder zu. Dies ist um so erfreulicher, als in vielen stärker eutrophierten Seen die Armleuchteralgen vollständig verschwunden sind (z.B. Zuger- Hallwiler-, Sempachersee; LACHAVANNE et al., 1992).

Samenpflanzen (Spermatophyta)

Bei einer Veränderung der Nährstoffverhältnisse ändert sich in der Regel vorerst der Anteil der einzelnen Arten an der Unterwasservegetation. Erst bei starker Überdüngung können einzelne, im Extremfall alle Unterwasserpflanzen verschwinden.

Potamogeton perfoliatus war 1982 die häufigste, das heisst, die am weitesten verbreitete Art im Vierwaldstättersee. Sie wurde in 79% der Uferabschnitte gefunden. *P. pec-*



Kammförmiges Laichkraut,
Potamogeton pectinatus.

tinatus, als zweithäufigste Art, kam in 65% der Uferabschnitte vor, *P. gr. pusillus* in 44%.

Was die Ausdehnung und Dichte ihrer Bestände betrifft, stehen die gleichen drei Arten an der Spitze. *P. pectinatus* machte 41% der gesamten Unterwasservegetation, *P. perfoliatus* 24% und *P. gr. pusillus* 13% aus (LACHAVANNE et al., 1984).

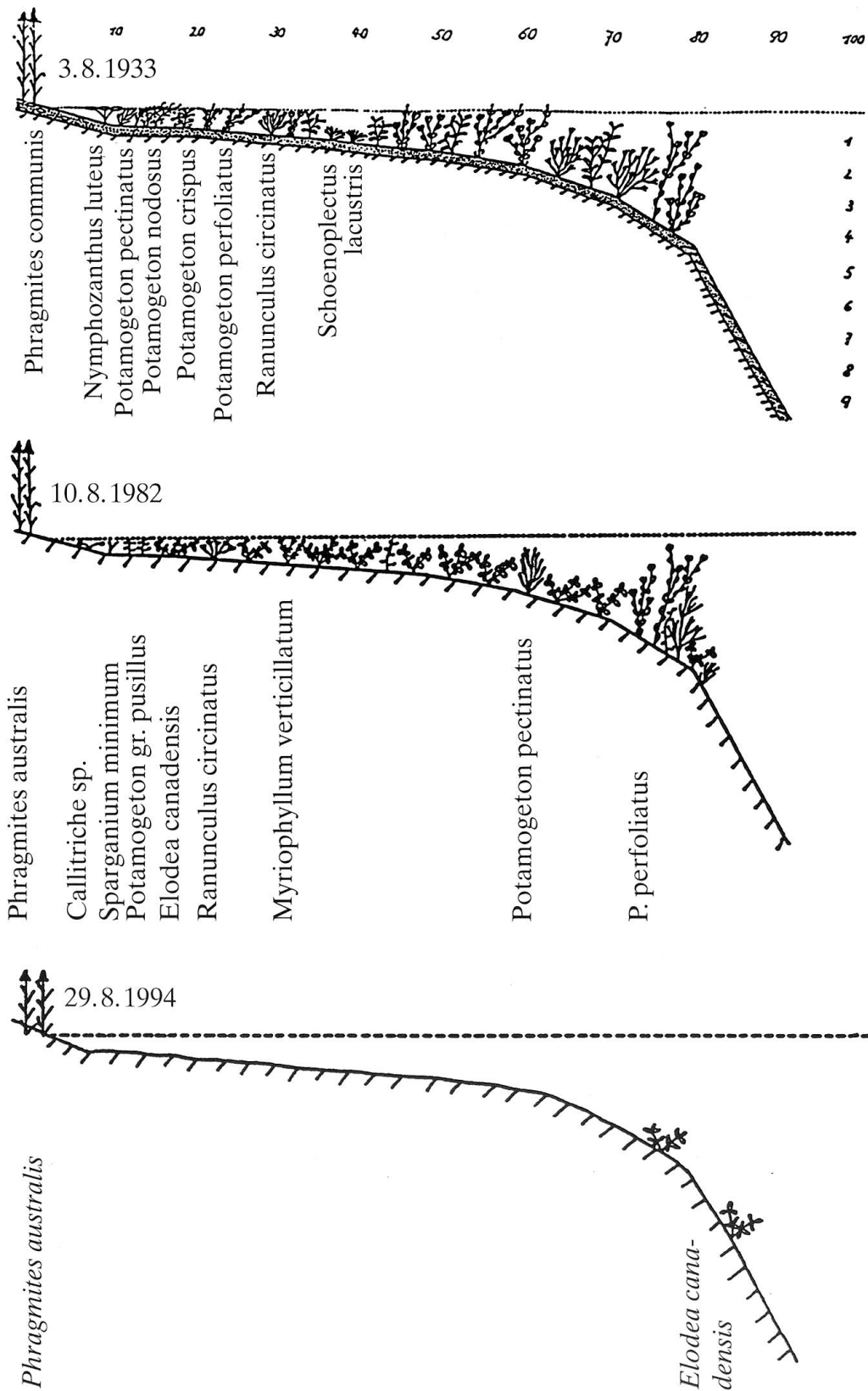
P. pectinatus und *P. gr. pusillus* hatten beide von 1933 bis 1982 aufgrund ihrer Vorliebe oder Toleranz gegenüber höheren Nährstoffverhältnissen zugenommen, *P. pectinatus* vor allem in ihrer Ausdehnung und Dichte, *P. gr. pusillus* auch in ihrer Verbreitung.

Der erneute Rückgang dieser Arten ist daher besonders aussagekräftig.

So wurde *P. gr. pusillus* bei allen 6 Uferprofilen, wo sie 1982 vorkam, nicht wieder gefunden. Sie ist wahrscheinlich wieder seltener geworden.

P. pectinatus hat in ihrer Ausdehnung und Dichte, wenn auch nicht in ihrer Verbreitung, abgenommen. Im Vierwaldstättersee ist sie möglicherweise nicht mehr die dominante Art. Die Ergebnisse der untersuchten Profile deuten darauf hin, dass *P. perfoliatus*, wie schon 1933, wieder zur wichtigsten Art geworden ist.

Nicht berücksichtigt sind bei diesem Vergleich die Armleuchteralgen, die in über der Hälfte der untersuchten Uferprofile vorherrschen.



Ergänzend zu den folgenden Tabellen A bis I wurden entsprechende Uferprofile auch grafisch dargestellt. Aus drucktechnischen Gründen musste auf die Publikation dieser Zeichnungen verzichtet werden. Doch dient als Beispiel dafür die Grafik zum Profil A.

Abb. 3 Uferprofil (A) bei der Mündung des Horwer Dorfbachs									
Arten	1933			1982			1994		
	Vork.	Tiefe	Abund.	Vork.	Tiefe	Abund.	Vork.	Tiefe	Abund.
<i>Ph. australis</i>	x			x			x		
<i>Callitriche sp.</i>				x	0,5 m	+			
<i>E. canadensis</i>				x	1–3 m	++++	x	3–6 m	+
<i>M. verticillatum</i>				x	1–3 m	+			
<i>N. luteus</i>	x	1 m	+						
<i>P. crispus</i>	x	1–3 m	+++						
<i>P. nodosus</i>	xx	1 m	++						
<i>P. gr. pusillus</i>				x	1–3 m	+			
<i>P. pectinatus</i>	x	1 m	+	x	3–4 m	++++			
<i>P. perfoliatus</i>	x	1–4 m	+++	x	3–4 m	+++			
<i>P. circinatus</i>	x	1–3 m	++	x	1 m	+			
<i>Sch. lacustris</i>	x	2 m	+						
<i>Sp. minimum</i>				x	0,5 m	+			
Artenzahl		8			9			2	
Bewuchsgrenze	Tiefe	4 m			4 m			6 m	
	Abstand vom Ufer	80 m			80 m			90 m	
spez. Variation			65%			64%			
Bemerkungen:	Die Makrophyten bei der Mündung des Horwer Dorfbaches sind praktisch verschwunden. Die Delta-Entwicklung hat im Laufe der Zeit dazu geführt, dass es bei Hochwasser zu verstärkten Ablagerungen im Flachwasserbereich des Deltas kommt. Unter diesen Bedingungen kann sich keine stabile Unterwasservegetation entwickeln.								
Legende:	Vork.: Vorkommen; x: die Art wurde gefunden Tiefe: Tiefenbereich, in dem die Art auftrat Abund.: Abundanz (Ausdehnung und Dichte) + die Art ist selten und wenig häufig ++ die Art kommt stellenweise in grösserer Zahl vor +++ die Art ist ziemlich häufig und bildet dichtere Bestände ++++ die Art dominiert die Unterwasservegetation und wächst in grösseren und dichten Beständen	Bewuchsgrenze: spez. Variation: gepunktete Zelle: fett eingrahmt:			fett gedruckt: die Zahl ist belegt nicht fett gedruckt: die Zahl ist geschätzt spezifische Variation: Veränderung der Artenzusammensetzung in Prozent Die Art ist zwischen 2 (3) Erhebungen erhalten geblieben Die Art(en) ist (sind) dominant im Profil				

Abb. 5 Uferprofil (C) beim Seelaboratorium Kastanienbaum										
Arten	1933			1982			1994			
	Vork.	Tiefe	Abund.	Vork.	Tiefe	Abund.	Vork.	Tiefe	Abund.	
<i>Ph. australis</i>	x									
<i>Ch. tomentosa</i>							x	1,5 m	+	
<i>Ch. vulgaris</i>							x	1,5–4 m	+++	
<i>E. canadensis</i>							x	1,5–2 m	+++	
<i>M. spicatum</i>	x	2 m								
<i>P. crispus</i>	x	1,5 m								
<i>P. lucens</i>							x	3,5 m	+	
<i>P. pectinatus</i>	x	1,5 m		x	1,5–2 m	++				
<i>P. perfoliatus</i>	x	2–3,5 m	++++	x	1,2–4 m	++++	x	3–5 m	++++	
<i>Z. palustris</i>				x	1,5 m	+				
Artenzahl		5			3			5		
Bewuchsgrenze	Tiefe	3,5 m			4 m			5 m		
	Abstand vom Ufer	60 m			50 m			350 m		
spez. Variation			50 %			75 %				
Bemerkungen:	Das von GAMMA (1933) und LACHAVANNE et al. (1984) untersuchte Uferprofil konnte nicht mit absoluter Sicherheit lokalisiert werden. Möglicherweise ist das Profil von 1994 nicht an der selben Stelle aufgenommen worden. Der Vergleich ist daher mit Vorbehalt anzusehen. Bis 3 m Tiefe dominieren <i>E. canadensis</i> und <i>Ch. vulgaris</i> . Der <i>P. perfoliatus</i> -Bestand wurde weiter seewärts gedrängt.									
Legende:	Vork.: Vorkommen; x: die Art wurde gefunden Tiefe: Tiefenbereich, in dem die Art auftrat Abund.: Abundanz (Ausdehnung und Dichte) + die Art ist selten und wenig häufig ++ die Art kommt stellenweise in grösserer Zahl vor +++ die Art ist ziemlich häufig und bildet dichtere Bestände ++++ die Art dominiert die Unterwasservegetation und wächst in grösseren und dichten Beständen	Bewuchsgrenze: fett gedruckt: die Zahl ist belegt nicht fett gedruckt: die Zahl ist geschätzt spez. Variation: spezifische Variation: Veränderung der Artenzusammensetzung in Prozent gepunktete Zelle: Die Art ist zwischen 2 Erhebungen erhalten geblieben fett eingerahmt: Die Art(en) ist (sind) dominant im Profil								

Abb. 8 **Uferprofil (F)** bei Tribschen im Luzerner See

Abb. 8		Uferprofil (F) bei Tribschen im Luzerner See			
		1982 Vork.	Vork.	1994 Tiefe	Abund.
Arten	<i>Ch. globularis</i>		x	2,8–12 m	++++
	<i>Ch. tomentosa</i>		x	2–2,8 m	+++
	<i>Ch. vulgaris</i>		x	0–6 m	++++
	<i>Chara sp.</i>		x	2–3 m	+++
	<i>E. canadensis</i>	x	x	1,2–4,8 m	++
	<i>P. crispus</i>	x			
	<i>P. friesii</i>	x			
	<i>P. gr. pusillus</i>	x			
	<i>P. pectinatus</i>	x	x	1 m	+
	<i>P. perfoliatus</i>	x	x	1–4,8 m	++
Artenzahl		6		7	
Bewuchsgrenze	Tiefe Abstand vom Ufer			12 m 350 m	
spez. Variation			54%		
Bemerkungen:	<p>1982 hatte es im Bereich des bearbeiteten Profils einen nicht sehr dichten aber artenreichen Pflanzenbestand, der jedoch nicht bis ans Ufer reichte.</p> <p>1988 wurden bei einer Wasserpflanzenerhebung im Zusammenhang mit Verbesserungsmassnahmen im Strandbad Tribschen (ANL, 1988) folgende Arten gefunden: <i>Chara sp.</i>, <i>E. canadensis</i>, <i>P. friesii</i>, <i>P. pectinatus</i>, <i>P. perfoliatus</i>.</p> <p>Die starke Zunahme der Characeen hat 1994 eine Ausdehnung der Makrophyten gegen den See zur Folge.</p>				
Legende:	<p>Vork.: Vorkommen; x: die Art wurde gefunden</p> <p>Tiefe: Tiefenbereich, in dem die Art auftrat</p> <p>Abund.: Abundanz (Ausdehnung und Dichte)</p> <p>+ die Art ist selten und wenig häufig</p> <p>++ die Art kommt stellenweise in grösserer Zahl vor</p> <p>+++ die Art ist ziemlich häufig und bildet dichtere Bestände</p> <p>++++ die Art dominiert die Unterwasservegetation und wächst in grösseren und dichten Beständen</p> <p>Bewuchsgrenze: fett gedruckt: die Zahl ist belegt nicht fett gedruckt: die Zahl ist geschätzt</p> <p>spez. Variation: spezifische Variation: Veränderung der Artenzusammensetzung in Prozent</p> <p>gepunktete Zelle: Die Art ist zwischen 2 Erhebungen erhalten geblieben</p> <p>fett eingerahmt: Die Art(en) ist (sind) dominant im Profil</p>				

Abb. 9 Uferprofil (G) in der Trottlibucht im Luzerner See					
		1982 Vork.	Vork.	1994 Tiefe	Abund.
Arten	<i>Ch. globularis</i>		x	2 m	++++
	<i>Ch. tomentosa</i>		x	2 m	++++
	<i>Ch. vulgaris</i>		x	1,2–2 m	++++
	<i>Chara sp.</i>	x	x	1–2 m	+++
	<i>E. canadensis</i>		x	1 m	++
	<i>P. friesii</i>		x	1 m	+
	<i>P. pectinatus</i>	x	x	1 m	+
	<i>P. perfoliatus</i>	x	x	1–2 m	+
Artenzahl		4		8	
Bewuchsgrenze	Tiefe Abstand vom Ufer			2 (–?) 430 (–?)	
spez. Variation		54%			
Bemerkungen:	1982 reichte ein Unterwasserpflanzenbestand mit nur 3 Arten bis ans Ufer. 1990 wurden im Rahmen einer UVP zur Renaturierung der Trottlibucht (OBERLE et al., 1990) <i>P. pectinatus</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>E. canadensis</i> und <i>Chara sp.</i> nachgewiesen. 1994 findet man in 2 m Tiefe aussergewöhnlich dichte Chara-Wiesen. Bestände von 4 Chara-Arten gehen abwechselnd ineinander über. Es wurde ein Transekt von 430 m Länge abgetaucht, wobei sich das Bild unter Wasser nicht änderte.				
Legende:	Vork.: Vorkommen; x: die Art wurde gefunden Tiefe: Tiefenbereich, in dem die Art auftrat Abund.: Abundanz (Ausdehnung und Dichte) + die Art ist selten und wenig häufig ++ die Art kommt stellenweise in grösserer Zahl vor +++ die Art ist ziemlich häufig und bildet dichtere Bestände ++++ die Art dominiert die Unterwasservegetation und wächst in grösseren und dichten Beständen Bewuchsgrenze: fett gedruckt: die Zahl ist belegt nicht fett gedruckt: die Zahl ist geschätzt spez. Variation: spezifische Variation: Veränderung der Artenzusammensetzung in Prozent gepunktete Zelle: Die Art ist zwischen 2 Erhebungen erhalten geblieben fett eingerahmt: Die Art(en) ist (sind) dominant im Profil				

Abb. 10 Uferprofil (H) bei Lätten im Küssnacher See					
		1982 Vork.	Vork.	1994 Tiefe	Abund.
Arten	<i>Ch. tomentosa</i>		x	0–8 m	++++
	<i>Ch. vulgaris</i>		x	1,2–2 m	++
	<i>Chara sp.</i>	x			
	<i>E. canadensis</i>	x	x	0–8 m	++
	<i>P. crispus</i>	x			
	<i>P. friesii</i>	x			
	<i>P. gr. pusillus</i>	x			
	<i>P. pectinatus</i>	x	x	1 m	+
	<i>P. perfoliatus</i>	x	x	1 m	+
Artenzahl		7		5	
Bewuchsgrenze	Tiefe Abstand vom Ufer			8 m 80 m	
spez. Variation			50%		
Bemerkungen:	1982 wurde eine dichte und artenreiche Ufervegetation bis ans Ufer gefunden. 1994 wird vom Ufer bis 28 m Entfernung nur vereinzelt Pflanzenbewuchs nachgewiesen.				
Legende:	Vork.: Vorkommen; x: die Art wurde gefunden Tiefe: Tiefenbereich, in dem die Art auftrat Abund.: Abundanz (Ausdehnung und Dichte) + die Art ist selten und wenig häufig ++ die Art kommt stellenweise in grösserer Zahl vor +++ die Art ist ziemlich häufig und bildet dichtere Bestände ++++ die Art dominiert die Unterwasservegetation und wächst in grösseren und dichten Beständen Bewuchsgrenze: fett gedruckt: die Zahl ist belegt nicht fett gedruckt: die Zahl ist geschätzt spez. Variation: spezifische Variation: Veränderung der Artenzusammensetzung in Prozent gepunktete Zelle: Die Art ist zwischen 2 Erhebungen erhalten geblieben fett eingerahmt: Die Art(en) ist (sind) dominant im Profil				

Abb. 11 Uferprofil (I) bei Hertenstein in der Sündenbucht					
		1982 Vork.	Vork.	1994 Tiefe	Abund.
Arten	<i>Ch. globularis</i>		x	1,5–4 m	++
	<i>Ch. tomentosa</i>		x	3,2–4 m	++
	<i>Ch. vulgaris</i>		x	1–7 m	+++
	<i>Chara sp.</i>	x			
	<i>E. canadensis</i>	x	x	4–5 m	++
	<i>M. verticillatum</i>		x	4 m	+
	<i>P. crispus</i>		x	4 m	+
	<i>P. friesii</i>	x	x	4 m	+
	<i>P. gr. pusillus</i>	x			
	<i>P. pectinatus</i>	x	x	1–3 m	+
	<i>P. perfoliatus</i>	x	x	3,2–5 m	++
Artenzahl		6		9	
Bewuchsgrenze	Tiefe Abstand vom Ufer			7 m 250 m	
spez. Variation			29%		
Bemerkungen:	1982 wuchs ein dichter Pflanzenbestand vom Ufer bis etwa in die Hälfte der Bucht (ca. 100 m). 1994 ist der Untergrund bis 40 m vom Ufer nur schwach besiedelt. Am nördlichen äusseren Rand der Bucht findet man eine ausgedehnte, dichte und aussergewöhnlich reichhaltige Makrophytengemeinschaft.				
Legende:	<div>Vork.: Vorkommen; x: die Art wurde gefunden</div> <div>Tiefe: Tiefenbereich, in dem die Art auftrat</div> <div>Abund.: Abundanz (Ausdehnung und Dichte)</div> <div> + die Art ist selten und wenig häufig</div> <div> ++ die Art kommt stellenweise in grösserer Zahl vor</div> <div> +++ die Art ist ziemlich häufig und bildet dichtere Bestände</div> <div> ++++ die Art dominiert die Unterwasservegetation und wächst in grösseren und dichten Beständen</div> <div>Bewuchsgrenze: fett gedruckt: die Zahl ist belegt</div> <div> nicht fett gedruckt: die Zahl ist geschätzt</div> <div>spez. Variation: spezifische Variation: Veränderung der Artenzusammensetzung in Prozent</div> <div>gepunktete Zelle: Die Art ist zwischen 2 Erhebungen erhalten geblieben</div> <div>fett eingerahmt: Die Art(en) ist (sind) dominant im Profil</div>				

Bewuchstiefe

Die Bewuchstiefe hat mehrheitlich zugenommen. Es sind die Armleuchteralgen, die aufgrund der besseren Lichtverhältnisse bis in grössere Tiefen, bis 12 m, vordringen. 1982 lag die Bewuchsgrenze bei 5 m, 1933 bei 10 m Tiefe. Höhere Makrophyten wurden auch 1994 nicht tiefer als bis 6 m gefunden (1933 bis 7 m). Diese Grenze wird oft im Zusammenhang mit ihrer Druckempfindlichkeit genannt.

Ausdehnung und Dichte der Unterwasservegetation

Die Vegetationsdichte hat nur vor der Mündung des Horwer Dorfbachs abgenommen. Die Delta-Entwicklung im Lauf der Zeit hat dazu geführt, dass es bei Hochwasser zu verstärkten Ablagerungen im Flachwasserbereich des Deltas kommt. Unter diesen Bedingungen kann sich keine stabile Unterwasservegetation entwickeln.

Bei den meisten Profilen hat die Ausdehnung und Dichte der Vegetation eher zugenommen. Grund dafür ist wiederum hauptsächlich das verstärkte Wachstum der Armleuchteralgen.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das neue Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. 1. 1991 beinhaltet neben der Sicherung eines natürlichen Wasserkreislaufs, als neues Schutzziel auch die Erhaltung der Gewässer als Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt.

Seeufer mit vorgelagerten Flachwasserzonen bieten vielen Wassertieren Lebensraum und Nahrungsgrundlage. Wasservögel nisten im Schutz der Röhrichte. Viele Amphibien und Insekten pflanzen sich im Wasser fort, wo sie auch ihre Larvenstadien verbringen. Die Zerstörung und Beeinträchtigung der Uferzonen kann zu einer direkten Bedrohung für seltene oder selten gewordene Wassertiere werden.

Als Laich- und Aufzuchtsgelände für Fische steht die Erhaltung natürlicher Seeufer auch im Interesse der Fischereiwirtschaft. Besonders, da aufgrund der niedrigeren Algenproduktion der Fischertrag zurückgegangen ist, haben Seeuferbereiche als Fortpflanzungsort der Fische an Bedeutung gewonnen.

Als Grundlage für einen besseren Schutz von Seeufern sind Bestandsaufnahmen der Wasserpflanzen notwendig. Um den Aufwand dafür in einem bescheidenen Rahmen zu halten, wurden in der vorliegenden Untersuchung an bestimmten Stellen Uferprofile erhoben. Ein Teil der Profile bezieht sich auf frühere Erhebungen (GAMMA, 1933; LACHAVANNE et al., 1984), was einen direkten Vergleich ermöglicht. Die anderen Profile wurden neu an ökologisch interessanten Uferbereichen des Kantons Luzern aufgenommen.

Im Hinblick auf künftige Schutzbemühungen um die wertvolle Uferzone sind periodische Wiederholungen von Wasserpflanzen-erhebungen zu empfehlen. Zur Beurteilung anstehender Bau- und Nutzungsprojekte an den Ufern des Sees sind aktuelle Daten notwendig.

LITERATURVERZEICHNIS

- AMT FÜR UMWELTSCHUTZ (1991): *Zustand der Oberflächengewässer im Kanton Luzern in den Jahren 1984 bis 1988*. – Rechenschaftsbericht, 183 S.
- ANL (1988): *Strandbad Tribtschen/Verbesserungsmassnahmen im Strand- und Uferbereich*. Bericht zur 1. Phase. – Im Auftrag der Baudirektion der Stadt Luzern, 33 S.
- BAUDIREKTION DER STADT LUZERN (1990): *Renaturierung der Trottlibucht, Umweltverträglichkeitsbericht*. – Hesse + Schwarzer + Partner, Büro für Raumplanung AG, 15 S.
- BURSCHE, E.-M. (1980): *Wasserpflanzen*. – Verlag Neumann-Neudamm, 6. Auflage, 148 S.
- CASPER, S. J., KRAUSCH, H.-D. (1980): *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. Band 23/24: *Pteridophyta und Anthophyta*. – Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 943 S.
- EAWAG (1994): *Gewässerschutz im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees*. – Schlussbericht einer Studie im Auftrag der Aufsichtscommission Vierwaldstättersee und der Umweltschutzämter Uri, Schwyz, Obwalden, Nidwalden, Luzern, 105 S.
- GAMMA H. (1933): *Die makrophytische Uferflora des Vierwaldstättersees und ihre Veränderungen in den letzten 20 Jahren*. – Mitt. der Naturforschenden Gesellschaft Luzern, XII, S. 91–182.
- GESSNER, F. (1955): *Hydrobotanik. Die physiologischen Grundlagen der Pflanzenverbreitung im Wasser*. Band I: *Energiehaushalt*. – VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin, 517 S.
- KREIENBÜHL, CH. (1993): *Biologie des Gründlings (Gobio gobio [L]) im Vierwaldstättersee*. Diplomarbeit. – Abteilung für Umweltnaturwissenschaften XB, ETH Zürich, 62 S.
- LACHAVANNE, J.-B. et al. (1984): *Etude des macrophytes du Vierwaldstättersee*. – Université de Genève, Aufsichtscommission Vierwaldstättersee, 230 S.
- LACHAVANNE, J.-B. et al. (1985): *Zustand, Erhaltung und Schutz der Ufer des Vierwaldstättersees*. Band I. – Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, Bundesamt für Umweltschutz, Aufsichtscommission Vierwaldstättersee, Universität Genf, 109 S., 3 Karten.
- LACHAVANNE, J.-B. et al. (1986): *Etude chorologique et écologique des macrophytes des lacs suisse en fonction de leur altitude et de leur niveau trophique*. Rapport Final. – Université de Genève, Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique, 115 S.
- LACHAVANNE, J.-B. et al. (1986): *Zustand, Erhaltung und Schutz der Ufer des Vierwaldstättersees*. Band II: *Pflanzenökologische Merkmale der Uferzonen des Vierwaldstättersees*. – Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, Bundesamt für Umweltschutz, Aufsichtscommission Vierwaldstättersee, Universität Genf, 312 S.
- LACHAVANNE, J.-B. et al. (1990): *Zustand, Erhaltung und Schutz der Ufer des Hallwiler Sees*. Band I: *Pflanzenökologische und morphologische Beurteilung*. – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Kantone Aargau und Luzern, Universität Genf, 93 S.
- LACHAVANNE, J.-B. et al. (1992): *Untersuchung der Makrophyten des Greifensees. Gegenwärtiger Zustand und Entwicklung*. – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Kanton Zürich, Universität Genf, 123 S.
- LACHAVANNE, J.-B. et al. (1992): *Zustand, Erhaltung und Schutz der Ufer des Zugersees*. Band I: *Pflanzenökologische und morphologische Beurteilung*. – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Kantone Zug, Schwyz und Luzern, Universität Genf, 101 S.
- LACHAVANNE, J.-B. et al. (1992): *Zustand, Erhaltung und Schutz der Ufer des Sempachersees*. Band I: *Pflanzenökologische und morphologische Beurteilung*. – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Kanton Luzern, Universität Genf, 81 S.
- MIGULA, W. (1896): *Die Characeen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*. Dr. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora. Band 5. – Verlag Eduard Kummer Leipzig, 760 S.
- OBERLE, B. M., HUBER, R., EGLOFF, M. (1990): *Umweltverträglichkeitsbericht zur Renaturierung der Trottlibucht: Limnologische Aspekte*. – Ambio, Beratungsgemeinschaft in angewandten Naturwissenschaften, Zürich, 16 S.
- STADELMANN, P. (1984): *Der Vierwaldstättersee und die Seen der Zentralschweiz*. – Keller & Co. AG, Buchverlag, 256 S.
- STADELMANN, P. (1990): *Quantitativer Gewässerschutz: Erhaltung, Schutz und Wiederherstellung der Ufer des Vierwaldstättersees*. – Sonderdruck Nr. 1215 aus Gas-Wasser-Abwasser 1990/9 des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfachs, Zürich, S. 651–662.
- STADELMANN, P. (1984): *Limnologischer Zustand des Vierwaldstättersees*. – Aus dem Jahresbericht 1991 der Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein, 5 S.

Judith Burri
Fluhmattstrasse 56
6004 Luzern

