Mitt. POLLICHIA	74	157 - 173	5 Abb.	Bad Dürkheim/Pfalz 1987
				ISSN 0341 - 9665

Arnulf MELZER

Die Verbreitung makrophytischer Wasserpflanzen im Laacher See

Kurzfassung

MELZER, A. (1987): Die Verbreitung makrophytischer Wasserpflanzen im Laacher See. - Mitt. POLLICHIA, **74**: 157 - 173, Bad Dürkheim/Pfalz.

Im August 1985 wurde das Vorkommen makrophytischer Wasserpflanzen im Laacher See durch Tauchkartierung in qualitativer und quantitativer Hinsicht erfaßt. Die Mengenschätzung der Arten wurde getrennt für zwei Tiefenbereiche (ober- bzw. unterhalb 2 m Tiefe) vorgenommen.

Berücksichtigt wurden alle im unmittelbaren Einflußbereich des Sees liegenden Röhrichtarten, sowie alle Schwimmblatt- und untergetauchten Arten. Insgesamt wurden 54 verschiedene Arten gefunden, wobei die submerse Vegetation mit 38 Arten dominiert.

Neben dem großen Artenreichtum muß auch die hohe Biomassenproduktion mancher Arten (*Nuphar lutea, Myriophyllum verticillatum, Potamogeton pectinatus, Fontinalis antipyretica, Drepanocladus aduncus* s. l.) als Besonderheit hervorgehoben werden.

Als hydrobotanische Besonderheit ist das Vorkommen von 9 verschiedenen Armleuchteralgen-Arten zu werten. Auch die submerse Moosflora ist mit 7 verschiedenen Arten reichhaltig vertreten.

An den Stellen unterseeischer Austritte gasförmigen CO_2 gedeiht eine spezielle Pflanzengesellschaft.

Eutraphente (nährstoffliebende) Arten konzentrieren sich eindeutig auf die Süd- bzw. Nordbucht des Sees, wo die stärksten Belastungen einwirken. Der Verbreitungsschwerpunkt der meisten Characeen liegt außerhalb dieser Zonen.

Gründe für den außergewöhnlichen Artenreichtum werden ebenso diskutiert wie die Standortansprüche und Zeigerwerte der wichtigsten Arten.

Abstract

MELZER, A. (1987): Die Verbreitung makrophytischer Wasserpflanzen im Laacher See. [On the distribution of macrophytic aquatic plants in Lake Maria Laach]. - Mitt. POLLICHIA, **74**: 157 - 173, Bad Dürkheim/Pfalz.

In August of 1985 the occurrence of macrophytic aquatic plants was qualitatively and quantitatively mapped by divers in Lake Maria Laach. The qualitative estimation of species was made separately for two ranges of depth (above and below 2 m depht).

All kinds of reed plants in the zone directly influenced by the lake as well as all plants with floating leaves and submersed species were considered. On the whole 54 different species were found, whereas the submersed plants were dominant with 38 species.

Beside the abundance of species also the high production of biomass by some species (*Nuphar lutea, Myriophyllum verticillatum, Potamogeton pectinatus, Fontinalis antiphyretica, Drepanocladus aduncus* s. l.) must be emphasized as peculiar.

The occurence of 9 different species of characeae must be estimated as a hydrobotanical specialty. Also the submersed mosses are plentifully represented by 7 different species.

At locations with subaquatic protrusions of gaseous CO_2 a special plant association flourishes.

Eutraphentic species (preferring soils rich in nutritives) clearly concentrate on the south- and northermost bays of the lake where the highest charges are effective. The greatest occurrence of most members of the group Characeae lies externally of these zones.

Reasons for this extraordinary abundance of species are discussed as well as conditions on the location and indicator values of the most important species.

Résumé

MELZER, A. (1987): Die Verbreitung makrophytischer Wasserpflanzen im Laacher See. [La distribution des plantes aquatiques macrophytiques dans le lac de Maria Laach). – Mitt. POLLICHIA, 74: 157 – 173, Bad Dürkheim/Pfalz.

En août 1985, par une cartographie de plongée, on a recensé qualitativement et quantitativement la présence de plantes aquatiques macrophytiques dans le lac de Maria Laach.

L'estimation en nombre des espèces fut séparée pour les deux régions de profondeur étudiées (plus ou moins 2 mètres de profondeur).

Dans le domaine d'influence immédiat, on a tenu compte de toutes les espèces de roseaux, de nénuphars et des espèces submergées. En tour, 54 espèces différentes furent découvertes, parmi lesquelles, la végétation submersive prédomine avec 38 espèces.

A côté de la grande richesse es espèces, il faut donner un accent particulier à la haute production de la biomasse de la plupart des espèces (*Nuphar lutea, Myriophyllum verticillatum, Potamogeton pectinatus, Fontinalis antiphyretica, Drepanocladus aduncus* s. 1.).

En tant que particularité hydrobotanique, il faut noter la présence de 9 espèces des characés. La flore submesive de mousses est également divisée riche en 7 espèces différentes.

En des lieux immergés où se forme du CO_2 gazeux, se développe une communauté spéciale de plantes.

Des espèces eutraphentiques (avides de substances nutritives) se concentrent de manière non équivoque dans la baie sud resp. nord du lac, où les plus grandes influences se font sentir. Le point fort d'élargissement de la plupart des charecés se trouve à l'extérieur de cette zone.

On discute sur les raisons de l'extraordinaire richesse en espèces, de même que sur les exigences en lieu de vie et les valeurs d'indicateurs des principales espèces.

1. Einleitung

Der Laacher See hat als größter natürlicher See der deutschen Mittelgebirgslandschaften schon immer das besondere Interesse von Botanikern und Limnologen geweckt (vgl. Lit. bei NÜCHEL 1980). Wie an so vielen anderen Gewässern fehlt aber auch für diesen See eine detaillierte und methodisch reproduzierbare Kartierung der Wasserpflanzenvegetation, die nicht nur eine komplette Artenliste, sondern auch noch Angaben zur Häufigkeitsverteilung in verschiedenen Seeteilen und -tiefen enthält. Heute werden entsprechende Untersuchungen durch die Zuhilfenahme moderner Tauchausrüstungen erleichtert, aber verschiedene ältere Veröffentlichungen belegen, daß es auch schon früher, ohne diese Hilfsmittel gelang, ein vollständiges Bild über die Verbreitung der aquatischen Vegetation zu liefern (vgl. z. B. BAUMANN 1911, LOHAMMAR 1938). Wie sich immer wieder zeigt, ist es überaus wertvoll, solche Angaben zu besitzen, wenn man Aussagen über Vegetationsverschiebungen machen will, die sich etwa in Folge einer veränderten Nährstoffsituation ergeben haben (vgl. z. B. LANG 1968, MELZER 1981).

Für spätere Bewertungen soll die hier vorliegende Arbeit eine solche Grundlage darstellen, aber sie soll auch dazu dienen, auf Grund des Zeigerwertes der vorkommenden Makrophyten Rückschlüsse auf den derzeitigen Belastungszustand ziehen zu können. Neben dem Zweck einer hydrobotanischen Bestandsaufnahme bildeten auch diese Gesichtspunkte für das Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz den Anlaß, die Makrophytenvegetation des Laacher Sees untersuchen zu lassen. Damit findet die Kartierung stehender Gewässer in Rheinland-Pfalz, die bisher an 5 Maaren der Eifel vorgenommen wurde (MELZER et. al. 1985), eine wichtige und sinnvolle Ergänzung.

Die hier vorliegenden Ergebnisse beruhen auf einer Kartierung, die Mitte August 1985 durchgeführt wurde. Mit einbezogen sind Ergebnisse einer Vorkartierung vom Juni 1984.

2. Kartierungsmethode

Die Makrophytenvegetation des Laacher Sees wurde nach der gleichen Methode untersucht, wie sie auch schon an den fünf Eifelmaaren angewandt wurde (vgl. MELZER et. al. 1985). An dieser Stelle soll daher nur kurz auf wesentliche Punkte eingegangen werden. Die Kartierung der submersen Vegetation erfolgte durch autonomes Tauchen, während das Röhricht vom Boot aus aufgenommen wurde. Um eine bessere Übersichtlichkeit über die Verteilung der Pflanzen im See zu erhalten, wurde die Uferlinie in möglichst einheitlich strukturierte Abschnitte unterteilt. Im Fall des Laacher Sees waren es 22. Innerhalb dieser Abschnitte wurde das Vorkommen der jeweiligen Arten nach ihrer Menge mittels einer fünfstufigen Skala geschätzt (vgl. TÜXEN & PREISING 1942, MELZER 1976).

Dabei bedeutet Schätzstufe
1 = sehr sehlten
2 = selten
3 = verbreitet
4 = häufig
5 = sehr häufig, massenhaft

Im Gegensatz zu den fünf bisher untersuchten Maaren verfeinerten wir unsere Methode noch dadurch, daß die Kartierung getrennt für zwei Tiefenbereiche vorgenommen wurde, und zwar für den Bereich von 0 – 2 m Wassertiefe und den sich unterhalb daran anschließenden. Die Grenze dieses Abschnittes war zur Tiefe hin nicht fixiert, sondern sie richtete sich nach der Tiefe, bis zu der die Makrophytenvegetation vordrang. Das war durchschnittlich bis zu 6 – 7 m der Fall, maximal reichte die Vegetation bis 9 m Tiefe hinab.

Durch diese Vorgehensweise gelingt es, exaktere Aussagen zur Tiefenpräferenz der einzelnen Arten zu machen. Da sich die Tiefenverbreitung unter dem Einfluß von Belastungen lokal verändern kann, liefert diese Kartierungsmethode zusätzlich indikatorische Hinweise.

In den Verbreitungskarten, die für alle häufiger vertretenen makrophytischen Wasserpflanzen angefertigt wurden, erfolgte eine Umsetzung der numerischen Schätzstufen in graphische Symbole. Der getrennten Kartierung in zwei Tiefenbereichen wurde dadurch Rechnung getragen, daß die Symbole in zwei parallel zur Uferlinie verlaufenden Reihen wiedergegeben werden. Die äußere, ufernahe Reihe steht dabei für den Tiefenbereich bis 2 m, die innere Reihe für den darunterliegenden.

3. Ergebnisse

3.1 Artenliste

In der nachstehenden Artenliste erfolgt eine Einteilung der im Laacher See gefundenen Arten nach Röhricht-, Schwimmblatt- und untergetauchten Arten. Innerhalb dieser Gruppe wurde eine alphabetische Reihung vorgenommen. Diese Anordnung wurde auch bei den Verbreitungskarten übernommen. Bei den Röhrichtpflanzen ist hervorzuheben, daß wir nur die Arten erfaßten, die tatsächlich zum direkten Einflußbereich des Sees gehörten, d. h. zumindest der Wurzelbereich mußte im ständig überfluteten Teil der Uferbank liegen. Da diese Zone flächenmäßig oft nur einen Bruchteil des gesamten Röhrichtbereiches ausmacht,

kann die Artenliste für diese Vegetationseinheit keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben.

Für sehr selten vorkommende Arten wurde keine Verbreitungskarte angefertigt. In diesen Fällen enthält die Artenliste Angaben über den Abschnitt (erste Zahl) sowie die Häufigkeiten in den beiden Tiefenstufen (zweite bzw. dritte mit einem Querstrich getrennte Zahlen). Kamen solche Arten in mehreren Abschnitten vor, so erfolgen diese Angaben nacheinander getrennt für jeden Abschnitt.

Im Laacher See kommen eine Reihe von Wassermoosen vor, die selbst für Spezialisten sehr schwer oder garnicht zu bestimmen waren. Bei allen Moosen, mit Ausnahme von *Fontinalis antipyretica*, muß ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die vorliegende Artenliste keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann und auch die Häufigkeitsangaben mit Unsicherheiten behaftet sind. Auf diese Unvollständigkeit wird auch noch dadurch hingewiesen, daß bei den kritischen Moosarten hinter die Verbreitungsangaben ein Fragezeichen gesetzt wurde. Um hier zu einer wirklich gesicherten Aussage zu kommen, müßte ein unverhältnismäßig großer Aufwand getrieben werden. Da eine Unterscheidung der oft sehr ähnlichen Arten unter Wasser nicht vorzunehmen ist, hätte praktisch eine mikroskopische Analyse aller im See vorkommenden Moospflanzen zu erfolgen.

Röhrichtarten

Agrostis stolonifera L.	15: 2/–
Carex gracilis CURT.	
Equisetum fluviatile L.	15: 1/–
E. palustre L.	15: 4/–
Juncus articulatus L.	
Lycopus europaeus L.	
Lythrum salicaria L.	1: 2/–; 4: 1/–; 22: 2/–
Mentha aquatica L.	
Phragmites australis (Cav.) TRIN. ex STEUDEL	
Schoenoplectus lacustris (L.) PALLA	
Solanum dulcamara L.	
Sparganium emersum REHMANN	

Schwimmblattarten

Nuphar lutea (L.) SM.	
Nymphaea alba L.	
Potamogeton natans L.	14: 1/–
Salvinia natans (L.) ALLIONI	21: 2/–

Untergetauchte Arten

Callitriche cophocarpa SENDTER	
Campylium elodes (LINDB.) KINDB.	2: 1/– (?)
Ceratophyllum demersum L.	
Chara aspera DETH.	
Ch. contraria A. BR. ex KÜTZ.	10: 2/2
Ch. delicatula AG.	
Ch. fragilis DESV.	
Ch. tomentosa L.	
Ch. vulgaris L.	
Cratoneuron commutatum (HEDWIG) ROTH	15: 1/– (?)
Drepanocladus aduncus s. l. (HEDW. non L.) MOENKEM.	
D. cf. *exannulatus* (B. S. G.) WARNST.	2: –/2 (?)

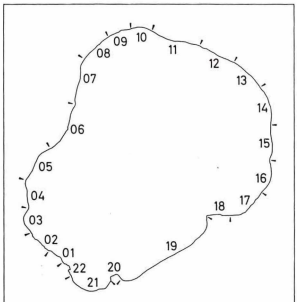
D. cf. *sendtneri* (H. MÜLL.) WARNST.	2: –/1 (?)
Elodea canadensis MICHX.	
E. nuttallii (PLANCH.) ST. JOHN	
Fontinalis antipyretica L.	
Lemna trisulca L.	3: –/2
Leptodictyum riparium WARNST.	2: –/2; 15: –/1 (?)
Myriophyllum spicatum L.	
M. verticillatum L.	
Nitella mucronata (A. BR.) MIQUEL	
N. opaca (AG. ex BRUZ.) AG.	
Nitellopsis obtusa (DESV.) J. GROVES	
Potamogeton berchtoldii FIEBER	02: 1/1; 03: 1/1; 11: –/1
P. cirspus L.	
P. filiformis PERS.	
P. lucens L.	
P. mucronatus SCHRADER	
P. pectinatus L.	
P. perfoliatus L.	
P. praelongus WULF.	
P. pusillus L.	
P. trichoides CHAM. et SCHLECHT.	
Ranunculus circinatus SIBTH.	
R. trichophyllus CHAIX.	01: 1/–
Ricciocarpus natans (L.) CORDA	10: 2/–
Utricularia australis R. BR.	
U. minor L.	

3.2. Die Vegetationsverhältnisse

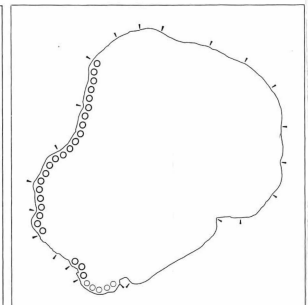
Der Laacher See weist eine äußerst artenreiche Makrophytenvegetation auf. Neben 12 verschiedenen Röhrichtarten (vgl. zur Definition Punkt 3.1), kamen 4 Schwimmblattarten und nicht weniger als 38 submerse Arten vor. Zu den Schwimmblattarten stellten wir auch *Salvinia natans,* obwohl dieser Wasserfarn streng genommen zu den auf der Wasseroberfläche schwimmenden Arten zählt, die nicht fest im Gewässergrund wurzeln. Zusätzlich zu der außergewöhnlichen Artenvielfalt zeichnen sich einige der vorkommenden Arten auch durch eine besonders hohe Biomassenproduktion aus.

3.2.1 Die Röhrichtvegetation

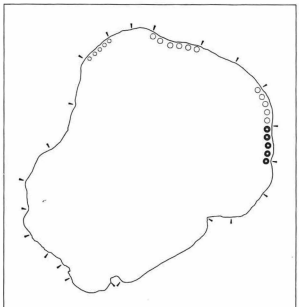
Ein geschlossener und breiter Röhrichtgürtel findet sich am Laacher See nur in wenigen Bereichen. Vor allem sind es die flachen Uferabschnitte im Süden und Südwesten des Sees, in denen das Schilfrohr (*Phragmites australis*) größere Bestände bildet, die aber kaum tiefer als 50 cm ins Wasser reichen. Wenn Baumbestände landseitig bis unmittelbar ans Ufer vordringen und dieses zusätzlich rasch in die Tiefe abfällt, dann wird ein erfolgreiches Ansiedeln des Schilfs unterbunden. Diese Konstellation trifft für weite Bereiche des Laacher Sees zu und sie stellt den Grund für das völlige Fehlen eines Schilfgürtels im Westteil des Sees dar. Wenn sich in der flacheren und weniger steilen Uferzone im Norden des Sees keine Schilfbestände finden, so dürfte dafür die starke mechanische Belastung durch Bade- und Erholungsverkehr eine Rolle spielen. Mit dem Verbreitungsbild des Schilfrohrs stimmt im Großen und Ganzen



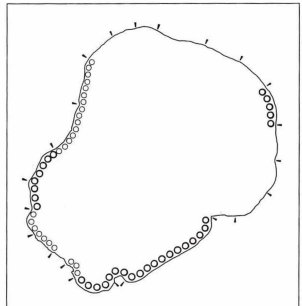
Einteilung in Kartierungsabschnitte



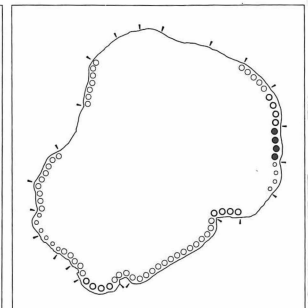
Carex gracilis



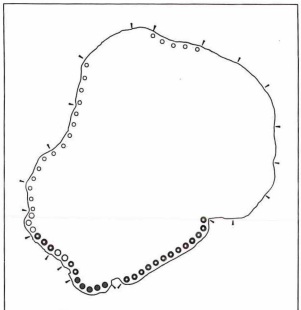
Juncus articulatus



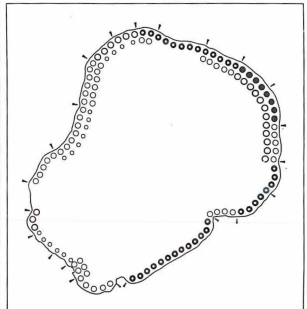
Lycopus europaeus



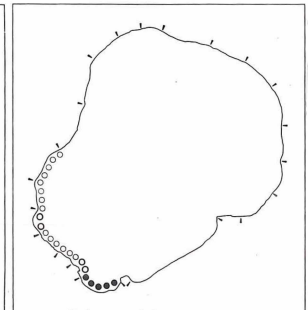
Mentha aquatica



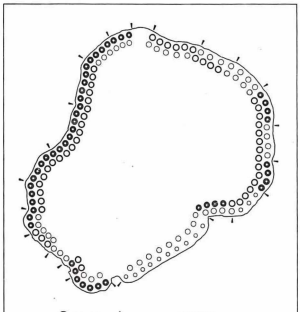
Phragmites australis



Schoenoplectus lacustris



Solanum dulcamara



Sparganium emersum

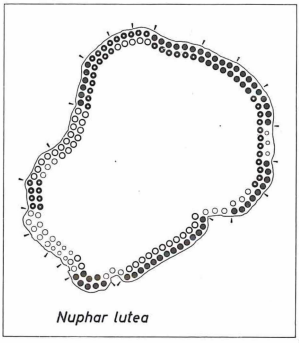
nur noch das von *Lycopus europaeus* und *Solanum dulcamara* überein, wenn auch beide Arten nicht die gleichen Häufigkeiten aufweisen. Das Massenvorkommen des Bittersüßen Nachtschattens, einer nährstoffliebenden Art, in der Südbucht (Abschnitt 21) weist auf einen verstärkten Nähstoffeintrag in diesem Bereich hin.

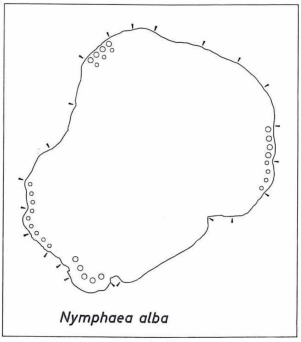
Für die übrigen Arten deuten die Verbreitungskarten an, warum sie ein vom Schilfrohr abweichendes Besiedlungsmuster aufweisen: sie gedeihen nicht nur im unmittelbaren Flachwasserbereich, sondern sie dringen auch in die Tiefenzone unter 2 m vor. Somit ist ihr Lebensraum nicht so stark wir der des Schilfs eingeengt. *Sparganium emersum* z. B. konnten wir ausschließlich in seiner submersen Form finden, in der die Art lange, bandförmige Unterwasserblätter bildet. Eine Konkurrenz mit *Phragmites communis* besteht somit nicht, da von den beiden Arten verschiedene Tiefenbereiche besiedelt werden. Wegen seiner atypischen Tiefenpräferenz müßte man den einfachen Igelkolben eigentlich zu den submersen Arten und nicht zum Röhricht zählen. Ähnliches trifft auch für die Wasserminze (*Mentha aquatica*), das Ausläufertreibende Straußgras (*Agrostis stolonifera*), die Glieder-Binse (*Juncus articulatus*) und den Sumpf-Schachtelhalm (*Equisetum palustre*) zu, die überwiegend in untergetauchter Form anzutreffen waren. Die zuletzt aufgezählten Arten gehören alle zu einer speziellen Pflanzengesellschaft, die sich auf den Bereich der sog. Mofetten (unterseeische Zutrittstellen gasförmigen CO_2) konzentriert. Bis auf den Sumpfschachtelhalm waren es interessanterweise auch die gleichen Arten, die immer wieder im Bereich von Grundwasserzutritten im Osterseengebiet gefunden werden konnten (MELZER 1976). Es ist offensichtlich, daß sie zu einer Gruppe von Makrophyten gehören, die durch im Wasser gelöstes CO_2 gefördert werden, bzw. bei ihrer Kohlenstoffassimilation sogar ausschließlich auf dieses angewiesen sind.

Bei der Flecht-Simse (*Schoenoplectus lacustris*), die zu den häufigsten Röhrichtarten des Laacher Sees gehört, halten sich im Gegensatz zu den oben erwähnten Arten die untergetauchte und die Überwasserform mengenmäßig in etwa die Waage. Vor allem am Nord- und Nordostufer besiedelt diese gegenüber mechanischen Belastungen empfindliche Art regelmäßig und häufig den Tiefenbereich zwischen 0,5 und 1,5 m. Die unmittelbare Flachwasserzone wird dagegen in der Regel gemieden. In Tiefen unter 1,5 m dominert die Flutform. Die Flecht-Simse bildet schmale bandförmige Unterwasserblätter, die in Farbe und Form denen von *Sparganium emersum* sehr ähneln. In einzelnen Fällen konnten wir beobachten, daß aber auch noch aus Wassertiefen von 3 m blütentragende Halme gebildet wurden.

3.2.2 Die Schwimmblattvegetation

Die einzige Schwimmblattpflanze, die im Laacher See bedeutende Bestände bildet, ist die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*). Sie gehört insgesamt zu den häufigsten Arten im See. Vom Ufer oder vom Boot aus wird man von der tatsächlichen Ausbreitung der Art aber einen völlig





falschen Eindruck gewinnen, denn Schwimmblätter oder Blütenstände bildet die Art wesentlich seltener aus als ihre untergetauchte Form mit den großen, salatblattähnlichen Unterwasserblättern. Mit diesen kann die Plfanze bis in Tiefen von 5 – 6 m vordringen und üppige, fast undurchdringliche Bestände ausbilden. Das trifft vor allem für die im Nordwesten des Sees gelegenen Abschnitte zu.

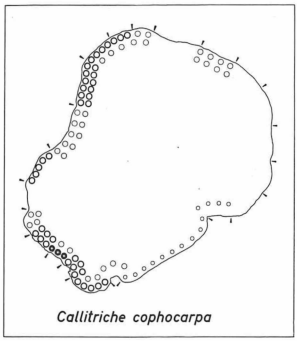
Häufig blühend war die Art in der durch Bojen geschützten Südwest-Bucht (Abschnitt 19) zu finden.

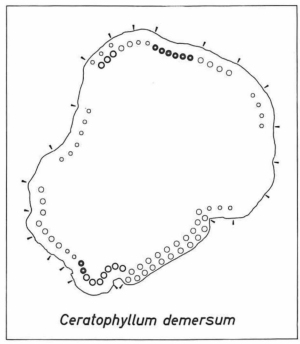
Die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*) wächst heute nur noch in wenigen Abschnitten des Sees und sie erreicht dabei nur sehr geringe Häufigkeiten (Schätzstufen 1 und 2). Da die Art darüberhinaus nicht mehr zum Blühen kommt, ist vorherzusagen, daß sie bald ganz aus dem Laacher See verschwunden sein wird. Auch NÜCHEL (1980) weist bereits auf einen Rückgang der Weißen Seerose hin und macht dafür u. a. die wuchernden Algenmatten verantwortlich. Nach der Auskunft Ortsansässiger sollen die Seerosenbestände aber vornehmlich durch Besucher des Sees dezimert worden sein, die die Pflanzen in großen Mengen ausrissen. Die seltenste Schwimmblattpflanze im Laacher See ist *Potamogeton natans*, das Schwimmende Laichkraut. In Abschnitt 14 konnten wir einige wenige Exemplare im Tiefenbereich bis 2 m finden, ansonsten fehlt die Art um den ganzen See. Wie bereits weiter oben erwähnt, zählt der Schwimmfarn *Salvinia natans* eigentlich nicht zu den echten Schwimmblattpflanzen, da er nicht im Untergrund wurzelt, sondern frei auf der Wasseroberfläche schwimmt. Die Art ist in Mitteleuropa sehr selten und das Vorkommen im Laacher See muß daher als botanische Besonderheit bezeichnet werden. Wir konnten die Art nur in der Südbucht des Sees (Abschnitt 21) finden, dort, wo aus dem landwirtschaftlich genutzten Umland mit Sicherheit erhöhte Nährstoffkonzentrationen eingeschwemmt werden. Im Sommer 1984 war im Vergleich zur darauffolgenden Vegetationsperiode eine etwas größere Häufigkeit festzustellen, aber auch da bewerteten wir das Vorkommen lediglich mit der Schätzstufe 2 (selten).

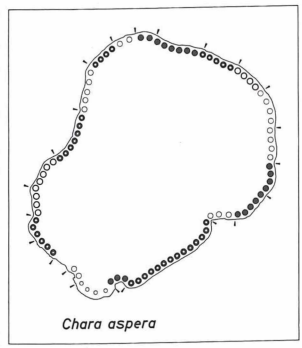
Andere, frei auf der Wasseroberfläche schwimmende Arten, waren im Laacher See nicht zu finden. Aus den Angaben von NÜCHEL (1980) geht nicht klar hervor, ob sich die Erwähnung von *Spirodela polyrrhiza* und *Lemna minor* auf den Laacher See oder allgemein auf die Zusammensetzung von Wasserlinsendecken bezieht. Wir beobachteten keine der beiden Arten.

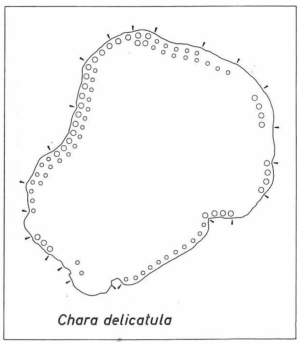
3.2.3 Die untergetauchte Vegetation

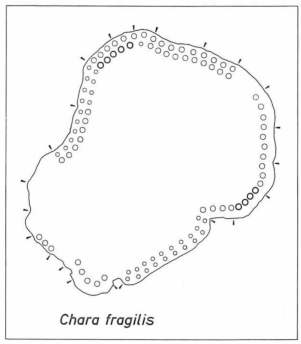
Unter den submersen Arten des Laacher Sees weisen einige sehr große Häufigkeiten auf. Von der Biomassenentwicklung her steht dabei das quirlblütige Tausendblatt (*Myriophyllum verticillatum*) an erster Stelle. Dort, wo wir die Menge der Art, unter der man die kombinierte Schätzung von Deckungsgrad und Individuendichte versteht, mit der Stufe 5 (= massenhaft) bewerteten, charakterisieren nahezu undurchdringliche „Unterwasserwälder" die Vegetation. Im Tiefenbereich unter 2 m liegt das Hauptvorkommen der Art dabei zwischen 3 und 6 m Tiefe. Ein Durchtauchen dieser Bestände war nahezu unmöglich. Um zu ermitteln, ob und welche Arten am Grunde dieser „Unterwasserwälder" gedeihen, mußte man von oben in kleine Lücken innerhalb der Bestände abtauchen. Vor allem in den Abschnitten 15 bis 17 war das Wachstum des Quirlblütigen Tausendblattes ungewöhnlich stark. In 50 – 100 m Entfernung vom Ufer drangen die Pflanzen so dicht an die Wasseroberfläche vor und überragten sie mit ihren Blütenständen auch, daß man vom Boot aus den Eindruck gewinnen konnte, es handle sich dabei um eine flache Sandbank. In zwei Abschnitten (Nr. 21 und 10), die nach unseren Erkenntnissen zu den am stärksten belasteten gehören, gedeiht die Art auch in der Flachwasserzone massenhaft. Sie fehlt aber im unmittelbaren Austrittsbereich der Mofetten ebenso wie die weit verbreitete Art *Potamogeton pectinatus*. Das mag als Hinweis dafür dienen, daß die beiden Arten auf höhere Nährstoffkonzentrationen angewiesen sind.

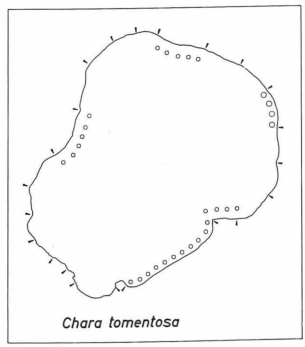

Callitriche cophocarpa

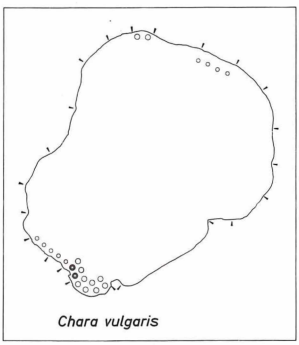

Ceratophyllum demersum

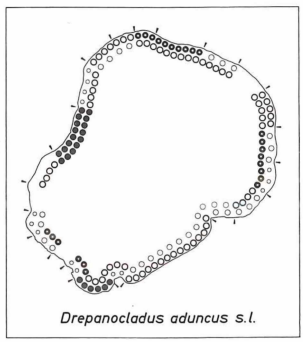

Chara aspera

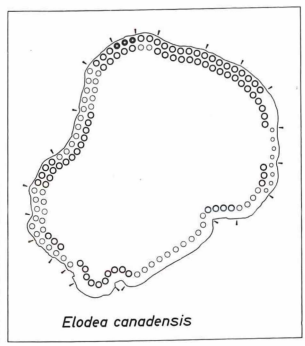

Chara delicatula

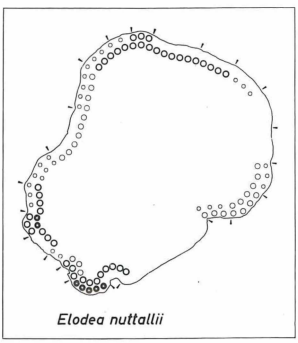

Chara fragilis

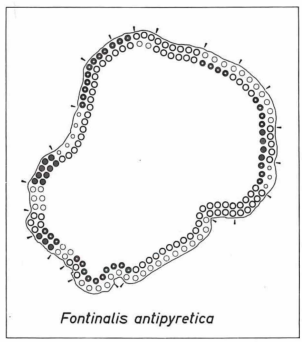

Chara tomentosa

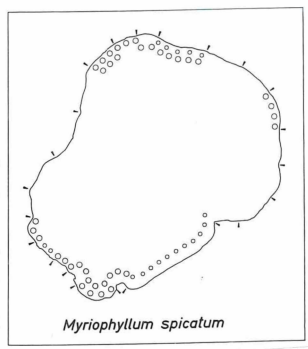

Chara vulgaris


Drepanocladus aduncus s.l.


Elodea canadensis


Elodea nuttallii


Fontinalis antipyretica


Myriophyllum spicatum

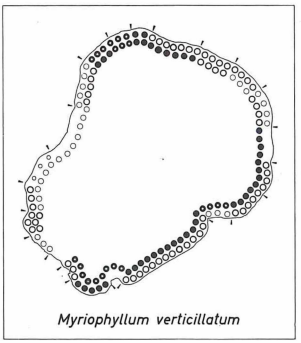
Das Kammlaichkraut (*Potamogeton pectinatus*) weist überhaupt ein sehr ähnliches Verbreitungsbild wie *Myriophyllum verticillatum* auf. In der bis zu 200 m breiten und über weite Flächen sehr einheitlich tiefen Bucht im Südosten des Sees (Abschnitt 19) gedeihen üppige Bestände. Dem *Myriophyllum*-Gürtel schließen sie sich ab etwa 3 m Tiefe zum Flachwasser hin an. Im gleichen Abschnitt gelangt auch *Nitellopsis obtusa* zu größter Häufigkeit. Die Art wird im Gegensatz zu den beiden vorher erwähnten aber nur durchschnittlich 50 cm hoch und wächst, vergleichbar mit der Krautschicht in Wäldern, am Grunde dieser Arten. Besonders hohe Bestandsdichten werden aber dort erreicht, wo andere Pflanzen Lücken lassen. Auch für *Nitella flexilis* stellt Abschnitt 19 den Hauptverbreitungsort dar, aber diese sehr zarte und wie der Name bereits andeutet, äußerst biegsame Art, kommt um den ganzen See verbreitet vor.

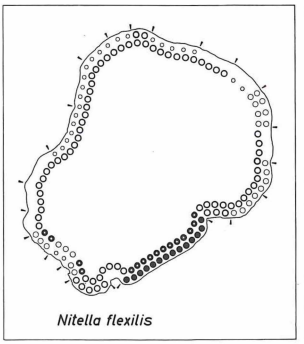
Zu sehr häufigen Vertretern der submersen Flora zählt im Laacher See auch noch der Spreizende Hahnenfuß (*Ranunculus circinatus*). Auch diese Art ist zu den eutraphenten Vertretern der Flora zu rechnen. Die beiden Massenvorkommen im Süd- und Nordbereich des Sees liegen in den Zonen, in denen die offensichtlich größte Belastung vorliegt. Die Art zeigte im August bereits erste Absterbeerscheinungen. Eine eindeutige Tiefenpräferenz war nicht zu erkennen. Häufige und massenhafte Vorkommen konnten sowohl im Bereich ober- und unterhalb 2 m Tiefe beobachtet werden. Wie *Myriophyllum verticillaltum* und *Potamogeton pectinatus* kam auch diese Art mit keinem Exemplar in der Flachwasserzone von Abschnitt 15 vor, wo Mofetten am zahlreichsten auftreten.

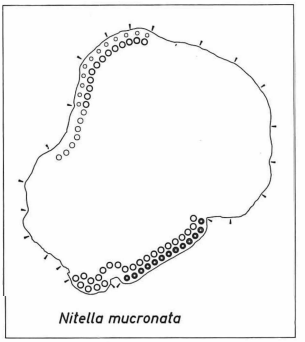
In großer Menge gedeihen im Laacher See auch zwei Wassermoose, nämlich *Fontinalis antipyretica* und *Drepanocladus aduncus* s. l. Eine besondere Konzentration auf bestimmte Uferteile liegt nicht vor, aber es fällt auf, daß sich das Verbreitungsbild dieser beiden Moose ähnelt. Sehr üppige Vorkommen waren am Westufer in den Abschnitten 5 und 6 zu verzeichnen, wobei *Fontinalis* im erstgenannten Abschnitt und *Drepanocladus* im zweiten eindeutig dominierte. Erwähnenswert ist, daß alle im Laacher See gefundenen Wassermoose frei auf dem Sediment aufliegen und nicht an Steinen festgewachsen sind. Die Moose bilden dabei bis zu einem halben Meter große, stark verfilzte Knäuel. Die beiden häufigsten Wassermoose gedeihen oft noch in sehr dichten Beständen anderer Wasserpflanzen, etwa unter den submersen Blättern von *Nuphar lutea*. In der Südbucht (Abschnitt 19) war das Sediment über weite Flächen mit einem eigenartigen rostfarbenen bis milchig weißen und flockigen Überzug bedeckt. Dort kamen hauptsächlich Wassermoose vor, die die rostrote, offensichtlich auf ausgefällte Eisenoxide beruhende Färbung angenommen hatten. Eine unter Wasser besonders auffällige Art stellt der Südliche Wasserschlauch (*Ultricularia australis*) dar. Die hellgrünen Sprosse werden bis zu über 1 m lang und hängen oft wie Girlanden eingestreut zwischen den anderen Pflanzen. Die Art fehlt in keinem Abschnitt und weist auch keine strenge Tiefenpräferenz auf. Neben massenhaften Vorkommen in stärker belasteten Bereichen sind auch solche außerhalb dieser Zonen zu beobachten, so daß keine Aussagen zum Zeigerwert der Art zu machen sind.

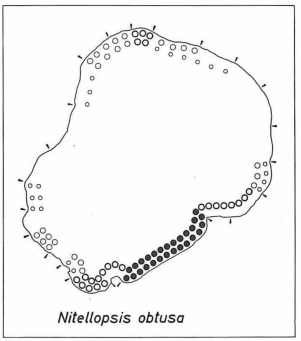
Für *Potamogeton pusillus* ergibt sich wiederum das für die eutraphenten Arten des Laacher Sees typische Verbreitungsbild mit je einem Schwerpunkt in der Süd- und Nordbucht. Die 2–2,5 m Länge erreichenden Pflanzen, die nicht nur von der Größer her eine sehr große Ähnlichkeit mit *Potamogeton pectinatus* und *Potamogeton trichoides* besitzen, bevorzugen die Tiefenzone unterhalb 2 m. Auch diese Art meidet den Bereich der Mofetten.

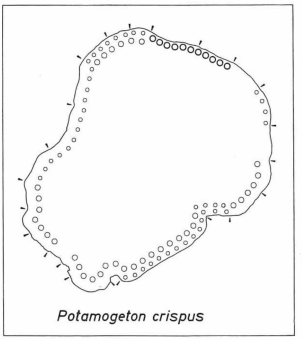
Von *Potamogeton mucronatus* und *Elodea canadensis* liegen die häufigsten Vorkommen in den bereits öfter erwähnten Belastungszonen des Süd- bzw. Nordufers, wobei die Wasserpest allerdings bevorzugt im nördlichen, das Stachelspitzige Laichkraut im südlichen Seeteil wächst. Eine zweite Wasserpestart, *Elodea nuttallii*, zeigt ein vergleichbares Verbreitungsbild. Das Gemeine Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*) ist als typische eutraphente Art einzustufen, was im Laacher See dadurch bestätigt wird, daß sich das Hauptvorkommen auf jene zwei stärker belasteten Buchten konzentriert.

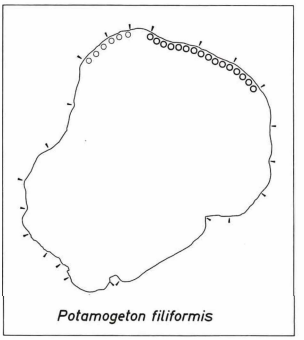

Myriophyllum verticillatum

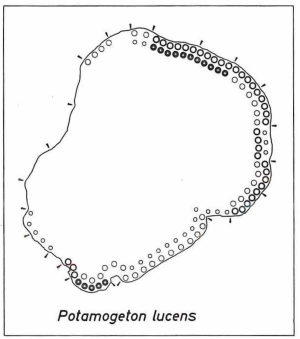

Nitella flexilis

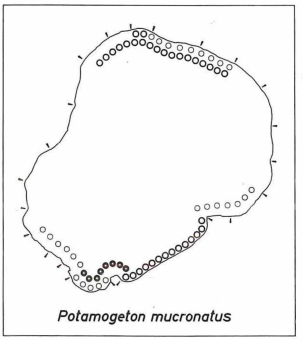

Nitella mucronata

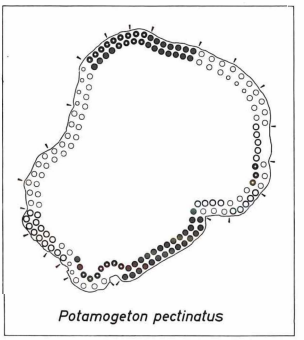

Nitellopsis obtusa

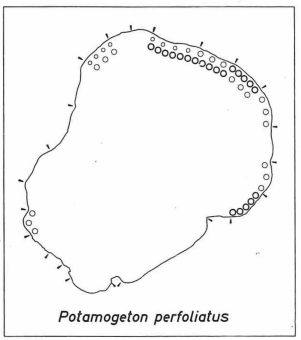

Potamogeton crispus

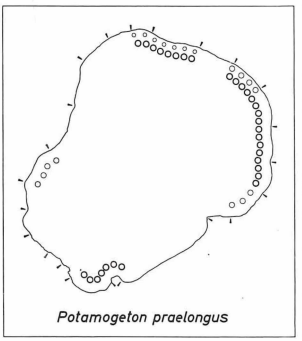

Potamogeton filiformis

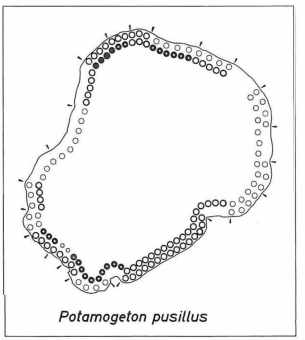

Potamogeton lucens


Potamogeton mucronatus


Potamogeton pectinatus


Potamogeton perfoliatus

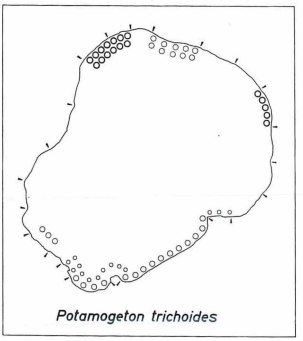

Potamogeton praelongus

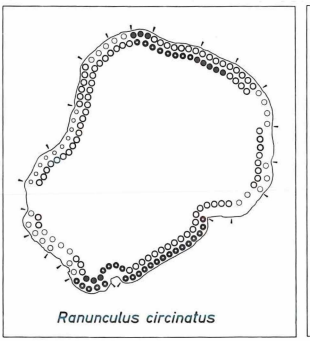

Potamogeton pusillus

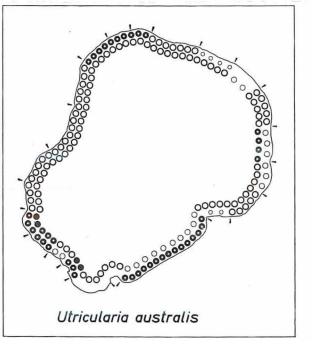
Auch für das Spiegelnde Laichkraut trifft die Schwerpunktbildung der Verbreitung im Süd- bzw. Nordteil des Sees zu. Sie bevorzugt üblicherweise den gleichen Tiefenbereich wie das Quirlblütige Tausendblatt, das aber im Laacher See eine weitaus größere Wüchsigkeit aufweist und eine stärkere Ausbreitung des Spiegelnden Laichkrauts offensichtlich erfolgreich verhindert. Für *Potamogeton praelongus* und *Potamogeton perfoliatus*, beides ebenfalls Arten, die Längen von 5 m erreichen, wird der Konkurrenzdruck durch *Myriophyllum verticillatum* auf gleiche Weise wirksam. Eine weitere großblättrige Laichkrautart ist *Potamogeton crispus*. Diese typisch eutraphente Art erreicht aber keine großen Bestandsdichten mehr, was auch für *Potamogeton filiformis* und *Potamogeton trichoides* zutrifft.

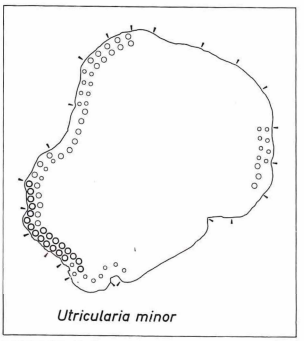
Callitriche cophocarpa gehört ebenfalls zu den Arten, die eine erhöhte Nährstoffkonzentration des Wassers und Sedimentes anzeigen. Das ist von *Utricularia minor* nicht bekannt. Das ähnliche Verbreitungsmuster dieser beiden Arten läßt die Vermutung zu, daß es sich dabei um keinen Gleichgewichtszustand handelt, sondern daß sich die Wasserstern-Art auf dem Vormarsch befindet, während der Kleine Wasserschlauch zurückgedrängt wird. Das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) wurde höchstens mit der Schätzstufe 2 (= selten) bewertet. Da die Art dabei vornehmlich im Süd- und Nordteil des Sees gedeiht, und von ihr bekannt ist, daß sie in nährstoffreicheren Seen besser gedeiht als in oligotrophen Gewässern, bleibt abzuwarten, ob sie sich in Zukunft stärker ausbreiten wird.

Unter den Armleuchteralgen-Arten ist *Chara aspera* die häufigste. Diese ausschließlich auf den Flachwasserbereich konzentrierte Art bewerteten wir in 5 Abschnitten mit der Schätzstufe 5 (= massenhaft). Am seltensten gedeiht sie im Südteil des Sees, wo die vorher erwähnten eutraphenten Arten ihren Schwerpunkt aufweisen. als Substrat dienen dieser sehr zarten und kleinwüchsigen Pflanze zumeist die durch Verlandungsprozesse der Röhrichtpflanzen entstandenen organischen Horizonte im Flachwasserbereich. Dabei wächst sie sowohl zwischen Schilf- und Flecht-Simsenhalmen als auch auf bereits abgestorbenem Wurzelgeflecht. Am Westufer fielen unter Wasser eigenartige terrassenartig übereinander


Potamogeton trichoides


Ranunculus circinatus


Utricularia australis


Utricularia minor

angeordnete Schichten organischen Materials auf, wie sie sonst in keinem anderen Seeteil vorkamen. Auch hier fand *Chara aspera* günstige Standortbedingungen. Im Bereich des Ost- und Nordufers besiedelte die Art auch kiesiges Substrat oder organischen Detritus, der sich zwischen Geröllbrocken ansammelt. Während *Chara aspera* kaum in größere Tiefen als 1 m vordringt, gedeihen alle übrigen Chara-Arten auch noch deutlich unterhalb dieser Zone. Außer *Nitella mucronata*, die einen Verbreitungsschwerpunkt in Abschnitt 19 besitzt, bewerteten wir von den bisher noch nicht erwähnten Characeen nur noch *Chara vulgaris* mit der Schätzstufe 4 (häufig). Dieses Vorkommen liegt im belasteten Abschnitt 21, was ein Beleg dafür ist, daß diese Art innerhalb der Gruppe der Armleuchteralgen eine größe Toleranz gegenüber Nährstoffbelastungen aufweist. *Chara fragilis* und vor allem *Chara delicatula*, *Chara tomentosa* (siehe Karten) und *Chara contraria* sind oft nur in wenigen Abschnitten mit zumeist geringer Häufigkeit vertreten.

Alle übrigen in der Artenliste aufgeführten, hier aber nicht näher erwähnten Arten besitzen so geringe Vorkommen, daß daraus weder Indikatoreigenschaften noch bestimmte Standortansprüche abzuleiten sind.

Ergänzend sei erwähnt, daß im Laacher See eine allgemein sehr selten gewordene Xanthopycee, *Vaucheria dichotoma*, in Massenbständen vorkommt. Da fädige Algen allgemein nicht zu den Makrophyten gezählt werden, haben wir sie in der Artenliste nicht berücksichtigt. Die Art bildet am Gewässergrund einiger Abschnitte (19 bis 21, 10 und 11) einen ungewöhnlich dichten, einheitlich ca. 15 cm hohen, dunkelgrünen „Rasen", aus dem heraus die anderen Arten emporwachsen. Wegen des üppigen Vorkommens auch anderer Arten wird der Gewässergrund in manchen Seeteilen über weite Strecken vollständig von Pflanzen bedeckt.

3.3 Angaben zur Sedimentzusammensetzung

In der Süd- und Südostbucht des Sees, in der die Uferbank nur allmählich in die Tiefe abfällt, herrscht ein sehr weiches, organisch angereichertes Sediment vor, das oberflächlich von brauner, in tieferen Schichten von schwarzer Farbe ist. In einigen Fällen kommen in diesem Sedimenttyp Depressionen vor, in denen das Wasser eine milchige Trübung, offensichtlich von Bakterien verursacht, aufweist. Im Abschnitt 20 und z. T. auch 21, sowie auf einigen kleineren Flächen entlang des Westufers fielen die bereits weiter oben erwähnten ockerfarbigen bis milchig trüben Ausfällungen auf, deren Zusammensetzung (Eisenoxide ?) und Ursprung von uns nicht näher untersucht wurde, so daß keine sichere Deutung vorgenommen werden kann. An manchen Stellen erinnerten die schleimigen Flocken auch an Schwefelbakterien.

In einem kleinen Teilbereich des Südufers, vor allem aber über weitere Bereiche des Westufers fallen unter Wasser heute von *Chara aspera* besiedelte organische Horizonte auf, die nach unserer Beobachtung aus altem Rhizomgeflecht bestehend. Da der Laacher See in vergangenen Zeiten abgesenkt, aber nicht aufgestaut wurde, bleibt deren Entstehung und Herkunft im Unklaren.

Entlang des Ost- und Nordufers herrscht im vom Wellenschlag beeinflußten Flachwasserbereich kiesiges Material vor, das in Tiefen unter einem Meter von einer weichen, organisch angereicherten Schicht überdeckt wird. Teilweise setzt sich diese Schicht auch aus stärker plastischem, tonigen Material zusammen. Im Bereich der „Alten Burg" (Grenze zwischen Abschnitt 18 und 19) sowie in der Zone der Mofetten überwiegen dagegen aus groben Felsbrocken zusammengesetzte Sedimente. Nur an einer Stelle, in Abschnitt 18, hat sich im Strömungsschatten hinter der „Alten Burg" ein aus Fallaub bestehendes Substrat abgelagert. Ansonsten werden die von den bis an den See grenzenden, mächtigen Laubwaldbeständen jährlich ins Wasser fallenden Blätter nicht akkumuliert.

3.4 Anthropogene Belastungen

Wie in der Beschreibung der Makrophytenvegetation öfter erwähnt wurde, stellen die Süd- bzw. Nordbucht des Sees die Stellen mit der größten Belastung dar. Neben dem Verbreitungsbild der Makrophyten deuten auch z. T. massenhafte Vorkommen von Grünalgen auf die erhöhte Nährstoffzufuhr hin. Dort, wo in der Nähe der zum Kloster gehörenden Bootsstege ein Graben in den See mündet, machte sich die Grünalgenbildung bis zu 5 m Wassertiefe bemerkbar. Sie war dabei nicht direkt am Ufer, sondern außerhalb eines ca. 50 m Radius aufweisenden Halbkreises um diese Einleitungsstelle am stärksten. In der Nordbucht trat die Grünalgenbildung in dem Bereich vom Segelhafen bis zum Campingplatz am ausgeprägtesten auf. Auf Grund der starken mechanischen Belastung fehlten vor dem Bad Wasserpflanzen bis zu einer Tiefe von 1,5 m fast völlig. Auf Bade- oder Erholungsverkehr zurückzuführende Schäden an der Vegetation sind ansonsten nicht weiter erwähnenswert. Auch der Fischereibetrieb macht sich nach unseren Beobachtungen nicht negativ auf die Flora des Sees bemerkbar. Im Gegensatz zu manchen Eifelmaaren (vgl. MELZER et al. 1985) hielt sich auch die Menge des in den See geworfenen Abfalls (Flaschen, Dosen etc.) in Grenzen. Positiv ist außerdem zu bewerten, daß nur ein zu vernachlässigend geringer Teil des Ufers befestigt und verbaut wurde. Durch die lediglich in sehr beschränkter Zahl zugelassenen Surfer werden nach unseren Erkenntnissen nur im näheren Umkreis um die Anlegestelle Beschädigungen der Vegetation verursacht. Wenn weiterhin darauf geachtet wird, daß keine Uferzonen außerhalb dieser Anlegestellen angefahren werden, ist diese Wassersportart aus der Sicht des Schutzes der Wasservegetation tolerierbar.

4. Diskussion

Mit insgesamt 38 verschiedenen submersen Arten weist der Laacher See einen Artenreichtum auf, wie er von sonst fast keinem anderen See unserer Regionen erreicht wird. Im Starnberger See beispielsweise konnten 24 submerse Arten nachgewiesen werden (MELZER & HERRMANN 1980) im Königssee 11 (MELZER et al. 1981) im Genfer See 30 (LACHAVANNE 1977) in fünf dem Laacher See benachbarten Maaren insgesamt 20 (MELZER et al. 1986). Lediglich im Chiemsee erreichte die Zahl der submersen Arten mit 35 (MELZER et al. 1986) die des Laacher Sees knapp. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß der Chiemsee mit über 80 km^2 Fläche eine fast 25 mal größere Ausdehung als der Laacher See besitzt. Es fragt sich, welche Gründe für diesen außergewöhnlichen Artenreichtum verantwortlich zu machen sind. Sehr aufschlußreich wären in diesem Zusammenhang Angaben über die Anzahl submerser Arten in vergangenen Jahrzehnten. Unseres Wissens liegen darüber leider keine detaillierten Aussagen vor. Die Arbeit von NÜCHEL (1980) enthält keine verwertbaren Hinweise, denn die bei uns mit 9 verschiedenen Arten vertretene Armleuchteralgen werden bei ihm z. B. nicht genauer unterschieden, und auch die übrigen Vermerke zum Vorkommen der submersen Flora müssen als unvollständig angesehen werden.

Nach SCHARF & STABEL (1980) ist der Laacher See als eutrophes Gewässer einzustufen. Diese Charakterisierung wird durch mittlere Sichttiefen von 4,3 m und Gesamt-P-Gehalte von ca. 40 μg P/l bestätigt. Noch im Jahr 1926 beschreibt THIENEMANN (zit. in NÜCHEL 1980) den Laacher See jedoch als oligotrophes Gewässer mit nährstoffarmem Wasser, das dem vieler Alpenseen vergleichbar sei und das außerdem arm an trübenden Teilchen sowie Phyto- und Zooplankton wäre. Besonders aufschlußreich ist der Hinweis, daß Schilf-, Binsen und andere Uferpflanzen nur schwach entwickelt waren.

Seit dieser Zeit stieg die pflanzliche Produktion im Laacher See offensichtlich stark an. Zu vermuten ist, daß die Nährstoffbelastung und damit die Ankurbelung der Primärproduktion mit einer Intensivierung der Landwirtschaft im Umland des Sees und einer Zunahme der vom

Kloster und dem dazugehörigen Hotel in den See geleiteten Abwässer einherging und damit vor ca. 25 Jahren ihren Anfang nahm. Seit dem Bau einer Kläranlage hat sich die Belastungssituation zwar entspannt, aber der Laacher See wird wegen seiner sehr langen theoretischen Wassererneuerungszeit von ca. 70 Jahren (SCHARF & STABEL 1980) noch lange Zeit benötigen, um den früheren Trophiezustand in etwa wieder zu erreichen.

Die zunehmende Nährstoffbelastung des Sees in den vergangenen Jahrzehnten dürfte einer der Gründe sein, daß der Laacher See eine so besonders reiche submerse Flora aufweist. Vermutlich konnten sich aus den Zeiten sehr geringer Belastung sog. oligotraphente (nährstoffmeidende) Arten bis heute im See halten, aber andererseits durch die gestiegenen Nährstoffkonzentrationen auch neue Arten ansiedeln. Eine Bestätigung für die Richtigkeit dieser Annahme liefert das Verbreitungsbild der Arten. Die eutraphenten (nährstoffliebenden) Arten konzentrieren sich eindeutig auf die beiden Bereiche des Sees, an denen es zu Belastungen kam und weiterhin kommt. Es ist dies der Südteil, in den auch heute, nach der Abwassersanierung, Nährstoffe in den See gelangen. Z. B. mündet in Abschnitt 1 ein kleiner Graben, der offensichtlich hohe Nährstoffkonzentrationen enthält, denn im Umkreis seiner Mündung findet man in einem Bereich von ca. 100 m massenhaft Grünalgen auf dem Gewässergrund. Am gegenüberliegenden Nordufer sind es Belastungen, die von einem Zeltplatz und Bad ausgehen. Die übrigen Uferzonen des Laacher Sees erfahren keine nennenswerten Störungen. Am Westufer waren einige kleinere Nährstoffquellen unter Wasser an lokal begrenzten Grünalgenbildungen zu erkennen. Die Erhaltung des Seeumlandes ist darauf zurückzuführen, daß sich der See im Privatbesitz des Klosters befindet.

Als Indikatoren für die auf die beiden Uferbereiche beschränkten lokalen Nährstoffbelastungen können folgende Arten herangezogen werden: *Ceratophyllum demersum, Elodea canadensis, Potamogeton mucronatus, Potamogeton pusillus, Callitriche cophocarpa* und *Myriophyllum spicatum.* Die zuletzt aufgeführte Art weist dabei aber wesentlich geringere Häufigkeiten auf als die übrigen. Bei einer Reihe von anderen Arten besteht ebenfalls eine auffällige Konzentration auf den Süd- bzw. Nordbereich des Sees, aber in diesem Fall beschränkt sich der Verbreitungsschwerpunkt nicht nur auf die erwähnten Abschnitte, in denen die höchsten Nährstoffkonzentrationen zu vermuten sind (im Süden Abschnitte 22, 1); im Norden Abschnitte 8 – 11), sondern sie umfassen auch noch die seitlich benachbarten Seeteile. Zu dieser Artengruppe gehören *Ranunculus circinatus, Potamogeton pectinatus, Potamogeton lucens, Elodea nuttallii* und auch die beiden Armleuchteralgen-Arten *Chara vulgaris* und *Nitella mucronata.*

Diese Zuordnung der Zeigerwerte stimmt sehr gut mit derjenigen überein, die MELZER et al. (1986) am ebenfalls sehr artenreichen Chiemsee aufstellten. Zusätzlich bestätigt wird der besondere Zeigerwert der Characeen, die allgemein eine höhere Anforderung gegenüber der Wasserqualität besitzen. Bis auf die beiden vorher erwähnten Arten *Chara vulgaris* und *Nitella mucronata*, liegt der Schwerpunkt des Vorkommens der übrigen Characeen außerhalb der Belastungsbereiche.

Ob sich diese empfindlichen Arten in Zukunft noch im See halten können, ist fraglich. Sich weiterhin verringernde Sichttiefen (SCHARF, pers. Mitt.) deuten nämlich darauf hin, daß trotz einer Abwassersanierung die Produktivität des Sees immer noch ansteigt. Dieser Entwicklung werden einige der bereits heute sehr seltenen Arten wie *Chara tomentosa, Chara delicatula* und *Chara contraria* vermutlich bald zum Opfer fallen.

Den Artenreichtum des Laacher Sees bedingen darüber hinaus noch weitere, lokal wirksame Standorteigenschaften als die bisher erwähnten Unterschiede in der Nährstoffbelastung. Ein mit der geologischen Entstehung eng zusammenhängender, spezieller Standortfaktor sind die Kohlensäureaustritte. Dort hat sich eine ganz eigene Pflanzengesellschaft gebildet, die außerhalb der auf das Ostufer beschränkten sog. Mofetten nicht vorkommt. Eine Gefährdung dieser Vegetationseinheiten durch eine zunehmende Nährstoffbelastung ist kaum zu erwarten, da dort offensichtlich auch Grundwasser zutritt, was aus den besseren

Sichtverhältnissen im Bereich der Mofetten zu schließen ist.

Von Bedeutung für den Artenreichtum des Laacher Sees dürften schließlich auch noch die Sedimentverhältnisse sein. Sie variieren entlang der Uferbank. Es ist zu vermuten, daß in manchen Bereichen die Lavakiese besonders günstige Siedlungsbedingungen für einige Makrophyten darstellen, da hier ein, wenn auch langsam verwitterndes, so doch sehr nährstoffreiches Substrat vorliegt.

Die erwähnten Zusammenhänge legen die Vermutung nahe, daß in den kommenden Jahren im Laacher See auffällige qualitative und quantitative Veränderungen im Makrophytenbestand ablaufen werden. Um alle aufgeworfenen Fragen sicher beantworten zu können, müßten allerdings weiterführende Untersuchungen angestellt werden. Diese wären dabei nicht nur für eine vertiefende Kenntnis der limnologischen Verhältnisse des Laacher Sees von Interesse, sondern sie besäßen wegen der hydrobotanischen Ausnahmestellung dieses Gewässers auch eine große allgemeine wissenschaftliche Bedeutung.

Danksagung

Für ihre Beteiligung bei der Tauchkartierung sei Raimund Harlacher, Karin Held, Reinhold Sirch und Elise Vogt herzlich gedankt. Dem Kloster Maria Laach danken wir für die freundliche Unterstützung unserer Untersuchungen. Die Bestimmung kritischer Moosarten hat dankenswerterweise Herr R. Lotto (Garmisch-Partenirchen) übernommen. Herr Dr. S. J. Casper (Jena) überprüfte die Utricularienbelege, Herr Dr. D. T. E. van der Ploeg (Sneek, Niederlande) die der Gattung *Potamogeton*, sowie Herr Dr. W. Zielonkowski (Laufen) die der Gattung *Callitriche*. Herr Schmidt-Lüttmann (LFUG) bereitete die Kartierung organisatorisch vor, was wesentlich zu deren Gelingen beitrug. Den genannten Herren sei dafür herzlich gedankt. Für ihre tatkräftige Unterstützung wollen wir den Mitgliedern der DLRG-Station am Laacher-See schließlich noch unsere Anerkennung aussprechen. Die Untersuchungen wurden durch das Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz finanziert.

Literaturverzeichnis

BAUMANN, E. (1911): Die Vegetation des Untersees (Bodensee). – Arch. Hydrobiol Suppl. **1**: 1 – 544

LACHAVANNE, J.-B. (1977): Contribution à l'étude des macrophytes du Léman. – Thése n° 1760 Université de Genève

LANG, G. (1968): Vegetationsveränderungen am Bodenseeufer in den letzten hundert Jahren. – Schr. VG Bodensee, **86**: 295 – 319

LOHAMMAR, G. (1938): Wasserchemie und höhere Vegetation schwedischer Seen. V. Beziehungen zwischen Wasserchemie und Wasservegetation. – Symb. Bot. Ups., **3**: 1 – 252

MELZER, A. (1976): Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayerischer Seen. – Diss. Bot. **34**, Vaduz: Cramer

– (1981): Veränderungen der Makrophytenvegetation des Starnberger Sees und ihre indikatorische Bedeutung. – Limnologica (Berl.), **13**: 449 – 458

MELZER, A. & HERRMANN, M. (1981): Die quantitative Verbreitung der Makrophytenvegetation des Starnberger Sees. – Ber. Bayer. Bot. Ges., **51**: 31 – 56

MELZER, A.; MARKL, A. & MARKL, J. (1981): Die submerse Makrophytenvegetation des Königssees in ihrer quanitativen Verbreitung. – Ber. Bayer. Bot. Ges., **52**: 99 – 107

MELZER, A.; HELD, K; HARLACHER, R. & VOGT, E. (1985): Die qualitative und quantitative Verbreitung makrophytischer Wasserpflanzen in fünf Maaren der Eifel. – Beitr. Landespflege Rheinland-Pfalz, **10**: 34 – 75

MELZER, A.; HARLACHER, R.; HELD, K.; SIRCH, R. & VOGT, E. (1986): Die Makrophytenvegetation

des Chiemsees. - Inf. Ber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, **4/86**: 1 - 120

NÜCHEL, G. (1980): Zur Vegetation des Laacher Sees. - Mitt. POLLICHIA, **68**: 156 - 165

SCHARF, B. W. & STABEL, H.-H. (1980): Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers der Eifelmaare. - Mitt. POLLICHIA, **68**: 111 - 128

TÜXEN, R. & PREISING, E. (1942): Grundbegriffe und Methoden zum Studium der Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften. - Dtsch. Wasserwirtsch., **37**: 10 - 17 u. 57 - 69.

(Bei der Schriftleitung eingegangen am 31. 1. 1986, Verbesserungen am 10. 3. 1987)

Anschrift des Verfassers:
Priv. Doz. Dr. Arnulf Melzer, Institut für Botanik und Mikrobiologie der TU München, Arcisstraße 21, D-8000 München 2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: 74

Autor(en)/Author(s): Melzer Arnulf

Artikel/Article: Die Verbreitung makrophytischer Wasserpflanzen im Laacher See 157-173