© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich **130**: 189-200

Saisonale Dynamik submerser Makrophyten in einem See des steirischen Salzkammerguts

Johann KALHS, Robert JEHLE und Georg A. JANAUER

Von Frühjahr bis Herbst 1991 wurde im Altausseer See die Verteilung submerser Makrophyten an einem ausgewählten Transekt dokumentiert. Besonderer Wert wurde dabei auf die Ausarbeitung und Erprobung einer photographischen Methode zur Erfassung der Flächendeckung gelegt. Die vier am Transekt vorkommenden Gefäßpflanzenarten zeigten hinsichtlich ihrer räumlichen Verteilung und der zeitlichen Abfolge der Bestandsausbildung deutliche Unterschiede.

KALHS J., JEHLE R. & JANAUER G. A., 1993: Seasonal dynamics of submerged macrophytes at Lake Altaussee (Styria, Austria).
In 1991 the distribution of submerged aquatic macrophytes of the littoral zone was investigated at Lake Altaussee. In particular, underwater photography was applied in a highly efficient manner using a new device which allowed accurate area measurements of the macrophyte stands. Four species of vascular aquatic plants occurred in the study location. Each shows a characteristic distribution on the substrate as well as individual seasonal variation.

Keywords: Altausseer See, seasonal dynamics, submerged macrophytes, subsurface photography, distribution.

Einleitung

Mit zunehmender Einengung des Litorals von Gewässern durch anthropogene Aktivitäten werden auch submerse Wasserpflanzen beeinträchtigt. Durch ihre Eigenschaft als Primärproduzenten und aufgrund der Bedeutung dieser Arten für die weitere Aufgliederung des Lebensraumes nehmen Erkenntnisse über die Ökologie dieser Pflanzen zunehmend größeren Stellenwert ein (WETZEL 1983).

Pflanzenkartierungen als Grundlage für limnologische Untersuchungen im Makrophytengürtel von Gewässern beziehen sich sehr häufig auf Momentaufnahmen (SCHLOTT et al. 1979, 1980; SCHLOTT-IDL 1980, 1981, 1982). Allerdings wird dabei die saisonale Dynamik außer acht gelassen, die mit der räumlichen und zeitlichen Verteilung und damit der Diversität der Pflanzen in Zusammenhang steht (MALICKY 1984).

Beschränkt man sich auf eine einmalige Dokumentation, kann es geschehen, daß nur bestimmte Arten ihre Flächenmaxima erreicht haben, daß bei der Mehrzahl der Arten hingegen das Maximum noch zu erwarten ist oder schon

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

in der Vergangenheit vorgelegen hatte. Demgegenüber ermöglichen Untersuchungen über zumindest eine volle Vegetationsperiode, Einblick in den gesamten Lebenszyklus der Pflanzen zu nehmen.

Aus diesem Grund wurde die photographische Unterwasserkartierungsmethode weiterentwickelt und auf die Erfassung der saisonalen Dynamik und der Tiefenverteilung von submersen Makrophyten ausgelegt.

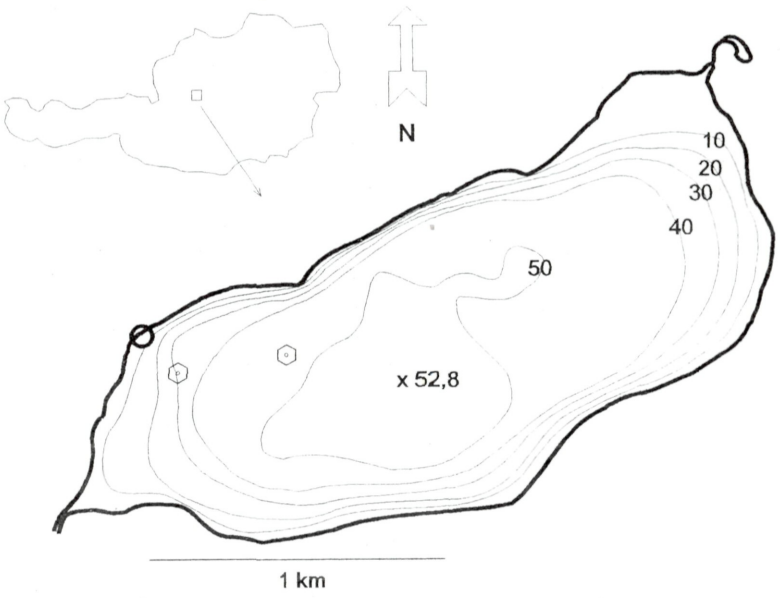


Abb. 1: Geographische Lage des Altausseer Sees in Österreich.
Die Zahlenangaben an den Isobathen beziehen sich auf Meter Wassertiefe, der gerasterte Kreis gibt die Untersuchungsstelle wieder, die sechseckigen Symbole deuten die Stellen der Sichttiefenmessung an.

Material und Methode

Freilanduntersuchungen

Die Studien wurden in der NW-Bucht des Altausseer Sees (Tab. 1, Abb. 1) im steirischen Salzkammergut (Österreich) durchgeführt, einem für diese Region charakteristischen oligotrophen, dimiktischen Gewässer (JAGSCH 1989, MORTON 1932, RUTTNER 1938, STUNDL 1953).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 1: Hydrographische Daten des Altausseer Sees.

Seehöhe	712 m
Fläche	2,1 km^2
maximale Tiefe	52,8 m
mittlere Tiefe	34,6 m
Volumen	72 x 10^6 m^3
theoretische Wassererneuerungszeit	7 Monate
Abfluß MQ	3,8 $m^3 \cdot s^{-1}$
Einzugsgebiet	54,5 km^2
Durchschnittl. Eisbedeckung	57 d
Umgebungsfaktor	26
Uferentwicklung	1,32

Das Hauptverbreitungsgebiet für submerse Gefäßpflanzen liegt in der westlichen Seehälfte. Im Gegensatz zu den östlichen Substraten, wo grober Kies und Steine vorherrschen, ermöglichen die Korngrößen der westlichen Regionen Wachstum von Gefäßpflanzen. Während der Kartierungsarbeiten am 9.9.1991 wurde eine Strömung, hervorgerufen durch Zirkulation des Epilimnions, mit einer Geschwindigkeit von 5-10 $cm \cdot s^{-1}$ beobachtet, die ausreichte, faustgroße epiphytische Algenkonglomerate von ihrem Substrat abzulösen. Auf die Darstellung der benthischen und epiphytischen Algen (u.a. die Gattungen *Spirogyra, Zygnema, Mougeotia, Oedogonium*) ist verzichtet worden.

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich vom 14. April bis 30. September 1991, wobei die Kartierungen zu den in Tabelle 2 angeführten Zeitpunkten durchgeführt wurden.

Bei jeder Kartierung wurden Sichttiefe und Temperatur gemessen. Die Sichttiefe wurde mit einer Secchi-Scheibe mit Durchmesser 25 cm ermittelt; wiedergegeben ist das Mittel von zwei Meßstellen (Tab. 2, Abb. 1).

Die Temperaturverteilung (Abb. 2) wurde bis in 18 Meter Tiefe mittels eines Bimetall-Unterwasser-Thermometers (Fa. Schiele) an Isobathen mit drei Meter Abstand gemessen, die Abweichungen von der tatsächlichen Temperatur liegen bei +/- 0,5 C°.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 2: Zeitpunkte der Einzeluntersuchungen mit Angabe der Sichttiefe (Secchischeibe, 25 cm).

Kartierung	Tag	Sichttiefe (m)
1.	14.4.91	7,0
2.	20.5.91	7,0
3.	2.6.91	7,7
4.	22.6.91	7,2
5.	30.7.91	6,0
6.	7.9.91	8,3
7.	30.9.91	8,0

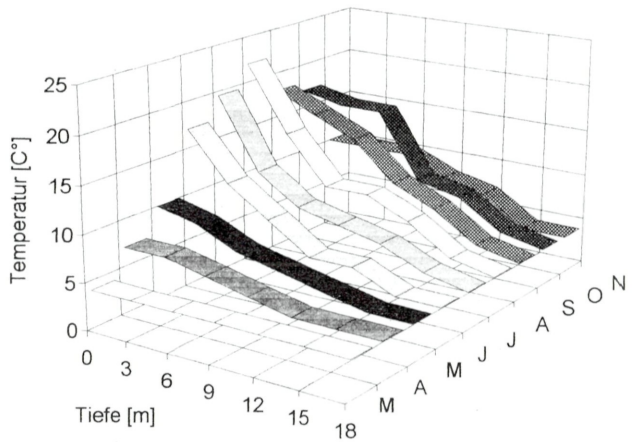


Abb. 2: Wärmeverteilung des Epilimnions im Altausseer See von März bis November 1991.

Ein 18 m langes Transekt wurde von einem Meter Tiefe an abwärts verlegt. Durch die Uferneigung ergab sich als untere Grenze eine Tiefe von 7,6 m (Abb. 3). Am Transekt wurde eine 8 mm starke, orangefarbene Kunststoffleine, die in Abständen von einem Meter markiert war, durch V-förmige Metallspangen dauerhaft am Untergrund fixiert. Zu den Untersuchungszeitpunkten wurde zuerst links und dann rechts an das Transekt ein quadratischer Rahmen mit der Fläche von 1 m^2 angelegt (Abb. 4). So wurde ein zwei Meter breiter Sektor des Makrophytengürtels definiert. Über dem Rahmen aus Aluminium (Abb. 4) wurde eine Unterwasserkamera (Sea & Sea Motomarine II, Objektiv: 20 mm Weitwinkel) mit Elektronenblitz (YS 50-TTL) in 120 cm Höhe montiert und jede Fläche photooptisch dokumentiert. Alle genannten Arbeiten wurden mit tauchtechnischen Mitteln unterstützt.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

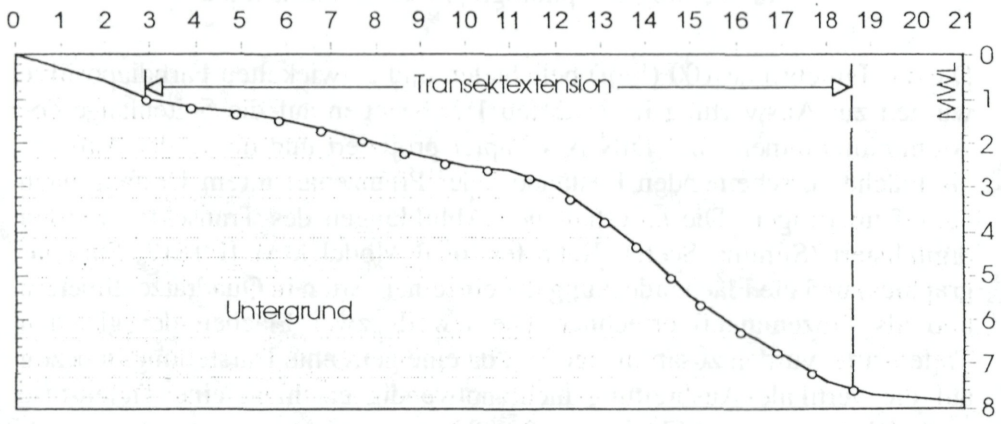


Abb. 3: Profil des Litorals an der Untersuchungsstelle. MWL bezeichnet die mittlere Wasserlinie. Die Unterteilung des Transektes in Metereinheiten ist durch die kreisförmigen Symbole schematisch wiedergegeben. Abszisse: Uferentfernung (m); Ordinate: Tiefe (m).

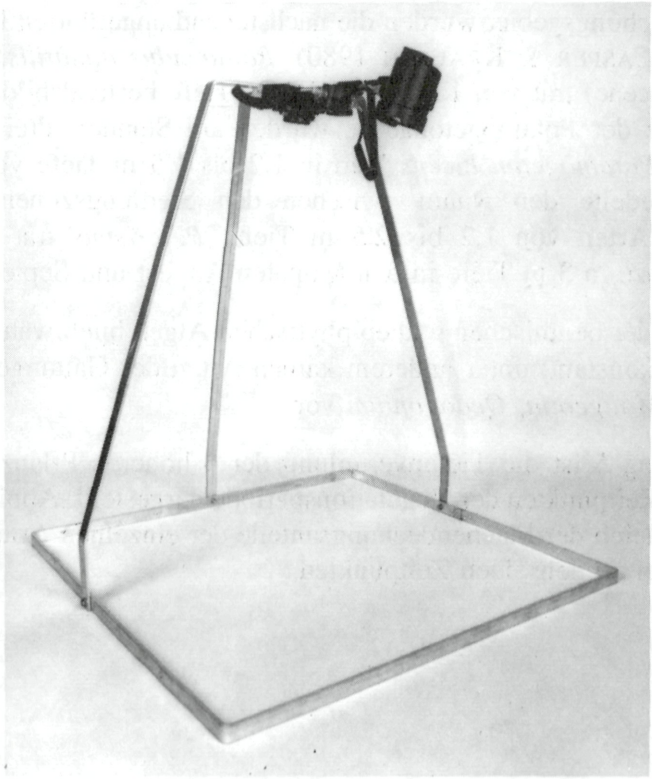


Abb. 4: Rahmen.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Auswertung der photographischen Aufnahmen

Die auf Fujichrome 100 (Fuji) belichteten und entwickelten Farbdiapositive wurden zur Auswertung im Maßstab 1:7, bezogen auf die Seitenlänge des Aluminiumrahmens, auf DIN-A 4-Papier projiziert und die in der Aufsicht als Flächen erscheinenden Bestände jeder Pflanzenart ihrem Umfang nach darauf übertragen. Die so erhaltenen Abbildungen des Transektes wurden digitalisiert (Summa Scetch II Professional Model MM II 1812, Summagraphics) und die Flächendeckung der einzelnen Arten in Quadratzentimetern und als Prozentanteil errechnet. Die jeweils zwei Flächen der gleichen Tiefenstufe wurden zusammengefaßt, da eine getrennte Darstellung in bezug auf die vertikale Ausbreitung nicht notwendig erschien; eine Tiefenstufe entspricht somit einer Fläche von 20.000 cm^2.

Ergebnisse

Im Untersuchungsgebiet wurden die nachstehend angeführten Pflanzenarten gefunden (CASPER & KRAUSCH 1980). *Ranunculus aquatilis* × *circinatus* (Ranunculaceae) trat von 1,5 bis 3,5 Meter Tiefe bestandsbildend auf. Aus der Familie der Potamogetonaceae wurden am Standort drei Arten nachgewiesen: *Potamogeton lucens* kam in 1,2 bis 1,5 m Tiefe vor; *P. obtusifolius* besiedelte den Raum zwischen den Siedlungszonen der vorher genannten Arten von 1,2 bis 2,5 m Tiefe; *P. crispus* trat lediglich als Solitärpflanze in 3 m Tiefe in den Monaten August und September auf.

Der Anteil der benthischen und epiphytischen Algen blieb während des Jahres relativ konstant; unter anderem kamen Arten der Gattungen *Spirogyra, Zygnema, Mougeotia, Oedogonium* vor.

In Abbildung 5 ist die Tiefenverteilung der 4 höheren Pflanzen zu 5 ausgewählten Zeitpunkten der Vegetationsperiode dargestellt. Abbildung 6 zeigt einen Vergleich der Flächendeckungsanteile der einzelnen Arten im Makrophytengürtel zu denselben Zeitpunkten.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

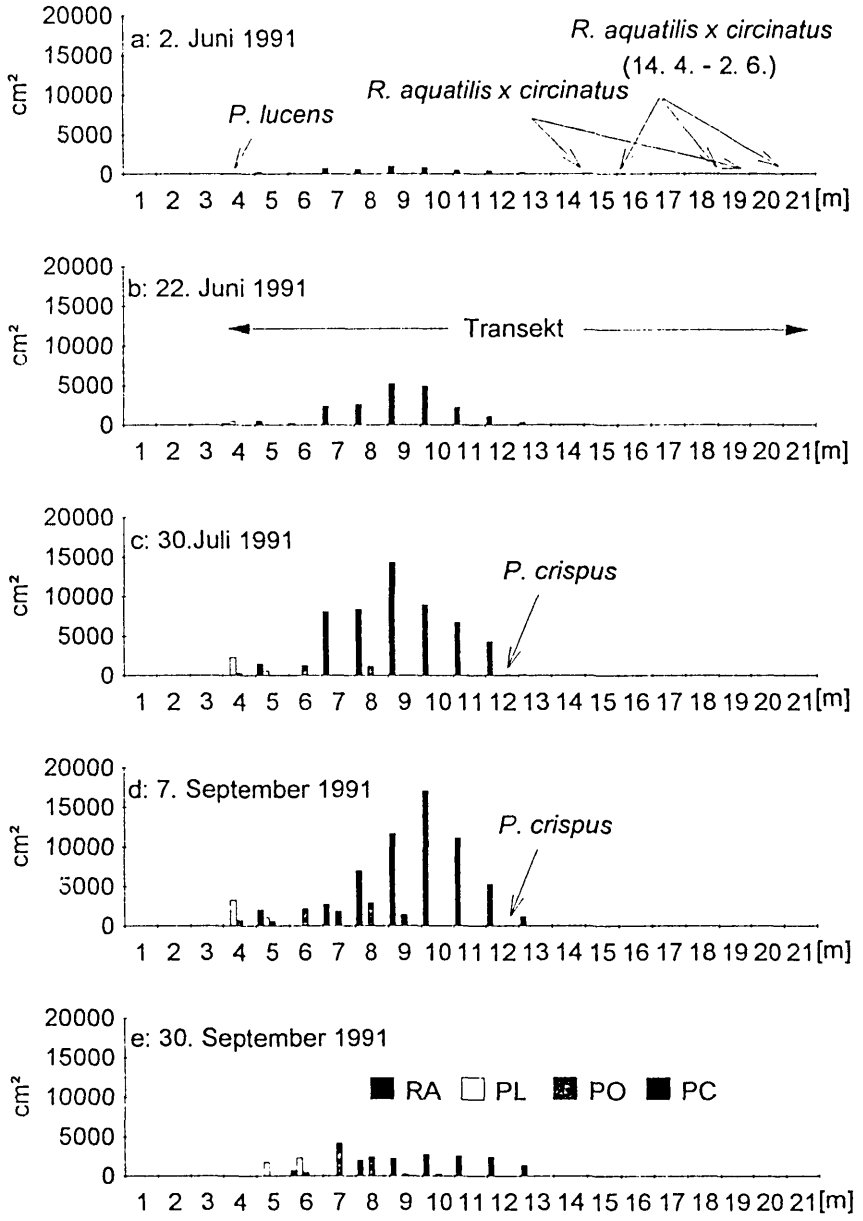
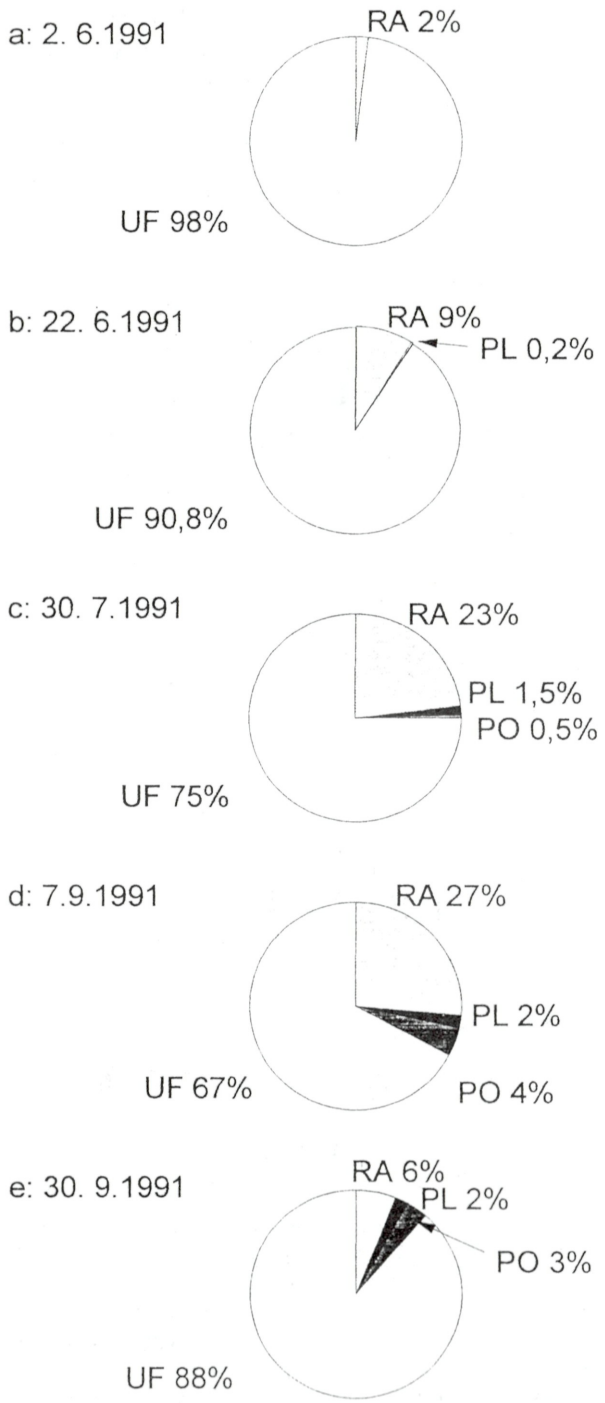


Abb. 5: Saisonale Tiefenverteilung zu fünf ausgewählten Zeitpunkten. In (a) ist der Zustand der Bestände vom 14. April bis 2. Juni wiedergegeben. Die mit Pfeilen bezeichneten Punkte weisen auf Initialpflanzen von *R. aquatilis* × *circinatus* und *P. lucens* hin. In (b) ist die Extension des Transektes dargestellt. Auf der x-Achse ist die Uferentfernung bezogen auf die Substratoberfläche aufgetragen. Der unmittelbar an das Ufer angrenzende Bereich von der Wasseranschlagslinie bis in 1,2 m Tiefe ist nicht von Makrophyten bewachsen.
RA: *R. aquatilis* × *circinatus*; PL: *P. lucens*; PO: *P. obtusifolius*; PC: *P. crispus*.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Diskussion

Methodischer Ansatz

Häufig verwendete Methoden zur qualitativen und quantitativen Datenerhebung auf Gewässerböden, z.B. Greifer und Dredgen (SCHWOERBEL 1986), greifen zerstörerisch in das System ein und machen weitere Untersuchungen in situ unmöglich. Die hier verwendete flächenbezogene, photographische Methode jedoch beeinträchtigt die natürlichen Gegebenheiten überhaupt nicht.

Ein Nachteil der beschriebenen Methode besteht darin, daß hochgewachsene Pflanzenbestände, die näher am Objektiv liegen, größer abgebildet werden, als es ihrer tatsächlichen Fläche entspricht. Auch bei verschieden hohen Beständen (*P. lucens*) ist eine genaue maßstabsgetreue Abbildung nicht mehr gewährleistet. Eine Überbewertung der Flächenanteile von *P. lucens* ist im speziellen Fall nicht auszuschließen. Bei niedrigen oder gleich hohen Beständen (z.B. *Ranunculus* sp., *Potamogeton obtusifolius*) tritt dieses Problem nicht auf.

Auf feinkörnigem Untergrund — wie am untersuchten Uferabschnitt — besteht die Gefahr, durch aufgewirbelten Schlamm das Wasser zu trüben, was die Qualität der Aufnahmen beeinträchtigen würde. Mit Vorsicht und senkrechtem Aufsetzen des Rahmens auf den Untergrund kann dieses Problem vermieden werden.

Für die Auswertung der Photographien sollte die Sichttiefe den zweifachen Wert des Abstandes zwischen Objektiv und Substrat haben. Keine Schwierigkeiten bereitet das Differenzieren auch von kleinen Flächen der verschiedenen Arten, da sie sich sowohl in ihrer Struktur als auch in ihren Farben deutlich unterscheiden. Die maßstabsgetreue Abbildung und die Digitalisierung mittels EDV gewährleisten eine sehr große Genauigkeit; der finanzielle und arbeitstechnische Aufwand ist gering.

Abb. 6: Vergleich der Flächendeckungsanteile zu fünf ausgewählten Zeitpunkten. Die Abbildungen beschränken sich auf die Extension des Makrophytengürtels zur Hauptvegetationszeit vom 4. bis einschließlich 13. Meter der oberflächenbezogenen Uferentfernung, was einem Bereich von 1,2 bis 3,5 m Tiefe entspricht. Auffällig ist der überwiegende Anteil von unbewachsenem Substrat zu allen Zeitpunkten. *P. crispus* (Anteil 0,02 %) wurde nicht berücksichtigt.
RA: *R. aquatilis* × *circinatus*; PL: *P. lucens*; PO: *P. obtusifolius*; UF: unbewachsene Fläche.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Saisonale Bestandsveränderung der submersen Vegetation

Ranunculus aquatilis × *circinatus* trat im Frühjahr als erste Art in Erscheinung, nahm kontinuierlich an Flächendeckung zu und behauptete das ganze Jahr über seine Rolle als dominante Art. Die größte Flächenausdehnung erreichte er wie auch die anderen drei Gefäßpflanzen Anfang September (Abb. 5).

Bei der Analyse des saisonalen Verlaufes der Flächendeckung zeigten die Pflanzenarten eine stark unterschiedliche Entwicklung (Abb. 6). Am 22. Juni war *P. lucens* im obersten Bereich des Makrophytengürtels mit fünf vollständig entwickelten Individuen etabliert, *P. obtusifolius* war hingegen noch überhaupt nicht vertreten. Am 30. Juli nahmen beide Arten den gleichen Flächenanteil ein, und am 7. September hatte *P. obtusifolius* seinen Flächenanteil gegenüber *P. lucens* nahezu verdoppelt; eine einzelne Kartierung im September hätte über die vorangegangenen Änderungen keinen Aufschluß geben können.

Die vertikale Zonierung des Makrophytengürtels durch P. lucens in 1,2-1,5 m Tiefe und *Ranunculus aquatilis* in dem anschließenden Bereich bis ca. 3,5 m Tiefe ist eindeutig dokumentiert. Die Lücken zwischen und in diesen Bereichen wurden ab Anfang Juli von *P. obtusifolius* ausgefüllt, was dessen Rolle als schattenadaptierter Art entspricht (SPENCE & CHRYSTAL 1970a, b, SPENCE 1982). Der Bereich von der mittleren Wasserlinie bis in 1,2 m Tiefe blieb während des gesamten Untersuchungszeitraums unbewachsen. Die Ursachen dafür sind wahrscheinlich im Wellenschlag und in Wasserstandsänderungen zu suchen.

Sichttiefen nach Secchi würden ein Wachstum bis 7 m erwarten lassen (DALE 1986, GESSNER 1955). Tatsächlich wurden im Frühjahr Initialpflanzen von *R. aquatilis* bis in 7,4 m Tiefe festgestellt (Abb. 6), die bald nach ihrem Erscheinen aber wieder verkümmerten. Eine deutliche untere Ausbreitungsgrenze der Makrophyten stellte sich ab Ende Juni in ca. 3,5 m Tiefe ein (Abb. 6). Einen möglichen Grund für den Rückzug in geringere Tiefen könnte die niedrige Temperatur des mächtigen Hypolimnions gebildet haben (Abb. 2).

Trotz der offenkundigen Limitierungen der verwendeten Methode ist in oligothrophen Gewässern mit mäßig hohen Beständen eine sehr rasche, leicht auswertbare Erfassung der Flächendeckung möglich.

Die Bildung von geschlossenen Pflanzenbeständen setzt erst Anfang Juni ein. Dominierende Art ist während der gesamten Vegetationsperiode *Ranunculus*

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

aquatilis × *circinatus*; die Arten aus der Familie der Potamogetonaceae spielen mit Ausnahme von *Potamogeton obtusifolius* eine untergeordnete Rolle. Unterhalb von 3,5 m Tiefe kann keine der untersuchten Arten dauerhaft existieren.

Literatur

CASPER J. & KRAUSCH H., 1980: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fischer, Jena.

DALE H. M., 1986: Temperatur and light: the determining factors in maximum depth distribution of aquatic macrophytes in Ontario, Canada. Hydrobiologia 133, 73-77.

GESSNER F., 1955: Hydrobotanik. Die Physiologischen Grundlagen der Pflanzenverbreitung im Wasser. I. Energiehaushalt. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.

JAGSCH A., 1989: In: Seenreinhaltung in Österreich, Fortschreibung 1981-1987. BMWF, Wien.

MALICKY G., 1984: Lang- und kurzfristige Veränderungen im Makrophytenbewuchs der NE-Bucht des Lunzer Untersees (Austria). Arch. Hydrobiol. 101, 265-27.

MORTON F., 1932: Interessante Seetypen des Steirischen Salzkammergutes. Arch. Hydrobiol. 24, 263-268.

RUTTNER F., 1938: Limnologische Studien an einigen Seen der Ostalpen. Arch. Hydrobiol. 32, 167-319.

SCHLOTT G. & KRONSTEINER E., 1979: Die photographische Kartierung der Mayerbucht des Lunzer Untersees. Jber. Biol. Stat. Lunz 2, 87-90.

SCHLOTT G. & KRONSTEINER E., 1980: Die photographische Kartierung der Mayerbucht des Lunzer Untersees. Jber. Biol. Stat. Lunz 3, 123-126.

SCHLOTT-IDL K.., 1980: Die Auswertung der Ballonfotos. Jber. Biol. Stat. Lunz 3, 127-131.

SCHLOTT-IDL K., 1981: Die Auswertung der Ballonfotos. Jber. Biol. Stat. Lunz 4, 167-171.

SCHLOTT-IDL K., 1982: Die Kartierung der Makrophyten in der Mayerbucht. Jber. Biol. Stat. Lunz, 115-116.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

SCHWOERBEL J., 1986: Methoden der Hydrobiologie. Gustav Fischer, Stuttgart.

SPENCE D. H. N., 1982: The zonation of plants in freshwater lakes. Adv. Ecol. Res. 12, 37-125.

SPENCE D. H. N. & CHRYSTAL J., 1970a: Photosynthesis and zonation of freshwater macrophytes. I. Depth distribution and shade tolerance. New Phytol. 69, 205-215.

SPENCE D. H. N. & CHRYSTAL J., 1970b: Photosynthesis and zonation of freshwater macrophytes. II. Adaptability of species of deep and shallow water. New Phytol. 69, 217-227.

STUNDL K., 1953: Limnologische Untersuchungen an einigen Steirischen Seen. Mitt. Naturw. Ver. Stmk. 83, 171-184.

WETZEL R. G., 1983: Limnology. Saunders College Publishing, Philadelphia.

Manuskript eingelangt: 1993 02 04

Anschrift der Verfasser: Johann KALHS, Institut für Zoologie der Universität Wien, Abteilung für Limnologie, Althanstraße 14, A-1090 Wien; Robert JEHLE, Institut für Zoologie der Universität Wien, Abteilung für Evolutionsbiologie, Althanstraße 14, A-1090 Wien; Univ.-Doz. tit. Ao. Prof. Dr. Georg JANAUER, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Abteilung für Hydrobotanik, Althanstraße 14, A-1090 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Frueher: Verh.des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: 130

Autor(en)/Author(s): Kalhs Johann, Jehle Robert, Janauer Georg A.

Artikel/Article: Saisonale Dynamik submerser Makrophyten in einem See des steierischen Salzkammerguts 189-200