©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tuexenia 18: 285–292. Göttingen 1998.

Zeitliche und räumliche Veränderlichkeit der Wassereigenschaften in der Zonierung der Litoralvegetation

– Stanisław Kłosowski, Iwona Migdalska –

Zusammenfassung

In der Zonierung der durch die Bestände des *Phragmitetum communis, Hydrocharitetum morsus-ranae* und *Potamogetonetum natantis* aufgebauten Litoralvegetation wurde die räumliche und zeitliche Veränderlichkeit von 7 Wassereigenschaften (Farbe, NH_4-N, PO_4-P, Karbonathärte, pH, Na, Cl) untersucht. Es wurde nachgewiesen, daß die Werte der Farbe, der Konzentration an NH_4-N und PO_4-P und der Karbonathärte in Richtung vom Ufer über die einzelnen Vegetationsgürtel bis zum offenen Wasser abnahmen, der pH-Wert und die Konzentration an Na und Cl anstiegen.

Die festgestellten Unterschiede zwischen den einzelnen Vegetationsgürteln hinsichtlich der analysierten Merkmale blieben über die ganze Vegetationsperiode bestehen. Diese Tatsache zeigt, daß der Zonierung der Pflanzengesellschaften die Zonierung der Wassereigenschaften entspricht.

Abstract: Temporal and spatial variation of water chemistry in the zonation of littoral plant communities

In this study, temporal and spatial variations of some water properties (colour, NH_4-N, PO_4-P, carbonate hardness, pH, Na Cl) were investigated in the zones of littoral vegetation composed of *Phragmitetum communis, Hydrocharitetum morsus-ranae* and *Potamogetonetum natantis* phytocoenoses. It was demonstrated that the mean values of colour and carbonate hardness and the concentrations of PO_4-P and NH_4-N declined towards open water, whereas pH and the mean concentrations of Na and Cl increased.

Marked differences in the values of the water properties analysed existed between the zones throughout the growing season, which indicated that the zonal distribution of the littoral plant communities conformed to the spatial gradient of habitat conditions with respect to water chemistry.

Keywords: littoral vegetation, water properties, zonation.

Einleitung

Kennzeichnend für die Litoralzone eines Sees ist das Vorkommen verschiedener Pflanzengesellschaften in einer auffallenden, gürtelartigen Anordnung (ELLENBERG 1963, SCULTHORPE 1967, HUTCHINSON 1975, PODBIELKOWSKI & TOMASZEWICZ 1979 u.a.).

Von den Faktoren, welche die Zonation bedingen, werden meistens Tiefe und Klarheit des Wassers und die damit zusammenhängende Lichtversorgung, Neigung der Seeufer, Gestaltung und Beschaffenheit des Untergrundes, Wellengang und Wasserspiegelschwankungen genannt. Diese Fragen wurden in der Arbeit von SPENCE (1982) zusammengefaßt.

Die räumliche Anordnung der Vegetation in den Seen beschäftigt die Pflanzensoziologen schon seit vielen Jahren. In den meisten Arbeiten über Seevegetation werden Vegetationsprofile der Litoralzone dargestellt und der Einfluß verschiedener physikalischer Faktoren auf die Bildung der Zonation hervorgehoben (z. B. FIJAŁKOWSKI 1960, DĄMBSKA 1961, KRAUSCH 1964, JESCHKE & MUTHER 1978, SUCCOW & REINHOLD 1978). Aus der Zonation hat man Rückschlüsse auf die Verlandungsprozesse in Gewässern gezogen (SOBOTKA 1967, TOMASZEWICZ 1977, OCHYRA 1985, POTT 1980, 1983), oder man hat die Zonation in Seen verschiedener Trophiestufen betrachtet (POTT 1983).

Bislang gibt es aber außer wenigen Ausnahmen (z.B. ÚLEHLOVÁ 1970, KŁOSOWSKI 1990,1992) keine Arbeiten, die sich dem Chemismus der Standorte in der

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Zonierung von pflanzensoziologisch definierten Pflanzengesellschaften der Litoralzone beschäftigen. In diesem Zusammenhang scheint es von besonderem Interesse zu sein, die Differenzierung des Wasserchemismus zu verfolgen, dessen Veränderlichkeit im Bereich der Uferzone allgemein bekannt ist und von vielen Autoren betont wird (PLANTER, 1970, 1973, PIECZYŃSKA 1972, 1988, ÚLEHLOVÁ & PRIBIL 1978, REJEWSKI 1981, u.a.). Es wäre also wichtig zu untersuchen, ob und in welchem Grad der Zonation der Pflanzengesellschaften im Litoral eine Zonation der physikalisch-chemischen Wassereigenschaften entspricht.

Eine Antwort auf diese Frage aufgrund der in einer typischen Vegetationgürtelung des Litorals durchgeführten Untersuchung ist das Ziel der vorliegenden Arbeit.

Untersuchungsgebiet, Material und Methoden

Untersuchungen über die räumliche und zeitliche Veränderlichkeit der Wassereigenschaften in der Zonierung der Litoralvegetation wurden in der verlandenden Bucht des Sees Sawinda Wielka in der Ełk-Seenplatte durchgeführt (Abb. 1).

Die Vegetationsabfolge setzte sich aus folgenden Pflanzengesellschaften zusammen: vom Land beginnend das *Phragmitetum communis* (ca. 50 m breit), darauf folgten das *Hydrocharitetum morsus-ranae* mit dominierendem *Stratiotes aloides* (20 m breit) und das *Potamogetonetum natantis* (20 m breit). Weiter innen erstreckte sich offenes Wasser. Zwischen dem Gürtel des *Phragmitetum communis* und dem des *Hydrocharitetum morsus-ranae* wurden Bestände von *Glyceria maxima* (1–2 m breit) festgestellt, die zusammen mit dem *Phragmitetum* als ein Röhrichtgürtel betrachtet wurden.

Quer zur dargestellten Gürtelung wurde ein Transekt von 10 m Breite angelegt, der über die einzelnen Pflanzengürtel bis zum offenen Wasserspiegel führte. Die Lage des Transektes im See und die Vegetationzonierung ist in Abb. 2 dargestellt. Die pflanzensoziologischen Angaben sind in Tab. 1 enthalten.

Vom Anfang Juli bis Mitte September 1993 wurden jede zweite Woche von jedem Vegetationsgürtel und auch aus der vegetationsfreien Zone Wasserproben für physikalisch-chemische Analysen entnommen, zusätzlich noch einmal Mitte Oktober. Insgesamt ergaben sich für jede der 4 Zonen je 7 Wasserproben. Das Wasser wurde in Plastikbehältern aus der mittleren Tiefe, in der der Pflanzengürtel (Pflanzenbestand) auftrat, entnommen, in der Zone des offenen Wassers aus 0,5 – 1,0 m Tiefe (in Entfernung von 10 – 15 m von der Vegetation).

Bei den wasserchemischen Analysen wurden folgende Bestimmungen berücksichtigt: pH – mit dem pH-Meter N-517, Natrium – flammenphotometrisch mit Flammenphotometer Flapho 4, Chlorid argentometrisch nach Mohr, Farbe in der Platin-Kobalt Skala, Ammonium – kolorimetrisch mit Nesslers Reagens, Phosphat – kolorimetrisch mit Ammoniummolybdat und Zinnchlorid und Karbonathärte nach Warthy-Pfeifer.

Die bei den physikalisch-chemischen Analysen gewonnenen Daten wurden statistisch bearbeitet. Für jede analysierte Wassereigenschaft in den einzelnen Vegetationsgürteln und in der vegetationsfreien Zone wurde der Mittelwert von 7 Proben, die im Laufe der untersuchten Vegetationsperiode entnommen wurden, berechnet. pH-Werte (logarithmische Skala) wurden zu den statistischen Berechnungen in die spezifische Azidität nach WHERRY (1922) umgerechnet. Anschließend wurde die Signifikanz der Unterschiede zwischen den Mittelwerten aufgrund einer einfachen Varianzanalyse in Verbindung mit dem Newman-Keuls-Test (ZAR 1984) bestimmt.

Analyse der Wassereigenschaften in der untersuchten Vegetationszonierung

Die Ergebnisse der Untersuchung der zeitlichen und räumlichen Veränderlichkeit der Wassereigenschaften in den 4 Gürteln des Transektes zeigen, daß man diese Eigenschaften in zwei Gruppen teilen kann:

1. Merkmale, deren Werte sich über die einzelnen Vegetationsgürtel in Richtung des freien Wassers verringerten: Wasserfarbe, Konzentration an NH_4-N, PO_4-P und Karbonathärte (Abb. 3).
2. Merkmale, deren Werte über die einzelnen Vegetationsgürtel in Richtung des offenen Wassers ansteigen: Wasserreaktion, Konzentration an Na und Cl (Abb. 4).

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

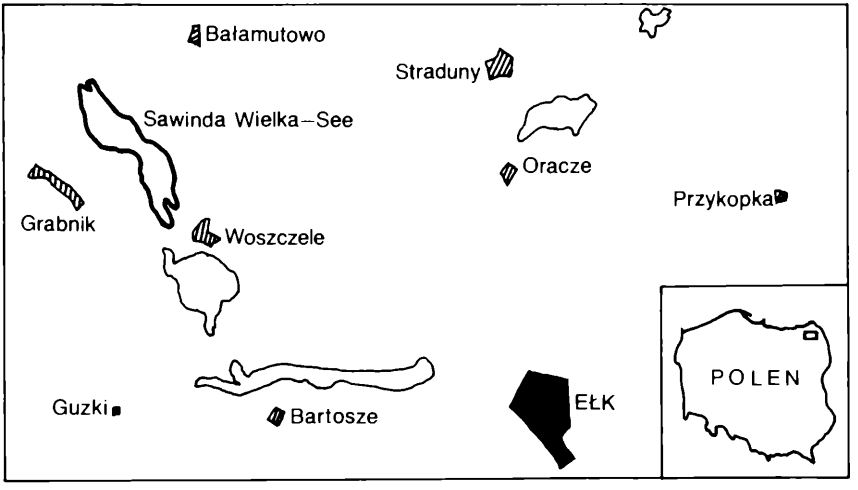


Abb.1: Lage des untersuchten Sees.

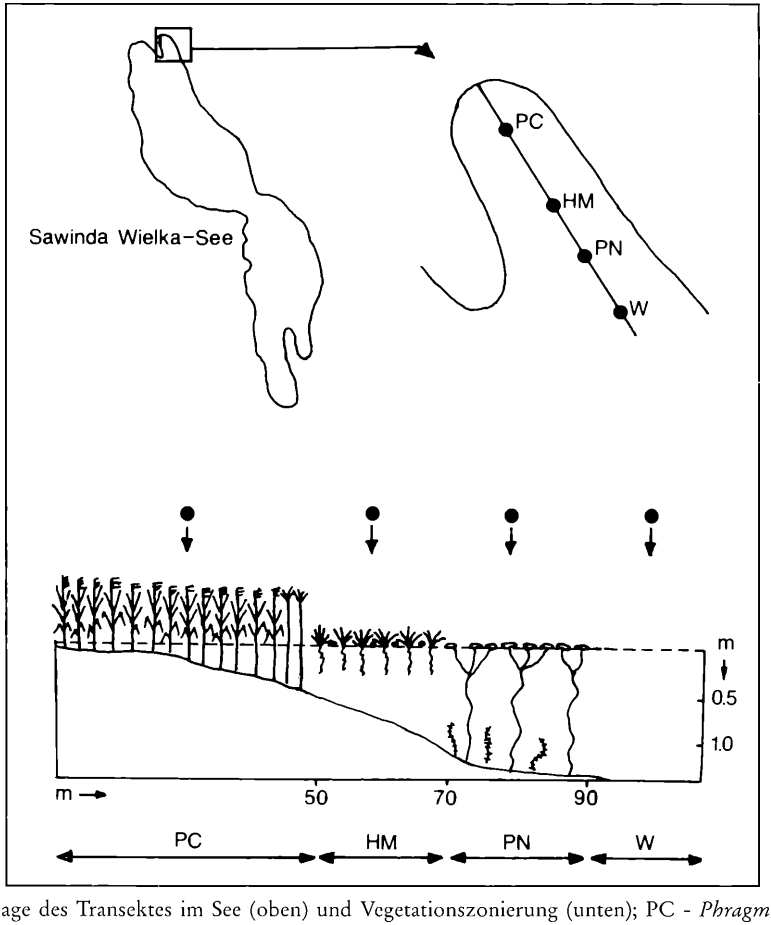


Abb.2: Lage des Transektes im See (oben) und Vegetationszonierung (unten); PC - *Phragmitetum communis*, HM – *Hydrocharitetum morsus-ranae*, PN – *Potamogetonetum natantis*, W - vegetationsfreies Wasser; mit schwarzen Punkten wurden die Orte der Probeentnahme markiert.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tabelle 1: Pflanzensoziologische Angaben über die Pflanzengesellschaften in der untersuchten Zonierung.

Pflanzengesellschaften	Phragmitetum communis	Hydrocharitetum morsus-ranae	Potamogetonetum natantis
Wassertiefe m	0.05–0.4	0.4–0.8	0.8–1.4
Potamogeton natans			5
Stratiotes aloides		5	
Hydrocharis morsus-ranae		3	
Phragmites australis	5		
Ch. Potamogetonetea			
Ceratophyllum demersum			3
Nuphar lutea		+	+
Ranunculus circinatus			+
Myriophyllum verticillatum			+
Ch. Phragmitetea			
Equisetum fluviatile	1		
Acorus calamus	1		
Glyceria maxima	1		
Rumex hydrolapathum	+		
Galium palustre	+		
Iris pseudacorus	+		
Ranunculus lingua	+		
Phalaris arundinacea	+		
Lysimachia thyrsiflora	+		
Peucedanum palustre	+		
Cicuta virosa		+	
Begleiter			
Lemna minor		1	+
Lemna trisulca			+
Spirodela polyrrhiza		3	+
Solanum dulcamara	1		
Calla palustris	+		
Menyanthes trifoliata	1		
Myosotis palustris		+	

Aus den beiden Abbildungen ergibt sich, daß trotz der deutlichen zeitlichen Veränderlichkeit (innerhalb der Vegetationsperiode) klare Unterschiede zwischen den 4 Gürteln im Transekt festzustellen sind. Besonders deutliche Unterschiede gab es zwischen den 3 Vegetationsgürteln. Im Untersuchungszeitraum (3,5 Monate) wurde beobachtet, daß der Vegetationszonierung die Zonierung der Wassereigenschaften entspricht. Für 6 von 7 analysierten Merkmalen wurden Änderungen in jedem Vegetationsgürtel in einem anderen Wertbereich verzeichnet. Wasserfarbe, Gehalt an NH_4-N, PO_4-P und Karbonathärte wiesen die höchsten Werte im Laufe der ganzen Vegetationsperiode fast immer in der von dem *Phragmitetum communis* dominierten Zone auf, niedrigere Werte in der Zone des *Hydrocharitetum morsus-ranae* und die niedrigsten in der *Potamogetonetum natantis*-Zone auf. Umgekehrt war es bei Na und Cl. Die höchsten Werte wurden für diese Merkmale in dem Gürtel des *Potamogetonetum natantis*, niedrigere in der Zone des *Hydrocharitetum morsus-ranae* und die niedrigsten in der Zone des *Phragmitetum communis* fetgestellt. Für die Wasserreaktion gab es keine so eindeutige Gürtelung. Die ganze Wegetationsperiode über hob sich die Zone des *Potamogetonetum natantis* deutlich ab (die höchsten pH-Werte), in den Gürteln des *Phragmitetum communis* und des *Hydrocharitetum morsus-ranae* dagegen verliefen die Änderungen anfangs nicht in einer linearen Sequenz. Erst in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode ließ sich hier eine ähnliche Zonierung wie bei den Gehalten an Na und Cl beobachten.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

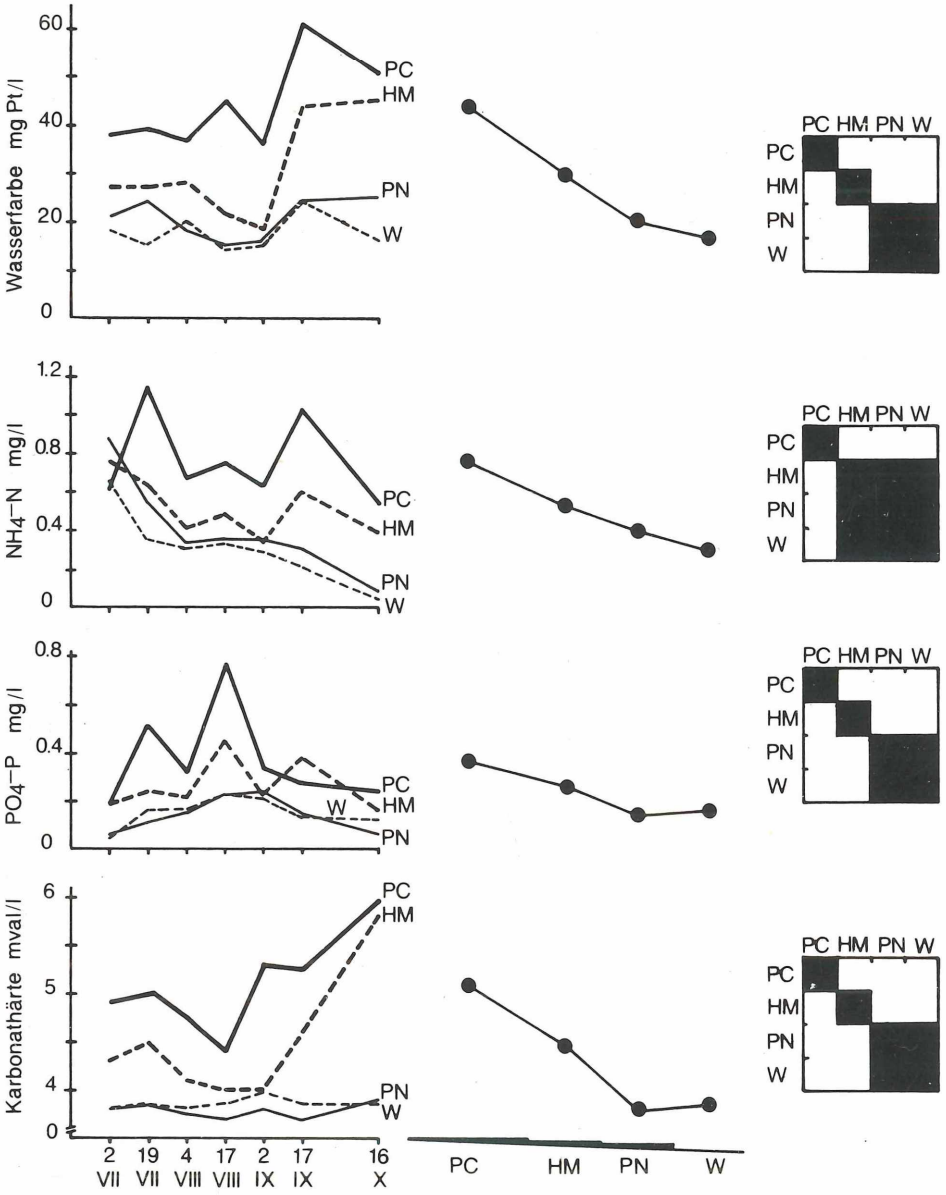


Abb. 3: Zeitliche (links) und räumliche (in der Mitte) Veränderlichkeit der Farbe, des Gehaltes an NH_4-N und an PO_4-P und der Karbonathärte im untersuchten Transekt; Mitte: Mittelwerte der untersuchten Merkmale in einzelnen Zonen, als schwarze Punkte dargestellt ; rechts - die Signifikanz der Unterschiede in den Mittelwerten zwischen den Zonen (schwarze Felder = keine signifikanten Unterschiede).
PC - *Phragmitetum communis*, HM - *Hydrocharitetum morsus-ranae*, PN- *Potamogetonetum natantis*, W - vegetationsfreies Wasser.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

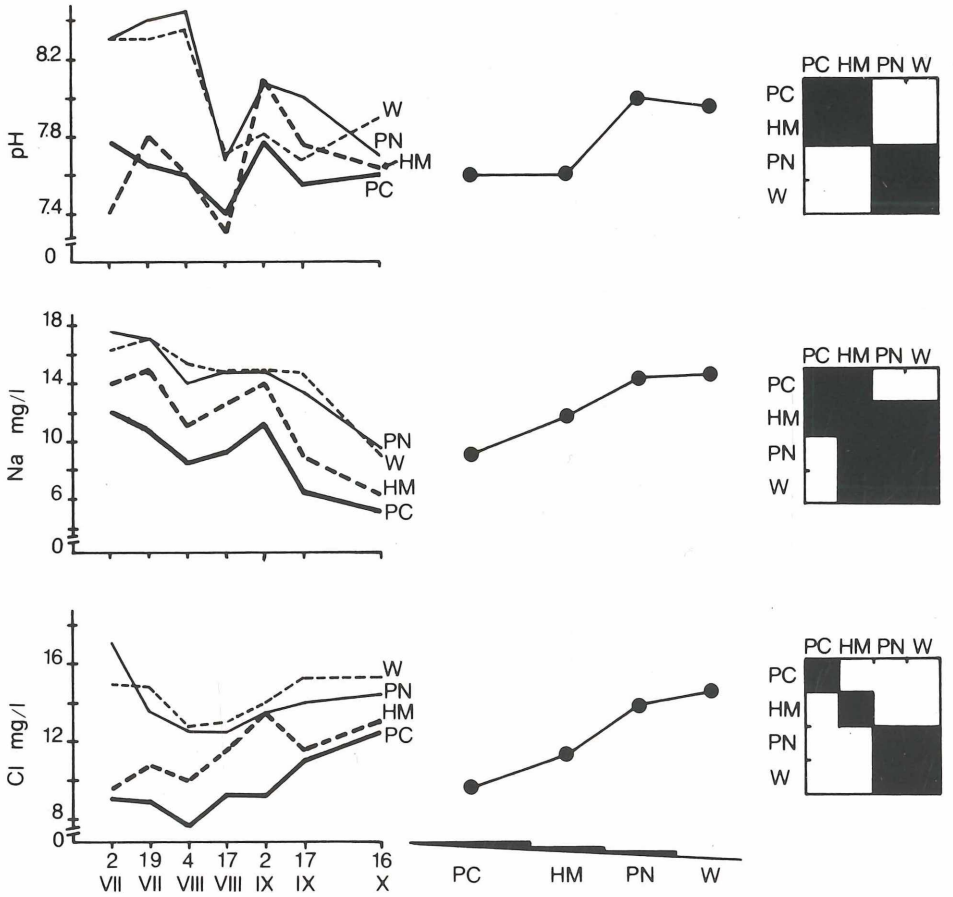


Abb. 4: Zeitliche (links) und räumliche (in der Mitte) Veränderlichkeit des pH-Wertes und des Gehaltes an Na und Cl im untersuchten Transekt; Mitte: die Mittelwerte der untersuchten Merkmale in einzelnen Zonen, als schwarze Punkte dargestellt; der Mittelwert der Wasserreaktion wurde nach der Umrechnung in spezifische Azidität angegeben; rechts: die Signifikanz der Unterschiede in den Mittelwerten zwischen den Zonen (schwarze Felder - keine signifikanten Unterschiede).
PC - *Phragmitetum communis*, HM - *Hydrocharitetum morsus-ranae*, PN - *Potamogetonetum natantis*, W - vegetationsfreies Wasser.

Aus beiden Abbildungen geht auch hervor, daß in der vegetationsfreien Zone die Werte aller untersuchten Merkmale stark den Werten aus der *Potamogetonetum natantis*-Zone ähneln. Bei 3 Merkmalen (Farbe, NH_4-N, Cl) wurde die oben dargestellte Zonierung beibehalten.

Dieses Bild der Differenzierung in den Gürteln des Transektes wird im hohen Maße durch den Signifikanztest der Unterschiede zwischen den Mittelwerten für die einzelnen Wassereigenschaften in allen Gürteln des Transekts bestätigt (Abb. 3 und 4 – rechts).

Keine signifikanten Unterschiede ergaben sich zwischen der Zone des *Potamogetonetum natantis* und der Zone des offenen Wasser. Es ist aber deutlich ersichtlich, daß bei 4 Merkmalen (Farbe, PO_4-P, Karbonathärte, Cl) die Unterschiede zwischen allen Vegetationsgürteln signifikant sind. Hinsichtlich des Gehaltes an NH_4-N wurden signifikante Unterschiede zwischen der Zone des *Phragmitetum communis* und den beiden anderen Vegetationszonen nachgewiesen. Der pH-Wert war dagegen in den Gürteln des *Phragmitetum communis* und des *Hydrocharitetum morsus-ranae* sehr ähnlich im Unterschied zur Zone des

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Potamogetonetum natantis (signifikanter Unterschied). Hinsichtlich der Konzentration an Na gab es einen signifikanten Unterschied zwischen den Gürteln des *Phragmitetum communis* und des *Potamogetonetum natantis*. Aus den beiden Abbildungen geht hervor, daß auch bei den Merkmalen, für die keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden konnten, wie z.B. NH_4-N oder Na, eine Zonierung bestand, die der Vegetationszonierung folgt.

Diskussion

Auf eine Differenzierung der Wassereigenschaften in dem dicht von Vegetation besiedelten Litoral wiesen schon andere Autoren hin (z.B. ZACHWIEJA 1965, PLANTER 1970, 1973, GAUDET, MUTHURI 1981, u.a.). Ihre Arbeiten bezogen sich aber nicht auf streng im Sinne der Pflanzesoziologie definierte Vegetationseinheiten. Ergebnisse, die von deutlicher Korrelation der Zonierung konkreter Pflanzengesellschaften (*Thelypteridi-Phragmitetum, Hydrocharitetum morsus-ranae, Nupharo-Nymphaeetum albae*) mit dem Chemismus des Standortes zeugen, wurden von KŁOSOWSKI (1992) dargestellt. Die vorliegende Arbeit ist die Fortsetzung dieser Untersuchungen.

Die gewonnenen Ergebnisse erlauben es, auf die in dieser Arbeit gestellte Frage eine eindeutige Antwort zu geben. Der Zonierung von Pflanzengesellschaften im Litoral entspricht die Zonierung der untersuchten physikalisch-chemischen Wassereigenschaften! Diese Tatsache zeugt davon, daß die nach dem Prinzip der floristischen Dominanz ausgeschiedenen Wasserpflanzen-Gesellschaften nicht nur bestimmte ökologische Ansprüche aufweisen, sondern auch ihre Standorte in eigenartiger Weise modifizieren. Man sollte aber nicht vergessen, daß nicht in jedem Fall die Unterschiede hinsichtlich der Wassereigenschaften zwischen den Gesellschaften in einer Zonierung so evident sind. Dies hängt zweifellos von den anfänglichen Wassereigenschaften des Standortes ab, die einen Einfluß auf die Artenzusammensetzung und die innere Struktur der Gesellschaften ausüben. Von großer Bedeutung ist auch die Fläche, die ein Pflanzenbestand einnimmt. Je größer sie ist, desto stärker kommt die standörtliche Eigenständigkeit des Pflanzenbestandes zum Ausdruck. Eine große Rolle spielt auch die Dauer der Pflanzenbestände, denn die ist für den Grad der Modifizierung des Standortes ausschlaggebend.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse kann man sagen, daß die pflanzesoziologisch definierten, großflächigen Gesellschaften des Litorals sich nicht nur durch strukturelle, sondern auch durch standörtliche und funktionelle Eigenständigkeit auszeichnen. Das kann man besonders in späteren Stadien der Verlandung (z.B. in den seicht werdenden Seebuchten) beobachten, wo die Vorherrschaft bestimmter Gesellschaften an der Oberfläche des Gewässers zunimmt und dadurch ihr modifizierender Einfluß auf das Wasser größer wird. In solchen Situtionen können diese Gesellschaften nicht nur als Bioindikatoren bestimmter Standorte angesehen werden, sondern auch Veränderungen dieser Standorte anzeigen.

Literatur

DĄMBSKA, I. (1961): Roślinne zbiorowiska jeziorne okolic Sierakowa i Miedzychodu. PTPN, Wydz. Mat.-Przyr. 23 (4): 1–120.

ELLENBERG, H. (1963): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Bd. IV, Teil 2. Eugen Ulmer, Stuttgart: 948 S.

FIJAŁKOWSKI, D. (1960): Szata roślinna jezior Łęczyńsko–Włodawskich i przylegających do nich torfowisk. - Annales UMCS, Sec. B 14, (3): 131–206.

GAUDET, J.J., MUTHURI, F.M. (1981): Nutrient relationships in shallow water in an African Lake, Lake Naivasha. - Oecologia (Berlin) 49: 109–118.

HUTCHINSON, G.E. (1975): A Treatise on Limnology. III. Limnological Botany. – John Wiley & Sons, New York, 660 S.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

JESCHKE, L., MÜTHER, K. (1978): Die Pflanzengesellschaften der Rheinsberger Seen. – Limnologica (Berlin) 11 (2): 307–353.
KŁOSOWSKI, S. (1990): Litoralvegetation stehender Gewässer - Ökologie, Dynamik und Bioindikationswert. - Polish. Bot. Stud. 1: 149–184.
– (1992): Temporal and spatial variation of habitat conditions in the zonation of littoral plant communities. – Aquat. Bot. 43: 199–208.
KRAUSCH, H.-D. (1964): Die Pflanzengesellschaften des Stechlinsee-Gebietes. I. Die Gesellschaften des offenen Wassers. – Limnologica (Berlin) 2 (2):145–203.
OCHYRA, R. (1985): Roślinnoś ćlejków krasowych w okolicach Staszowa na Wyżynie Małopolskiej. – Monogr. Bot. 66:1–136.
PIECZYŃSKA, E. (1972): Ekologia pobrzeza jeziornego. – Ekol.Pol. 20: 637–723.
– (1988): Rola makrofitów w kształtowaniu trofii jezior. – Wiadomości ekologiczne 34 (4):375–404.
PLANTER, M. (1970): Physico-chemical properties of the water of reed-belts in Mikołajskie, Tałtowisko and Śniardwy Lakes. – Pol. Arch. Hydrobiol. 17: 337–356.
– (1973): Physical and chemical conditions in the helophytes zone of lake littoral. – Pol. Arch. Hydrobiol. 20: 1–7.
PODBIELKOWSKI, Z., TOMASZEWICZ, H. (1979): Zarys Hydrobotaniki. – PWN, Warszawa: 531 S.
POTT, R. (1980): Die Wasser- und Sumpfvegetation eutropher Gewässer in der Westfälischen Bucht. – Pflanzensoziologische und hydrochemische Untersuchungen. – Abh. Landesmus. Naturkde. Münster in Westfalen 42: 1–156.
– (1983): Die Vegetationsabfolgen unterschiedlicher Gewässertypen Nordwestdeutschlands und ihre Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt des Wassers. – Phytocoenologia 11 (3): 407–430.
REJEWSKI, M. (1981): Roślinność jezior rejonu Laski w Borach Tucholskich. – Rozprawy Uniw. Mikołaja Kopernika. Toruń: 178 S.
SCULTHORPE, C.D. (1967): The biology of aquatic vascular plants. – Edward Arnold (Publishers) Ltd. London: 610 S.
SOBOTKA, D. (1967): Roślinność strefy zarastania bezodpływowych jezior Suwalszczyzny. – Monogr. Bot. 23 (2): 175–258.
SPENCE, D.H.N. (1982): The zonation of plants in freshwater lakes. – Adv. Ecol. Res. 12: 37–125.
SUCCOW, M., REINHOLD, A. (1978): Das Vegetationsgefüge eines jungpleistozänen Klarwassersees und seine Belastbarkeit – eine Studie mit Hilfe von Farbluftbildern. – Limnologica (Berlin) 11 2: 355–377.
TOMASZEWICZ, H. (1977): Dynamics and systematic position of Thelypteridi-Phragmitetum Kuiper 1957. - Acta Soc. Bot. Pol. 46 (2): 331–338.
ÚLEHLOVÁ, B. (1970): An ecological study of aquatic habitats in north-west Overijssel, the Netherlands. – Acta Bot. Neerl. 19 (6): 830–857
–, PRIBIL, S. (1978): Water chemistry in the fishpond littorals. – In: DYKYJOVÁ, D., KVET, J. (Edit.): Pond Littoral Ecosystems. Structure and Functioninig. – Ecological Studies 28: 126–155.
WHERRY, E.T. (1922): Note on specific acidity. – Ecology 3: 346-347.
ZACHWIEJA, J. (1965): Wahania dobowe temperatury, O_2, CO_2, pH i alkaliczności w litoralu jeziora Mamry. – Pol. Arch. Hydrobiol. 35: 5–27.
ZAR, J.A. (1984): Biostatistical Analysis. – Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey: 718 S.

Stanisław Kłosowski
Iwona Migdalska
Uniwersytet Warszawski, Zakład Botaniki Środowiskowej
Aleje Ujazdowskie 4
PL-00-478 Warszawa, Polska

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Tuexenia - Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: NS_18

Autor(en)/Author(s): Klosowski Stanislaw, Migdalska Iwona

Artikel/Article: Zeitliche und räumliche Veränderlichkeit der Wassereigenschaften in der Zonierung der Litoralvegetation 285-292