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

Tuexenia 17: 125–136. Göttingen 1997.

Zur Soziologie und Ökologie des Hydrilletum verticillatae Tomaszewicz 1979 und des Elodeetum canadensis (Pign. 1953) Pass. 1964 in Nordost-Polen

Stanisław Kłosowski und Henryk Tomaszewicz

Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Hypothese über die Verdrängung der Grundnessel (*Hydrilla verticillata*) von den meisten ihrer natürlichen Wuchsorte in Polen durch die Kanadische Wasserpest wurde eine vergleichende soziologische und standörtliche Analyse der aktuellen Fundorte des *Hydrilletum verticillatae* (Nordost-Polen) und des im selben Gebiet vorkommenden *Elodeetum canadensis* in seinen beiden Formen (aus den Seen und aus den astatischen Kleingewässern) durchgeführt.

Die weite ökologische Amplitude des *Elodeetum canadensis* wurde bestätigt und die Eigenständigkeit des *Hydrilletum verticillatae* hinsichtlich der Wasser- und Bodeneigenschaften seiner Standorte nachgewiesen.

Die Bestände des *Hydrilletum verticillatae* entwickeln sich vorwiegend an Wasserstandorten, die im Vergleich zu den beiden Formen des *Elodeetum canadensis* ärmer an Na, K und Cl sind, höheren Gehalt an SO_4 aufweisen und viel tiefer sind (bis 2,5 m). Die Bodensubstrate weisen hier höheren Wassergehalt auf und sind wesentlich reicher an Stickstoff, SO_4, gelöstem SiO_2 und Ca.

Die Annahme scheint berechtigt, daß diese Standorte für das *Hydrilletum verticillatae* optimal sind, und daß diese Assoziation hier deshalb dem Eindringen des *Elodeetum canadensis,* das im erwähnten Gebiet in astatischen Kleingewässern sein Entwicklungsoptimum erreicht, standhalten konnte.

Abstract: Phytosociological and habitat studies on the phytocoenoses of Hydrilletum verticillatae and Elodeetum canadensis in north-eastern Poland

Studies on the phytosociology and habitat of *Hydrilletum verticillatae* and *Elodeetum canadensis* phytocoenoses were conducted in order to evaluate the hypothesis that *Hydrilla verticillata* is becoming replaced by *Elodea canadensis* in many of its native locations. The survey was carried out in north-eastern Poland where both *Hydrilletum verticillatae* and *Elodeetum canadensis* are known to occur.

The present data have confirmed that the phytocoenoses of *Elodeetum canadensis* have a wide ecological amplitude (they occur in lakes and astatic bodies of water within north-eastern Poland) and that there are considerable differences between the habitats of the associations studied. The phytocoenoses of *Hydrilletum verticillatae* mainly develop in deeper waters, richer in SO_4 but generally poorer in Na, K, and Cl than those of *Elodeetum canadensis* from lakes and astatic bodies of water. The substrates they inhabit are more highly hydrated and are markedly richer in total N, SO_4, dissolved SiO_2 and Ca.

It appears, therefore, that in such habitats the phytocoenoses of *Hydrilletum verticillatae* have attained their developmental optimum and do not tend to be replaced by the phytocoenoses of *Elodeetum canadensis*, which find the most favourable conditions for development in astatic water bodies within north-eastern Poland.

Keywords: ecological amplitude, *Elodeetum canadensis*, *Hydrilletum verticillatae.*

Einleitung

Hydrilla verticillata (L. fil.) Royle gehört zu den seltenen Arten der polnischen Flora. Sie ist ein Vertreter des atlantischen Elementes, das im Bereich des ozeanischen oder subozeanischen Klimas vorkommt und die stark kontinental getönten Gebiete meidet (TOMASZEWICZ 1976). Die Grundnessel erreicht in Polen die südliche Grenze ihres Areals.

Alle aktuellen Vorkommen dieser Art in Polen (die Zahl der Fundorte überschreitet die Zahl von 20 nicht) befinden sich im nordöstlichen Teil Polens (TOMASZEWICZ 1976,

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

1979, PIETSCH 1981). Aus diesem Gebiet wurde auch auf Grundlage der pflanzensoziologischen Angaben von zwei Seen (Płaskie-See und Kruglak-See) die Assoziation des *Hydrilletum verticillatae* beschrieben (TOMASZEWICZ 1979). Dieses Gebiet ist das einzige in Polen, wo sowohl die Grundnessel als auch die in der Wuchsform ähnliche, expansionskräftige Kanadische Wasserpest *(Elodea canadensis* Michx.) vorkommt, eine allgemein verbreitete Wasserpflanze, die in vielen Seen und anderen Gewässern in diesem Gebiet ausgedehnte Bestände bildet.

Man vermutet, daß die Grundnessel vor der Einwanderung der Kanadischen Wasserpest in Europa in unseren Gewässern viel häufiger und reichlicher vorkam, aber von ihren Wuchsorten durch die Kanadische Wasserpest bald verdrängt wurde (SEEHAUS 1870, STEFFEN 1931, TOMASZEWICZ 1976 u.a.). Diese interessante Hypothese ist schwer zu bestätigen, denn es mangelt an früheren, genauen Angaben zum simultanen Vorkommen beider Arten, wie auch über die dabei erfolgenden standörtlichen Veränderungen.

Das Auftreten sowohl des *Hydrilletum verticillatae* als auch des *Elodeetum canadensis* in Nordost-Polen ermöglicht, die beiden Gesellschaftstypen pflanzensoziologisch zu vergleichen und eine vergleichende Analyse ihrer Standortverhältnisse durchzuführen. Solche vergleichenden Analysen – das Ziel der vorliegenden Arbeit – können mindestens indirekt zur Überprüfung der oben erwähnten Hypothese beitragen und erlauben es auch, die aktuellen Beziehungen zwischen dem *Elodeetum canadensis* und dem *Hydrilletum verticillate* im Untersuchungsgebiet zu erfassen.

Untersuchungsgebiet, Material und Methoden

Als Ausgangspunkt für den Vergleich dienten in der vorliegenden Arbeit die pflanzensoziologischen und standörtlichen Angaben zu 8 Beständen des *Hydrilletum verticillatae* aus 3 Seen und über 35 Bestände des *Elodeetum canadensis* (20 Bestände aus 14 Seen und 15 aus 12 astatischen Kleingewässern). Die Daten wurden in der Vegetationsperiode (Juli–August) in den Jahren 1985–1992 im nordöstlichen Teil Polens gesammelt (Abb. 1).

In jedem untersuchten Bestand wurde eine pflanzensoziologische Aufnahme nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1951) angefertigt, die Wassertiefe gemessen und eine Wasser- und Bodenprobe für die physikalisch-chemischen Analysen entnommen. Die Wasserproben wurden in Plastikbehälter aus der mittleren Wassertiefe geschöpft, in welcher die einzelnen Pflanzenbestände siedelten. Die Wasserproben für die Bestimmung von BSB_5 wurden in die 250 ml-Glasflaschen gefüllt.

Die Bodenproben wurden von der Rhizom-Wurzel-Schicht mit Hilfe eines Rohrbodenstechers mit Plexiglasende entnommen. Jede Bodenprobe, die später analysiert wurde, bestand aus drei in demselben Bestand entnommenen Einzelproben. Alle Wasser- und Bodenproben wurden direkt ins Laboratorium gebracht, in Kühlschränken bei 4°C gelagert und dann innerhalb weniger Tage analysiert.

Bei den hydrochemischen Analysen wurden folgende Bestimmungen durchgeführt: pH-Wert (digitales pH-Meter N-5122), BSB_5 (nach Winkler), Ammonium (kolorimetrisch mit Phenoldisulfosäure), Oxydierbarkeit (als $KMnO_4$-Verbrauch in saurem Medium), Gesamt- und Karbonathärte (nach Warthy-Pfeifer), Chlorid (argentometrisch nach Mohr), gelöstes Silikat (kolorimetrisch mit Ammoniummolibdat), Gesamteisen (kolorimetrisch mit Rhodamid), Phosphat (kolorimetrisch mit Ammoniummolibdat und Zinnchlorid), Sulfat (nefelometrische Methode), Calcium, Natrium und Kalium (Flammenphotometer Flapho 4), Magnesium (Atomabsorbtionspektrometer AAS 1N), Wasserfarbe (Platin-Kobalt-Skala).

Bei den Bodenproben wurden unmittelbar bestimmt: pH-Wert, Wassergehalt, Oxydierbarkeit und Gehalt an organischer Substanz. Andere Bestimmungen wurden nach Vorbehandlung der Proben durch Mineralisierung (Gesamtstickstoff), nach Ausführung saurer Extraktion mit HCl 1 + 1 (Gesamteisen, Calcium, Magnesium, Sulfat, Phosphat) und nach wäßriger Extraktion (Chlorid, Nitrat, gelöstes Silikat) durchgeführt. Natrium und Kalium wurden jeweils aus den geglühten Rückständen analysiert, nach der Bestimmung von Wassergehalt und Gehalt an organischer Substanz. Die Analysen der sauren und wäßrigen Extrakte sowie die Bestimmung von Natrium, Kalium, pH und der Oxydierbarkeit erfolgten nach den oben beschriebenen Methoden. Der Wassergehalt des Bodens wurde durch Trocknen der Proben bei 105°C über 1,5 Stunden und der Gesamtstickstoff nach der Kjeldahl-Methode bestimmt.

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

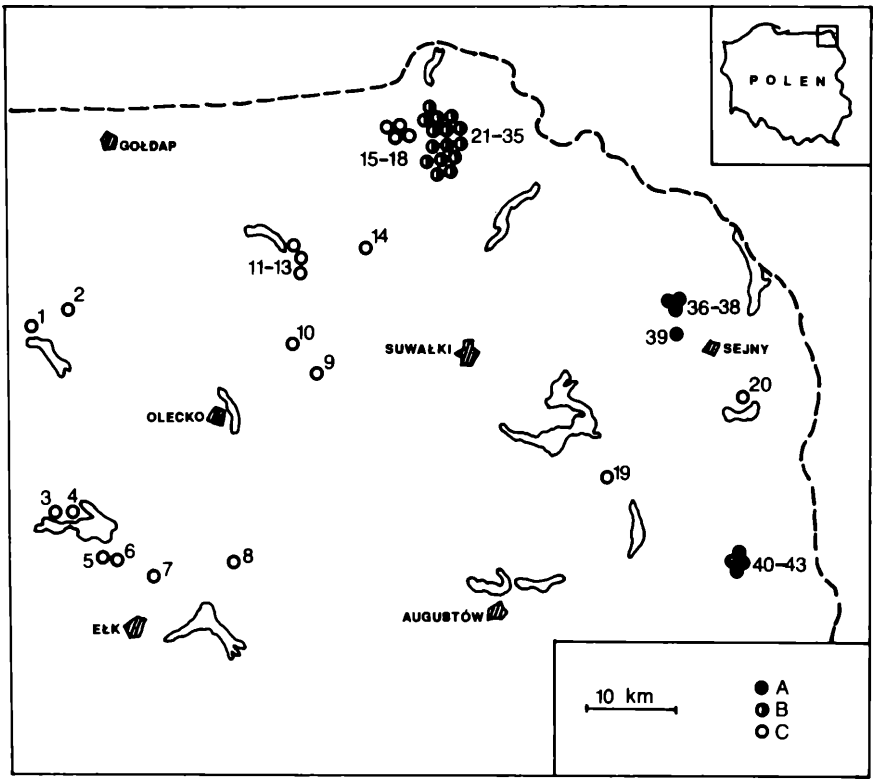

Abb. 1: Verteilung der untersuchten Bestände des *Hydrilletum verticillatae* und des *Elodeetum canadensis*. A – *Hydrilletum verticillatae*, B – *Elodeetum canadensis* aus den Kleingewässern, C – *Elodeetum canadensis* aus den Seen.
1: Pilwąg-See, 2: Legenda-See, 3–4: Łaśmiady-See, 5–6: Straduńskie-See, 7: Miluki-See, 8: Golubskie-See, 9: Sumowo-See, 10: Głębokie-See, 11- 13: Kamienne-See, 14: Łanowicze-See, 15–18: Okliny-See, 19: Tobołowo- See, 20: Dowcień-See, 21–35: 15 Bestände des *Elodeetum canadensis* aus 12 Kleingewässern, 36–38: Płaskie-See, 39: Białe-See, 40–43: Kruglak-See.

Die Wasser- und Bodeneigenschaften an den Standorten des *Hydrilletum verticillatae* wurden getrennt mit jenen an den Standorten des *Elodeetum canadensis* aus den Seen und mit denen aus astatischen Kleingewässern verglichen. Die Unterschiede zwischen den Standorten des *Elodeetum canadensis* in den Seen und in den astatischen Kleingewässern wurden in einer anderen Arbeit beschrieben (KŁOSOWSKI & TOMASZEWICZ 1996)

In den hier durchgeführten Analysen wurden für die untersuchten Gesellschaften die Mittelwerte und Amplituden der einzelnen Wasser- und Bodeneigenschaften herangezogen. Für die statistische Auswertung wurden die pH-Werte (logarithmische Skala) auf die spezifische Azidität nach WHERRY (1922) umgerechnet. Wegen sehr großer Unterschiede in der Probenzahl (8, 15, 20) und der Abweichung der Zahlenangaben von der Normalverteilung einiger Eigenschaften wurde die Signifikanz der Unterschiede zwischen dem *Hydrilletum verticillatae* und den beiden Typen der Bestände des *Elodeetum canadensis* in Anlehnung an den t-Test (bei normal verteilten Merkmalen) oder an parameterfreien Mann-Whitney-Test (ZAR 1984) bestimmt (bei großer Abweichung von der Normalverteilung des Merkmals). Es wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% angenommen.

Um die Standorte des *Hydrilletum verticillatae* mit den Standorten beider Bestandes-Typen des *Elodeetum canadensis* hinsichtlich aller analysierten Standorteigenschaften synthetisch zu vergleichen, wurden die Merkmale standardisiert und die biometrische Methode der Merkmalslinien (MATUSZKIEWICZ 1974) angewandt. Die einzelnen Standorteigenschaften wurden getrennt für Wasser und für Boden verglichen.

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

Pflanzensoziologische und ökologische Charakteristik der untersuchten Gesellschaften

Die pflanzensoziologische Analyse der Bestände des *Hydrilletum verticillatae* und der beiden Bestands-Typen des *Elodeetum canadensis* (Tab. 1) zeigt, daß in den *Hydrilletum verticillatae*-Beständen deutlich mehr *Potamogetonetea*-Arten dominieren, darunter besonders *Stratiotes aloides* L., *Myriophyllum verticillatum* L., *M. spicatum* L., *Ceratophyllum demersum* L. und *Nuphar lutea* (L.) Sm.

In den Beständen des *Elodeetum canadensis*, die sich in den Seen entwickelt haben, ist der Anteil der genannten Arten geringer. Zahlreicher sind dort aber sowohl andere *Potamogetonetea*-Arten als auch Begleiter vertreten. Von den Begleitern ist der Anteil an *Lemna*

Tab. 1: Pflanzensoziologische Daten der untersuchten Gesellschaften

Assoziation Zahl der Aufnahmen	HV 8	EC_1 20	EC_2 15
Hydrilla verticillata	V^{4-5}		
Elodea canadensis		V^{4-5}	V^{5}
Ch. Potamogetonetea			
Stratiotes aloides	III^{+-1}	II^{+}	
Myriophyllum verticillatum	III^{+}	I^{+}	
Myriophyllum spicatum	II^{1}	I^{+}	
Ceratophyllum demersum	II^{+-1}	II^{+}	
Nuphar lutea	II^{+}	II^{+}	
Potamogeton compressus	I^{+}	II^{+}	
Utricularia vulgaris	I^{+}	I^{+}	
Potamogeton natans		I^{+}	II^{+-1}
Potamogeton friesii		I^{+}	II^{+}
Potamogeton lucens		I^{+}	
Potamogeton perfoliatus		I^{+}	
Nymphaea alba		I^{+}	
Hydrocharis morsus-ranae		I^{+}	
Ranunculus circinatus		I^{+}	
Begleiter			
Equisetum fluviatile	I^{+}		
Sagittaria sagittifolia	I^{+}	I^{+}	II^{+}
Lemna trisulca		III^{+}	I^{+}
Potentilla palustris		II^{+}	
Alisma plantago-aquatica		I^{+-1}	
Lemna minor		I^{+}	III^{+}
Fontinalis antipyretica		I^{+}	
Phragmites australis		I^{+}	
Typha latifolia		I^{+}	
Spirodela polyrrhiza		I^{+}	
Chara tomentosa		I^{+}	
Eleocharis palustris		I^{+}	
Sparganium emersum		I^{+}	
Glyceria fluitans		I^{+}	
Acorus calamus		I^{+}	
Sparganium minimum		I^{+}	
Chara fragilis		I^{+}	

HV – Hydrilletum verticillatae; EC_1 - Elodeetum canadensis aus den Seen; EC_2 - Elodeetum canadensis aus den Kleingewässern. Stetigkeit: I, II...V; Artmächtigkeit: +, 1, 2...5

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

trisulca L. und *Potentilla palustris* (L.) Scop. besonders groß, also an den Arten, die in den Beständen des *Hydrilletum verticillatae* nicht festgestellt wurden.

Hinsichtlich der Artenzusammensetzung unterscheiden sich die Bestände des *Hydrilletum verticillatae* von den in Kleingewässern vorgefundenen Beständen des *Elodeetum canadensis* am deutlichsten. Letztere sind floristisch am ärmsten. Von den *Potamogetonetea*-Arten kommen hier häufiger nur *Potamogeton natans* L. und *P. friesii* Rupr. vor, und von Begleitern hat nur *Lemna minor* L. einen größeren Anteil. In den Beständen des *Hydrilletum verticillatae* treten diese Arten nicht auf.

Die Bestände des *Hydrilletum verticillatae* entwickeln sich im ersten wasserseitigen Pflanzengürtel, meistens in einer Wassertiefe von 1–2,5 m. Uferwärts stehen sie im Kontakt mit den Beständen des *Nupharo-Nymphaeetum albae* oder des *Potamogotonetum natantis.* Das Substrat besteht meistens aus mineral-organischen Böden. In einigen der 8 Bestände des *Hydrilletum verticillatae* gab es blühende Grundnesselpflanzen.

In den Seen entwickeln sich die Bestände des *Elodeetum canadensis* in einer Wassertiefe von 0,1 bis 1,7 m, vom Bereich seichterer Uferpartien bis ins offene Wasser hinein. Sie grenzen sowohl an Wasserpflanzen-Bestände als auch an Röhrichte und siedeln auf Mineralböden oder auf mineral-organischen Substraten. Blühende *Elodea canadensis*-Pflanzen wurden nicht festgestellt.

In astatischen Kleingewässern entwickeln sich die Bestände des *Elodeetum canadensis* meistens in Wassertiefen von einigen cm bis 1,2 m. Sie siedeln auf mineral-organischen Böden. Uferwärts stehen sie im Kontakt mit Röhrichten oder mit *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*-Gesellschaften (z.B. mit Beständen des *Menyanthetum trifoliatae*, *Calletum palustris* etc.). In den meisten dieser Bestände wurde üppiges Blühen von *Elodea canadensis* beobachtet.

Physikalisch-chemische Eigenschaften des Wassers und des Bodens

Die standörtlichen Angaben weisen auf eine ökologische Eigenständigkeit der Bestände des *Hydrilletum verticillatae* gegenüber den beiden Formen des *Elodeetum canadensis* (d.h. den Beständen aus den Seen und denjenigen aus den Kleingewässern) hin. Dies betrifft sowohl Wasser- (Abb. 2, 3, Tab. 2) als auch Bodeneigenschaften (Abb. 4, 5, Tab. 3)

In den Abb. 2 und 4 sind die standardisierten Mittelwerte der einzelnen Eigenschaften für die untersuchten Standorte in Form von mit Linien verbundenen Punkten dargestellt. Jede Linie kennzeichnet die Wasser- (Abb. 2) oder die Bodeneigenschaften (Abb. 4) des Standortes von demselben Typ der Bestände, d.h. der Bestände des *Hydrilletum verticillatae*, der Bestände des *Elodeetum canadensis* in den Seen und derjenigen aus den Kleingewässern. In beiden Abbildungen teilt die senkrechte Linie, durch den Nullpunkt der Skala geführt, die standardisierten Werte über (links von der Senkrechten) und unter (rechts von der Senkrechten) dem allgemeinen Mittelwert eines jeden Merkmals für alle drei untersuchten Standorte.

Aus Abb. 2 und Tab. 2 ergibt es sich, daß die Bestände des *Elodeetum canadensis* hinsichtlich der physikalisch-chemischen Wassereigenschaften ein breites Spektrum von Standorten besiedeln. Seine Standorte unterscheiden sich stark sowohl untereinander, als auch von denen des *Hydrilletum verticillatae.* Dessen Standorte weichen von denen des *Elodeetum canadensis* aus den Kleingewässern am meisten ab. Die ersteren sind deutlich reicher an Ca, Mg, gelöstem SiO_2 und SO_4, weisen auch eine größere Wassertiefe und eine höhere Wasserhärte auf (die Linie für das *Hydrilletum verticillatae* verläuft bei diesen Merkmalen rechts von der Linie für das *Elodeetum canadensis* aus den Kleingewässern), sind dagegen ärmer an Gesamt-Fe, NO_3-N, PO_4-P, Na, K und Cl und weisen niedrigere Werte der Wasserfarbe, BSB und der Oxydierbarkeit auf (die Linie des *Hydrilletum verticillatae* ist auf diesem Abschnitt nach links von der Linie des *Elodeetum canadensis* verschoben).

Die Unterschiede zwischen den beiden Standorten erwiesen sich bei allen erwähnten Parametern als statistisch signifikant (Tab. 2). Nur hinsichtlich der Wasserreaktion (spezifische Azidität) und der Konzentration an NH_4-N waren diese Standorte annähernd ähnlich.

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

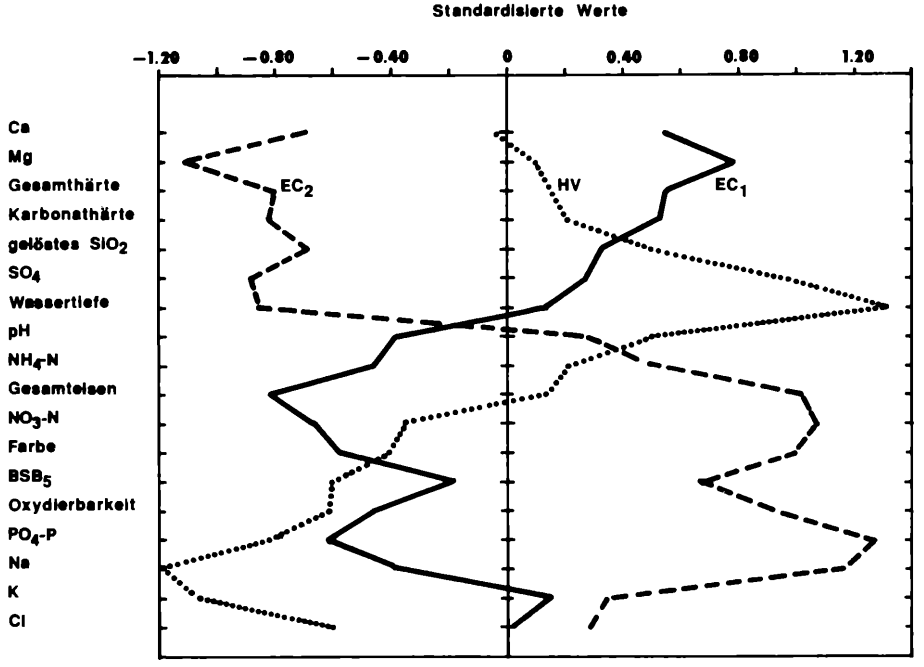

Abb. 2: Vergleich der Wassereigenschaften in den untersuchten Gesellschaften mit der Methode der Merkmalslinien. Der pH-Wert wird als spezifische Azidität ausgedrückt. HV – *Hydrilletum verticillatae*, EC_1 – *Elodeetum canadensis* aus den Seen, EC_2 – *Elodeetum canadensis* aus den Kleingewässern.

Tab. 2: Physikalisch-chemische Eigenschaften der Wasserstandorte der verglichenen Gesellschaften (Mittelwerte und Signifikanz der Unterschiede, P = 0,05. Signifikante Differenzen sind mit + gekennzeichnet).

Eigenschaften		HV n=8	EC1 n=20	EC2 n=15	Signifikanz HV-EC1	HV-EC2
Ca	mg/l	28,8	37,0	19,4		+
Mg	mg/l	11,5	14,9	5,4		+
Gesamthärte	mval/l	2,69	2,98	1,99		+
Karbonathärte	mval/l	2,34	2,58	1,59		+
gel. SiO2	mg/l	3,67	3,32	1,36		+
SO4	mg/l	14,8	10,6	3,5		+
Wassertiefe	m	1,53	0,92	0,41		+
pH		7,7	8,5	7,8		
NH4-N	mg/l	0,62	0,37	0,72		
Gesamt-Fe	mg/l	0,31	0,05	0,56		+
NO3-N	mg/l	0,06	0,03	0,15		+
Farbe	mg Pt/l	29	25	60		+
BSB5	mg O2/l	2,75	3,38	4,72*		+
Oxydierbarkeit	mg O2/l	11,5	12,6	22,9		+
PO4-P	mg/l	0,02	0,06	0,38		+
Na	mg/l	1,41	3,99	9,03		+
K	mg/l	0,48	1,66	1,85		+
Cl	mg/l	5,52	8,09	9,19		+

HV - Hydrilletum vertcillatae; EC1 - Elodeetum canadensis aus den Seen; EC2 Elodeetum canadensis aus den Kleingewässern. *n=13

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

Die Unterschiede zwischen den Wasserstandorten des *Hydrilletum verticillatae* und des *Elodeetum canadensis* aus den Seen sind geringer, aber doch deutlich. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen diesen Standorten konnten für 6 Merkmale aufgezeigt werden: Konzentration an Mg, Wassertiefe, spezifische Azidität und Gehalt an Fe, Na und K (Tab. 2). Für die Wassertiefe, die spezifische Azidität und die Gesamt-Fe-Konzentration wurden höhere Werte im Wasser der Standorte des *Hydrilletum verticillatae* festgestellt, und die Konzentrationen an Mg, Na, und K hatten hier niedrigere Werte.

Aus Abb. 2 wird ersichtlich, daß die Werte solcher Merkmale wie der Gehalt an gelöstem SiO_2, an SO_4, die Wassertiefe und die spezifische Azidität im Wasser des *Hydrilletum verticillatae* höher und die Werte von BSB_5, Oxydierbarkeit, PO_4-P, Na, K und Cl niedriger sind als an Standorten beider Typen des *Elodeetum canadensis.* Man könnte also annehmen, daß die letzten zwei Gruppen von Merkmalen für die Eigenständigkeit des *Hydrilletum verticillatae* entscheidend sind.

Die Analyse der Amplituden der einzelnen Wassereigenschaften bestätigt diese Beobachtungen. Aus der Abb. 3 geht hervor, daß die größten Unterschiede in den Amplituden mehrerer Eigenschaften zwischen den Standorten des *Hydrilletum verticillatae* und des *Elodeetum canadensis* aus astatischen Kleingewässern bestehen. Die höchsten Werte für den Gehalt an NO_3-N, PO_4-P, Na, K und für die Wasserfarbe des *Hydrilletum verticillatae* sind niedriger als die Minimalwerte des *Elodeetum canadensis* aus Kleingewässern. Die Bereiche des Gehaltes an Ca, der Gesamt- und Karbonathärte und der Konzentration an gelöstem SiO_2 und SO_4 beginnen beim *Hydrilletum verticillatae* mit höheren Minimalwerten. Deutlich sichtbar ist, daß die beiden Formen des *Elodeetum canadensis* sehr unterschiedliche Standorte besiedeln, die ein breites Spektrum von physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wassers aufweisen. Im Vergleich zu den Standorten des *Hydrilletum verticillatae* ist das Spektrum viel breiter. Die Amplituden der Gehalte an Ca, Mg, NH_4-N, Gesamt-Fe, NO_3-N, PO_4-P, der Wasserfarbe, BSB_5 und der Oxydierbarkeit für das *Hydrilletum verticillatae* liegen innerhalb jener für die beiden Formen des *Elodeetum canadensis.* Für eine Reihe von Eigenschaften weichen die Amplituden des *Hydrilletum verticillatae* von denen der beiden Formen des *Elodeetum canadensis* stark ab. Dies gilt für die schon bei den Merkmalslinien erwähnten Wassereigenschaften wie für die Gehalte an gelöstem SiO_2, SO_4, Wassertiefe, Wasserreaktion (spezifische Azidität), auch für die Konzentrationen an Na, K, Cl und zusätzlich für Amplituden der Gesamt- und Karbonathärte. Aus Abb. 3 ergibt sich, daß die Amplituden für die Wasserhärte, für den Gehalt an gelöstem SiO_2 und SO_4 und für die Wassertiefe an Standorten des *Hydrilletum verticillatae* im Vergleich zu den beiden Formen des *Elodeetum canadensis* deutlich höhere Minimal- und Maximalwerte aufweisen. Die Amplituden der Wasserreaktion und des Gehaltes an Na, K und Cl enthalten hier dagegen die niedrigsten Minimal- und Maximalwerte. Außerdem zeichnen sich diese Standorte durch die engste, mit sehr niedrigen Minimalwerten beginnende Amplitude des Gehaltes an PO_4-P aus.

Auch hinsichtlich der Bodeneigenschaften unterscheiden sich die untersuchten Gesellschaften deutlich voneinander. Aus Abb. 4 und Tab. 5 wird ersichtlich, daß die Bestände beider Formen des *Elodeetum canadensis*, gemeinsam betrachtet, verschiedene Bodensubstrate besiedeln, die sich hinsichtlich der Gehalte an NO_3-N, Bodenreaktion, Konzentration an Cl, Na, K wie auch an Ca und Mg unterscheiden. Die Bodensubstrate des *Hydrilletum verticillatae* weisen Ähnlichkeiten mit den Böden des *Elodeetum canadensis* aus den Seen hinsichtlich des Gehaltes an NO_3-N, Cl, Na, Mg, PO_4-P und der spezifischen Azidität auf, weichen aber hinsichtlich dieser Merkmale von den Standorten des *Elodeetum canadensis* aus den Kleingewässern stark ab. Der Gehalt an K und an organischer Substanz war dagegen in den Bodensubstraten des *Hydrilletum verticillatae* annähernd ähnlich wie in den Böden an den Standorten des *Elodeetum canadensis* in Kleingewässern.

In der Oxydierbarkeit, dem Wassergehalt, der Konzentration an Gesamt-N und dem Gehalt an SO_4, gelöstem SiO_2 und Ca unterscheiden sich die Standorte des *Hydrilletum verticillatae* von beiden Formen des *Elodeetum canadensis.* Man kan also vermuten, daß diese Gruppe von Bodeneigenschaften für die Eigenständigkeit des *Hydrilletum verticilla-*

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

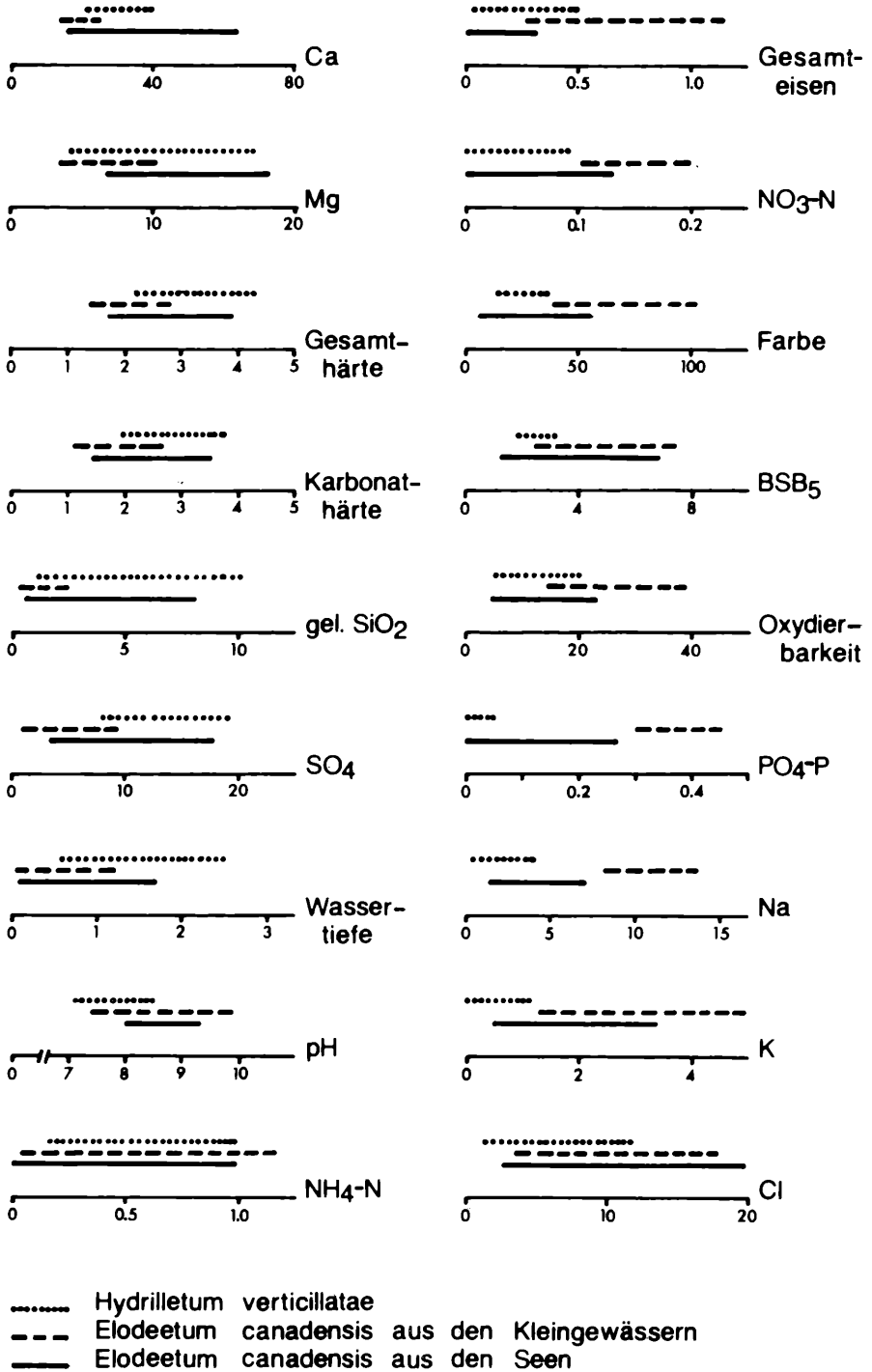

Abb. 3: Amplituden der Wassereigenschaften in der untersuchten Gesellschaften. Die meisten Werte in mg/l außer: Gesamthärte und Karbonathärte (mval/l), Wassertiefe (m), pH-Wert, Farbe (mg Pt/l), BSB_5 und Oxydierbarkeit (mg O_2/l).

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

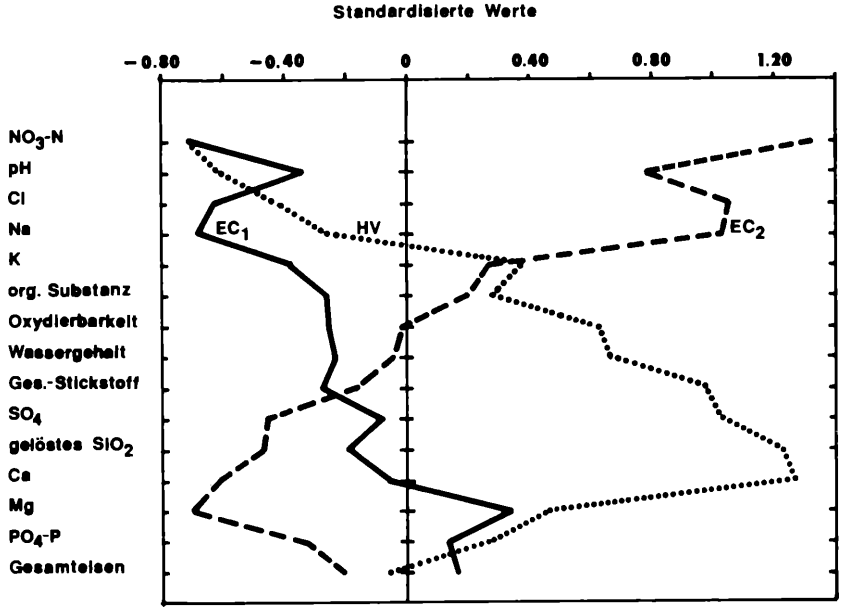

Abb. 4: Vergleich der Bodensubstrate in den untersuchten Gesellschaften mit der Methode der Merkmalslinien. Der pH-Wert als spezifische Azidität ausgedrückt. Abkürzungen der Gesellschaftsnamen wie auf Abb. 2.

Tab. 3: Physikalisch-chemische Eigenschaften der Substrate der verglichenen Gesellschaften (Mittelwerte und Signifikanz der Unterschiede, P = 0,05. Signifikante Differenzen sind mit = gekennzeichnet).

Eigenschaften		HV n=8	EC1 n=20	EC2 n=15	Signifikanz HV-EC1	HV-EC2
NO_3-N	g/kgTS	0,01	0,01	0,52		+
pH		6,9	6,8	6,5		+
Cl	g/kgTS	0,31	0,23	0,87		+
Na	g/kgTS	0,43	0,30	0,83		+
K	g/kgTS	0,88	0,54	0,83		
org. Substanz	%	31,5	21,4	29,9		
Oxydierbarkeit	gO2/kgTS	128,8	86,4	98,1		
Gesamt-N	g/kgTS	18,6	7,5	8,4		
Wassergehalt		83,8	65,9	69,2		
SO_4	g/kgTS	4,40	2,17	1,41		
gel. SiO_2	g/kgTS	0,49	0,12	0,05		
Ca	g/kgTS	108,8	35,5	4,3		
Mg	g/kgTS	3,32	3,12	1,39		
PO_4-P	g/kgTS	0,87	0,79	0,50		
Gesamt-Fe	g/kgTS	3,67	4,30	3,23		

HV - Hydrilletum verticillatae; EC1 - Elodeetum canadensis aus den Seen; EC2 - Elodeetum canadensis aus den Kleingewässern. TS Trockensubstanz des Bodensubstrats

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

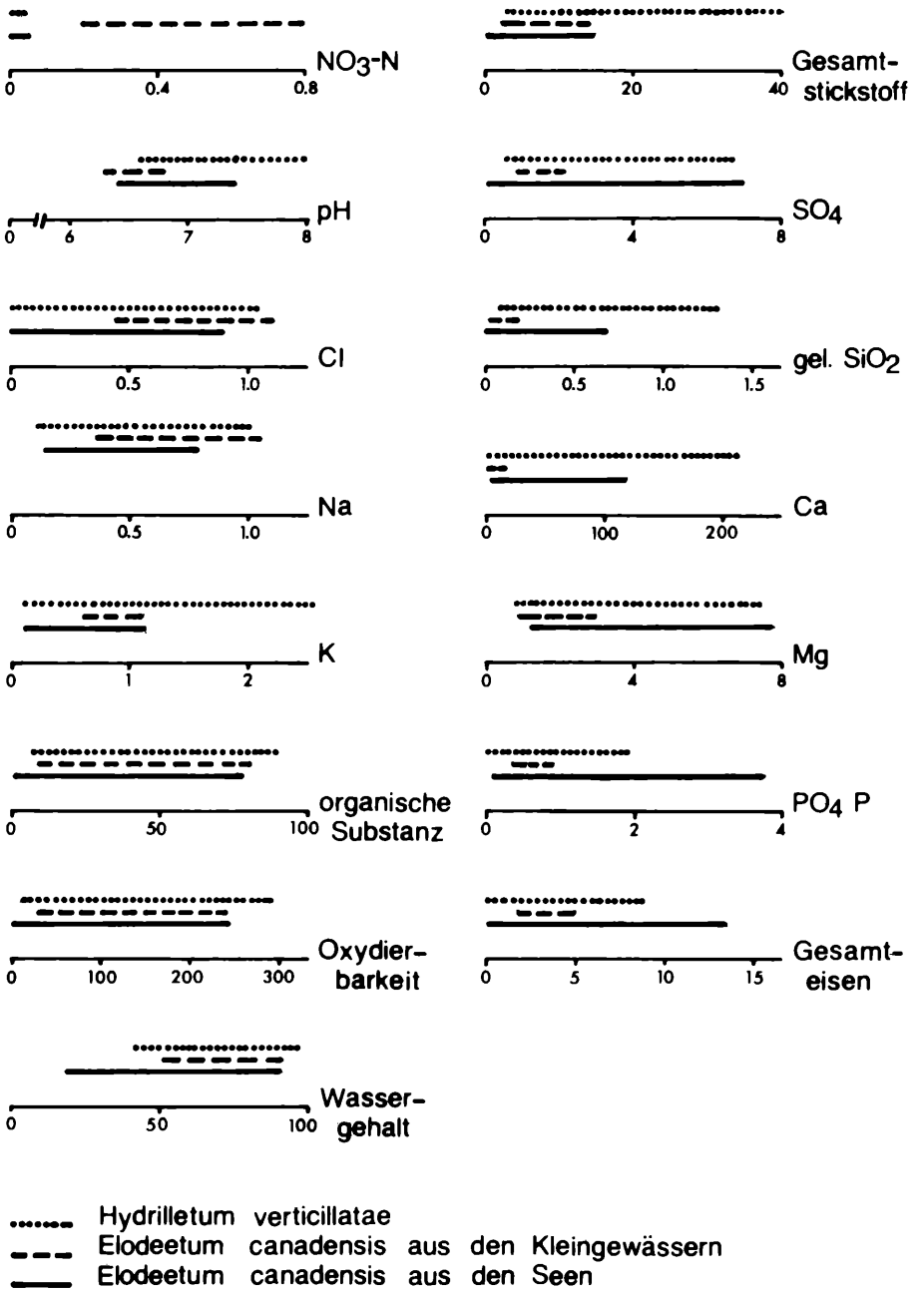

Abb. 5: Amplituden der Bodeneigenschaften in den untersuchten Gesellschaften. Die meisten Werte in g/kg TS mit Ausnahme des pH-Wertes, der organischen Substanz und des Wassergehaltes (%), der Oxydierbarkeit (g O_2/kg TS).

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

tae ausschlaggebend ist (die Unterschiede zu den beiden Formen des *Elodeetum canadensis* erwiesen sich größtenteils als statistisch signifikant).

Dieses Bild der standörtlichen Eigenständigkeit des *Hydrilletum verticillatae* wird auch durch die Analyse der Amplituden einzelner Bodeneigenschaften (Abb. 5) bestätigt. Deutlich erkennbar ist, daß die Bereiche für die Oxydierbarkeit, den Gehalt an Gesamt-N, gelöstem SiO_2 und Ca in den Bodensubstraten des *Hydrilletum verticillatae* im Vergleich zu den Standorten beider Formen des *Elodeetum canadensis* höhere Minimal- und Maximalwerte enthalten. Ähnliches gilt auch für die Bodenreaktion. Verhältnismäßig weit sind in den Bodensubstraten des *Hydrilletum verticillatae* auch die Amplituden für den Wassergehalt und für den Anteil an organischer Substanz. Sie weisen die höchsten Maximalwerte und im Vergleich zum *Elodeetum canadensis* in den Seen höhere Minimalwerte auf. Auch die Amplituden für den Gehalt an SO_4 und K sind hier weit.

Diskussion

Aufgrund zahlreicher Aussagen über die Verdrängung der Grundnessel in Osteuropa durch die Kanadische Wasserpest (SEEHAUS 1870, STEFFEN 1931, TOMASZEWICZ 1976, CZAPIK & TOMASZEWICZ 1979, PIETSCH 1981) kann man vermuten, daß die Beständigkeit des *Hydrilletum verticillatae* an einigen Fundorten in Nordost-Polen, wo sich in verschiedenen Gewässertypen (Seen und astatische Kleingewässer) das *Elodeetum canadensis* entwickelt hat (KŁOSOWSKI & TOMASZEWICZ 1996), mit spezifischen Standortverhältnissen an den hiesigen Wuchsorten der Grundnessel verbunden sein muß. CZAPIK & TOMASZEWICZ (1979) sind der Meinung, daß sich bei der allgemein bekannten Expansionskraft der Kanadischen Wasserpest die Bestände des *Hydrilletum verticillatae* nur dort erhalten konnten, wo sie optimale Standortverhältnisse vorgefunden haben.

Die in Nordost-Polen durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß die Bestände der beiden Assoziationen hinsichtlich ihrer Standortsverhältnisse deutlich voneinander abweichen. Die Bestände des *Hydrilletum verticillatae* besiedeln vorwiegend Wasserstandorte, die im Vergleich zu den Standorten beider Formen des *Elodeetum canadensis* ärmer an Na, K und Cl, aber reicher an SO_4 und erheblich tiefer sind. Das Wasser an den Standorten des *Hydrilletum verticillatae* erwies sich auch als verhältnismäßig arm an PO_4-P und an gelöster organischer Substanz (niedrige Werte von BSB_5 und der Oxydierbarkeit). Wegen außergewöhnlich enger Amplituden und niedriger Konzentrationen an Na, K und PO_4-P in den Beständen der Grundnessel kann man das *Hydrilletum verticillatae* als Zeiger für solche Gewässer ansehen, die arm an diesen Nährstoffen sind. Die Bodensubstrate an den Standorten dieser Assoziation wiesen dagegen gegenüber den beiden *Elodeetum canadensis*-Formen höhere Werte des Wassergehaltes auf und waren wesentlich reicher an Gesamt-N, SO_4, gelöstem SiO_2 und Ca. Die weiten Amplituden der einzelnen Bodeneigenschaften (mit der Ausnahme von NO_3-N), zeugen aber davon, daß diese Assoziation keine genau bestimmten Ansprüche an Bodenverhältnisse zu haben scheint.

Es stellt sich die Frage, ob die dargestellten Standortsverhältnisse des *Hydrilletum verticillatae*, die es vom *Elodeetum canadensis* differenzieren, als optimal für diese Gesellschaft betrachtet werden können. Im Untersuchungsgebiet scheint dies der Fall zu sein. Die Bestände des *Hydrilletum verticillatae* sind hier geschlossen, nehmen große Flächen ein, und in einigen von ihnen blüht auch die wichtigste bestandsbildende Art, was unter natürlichen Bedingungen selten vorkommt (CZAPIK & TOMASZEWICZ 1979). In den Beständen des *Elodeetum canadensis* wurde im Untersuchungsgebiet ebenfalls eine intensive Entwicklung und das Blühen der Kanadischen Wasserpest festgestellt, allerdings nur in den Kleingewässern. Der letztere Typ scheint also in Nordost-Polen für das *Elodeetum canadensis* optimal zu sein (verhältnismäßig seichte und nährstoffreiche Gewässer).

Die Bindung der Kanadischen Wasserpest und ihrer Bestände an seichte und nährstoffreiche Gewässer wird auch von anderen Autoren bestätigt. COOK & URMI-KÖNIG

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

(1985) erwähnen, daß die Bestände mit *Elodea canadensis* in eutrophen Gewässern in Tiefen von 0,1 bis 1,5 m dominieren. Auf eine breite ökologische Amplitude von *Elodea canadensis* weisen auch die Daten von SEDDON (1972), MÉRIAUX (1978), WIEGLEB (1978) und PIETSCH (1982) hin. Nach PIETSCH, der die Bereiche mehrerer Wassereigenschaften für viele europäische Wasserpflanzenarten anführt, betragen die Höchstkonzentrationen von Phosphaten, von verschiedenen Formen des Stickstoffs, wie auch von Kalium, Natrium, und Chloriden in den Gewässern mit *Elodea canadensis* entsprechend: PO_4-P –2,5 mg/l; NH_4-N –5 mg/l; NO_3-N –20 mg/l; K –20 mg/l; Na >30 mg/l; Cl –30 mg/l. Es sind also viel höhere Werte als die in Nordost-Polen, besonders in den Beständen, die sich in den Seen entwickeln.

Die weite ökologische Amplitude der Kanadischen Wasserpest und ihrer Bestände wie auch ihre Bindung an seichte und nährstoffreiche Gewässer berechtigt zu der Annahme, daß die Bestände des *Hydrilletum verticillatae* sich in Nordost-Polen im großen Maße dank der Eigenart ihrer Standorte und gegenüber dem *Elodeetum canadensis* unterschiedlichen Wassereigenschaften erhalten konnten. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit und die Daten von PIETSCH (1981) weisen nämlich darauf hin, daß die Bestände des *Hydrilletum verticillatae* sich in verhältnismäßig tiefen, hauptsächlich mesotrophen Gewässern entwickeln.

Literatur

BRAUN-BLANQUET, J. (1951): Pflanzensoziologie. 2. Aufl. – Springer, Wien: 631 S.

COOK, C.D., URMI-KÖNIG, K. (1985): A revision of the genus Elodea (Hydrocharitaceae). – Aquat. Bot. 21: 485–504.

CZAPIK, R., TOMASZEWICZ, H. (1976): Przesiąkra okółkowa Hydrilla verticillata kwitnie na Suwalszczyźnie. – Chrońmy Przyrodę Ojczystą 35: 26–36.

HERMANOWICZ, W., DOŻAŃSKA, W., DOJLIDO, J., KOZIOROWSKI, B. (1976): Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. – Arkady, Warszawa: 847 S.

KŁOSOWSKI, S., TOMASZEWICZ, H. (1996): Habitat variability of the phytocoenoses of Elodeetum canadensis in north-eastern Poland. – Fragm. Flor. Geobot. 40: 771–780.

MATUSZKIEWICZ, W. (1974): Próba systematyzacji warunków środowiska glebowego w zbiorowiskach leśnych. – Phytocoenosis 3: 113–170.

MÉRIAUX, J.L. (1978): Étude analytique et comparative de la végétation aquatique d'étangs et marais du Nord de la France (Vallée de la Sensée et Basin houiller du Nord – Pas-de-Calais). Aspects physionomiques, floristiques, systématiques, chorologiques et écoligiques. – Doc. Phytosoc. N.S. 3: 1–244.

PIETSCH, W. (1981): Zur Bioindikation Najas marina L. s.l. und Hydrilla verticillata (L. fil.) Roylereicher Gewässer Mitteleuropas. – Feddes Repert. 92: 125–174.

– (1982): Makrophytische Indikatoren für die ökochemische Beschaffenheit der Gewässer. – In: BREITIG, G., TUMPLING, W. (Edit.): Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung. Bd. 2: 67–88. Gustav Fischer, Jena.

SEDDON, B. (1972): Aquatic macrophytes as limnological indicators. – Freshwater Biol. 2: 107–130.

SEEHAUS, C. (1870): Ueber Elodea canadensis Rich. im unteren Oderlauf und ihr Zusammmentreffen mit Hydrilla dentata Casp. – Verhandl. des bot. Vereins f. Brandenb. XII: 92–109.

STEFFEN, H. (1931): Vegetationskunde von Ostpreußen. – Pflanzensoziologie 1. G. Fischer, Jena: 406 S.

TOMASZEWICZ, H. (1976): Fitocenozy z udziałem Hydrilla verticillata (L. fil.) Casp. na Pojezierzu Suwalskim i ich stanowisko syntaksonomiczne. – Fragm. Flor. Geobot. 22: 347–350.

– (1979): Roślinność wodna i szuwarowa Polski (klasy: Lemnetea, Charetea, Potamogetonetea, Phragmitetea) wg stanu zbadania na rok 1975. – Rozprawy Uniw. Warszawskiego 160: 1–325.

WHERRY, E.T. (1922): Note on specific acidity. – Ecology 3: 346–347.

WIEGLEB, G. (1978): Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen hydrochemischen Umweltfaktoren und Makrophytenvegetation in stehenden Gewässern. – Arch. Hydrobiol. 83: 443–484.

ZAR, J.A. (1984): Biostatistical Analysis. – Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey: 718 S.

Stanisław Kłosowski
Henryk Tomaszewicz
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: 1997

Band/Volume: NS_17

Autor(en)/Author(s): Klosowski Stanislaw, Tomaszewicz Henryk

Artikel/Article: Zur Soziologie und Ökologie des Hydrilletum verticillatae Tomaszewicz 1979 und des Elodeetum canadensis (Pign. 1953) Pass. 1964 in Nordost-Polen 125-136