

Untersuchungen über Ökologie und Indikatorwert der Wasserpflanzengesellschaften in naturnahen Stillgewässern Polens

– Stanisław Kłosowski –

Zusammenfassung

Die Arbeit ist eine Zusammenfassung von Untersuchungen über die Ökologie der Wasservegetation in naturnahen Stillgewässern in Polen, die am Lehrstuhl für Phytogeographie der Warschauer Universität durchgeführt wurde. Insgesamt wurden 532 Bestände von 18 Assoziationen aus den Klassen *Lemnetea minoris* Koch et Tx. 1954, *Charetea fragilis* (Fukarek 1961) Krausch 1964, *Potamogetonetea* Tx. et Prsg. 1942, *Littorelletea uniflorae* Br.-Bl. et Tx. 1943 untersucht.

Es wird nachgewiesen, daß über das Vorkommen und die Entwicklung der Wasserpflanzengesellschaften im großen Maße die Wassereigenschaften entscheiden, die einmal mit dem Karbonatsystem zusammenhängen (Gesamt- und Karbonathärte, Gehalt an Ca, Mg), und außerdem mit denjenigen, die für Sauberkeit und Trophie des Wassers ausschlaggebend sind (Sauerstoffsättigung, Wasserfarbe, Gehalt an PO₄-P, NH₄-N, ges. Fe und gel. SiO₂). Unter den Bodeneigenschaften haben die größte Bedeutung: Wassergehalt, Oxydierbarkeit, Gehalt an organischer Substanz, Gesamtstickstoff, gel. SiO₂, SO₄, pH-Wert, außerdem die Hauptbestandteile der Kalkgyttja (Ca, Mg, Na).

Die pflanzensoziologische Einteilung der Wasserpflanzengesellschaften in selbständige Syntaxa nach dem Prinzip der floristischen Dominanz findet ihre Bestätigung in den Standortbedingungen. Die einzelnen Gesellschaften oder Gruppen von Gesellschaften unterscheiden sich voneinander durch die Amplituden und Optima der Standortbedingungen; sie können daher einen Bioindikationswert haben.

Abstract

The present work aims to summarize the results of studies on ecology of aquatic vegetation conducted by the Department of Phytogeography of Warsaw University in natural water bodies in Poland. In total, 532 phytocoenoses of 18 associations from the following classes were investigated: *Lemnetea minoris* Koch et Tx. 1954, *Charetea fragilis* (Fukarek 1961) Krausch 1964, *Potamogetonetea* Tx. et Prsg. 1942, and *Littorelletea uniflorae* Br.-Bl. et Tx. 1943.

It was demonstrated that the occurrence and development of aquatic plant communities is determined by following properties of water: factors associated with the carbonate complex (carbonate and total hardness, contents of Ca, Mg) and factors indicating water richness and purity (oxygen saturation, colour, concentrations of PO₄-P, NH₄-N, total Fe and dissolved SiO₂). The following substrate properties evidently influence the ecological distinctness of the plant associations studied: hydration, oxidability, content of organic matter, total nitrogen, dissolved SiO₂, SO₄, pH and main components of calcareous gyttja (Ca, Mg, Na).

Phytosociological differentiation of water plant communities on the basis of floristic dominance as distinct syntaxa was confirmed by the habitat differentiation. Individual associations or their groups vary with respect to amplitudes and optimum of the habitat conditions and consequently they can be considered as indicators of the various types of littoral habitats.

Einleitung

Die Wasserpflanzengesellschaften sind ein wesentlicher Bestandteil von Seen und anderen Gewässern (KRAUSCH 1964, TOMASZEWICZ 1979, REJEWSKI 1981, VAN DER VELDE 1981, DEN HARTOG 1982, POTT 1983, CARPENTER & LODGE 1986, DEN HARTOG & VAN DER VELDE 1988 u. a.). Die fortschreitenden ungünstigen Veränderungen in Gewässern, die u. a. mit der Eutrophierung zusammenhängen, sind einer der Gründe, warum neben pflanzensoziologischen Fragen (Artenzusammensetzung, Struktur, räumliche Verteilung der Gesellschaften und ihre Rolle in der Sukzession) immer öfter auch Fragen der standörtlichen Ansprüche und des Zeigerwertes der Wasserpflanzengesellschaften behandelt wer-

den. Arbeiten aus diesem Gebiet gibt es u. a. von PIETSCH (1972, 1977, 1981, 1984, 1987), LINDNER (1978), MÉRIAUX (1978), WIEGLEB (1978), POTT (1980, 1983), ROELOFS (1983), WIEGLEB & TODESKINO (1983), PIETSCH & JENTSCH (1984), MIERWALD (1988), VAN KATWIJK & ROELOFS (1988), DOLL (1989, 1991 a, b).

Seit in Polen die Arbeit von TOMASZEWICZ (1979) erschienen ist, die eine ausführliche syntaxonomische Bearbeitung der Wasser- und Röhrichtvegetation in Polen nach dem Prinzip der floristischen Dominanz darstellt, werden an der Abteilung für Phytogeographie der Warschauer Universität eingehende Untersuchungen über Ökologie und Bioindikationswert der so gefaßten Wasserpflanzengesellschaften durchgeführt (KŁOSOWSKI 1985, KŁOSOWSKI & TOMASZEWICZ 1986, 1989 a, b, 1990, 1993, TOMASZEWICZ & KŁOSOWSKI 1990). Die vorliegende Arbeit faßt die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen zusammen. Als Ziele der Arbeit wurden gesetzt:

- eine Vergleichsanalyse der Standortbedingungen der Gesellschaften von Hydromakrophyten in naturnahen Stillgewässern;
- Feststellung, wie weit sich die pflanzensoziologische Differenzierung der nach dem Prinzip der floristischen Dominanz gefaßten Gesellschaften im Standort widerspiegelt;
- Bestimmung des Zeigerwertes der untersuchten Wasserpflanzengesellschaften.

Material und Methoden

Das Material zu dieser Arbeit wurde zum Höhepunkt der Vegetationsperiode in den Jahren 1978–1989 gesammelt. Berücksichtigt wurden 18 Assoziationen der Klassen *Lamnetea minoris* Koch et Tx. 1954, *Charetea fragilis* (Fukarek 1961) Krausch 1964, *Potamogetonetea* Tx. et Prsg. 1942 und *Littorelletea uniflorae* Br.-Bl. et Tx. 1943 mit folgenden Assoziationen (in Klammern die Zahl der untersuchten Bestände): *Lemno-Spirodeletum* Koch 1954 (38), *Riccietyum fluitantis* Slavinić (18), *Charetum tomentosae* (Sauer 1937) Corillion 1957 (32), *Nitellopsidetum obtusae* (Sauer 1937) Dąmbska 1961 (21), *Potamogetonetyum perfoliati* Koch 1926 em. Pass. 1964 (30), *Potamogetonetyum lucentis* Hueck 1931 (33), *Myriophylletum verticillati* Soó 1927 (26), *Myriophylletum spicati* Soó 1927 (31), *Elodeetum canadensis* (Pign. 1953) Pass. 1964 (22), *Ceratophylletum demersi* Hild 1956 (33), *Nupharo-Nymphaetum albae* Tomasz. 1977 (40), *Nymphaetum candidae* Miljan 1958 (22), *Nupharetum pumili* Oberd. 1957 (28), *Potamogetonetyum nantantis* Soó 1927 (34), *Polygonetyum natantis* Soó 1927 (31), *Hydrocharietetum morsus-ranae* Langendonck 1935 (32), *Isoëto-Lobelietum* (Koch 1926) Tx. 1937 em. Dierss. 1975 (28), *Myriophylletum alterniflori* Lemée 1937 em. Siss. 1943 (33). Insgesamt wurden 532 Bestände untersucht.

In jedem für die gegebene Assoziation repräsentativen Bestand wurde eine pflanzensoziologische Aufnahme nach BRAUN-BLANQUET (1951) gemacht und eine Wasser- und Bodenprobe für physikalisch-chemische Analysen entnommen (in den Beständen der Pleuston-Assoziationen, d. h. des *Lemno-Spirodeletum* und des *Riccietyum fluitantis* sowie in 6 Beständen des *Ceratophylletum demersi*, die keinen Kontakt mit dem Gewässerboden aufweisen, wurden nur die Wassereigenschaften untersucht). Insgesamt wurden 532 Wasser- und 470 Bodenproben entnommen. Die Wasserproben wurden direkt in Plastikbehältern aus der mittleren Siedlungstiefe der untersuchten Bestände bzw. von der Wasseroberfläche (bei den Beständen des *Lemno-Spirodeletum* und *Riccietyum fluitantis*) entnommen. Wasserproben für die Bestimmung von Sauerstoffsättigung und BSB₅ wurden in 250 ml-Glasflaschen gefüllt. Die Bodenproben wurden in jedem Bestand aus der Rhizom-Wurzel-Schicht mit Hilfe eines Rohrbodenstechers mit Plexiglasende entnommen. Jede Bodenprobe bestand aus der Mischung von drei Einzelproben in einem Bestand. Sowohl Wasser- als auch Bodenproben wurden unverzüglich nach Verbringung ins Laboratorium analysiert, zuerst die Eigenschaften, die einer schnellen Änderung unterliegen (HERMANOWICZ et al. 1976). Alle Proben waren bis zum Ende im Kühlschrank bei 4° C aufbewahrt.

Die Untersuchungen wurden hauptsächlich in Nordpolen, d. h. im Gebiet der Masurischen und der Pommerschen Seenplatte geführt. Für das *Myriophylletum alterniflori* wurden auch Angaben von der Łęczna-Włodawa-Seenplatte gesammelt, da hier neben der Pommerschen Seenplatte in Polen Bestände dieser Assoziation häufig auftreten. Von hier wurden auch die standörtlichen Angaben über das *Myriophylletum spicati* und das *Myriophylletum verticillati* ergänzt.

Bei den wasserchemischen Analysen wurden folgende Bestimmungen durchgeführt: Sauerstoffsättigung, BSB₅, pH, NH₄-N, NO₃-N, Oxydierbarkeit, PO₄-P, SO₄, gelöstes SiO₂, Gesamt- und Karbonathärte, Cl, Na, K, Ca, Mg, ges. Fe und Farbe.

Bei den Bodenproben wurden folgende Parameter direkt bestimmt: pH-Wert, Wassergehalt, Oxydierbarkeit und Gehalt an organischer Substanz. Andere Bestimmungen wurden vorgenommen, nachdem die Bodenproben durch Mineralisierung (Gesamtstickstoff), durch Vorbereitung von Wasserauszügen (Chlorid, Nitrat, gelöstes Silikat) oder von Auszügen mit HCl 1+1 (Gesamteisen, Calcium, Magnesium, Sulfat, Phosphat) vorbehandelt worden waren. Natrium und Kalium wurden aus dem Glührückstand ermittelt, nachdem der Gehalt an Wasser und an organischer Substanz bestimmt worden war. Die einzelnen Bestimmungen des Wassers und des Bodens wurden nach den Methoden durchgeführt, die HERMANOWICZ et al. (1976) angeben. Eine genaue Beschreibung der angewandten analytischen Methoden befinden sich in früheren Arbeiten (KŁOSOWSKI & TOMASZEWICZ 1990, 1993).

Die gewonnenen Daten sind statistisch bearbeitet. Für jede Komponente und jeden Faktor im Wasser und im Sediment ist die Amplitude angegeben und der Mittelwert berechnet. pH-Werte (logarithmische Skala) sind zu diesem Zweck in die spezifische Azidität nach WHERRY (1922) umgerechnet. Anschließend werden die Standorte der Assoziationen hinsichtlich der Mittelwerte und Amplituden der Wasser- und Bodeneigenschaften verglichen. Die Signifikanz der Unterschiede zwischen den Mittelwerten der einzelnen Standorteigenschaften wird aufgrund einer einfachen Varianzanalyse in Verbindung mit dem Newman-Keuls-Test (ZAR 1984) bestimmt. Es wird eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % angenommen. Um die Standorte der untersuchten Assoziationen hinsichtlich aller analysierten Wasser- und Bodeneigenschaften synthetisch vergleichen zu können, werden die Merkmale standardisiert und die biometrische Methode der „Merkmalslinien“ (JENTYS-SZAFEROWA 1951, MATUSZKIEWICZ 1974) angewendet. Eine genaue Beschreibung dieser Methode ist in der Arbeit von KŁOSOWSKI & TOMASZEWICZ (1989a) angegeben.

Die wichtigsten Angaben über die floristische Zusammensetzung und Struktur der untersuchten Assoziationen sind in synthetischen pflanzensoziologischen Tabellen zu finden (1–5).

Pflanzensoziologische Charakteristik der Gesellschaften

Für alle untersuchten Gesellschaften ist eine deutliche Dominanz einzelner Arten kennzeichnend. Meistens sind sie als Fazies aufgebaut und haben eine einfache Innenstruktur.

Pleustongesellschaften (Tab. 1) bilden gewöhnlich zweischichtige, auf dem Wasser flottierende, geschlossene Herden. In Beständen des *Lemno-Spirodeletum* ist außer den Charakterarten nur *Riccia fluitans* stärker vertreten; am Aufbau des *Riccietum fluitantis* haben daneben noch *Ricciocarpus natans* sowie *Lemna minor* und *L. trisulca* einen größeren Anteil. Sowohl die Bestände des *Lemno-Spirodeletum* als auch des *Riccietum fluitantis* sind hauptsächlich an astatische Kleingewässer gebunden, deren Wassertiefe 1 m nicht überschreitet.

Armleuchteralengesellschaften – das *Charetum tomentosae* und das *Nitellopsidetum obtusae* (Tab. 2) – bilden geschlossene, meistens einschichtige Aggregationen oder submerse Matten. An den Beständen des *Nitellopsidetum obtusae* hat außer der Charakterart nur *Chara tomentosa*, von Begleitarten *Nuphar lutea* einen größeren Anteil. In den Beständen des *Charetum tomentosae* kommt etwas häufiger nur *Potamogeton lucens* vor. Die *Charetum tomentosae*- und *Nitellopsidetum obtusae*-Bestände gehören zu den häufigsten Armleuchteralengesellschaften in Polen. Sie kommen vor allem in den Seen, aber in unterschiedlichen Litoralpartien, vor. Das *Nitellopsidetum obtusae* steigt viel tiefer hinab – meistens auf 1,54 m. Seine Bestände bilden den ersten seeseitigen Vegetationsgürtel und leiten oft den Verlandungsprozeß ein. Bestände mit dominierender *Chara tomentosa* treten häufiger als das *Nitellopsidetum obtusae* in seichterem Litoralpartien auf. Sie sind sowohl im äußersten als auch im zweiten Vegetationsgürtel anzutreffen.

Tauchpflanzengesellschaften aus dem Verband *Potamogetonion* Koch 1926 em. Oberd. 1957 (Tab. 3) treten in Form von ein- oder zweischichtigen Aggregationen auf. In einzelnen Gesellschaften sind neben den dominierenden Charakterarten auch andere Wasserpflanzen aus der Klasse *Potamogetonetea* stärker vertreten. Größere Stetigkeit haben nur die Pleustonarten in den Beständen des *Ceratophylletum demersi* und des *Elodeetum canadensis* sowie *Chara tomentosa* in den Beständen des *Potamogetonum lucentis*. Die Gesellschaften aus dem Verband *Potamogetonion* sind hauptsächlich in Seen anzutreffen; sie können aber auch in anderen Gewässertypen wie z. B. in astatischen Kleingewässern siedeln (das trifft vor allem für das *Ceratophylletum demersi* zu).

Tabelle 1. *Lemnetea minoris*-Gesellschaften

Assoziation	LS	RF
Zahl der Aufnahmen	38	18
Ch. <i>Lemnetea minoris</i>		
<i>Lemna minor</i>	V+-5	V+-5
<i>Lemne trisulca</i>	IV+-5	IV+-3
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	IV+-5	I+-2
<i>Riccia fluitans</i>	II+-2	IV+-5
<i>Ricciocarpus natans</i>	I+	III+-5
Begleiter		
<i>Ceratophyllum demersum</i>	I+-2	.
<i>Eleocharis palustris</i>	I+	.
<i>Potamogeton natans</i>	I+	.
<i>Phragmites australis</i>	I+	.
<i>Bidens cernua</i>	I+	.
<i>Potamogeton friesii</i>	I+	.
<i>Agrostis stolonifera</i>	I+	.
<i>Iris pseudacorus</i>	I+	.
<i>Juncus effusus</i>	I+	.
<i>Lythrum salicaria</i>	I+	.
<i>Oenanthe aquatica</i>	I+	.
<i>Elodea canadensis</i>	I+	.
<i>Carex elata</i>	I+	I+-1
<i>Carex vesicaria</i>	I+	I+
<i>Typha latifolia</i>	I+	I+
<i>Sparganium erectum</i>	I+	I+
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	I+	I+
<i>Hottonia palustris</i>	I+	I+
<i>Polygonum amphibium</i> f. <i>natans</i>	I+	I+
<i>Comarum palustre</i>	I+	I+
<i>Utricularia vulgaris</i>	I+	I+
<i>Carex acutiformis</i>	I+	I+
<i>Carex pseudocyperus</i>	.	I+
<i>Salix cinerea</i>	.	I+
<i>Carex rostrata</i>	.	I+
<i>Lysimachia vulgaris</i>	.	I+
<i>Ranunculus flammula</i>	.	I+
<i>Galium palustre</i>	.	I+

LS - Lemno-Spirodeletum; RF - Riccietum fluitantis;

Stetigkeit: I, II...V; Artm#chtigkeit: +, 1, 2...5

Bestände des *Myriophylletum spicati*, *Potamogetonum perfoliati*, *Potamogetonum lucentis* und auch *Elodeetum canadensis* bilden in vielen Seen den ersten seeseitigen Pflanzengürtel und leiten die Verlandungsprozesse ein. Sie reichen dann bis über 1,5 m Wassertiefe. Bestände des *Potamogenetum perfoliati* trifft man auch an seichteren (unter 1 m) ufernahen Stellen an, die frei von Röhricht sind. Das *Elodeetum canadensis* kann sowohl an seichteren Stellen als auch in der Schwimmblattzone in Tiefen von 1–1,5 m siedeln und stellt oft ein Übergangsstadium der Verlandung dar. Das *Myriophylletum verticillati* und das *Ceratophylletum demersi* entwickeln sich auch meistens im Schwimmblattgürtel in einer Tiefe von etwa 1,5 m, oder sie nehmen große Flächen in den Mittelpartien seicht gewordener Seebuchten ein, wo sie in eine Wassertiefe von mehr als 2 m hinabsteigen können.

Die Schwimmblattpflanzengesellschaften aus dem Verband *Nymphaeion* Oberd. 1957 (Tab. 4) weisen gegenüber anderen untersuchten Wasserpflanzengesellschaften eine kompliziertere, oft dreischichtige Struktur auf. Neben den Charakterarten ist hier der Anteil anderer

Tabelle 2. *Charetea fragilis*-Gesellschaften

Assoziationen	CT	NO
Zahl der Aufnahmen	32	21
Ch. <i>Charetea fragilis</i>		
Chara tomentosa	$\sqrt{5}$	III ⁺⁻²
Nitellopsis obtusa	$\sqrt{1^{+-1}}$	$\sqrt{4-5}$
Chara aspera	$\sqrt{1^{+-1}}$	.
Chara fragilis	$\sqrt{1^{+}}$	.
Chara contraria	$\sqrt{1^{+}}$	.
Begleiter		
Potamogeton lucens	II ⁺	.
Potamogeton crispus	II ⁺	.
Potamogeton perfoliatus	I ⁺	.
Potamogeton pectinatus	I ⁺	.
Potamogeton pusillus	I ⁺	.
Nymphaea candida	I ⁺	.
Nuphar lutea	I ⁺	II ⁺⁻¹
Utricularia vulgaris	I ⁺	I ⁺⁻¹
Stratiotes aloides	I ⁺	I ⁺
Potamogeton natans	I ⁺	I ⁺
Myriophyllum spicatum	I ⁺	I ⁺
Elodea canadensis	I ⁺	I ⁺
Potamogeton friesii	I ⁺	I ⁺
Myriophyllum verticillatum	I ⁺	I ⁺⁻¹
Ceratophyllum demersum	.	I ⁺⁻¹
Potamogeton compressus	.	I ⁺
Ranunculus circinatus	.	I ⁺
Ranunculus trichophyllus	.	I ⁺
Najas marina	.	I ⁺
Fontinalis antipyretica	.	I ⁺

CT - Charetum tomentosae; NO - Nitellopsidetum obtusae;

Stetigkeit: I, II...V; Artm#chtigkeit: +, 1, 2...5

Wasserpflanzen aus der Klasse *Potamogetonetea* am größten. Es ist auffallend, daß in allen Gesellschaften *Nuphar lutea* und *Potamogeton natans* vorkommen, *Nuphar pumila* dagegen nur in den Beständen des *Nupharetum pumili* auftritt und daß in den Beständen des *Nymphaeetum candidae* *Nymphaea alba* fehlt. Unter den Begleitarten haben Röhrichtpflanzen einen großen Anteil am Aufbau einiger Gesellschaften, z.B. *Phragmites australis* in den Beständen des *Nupharo-Nymphaeetum albae* und des *Hydrocharitetum morsus-ranae*, *Equisetum fluviatile* in den Beständen des *Nupharetum pumili* und *Typha latifolia* in den Beständen des *Hydrocharitetum morsus-ranae*. In letzterem sowie auch in den Beständen des *Nupharetum pumili* und des *Potamogetoneteum natantis* kommen auch Pleustonarten wie *Lemna minor* und *L. trisulca* vor.

Die untersuchten Schwimmblattpflanzengesellschaften nehmen die größten Flächen in Seen ein, können aber auch in anderen natürlichen Gewässern, wie z. B. in astatischen Kleingewässern, siedeln (hauptsächlich das *Polygonetum natantis* und das *Nupharetum pumili*). In der Vegetationszonierung bilden sie meistens den zweiten oder dritten Gürtel vom Wasser aus, nach den Armleuchteralgen- und Tauchpflanzengesellschaften. Die Wassertiefe, in der sie sich entwickeln, beträgt 1 bis etwa 2 m. Einige Gesellschaften, besonders das *Hydrocharitetum morsus-ranae* und oft das *Nupharo-Nymphaeetum albae* und das *Nymphaeetum candidae*, nehmen Flachwasserregionen in Seebuchten ein, wo sie sich in geringeren Wassertiefen ent-

Tabelle 3. Potamogetonetea-Gesellschaften (Verband Potamogetonion)

Assoziation	PP	PL	EC	MS	MV	GD
Zahl der Aufnahmen	30	33	22	31	26	33
Ch. Potamogetonion, Potamogetonetea						
Potamogeton perfoliatus	$\frac{V^{3-5}}{I^+}$	I^+ $\frac{V^{3-5}}{I^+}$	I^+	I^+	$\cdot$ II^{+-1}	$\cdot$ I^+
Potamogeton lucens	$\cdot$	$\frac{I^{+-5}}{I^+}$	$\cdot$	I^+	$\cdot$	$\cdot$
Potamogeton crispus	II^{+-1}	I^+	$\frac{V^{4-5}}{I^+}$	II^{+-1}	$\cdot$ I^{+-1}	$\cdot$ I^{+-1}
Elodea canadensis	I^+	I^+	I^+	$\frac{V^{3-5}}{I^+}$	I^+	I^+
Myriophyllum spicatum	$\cdot$	I^{+-1}	$\cdot$	$\cdot$	$\frac{V^{4-5}}{I^+}$	$\cdot$
Myriophyllum verticillatum	I^{+-1}	I^+	II^+	III^{+-2}	$\frac{I^{+-1}}{I^+}$	I^+
Ceratophyllum demersum	I^{+-2}	I^+	$\cdot$	I^+	$\cdot$	$\frac{V^5}{I^+}$
Potamogeton pectinatus	I^{+-1}	$\cdot$ I^{+-1}	I^+	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$ I^{+-2}
Potamogeton friesii	I^+	II^+	II^+	$\cdot$	$\cdot$ IV^{+-1}	$\cdot$ II^+
Nuphar lutea	I^+	I^{+-1}	I^+	I^+	I^+	I^+
Ranunculus circinatus	I^+	I^+	$\cdot$	$\cdot$	I^+	$\cdot$
Utricularia vulgaris	I^+	I^+	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
Potamogeton compressus	I^+	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
Polygonum amphibium	I^+	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
Stratiotes aloides	$\cdot$	$\cdot$ I^{+-1}	$\cdot$ II^+	$\cdot$ I^+	$\cdot$ III^+	$\cdot$ II^+
Potamogeton natans	$\cdot$	I^+	I^+	$\cdot$	IV^{+-1}	$\cdot$ I^+
Hydrocharis morsus-ranae	$\cdot$	$\cdot$	I^+	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
Nymphaea alba	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
Nymphaea candida	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
Hydrilla verticillata	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$

Begleiter		I ⁺⁻⁻¹	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Spirodela polyrrhiza		I ⁺	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Lemna trisulca		I ⁺	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Lemna minor		I ⁺	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Fontinalis antipyretica		I ⁺	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Chara tomentosa		I ⁺	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Phragmites australis		I ⁺	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Chara contraria		I ⁺	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Eleocharis palustris		I ⁺	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Chara fragilis		.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Nitellopsis obtusa		.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Chara rudis		.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Typha latifolia		.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Schoenoplectus lacustris		.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Myriophyllum alterniflorum		.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Equisetum fluviatile		.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Riccia fluitans		.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Sparganium emersum		.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Sparganium erectum		.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺

PPP - Potamogetonum perfoliati; PL - Potamogetonum lucentis; EC - Elodeetum canadensis;
 MS - Myriophylletum spicati; MV - Myriophylletum verticillati; CD - Ceratophylletum demersi;
 Stetigkeit: I, II...V; Artm#chtigkeit: +, 1, 2...5

Tabelle 4. Potamogetonetea-Gesellschaften (Verband Nymphaeion)

Assoziation	NN	NC	NP	PN	PA	HM
Zahl der Aufnahmen	40	22	28	34	31	32
Ch. Nymphaeion, Potamogetonetea						
Nuphar lutea	<u>IV⁺-5</u>	II ⁺ -1	IV ⁺ -1	III ⁺ -1	I ⁺	II ⁺ -1
Nymphaea alba	<u>III⁺-5</u>	.	.	I ⁺ -1	.	I ⁺ -1
Nymphaea candida	I	<u>V4-5</u>	<u>V3-5</u>	I ⁺	.	.
Nuphar pumila	.	.	<u>V4-5</u>	.	.	.
Potamogeton natans	II ⁺ -1	III ⁺ -1	II ⁺ -2	<u>V4-5</u>	I ⁺	I ⁺ -2
Polygonum amphibium	.	.	.	<u>I⁺-1</u>	<u>V4-5</u>	.
Stratiotes aloides	I ⁺	.	I ⁺ -2	II ⁺	I ⁺	<u>V4-5</u>
Hydrocharis morsus-ranae	.	I ⁺	.	.	.	III ⁺ -4
Utricularia vulgaris	I ⁺ -1	I ⁺	.	II ⁺ -1	I ⁺	I ⁺
Ceratophyllum demersum	I ⁺	II ⁺	I ⁺	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Potamogeton lucens	I ⁺	I ⁺	II ⁺	II ⁺ -1	II ⁺ -1	II ⁺
Elodea canadensis	I ⁺	I ⁺	II ⁺ -2	II ⁺ -2	I ⁺	.
Ranunculus circinatus	I ⁺	I ⁺	.	I ⁺	I ⁺	.
Myriophyllum verticillatum	I ⁺	I ⁺	.	I ⁺	II ⁺	.
Potamogeton perfoliatus	I ⁺	.	.	.	II ⁺	.
Potamogeton compressus	I ⁺	.	.	.	.	.
Potamogeton friesii	.	I ⁺	I ⁺	.	.	.
Myriophyllum spicatum	.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Potamogeton obtusifolius	.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Potamogeton gramineus	.	.	.	I ⁺	.	.
Potamogeton pectinatus	.	.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
Potamogeton crispus	.	.	.	.	.	I ⁺

Begleiter

Phragmites australis	II+-1	I+-1	I+	I+-1	II+-1
Spirodela polyrrhiza	I+-1	I+	I+	I+	II+
Equisetum fluviatile	I+	I+	I+	I+	I+-2
Chara tomentosa	I+	I+	I+	I+	I+-2
Lemna minor	I+	I+	I+	I+	IV+-2
Lemna trisulca	I+	I+	I+	I+	III+-5
Typha angustifolia	I+	I+	I+	I+	I+
Fontinalis antipyretica	I+	I+	I+	I+	I+-1
Schoenoplectus lacustris	I+	I+	I+	I+	I+-2
Typha latifolia	I+	I+	I+	I+	III+-1
Carex rostrata	I+	I+	I+	I+	I+
Sphagnum auriculatum	.	I+-1	.	.	.
Myriophyllum alterniflorum	.	.	I+	I+	.
Chara fragilis	.	.	I+-1	I+-1	.
Chara contraria	.	.	.	.	.

sporadische Arten: Carex acutiformis - Nupharo-Nymphaeetum albae; Comarum palustre, Sparganium minimum, Hydrocotyle vulgaris - Nymphaeetum candidae; Sparganium emersum, Chara sp., Glyceria fluitans - Nupharetum pumili; Glyceria maxima, Sparganium erectum, Acorus calamus, Menyanthes trifoliata - Potamogetonum natantis; Glyceria maxima, Iysimachia thysiflora, Nitellopsis obtusa, Ranunculus lingua, Mentha aquatica, Eleocharis palustris, Alisma plantago-aquatica, Riccia fluitans, Iris pseudacorus, Salix cinerea - Polygonetum natantis; Sparganium erectum, Nitellopsis obtusa, Eleocharis palustris, Salix pentandra, Calla palustris, Cicuta virosa, Rumex hydrolapathum, Thelypteris palustris - Hydrocharitetum morsus-ranae.

NN - Nupharo-Nymphaeetum albae; NC - Nymphaeetum candidae; NP - Nupharetum pumili; PN - Potamogetonum natantis; PA - Polygonetum natantis; HM - Hydrocharitetum morsus-ranae;
Stetigkeit: I, II...V; Artmächtigkeit: +, 1, 2...5

wickeln. An seichteren Stellen, bis zu einer Tiefe von 1 m, siedeln auch Gesellschaften, die sonst in astatischen Kleingewässern vorkommen (Bestände des *Polygonetum natantis* und des *Nupharetum pumili*).

Die untersuchten Gesellschaften der *Littorelletea uniflorae* (Tab.5) treten meistens in Form zweischichtiger Aggregationen (*Myriophylletum alterniflori*) oder ausgedehnter Matten (*Isoëto-Lobelietum*) auf. In den Beständen des *Isoëto-Lobelietum* kommen neben *Lobelia dortmanna* und *Isoëtes lacustris* häufig auch andere *Littorelletea*-Arten vor (*Littorella uniflora*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Luronium natans*, *Juncus bulbosus*). Von den Begleitarten weist nur *Eleocharis palustris* höhere Stetigkeit auf. An den Beständen des *Myriophylletum alter-*

Tabelle 5. *Littorelletea uniflorae*-Gesellschaften

Assoziationen	IL	MA
Zahl der Aufnahmen	28	33
Ch. Littorelletea uniflorae		
Lobelia dortmanna	<u>V⁺⁵</u>	I ⁺¹
Isoëtes lacustris	<u>III⁺⁵</u>	I ⁺
Myriophyllum alterniflorum	<u>III⁺²</u>	<u>V²⁻⁵</u>
Littorella uniflora	II ⁺¹	<u>I⁺⁴</u>
Juncus bulbosus	II ⁺¹	I ¹
Luronium natans	II ⁺	I ⁺
Chara delicatula	I ⁺¹	I ⁺
Ranunculus reptans	I ⁺	I ⁺
Ranunculus flammula	I ⁺	.
Begleiter		
Eleocharis palustris	II ⁺²	I ⁺¹
Fontinalis antipyretica	I ⁺¹	I ⁺
Elodea canadensis	I ⁺	III ⁺²
Potamogeton natans	I ⁺	II ⁺²
Phragmites australis	I ⁺	II ⁺¹
Polygonum amphibium f. natans	I ⁺	I ⁺
Equisetum fluviatile	I ⁺	I ⁺
Carex lasiocarpa	I ⁺	.
Lysimachia thyrsiflora	I ⁺	.
Alisma plantago-aquatica	I ⁺	.
Sphagnum auriculatum	I ⁺	.
Myriophyllum spicatum	.	III ⁺¹
Chara fragilis	.	II ⁺²
Potamogeton gramineus	.	I ⁺¹
Lemna trisulca	.	I ⁺¹
Nitellopsis obtusa	.	I ¹
Stratiotes aloides	.	I ⁺
Ceratophyllum demersum	.	I ⁺
Nymphaea alba	.	I ⁺
Potamogeton perfoliatus	.	I ⁺
Potamogeton lucens	.	I ⁺
Potamogeton friesii	.	I ⁺
Chara tomentosa	.	I ⁺
Nuphar lutea	.	I ⁺
Nuphar pumila	.	I ⁺
Nymphaea candida	.	I ⁺
Lemna minor	.	I ⁺
Hydrocotyle vulgaris	.	I ⁺
Schoenoplectus lacustris	.	I ⁺
Acorus calamus	.	I ⁺

IL - *Isoëto-Lobelietum*; MA - *Myriophylletum alterniflori*;

Stetigkeit: I, II...V; Artm#chtigkeit: +, 1, 2...5

niflora ist der Anteil der *Littorelletea*-Arten außer den Dominanten gering; häufig sind dagegen einige *Potamogetonetea*-Arten (*Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton natans*) sowie *Phragmites australis* und *Chara fragilis*.

Bestände des *Isoëto-Lobelietaum* besiedeln meistens die Uferbank, wo die Wassertiefe 1 m nicht überschreitet; nur die Bestände, wo *Isoëtes lacustris* dominiert, können bis etwa 2 m Tiefe hinabsteigen. Das *Myriophylletum alterniflori* kann in eine Tiefe von 1,5 bis 2 m hinabsteigen und bildet somit oft den ersten, äußeren Pflanzengürtel. Es kommt aber auch in ufernahen Bereichen, in Tiefen bis 1 m, vor.

Physikalisch-chemische Eigenschaften der Wasserstandorte

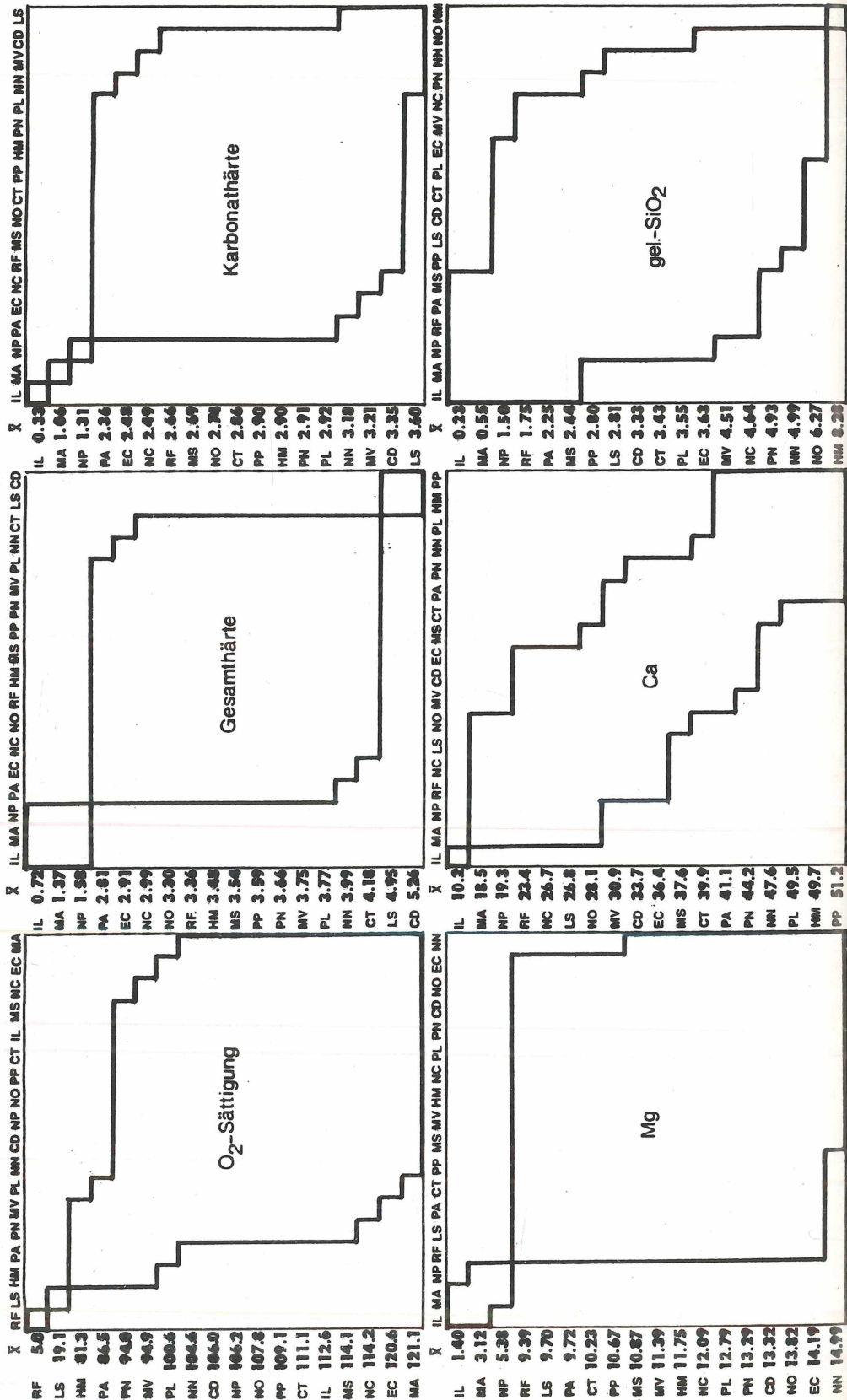
Das Wasser der Standorte von 18 untersuchten Assoziationen wurde hinsichtlich der Mittelwerte und der Bereiche von 18 Parametern verglichen (Abb. 1, 2 und 3). Abb. 1 stellt die Signifikanz der Unterschiede zwischen den Mittelwerten der einzelnen Wassereigenschaften dar. Abb. 2 ermöglicht, die Standorte hinsichtlich der Mittelwerte aller analysierten physikalischen und chemischen Wassereigenschaften synthetisch zu vergleichen. Die Vergleichbarkeit der Eigenschaften ist durch die Standardisierung gesichert. Auf dem Diagramm sind die standardisierten Mittelwerte der einzelnen Parameter für jede Assoziation als Punkte, durch eine gekrümmte Linie verbunden dargestellt. Jede der 18 Linien beschreibt also den Wasserstandort einer Assoziation. Eine Senkrechte, die vom Nullpunkt der Skala ausgeht, trennt die Bereiche ab, die oberhalb und unterhalb des Mittelwertes für alle Standorte liegen. Der größeren Klarheit wegen wurde das Diagramm in einige Teile gegliedert. Abb. 3 zeigt die Bereiche der einzelnen Merkmale in 18 analysierten Standorten.

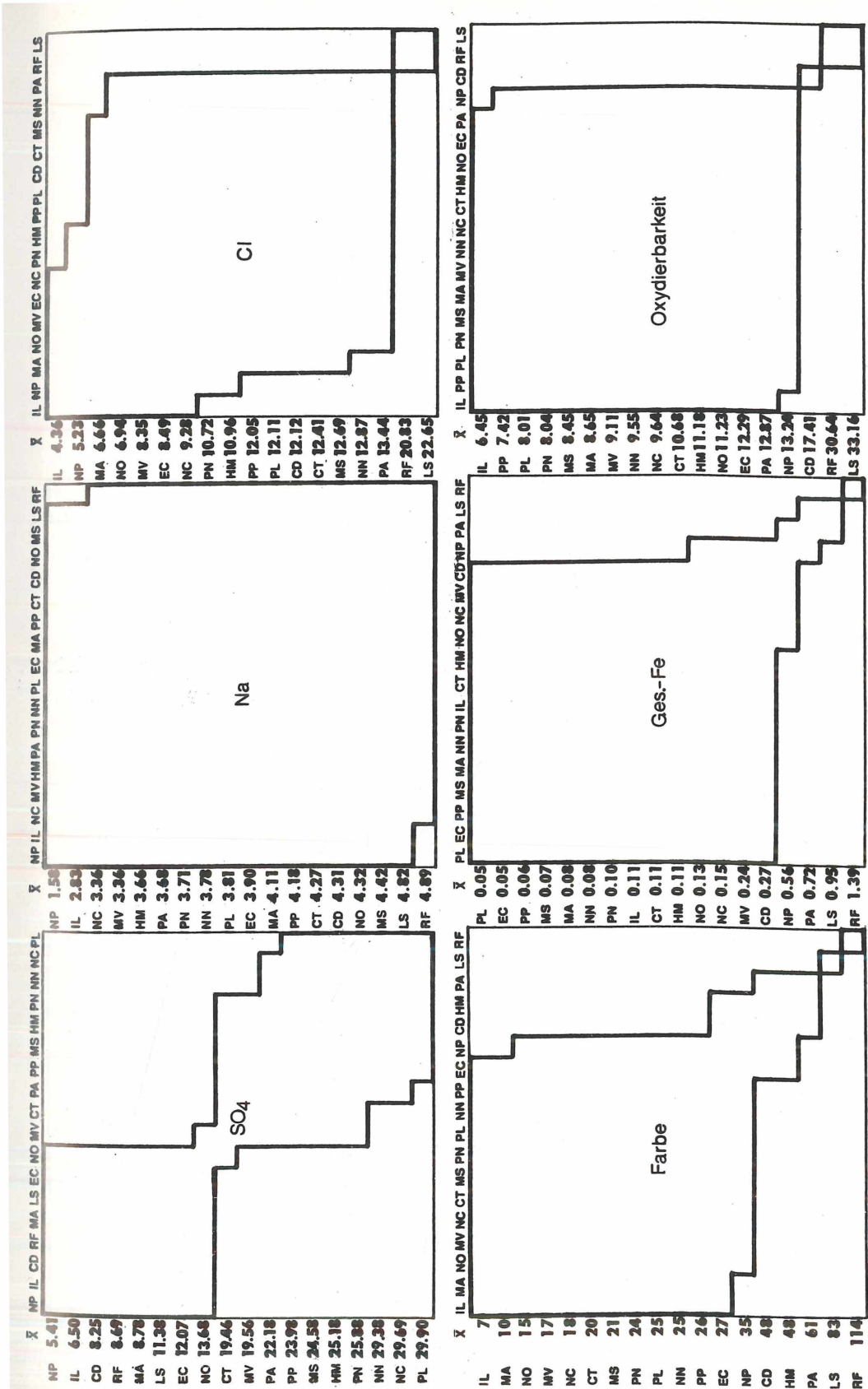
Die genaue Analyse der Abb. 1 und 2 zeigt eine Sonderstellung des Standortes des *Isoëto-Lobelietaum* (IL). Hier ist das Wasser am ärmsten an Ca und zeichnet sich durch die niedrigste Karbonathärte, den niedrigsten Gehalt an Mg und die höchste spezifische Azidität aus. Gegenüber einer ganzen Reihe anderer Standorte zeigt es hinsichtlich der Gesamthärte, des Gehaltes an gelöstem Silikat, Chlorid, Ammonium, Nitrat und Sulfat wie auch hinsichtlich der Farbe und BSB₅ signifikante Differenzen und die niedrigsten oder niedrige Mittelwerte. Reich ist es dafür an Sauerstoff. Man kann also die Wasserstandorte des *Isoëto-Lobelietaum* als ausgesprochen weich und oligotroph bezeichnen. Das wird auch durch den Verlauf der Merkmalslinie für diesen Standort (Abb. 2) völlig bestätigt. Nur Sauerstoffsättigung und spezifische Azidität liegen oberhalb der Mittelwerte für sämtliche verglichenen Standorte. Die Werte der übrigen Eigenschaften befinden sich links von der alle Mittelwerte verbindenden Senkrechten, also im niedrigen Bereich.

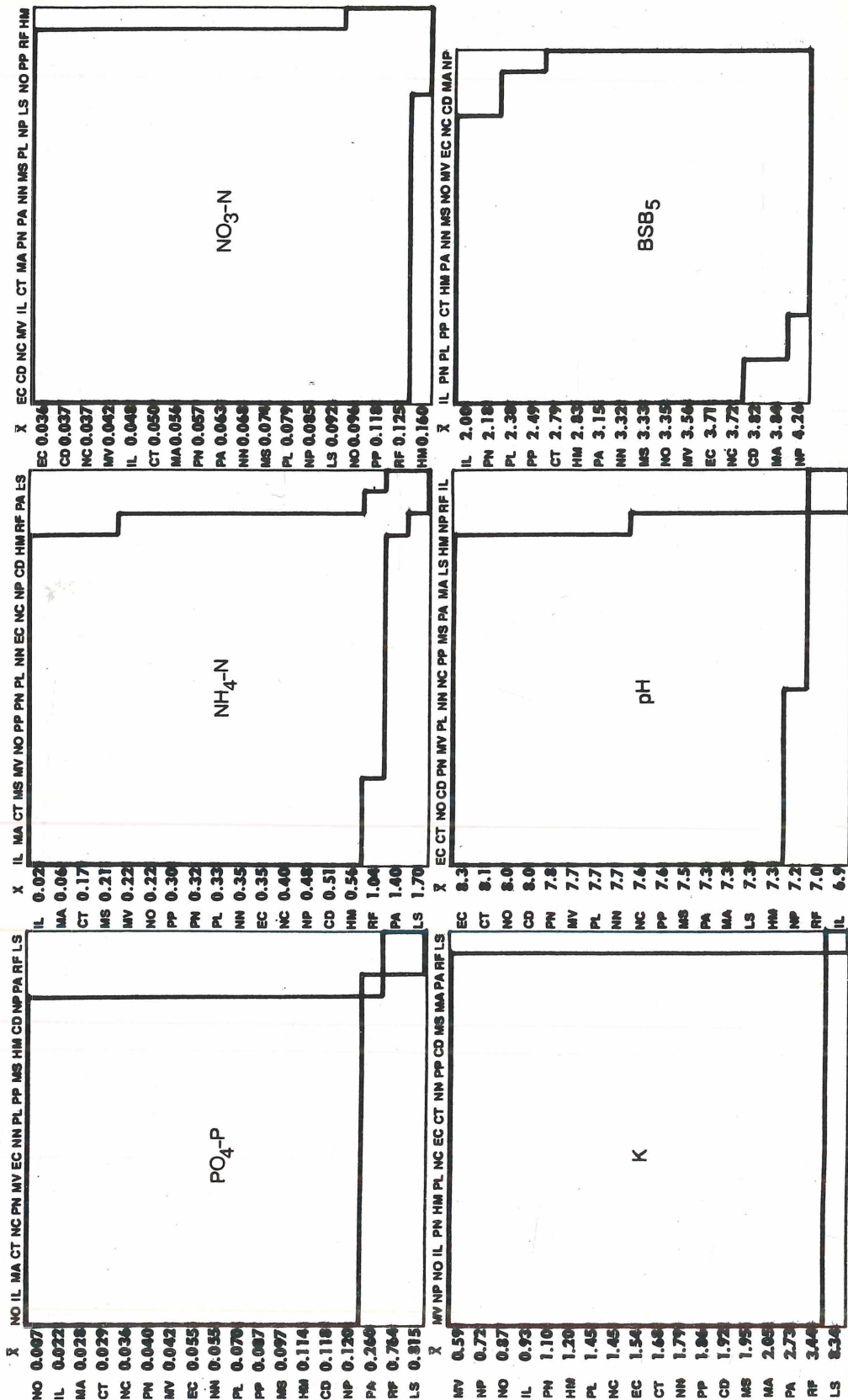
Eine gewisse Eigenständigkeit weist auch der Wasserstandort des *Myriophylletum alterniflori* (MA) auf. Das Wasser ist weich (härter nur gegenüber dem des *Isoëto-Lobelietaum*) und arm an Mg. Es unterscheidet sich auch von den Standorten mehrerer Gesellschaften durch niedrige Mittelwerte der Wasserfarbe, Ca und gel. SiO₂, ist verhältnismäßig arm an SO₄, Cl, ges. Fe, NO₃-N, NH₄-N, aber reich an Sauerstoff. Die Eigenständigkeit wird am besten durch den Verlauf der Merkmalslinie veranschaulicht (Abb. 2): Ähnlich wie beim *Isoëto-Lobelietaum* liegen die Werte der meisten Merkmale unterhalb des Mittels für alle Assoziationen. Oberhalb (rechts von der Senkrechten) liegen nur die Werte für die Sauerstoffsättigung, spezifische Azidität, BSB₅ und Na. Außerdem ist die Linie des *Myriophylletum alterniflori* hinsichtlich der meisten Merkmale aber gegenüber dem *Isoëto-Lobelietaum* deutlich nach rechts verschoben, also in Richtung der höheren Werte.

Ein weiterer Wasserstandort, der sich stark von anderen unterscheidet, ist der des *Nupharetum pumili* (NP). Das Wasser ist weich; nur im Vergleich zum *Isoëto-Lobelietaum* und *Myriophylletum alterniflori* ist es härter, auch reicher an Mg und Ca, aber ärmer im Vergleich zu den Wasserstandorten der meisten anderen Assoziationen (Abb. 1). Für den Standort des *Nupharetum pumili* sind auch verhältnismäßig niedrige Anteile an gel. SiO₂, Cl, K und der niedrigste Gehalt an SO₄ und Na kennzeichnend. Andererseits ist das Wasser verhältnismäßig nährstoffreich. Im Vergleich zum *Isoëto-Lobelietaum* und *Myriophylletum alterniflori* ist es wesentlich

Abb. 1: Physikalisch-chemische Wassereigenschaften der untersuchten Gesellschaften (Mittelwerte und Signifikanz der Unterschiede, $P = 0,05$: mit dicker Linie umzogene Felder = keine signifikanten Differenzen). Die meisten Werte in mg/l außer: O_2 -Sättigung (%), Gesamt- und Karbonathärte (mval/l), Farbe (mg Pt/l), Oxydierbarkeit und BSBs (mg O_2 /l), pH. Abkürzungen von Gesellschaftsnamen – siehe Tabellen 1–5.







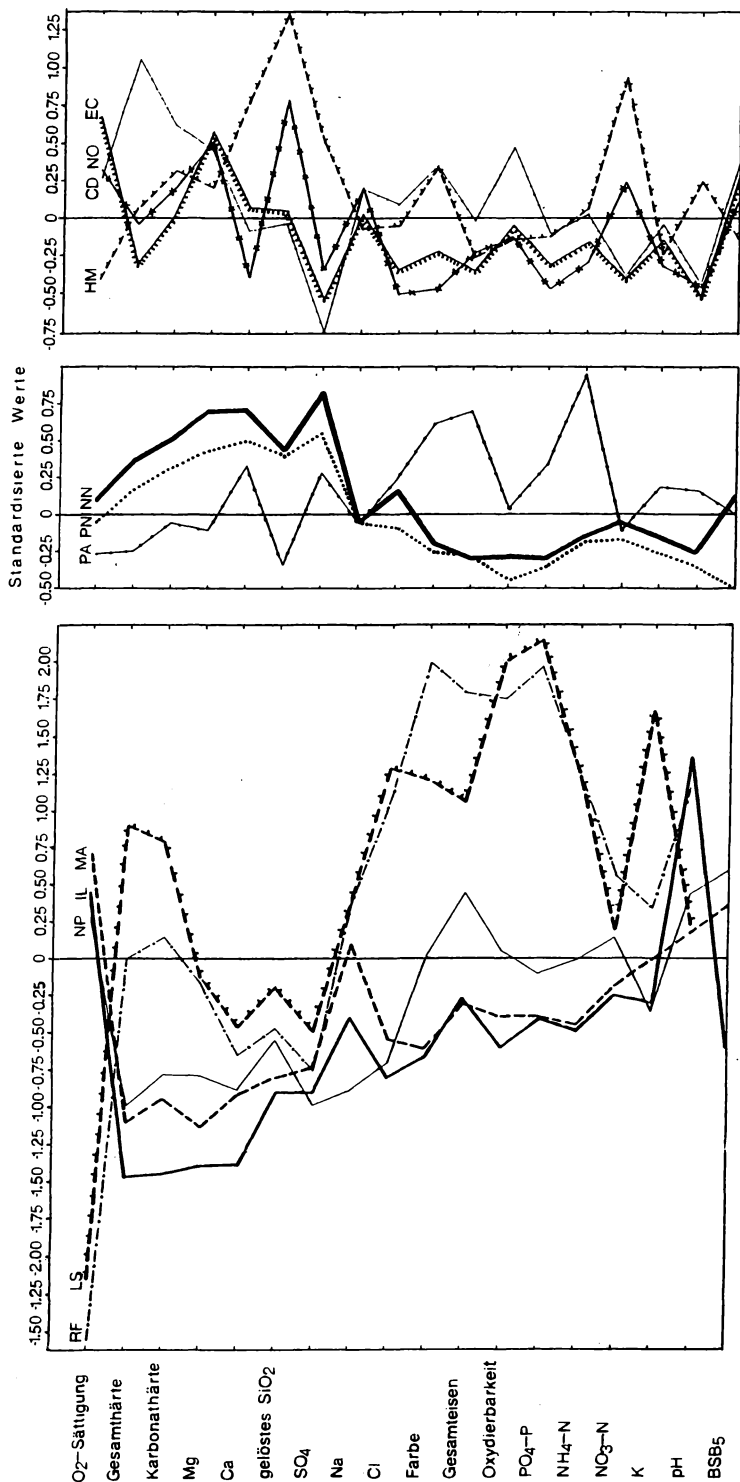
reicher an Gesamteisen und weist einen signifikant höheren Wert der Wasserfarbe, höhere Oxydierbarkeit und BSB₅ auf. Hohe Mittelwerte wurden auch für PO₄-P, NH₄-N und NO₃-N festgestellt. Die ökologische Eigenständigkeit des *Nupharetum pumili* veranschaulicht das Diagramm der Merkmalslinien (Abb. 2). Der Abschnitt, der die für die Wasserhärte verantwortlichen Merkmale verbindet, liegt, ähnlich wie beim *Isoëto-Lobeliëtum* und *Myriophylletum alterniflori*, links von der Senkrechten. Die Werte dieser Merkmale sind aber vergleichsweise deutlich höher. Der Abschnitt der für den Nährstoffreichtum entscheidenden Merkmale ist dagegen gegenüber dem *Isoëto-Lobeliëtum* und *Myriophylletum alterniflori* deutlich nach rechts verschoben.

Diese Unterschiede werden durch die Amplituden der analysierten Wassereigenschaften bestätigt (Abb. 3). Die meist engsten Amplituden zeigt das *Isoëto-Lobeliëtum* bei allgemein den niedrigsten oder niedrigen Werten, mit Ausnahme der Sauerstoffsättigung, was für die oligotrophen Gewässer kennzeichnend ist. Bei den Standorten des *Myriophylletum alterniflori* und des *Nupharetum pumili* sind die Amplituden der die Wasserhärte bestimmenden Merkmale ähnlich. Merkmale, die für Trophie und Reinheit des Wassers entscheidend sind, ergeben für das *Nupharetum pumili* die breitesten Amplituden. Im Vergleich zum *Isoëto-Lobeliëtum* und *Myriophylletum alterniflori* liegen die meisten Minimalwerte höher.

Einen Gegensatz zu den besprochenen Standorten bilden die eigenartigen Wasserstandorte des *Lemno-Spirodeletum* (LS) und *Ricciëtum fluitantis* (RF). Aus Abb. 1 ergibt sich, daß sie sauerstoffarm und verhältnismäßig arm an Mg, Ca, gel. SiO₂ und SO₄ sind, sehr reich dagegen an Nährstoffen (hoher Gehalt an PO₄-P, K, NH₄-N, NO₃-N, Cl). Sie zeichnen sich auch durch die höchsten Werte für Wasserfarbe, Oxydierbarkeit und Gesamteisen aus. Das wird auch an ihren Merkmalslinien sichtbar (Abb. 2). Trotz deutlicher Ähnlichkeiten (ähnliche oder identisch verlaufende Linienabschnitte) sind es aber zwei verschiedene Standorte. Dies zeigen wesentlich höhere Mittelwerte des *Ricciëtum fluitantis* für Wasserfarbe, Gehalt an Gesamteisen, spezifische Azidität und niedrigere Mittelwerte für Sauerstoffsättigung, Gesamt- und Karbonathärte sowie Gehaltes an K.

Sowohl die Sonderstellung des *Ricciëtum fluitantis* und *Lemno-Spirodeletum* gegenüber anderen Standorten als auch die Unterschiede zwischen beiden Standorten werden durch die Unterschiede der Amplituden bestätigt (Abb. 3): die Wasserstandorte des *Lemno-Spirodeletum* und *Ricciëtum fluitantis* haben die breitesten oder sehr breite Amplituden für Cl, PO₄-P, K, Na wie auch für Oxydierbarkeit, Wasserfarbe, Gesamteisen und beim *Lemno-Spirodeletum* auch für NH₄-N, wobei die Minimalwerte dieser Merkmale oft verhältnismäßig hoch sind (besonders beim *Ricciëtum fluitantis*). Niedrige Werte und relativ enge Amplituden ergeben sich für die Gehalte an Ca, Mg, gel. SiO₂, SO₄. Für die Gesamt- und Karbonathärte, durch die sich u. a. die beiden Standorte voneinander unterschieden, wurden im Wasser des *Lemno-Spirodeletum* höhere Minimalwerte und breitere Amplituden ermittelt.

Neben den schon behandelten 5 Standorten weist auch derjenige des *Polygonëtum natantis* (PA) eine gewisse Sonderstellung auf. Von seiner Eigenständigkeit zeugen vor allem Mittelwerte für PO₄-P, NH₄-N, Gesamteisen, Wasserfarbe und Sauerstoffsättigung (Abb. 1). Hinsichtlich des Gehaltes an PO₄-P unterscheidet sich dieser Standort signifikant von den anderen: im Vergleich zum *Lemno-Spirodeletum* und *Ricciëtum fluitantis* ist er ärmer, aber reicher als Standorte anderer Gesellschaften. Auch hinsichtlich Wasserfarbe und Gehalt an Gesamteisen weist das *Polygonëtum natantis* niedrigere Mittelwerte nur gegenüber dem *Lemno-Spirodeletum* und *Ricciëtum fluitantis* auf. Der Gehalt an NH₄-N ist nur niedriger gegenüber dem *Lemno-Spirodeletum*, deutlich höher aber gegenüber allen anderen Standorten. Neben diesen hohen mittleren Gehalten der wichtigsten Nährstoffe wurde hier auch ein relativ hoher mittlerer Gehalt an SO₄, Cl und Ca festgestellt. Niedrig ist dagegen der Mittelwert der Sauerstoffsättigung, und relativ niedrig sind auch Mittelwerte solcher Merkmale wie gel. SiO₂, Mg, Gesamt- und Karbonathärte. Im Vergleich zu anderen ist dieser Wasserstandort also verhältnismäßig weich, aber nährstoffreich, was sehr gut die Graphik der Merkmalslinien widerspiegelt (Abb. 2). Die meisten Werte, die für die Trophie des Wassers entscheidend sind, liegen hier rechts von der Senkrechten, die die Gesamtmittelwerte aller untersuchten Standorte verbindet. Aus Abb. 3 ergibt sich, daß die Amplituden für PO₄-P, NH₄-N, Gesamteisen und Wasserfarbe



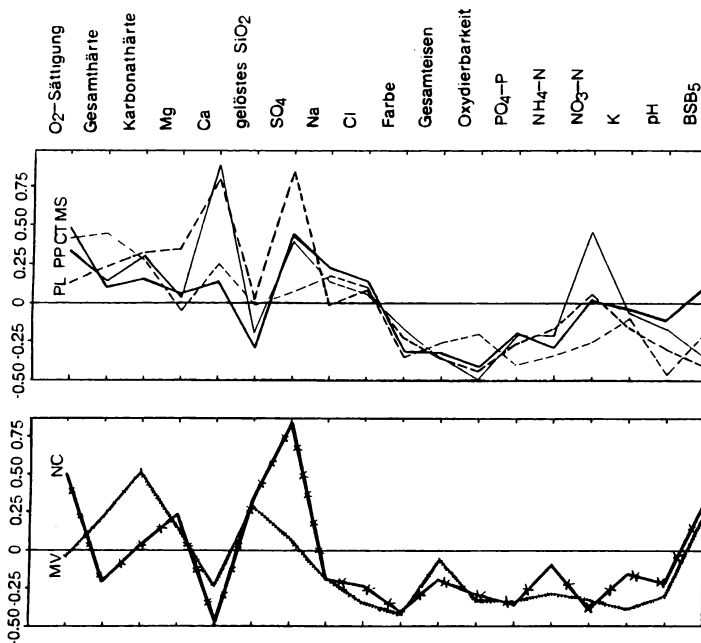


Abb. 2: Vergleich der Wasserstandorte der Wasserpflanzengesellschaften mit Merkmalslinien (Erläuterungen im Text). Der pH-Wert als spezifische Azidität (nach WHERRY 1992).

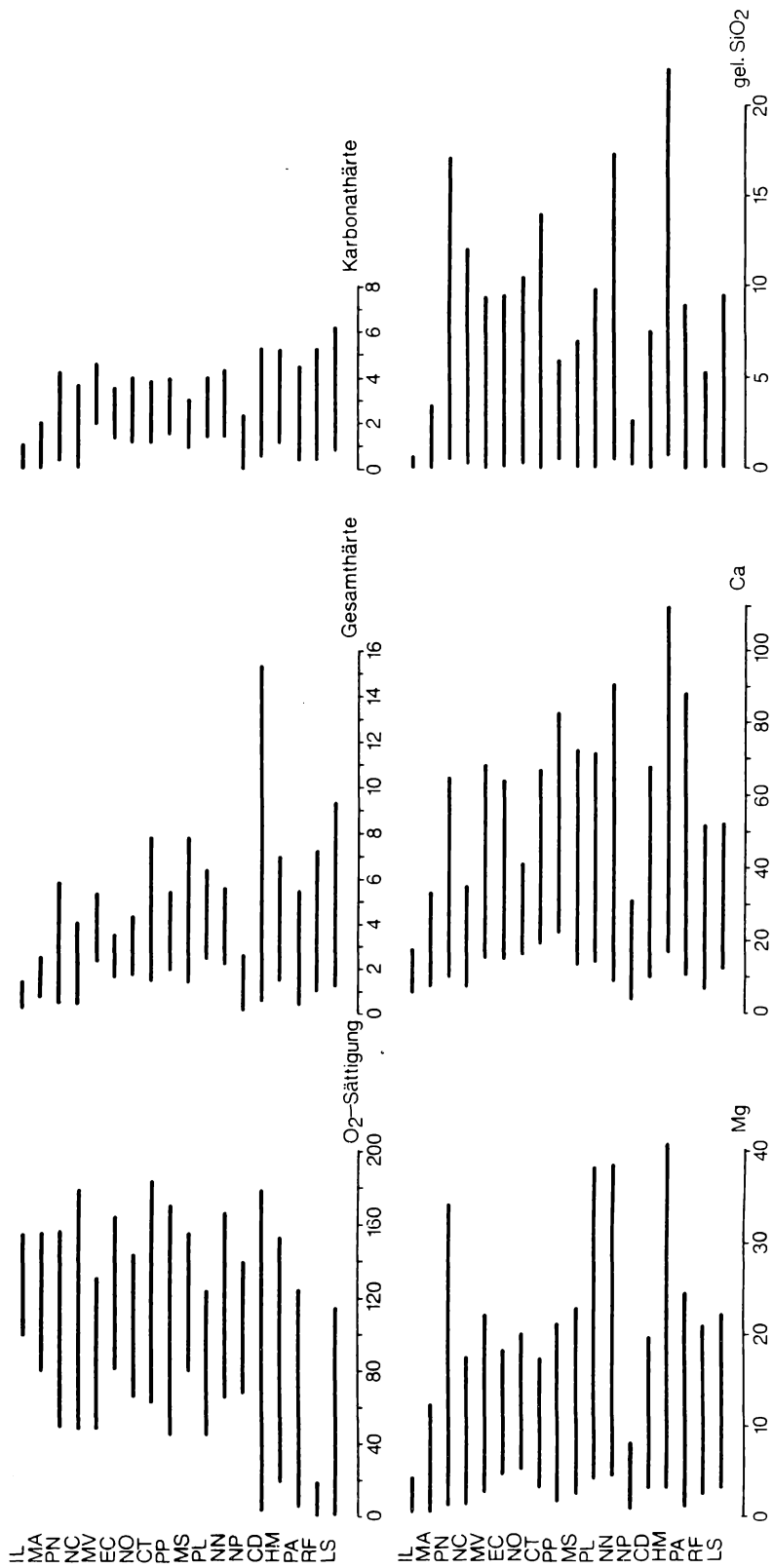
breit sind, die Amplitude des Sauerstoffgehaltes dagegen zwar relativ breit, aber gegen die niedrigeren Werte verschoben ist.

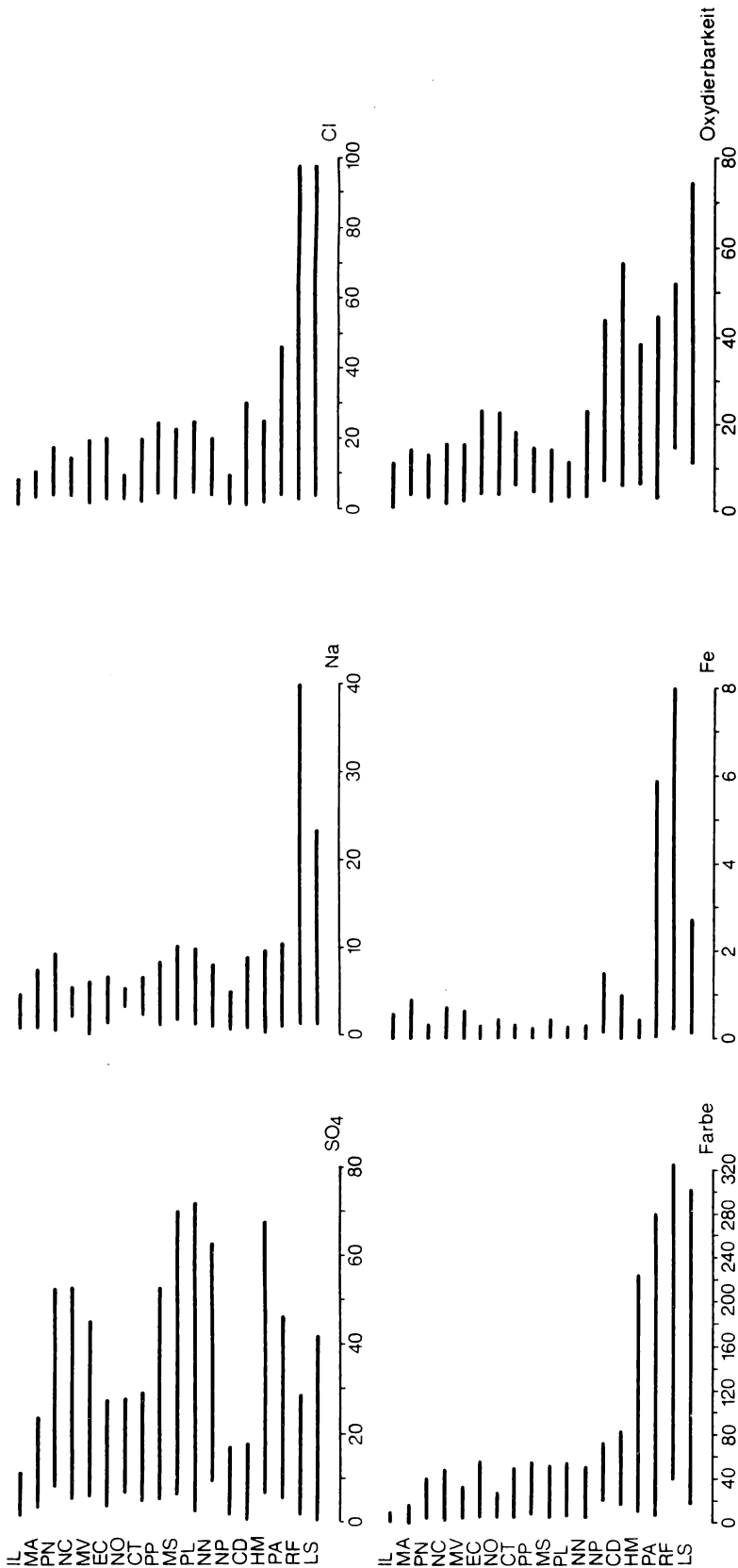
Unter den übrigen Standorten weichen zwei deutlich von den anderen ab: der Wasserstandort des *Hydrocharitetum morsus-ranae* (HM) und der des *Ceratophylletum demersi* (CD). Von der Eigenständigkeit des ersteren zeugen folgende Eigenschaften (Abb. 1): der höchste Gehalt an gelöstem SiO_2 (signifikanter Unterschied gegenüber den anderen Standorten), der höchste mittlere Gehalt an $\text{NO}_3\text{-N}$, ein hoher Farbwert und relativ hohe Konzentrationen von Ca und SO_4 ; andererseits ein niedriger Mittelwert der Sauerstoffsättigung.

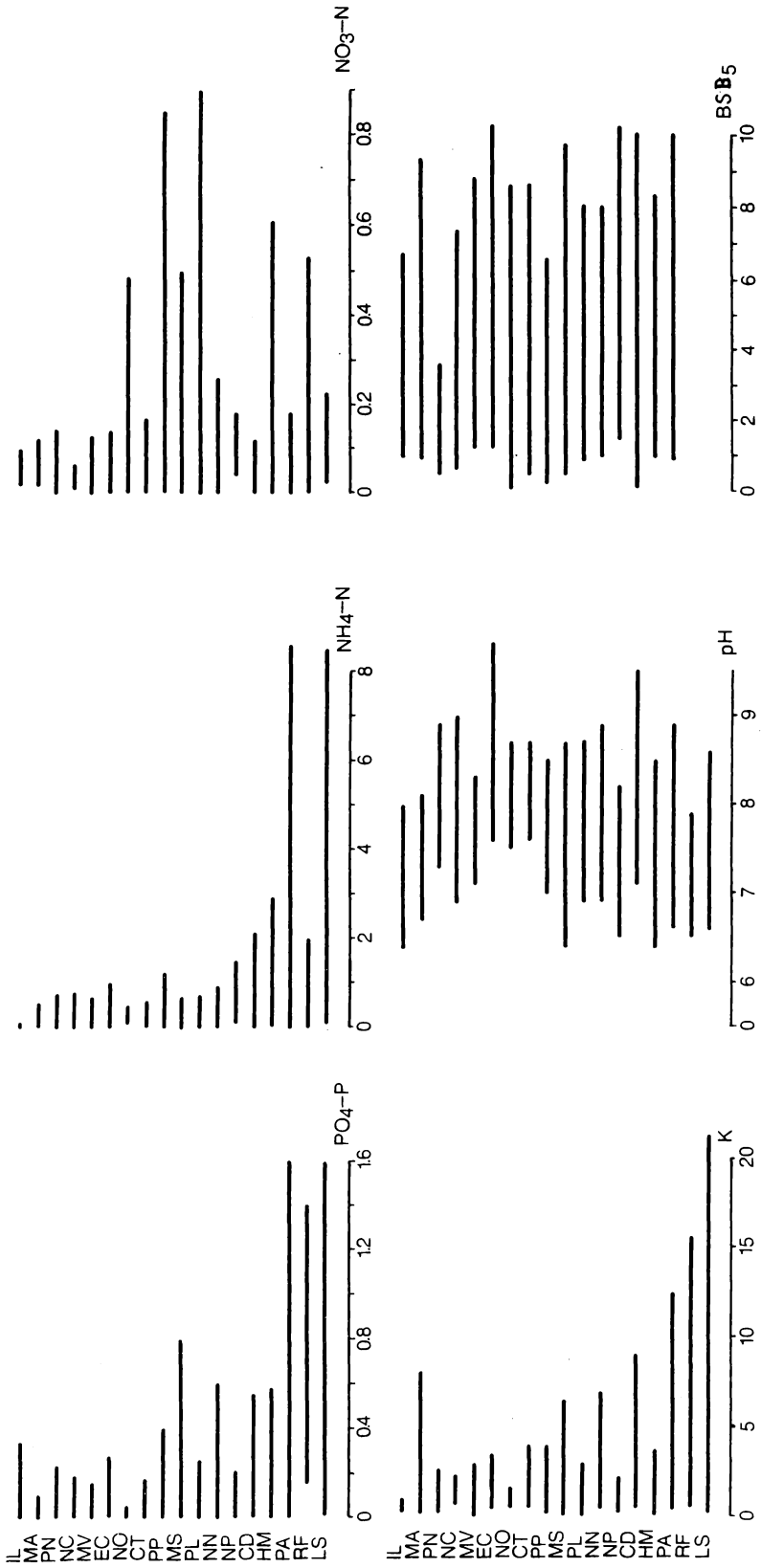
Für die ökologische Eigenständigkeit des *Ceratophylletum demersi* sind folgende Wassereigenschaften entscheidend: ein hoher Mittelwert der Oxydierbarkeit (niedriger nur im Vergleich zu *Lemno-Spirodeletum* und *Riccietyum fluitantis*), der höchste Mittelwert der Gesamthärte, hohe mittlere Karbonathärte, ein hoher Wert der Wasserfarbe und ein relativ niedriger Gehalt an SO_4 . Dieses eigenartige Bild veranschaulicht auch das Diagramm mit den Merkmalslinien (Abb. 2). Die beiden sich stark von den übrigen unterscheidenden Standorte zeigen hinsichtlich einiger Wassereigenschaften völlig gegensätzliche Tendenzen: Sauerstoffsättigung, Gesamthärte, Gehalt an Ca, gel. SiO_2 , SO_4 und $\text{NO}_3\text{-N}$. Diesen Differenzen entsprechen auch die unterschiedlichen Amplituden (Abb. 3): Das *Hydrocharitetum morsus-ranae* zeichnet sich durch die breitesten Amplituden für SiO_2 , Ca und breite Bereiche von SO_4 , $\text{NO}_3\text{-N}$ und Wasserfarbe aus. Dabei sind die Minimalwerte für die Gehalte an gelöstem SiO_2 , Ca und SO_4 deutlich höher als im *Ceratophylletum demersi* und vielen anderen Gesellschaften. Das *Ceratophylletum demersi* weist dagegen die breiteste Amplitude der Gesamthärte von sehr weichem bis zu sehr hartem Wasser auf. Breit ist auch der Bereich der Oxydierbarkeit, mit einem höheren Minimalwert als bei den meisten anderen Standorten. Enge Amplituden haben dagegen im *Ceratophylletum demersi* die Gehalte an SO_4 und $\text{NO}_3\text{-N}$. Beide Standorte unterscheiden sich voneinander durch die Amplituden der Wasserreaktion: im *Ceratophylletum demersi* zeigen die pH-Werte leicht bis stark alkalische Reaktion, im *Hydrocharitetum morsus-ranae* schwach saure bis alkalische Reaktion.

Der Wasserstandort des *Nupharo-Nymphaeetum albae* (NN) nimmt unter allen untersuchten bei vielen Merkmalen eine Mittelstellung ein. Hinsichtlich der Gehalte an SO_4 und Mg,

Abb. 3: Amplituden der physikalisch-chemischen Wassereigenschaften in den untersuchten Gesellschaften.
Die meisten Werte in mg/l außer O₂-Sättigung (%), Gesamt- und Karbonathärte (mval/l), Farbe (mg Pt/l), Oxydierbarkeit und BSB₅ (mg O₂/l), pH.







die an diesem Standort sehr hoch sind (signifikante Unterschiede gegenüber den meisten Standorten), weicht er aber von den übrigen Standorten deutlich ab. Er ist auch reich an Ca, gel. SiO₂ und weist relativ hohe Mittelwerte für Gesamt- und Karbonathärte auf. Das wird auch im Verlauf der Merkmalslinien sichtbar (Abb. 2). Auch die Amplituden der erwähnten Wassereigenschaften spiegeln diese Eigenart des *Nupharo-Nymphaeetum albae* wider. Hohen mittleren Gehalten an SO₄, Mg, gel. SiO₂ und Ca entsprechen breite Amplituden dieser Merkmale; gleichzeitig sind aber die Minimalwerte für SO₄, Mg und gel. SiO₂ merklich höher als bei den meisten anderen Standorten. Auch die Amplituden der Gesamt- und Karbonathärte beginnen hier im Vergleich zu den meisten Standorten mit viel höheren Werten.

Für die Standorte der übrigen 9 Gesellschaften wurden Unterschiede nur hinsichtlich der Mittelwerte für Ca, SO₄, gel. SiO₂ und im geringeren Maße für die Sauerstoffsättigung festgestellt. Unter diesen 9 Standorten zeichnen sich das *Elodeetum canadensis* (EC) und *Nitellopsidetum obtusae* (NO) durch signifikant niedrigeren Gehalt an SO₄, niedrigen Anteil an Ca und relativ hohe Konzentration an gel. SiO₂ (hauptsächlich im *Nitellopsidetum obtusae*) aus. An beiden Standorten wurden auch ein verhältnismäßig hoher Gehalt an Mg und hohe pH-Werte ermittelt. Zugleich wird aus Abb. 3 ersichtlich, daß die Amplituden für SO₄ an beiden Standorten relativ eng sind, ebenso für Mg und die Wasserreaktion, wobei die Minimalwerte dieser Eigenschaften merklich höher als an den übrigen Standorten liegen. Relativ enge Bereiche anderer Merkmale, beim *Nitellopsidetum obtusae* sogar am engsten (z. B. Amplituden von PO₄-P, Cl), weisen auf die Bindung beider Assoziationen an eher mesotrophe alkalische Wasserstandorte hin.

Der Wasserstandort des *Nymphaeetum candidae* (NC) weist von diesen 9 Standorten den niedrigsten mittleren Ca-Gehalt auf. Eng ist hier auch die Amplitude dieser Eigenschaft mit niedrigen Minimal- und Maximalwerten (Abb. 3). Hoch ist dagegen der Gehalt an SO₄. Da die Bereiche für Nährstoffkonzentrationen (PO₄-P, NO₃-N, NH₄-N) hier eng sind, kann man den Wasserstandort des *Nymphaeetum candidae* als mesotroph ansehen.

Die Wasserstandorte des *Potamogetonetum perfoliati* (PP), des *Potamogetonetum lucentis* (PL), des *Potamogetonetum natantis* (PN) wie auch des *Myriophylletum verticillati* (MV), des *Charetum tomentosae* (CT) und des *Myriophylletum spicati* (MS) ähneln am meisten dem des *Nupharo-Nymphaeetum albae*. Die Analyse der Merkmalslinien (Abb. 2) weist einen sehr ähnlichen Verlauf der Linien des *Charetum tomentosae* und des *Myriophylletum spicati* und fast identischen Verlauf der Linien des *Potamogetonetum perfoliati* und des *Potamogetonetum lucentis* auf. Die Linie des *Myriophylletum verticillati* nimmt eine Mittelstellung ein. Interessant ist die Linie des *Potamogetonetum natantis*: sie verläuft ähnlich wie die Linie des *Nupharo-Nymphaeetum albae*, aber fast alle Merkmale haben niedrigere Mittelwerte. In bezug auf die Bereiche wichtiger Nährstoffe nehmen *Myriophylletum verticillati*, *Potamogetonetum natantis* und *Charetum tomentosae* ärmere Standorte ein (enge, niedrige Werte umfassende Amplituden für PO₄-P, NO₃-N und K).

Bei einem Gesamtvergleich aller 18 Assoziationen lassen sich folgende Typen von Wasserstandorten unterscheiden, die mit den Namen entsprechender Assoziationen bezeichnet werden:

1. *Isoëto-Lobelietum*

Ausgesprochen weiche, oligotrophe Wasserstandorte mit der niedrigsten Gesamthärte ($\bar{x}$: 0,72 mval/l) und Karbonathärte ($\bar{x}$: 0,33 mval/l), am ärmsten an Ca ($\bar{x}$: 10,20 mg/l), Mg ($\bar{x}$: 1,40 mg/l), gelöstem SiO₂ ($\bar{x}$: 0,23 mg/l), NH₄-N ($\bar{x}$: 0,056 mg/l) und Cl ($\bar{x}$: 4,28 mg/l), arm an PO₄-P ($\bar{x}$: 0,022 mg/l) und NO₃-N ($\bar{x}$: 0,048 mg/l), mit dem niedrigsten Wert der Wasserfarbe ($\bar{x}$: 7 mg Pt/l) und der niedrigsten Oxydierbarkeit ($\bar{x}$: 6,45 mg O₂/l).

2. *Myriophylletum alterniflori*

Weiche, oligo-mesotrophe Wasserstandorte mit niedriger Gesamthärte ($\bar{x}$: 1,37 mval/l) und Karbonathärte ($\bar{x}$: 1,06 mval/l), arm an Ca ($\bar{x}$: 18,5 mg/l), Mg ($\bar{x}$: 3,12 mg/l), PO₄-P ($\bar{x}$: 0,028 mg/l), NH₄-N ($\bar{x}$: 0,056 mg/l), und gelöstem SiO₂ ($\bar{x}$: 0,55 mg/l), mit niedrigem Wert der Wasserfarbe ($\bar{x}$: 10 mg Pt/l) und hohem Sauerstoffgehalt ($\bar{x}$: 121,1 %).

3. *Nupharetum pumili*

Eutrophe, aber weiche, im Vergleich zum *Isoëto-Lobelietum* und *Myriophylletum alterniflori* härtere Wasserstandorte (Gesamthärte $\bar{x}$: 1,58 mval/l; Karbonathärte $\bar{x}$: 1,31 mval/l), arm an Ca ($\bar{x}$: 19,33 mg/l),

Mg ($\bar{x}$: 5,38 mg/l), am ärmsten an SO_4 ($\bar{x}$: 5,41 mg/l), verhältnismäßig reich an $\text{PO}_4\text{-P}$ ($\bar{x}$: 0,120 mg/l), $\text{NH}_4\text{-N}$ ($\bar{x}$: 0,48 mg/l), $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\bar{x}$: 0,085 mg/l) und Gesamteisen ($\bar{x}$: 0,550 mg/l), mit hohem Wert der Wasserfarbe ($\bar{x}$: 35 mg Pt/l).

4. *Ricciatum fluitantis*

Mittelharte Wasserstandorte (Gesamthärte $\bar{x}$: 3,36 mval/l; Karbonathärte $\bar{x}$: 2,66 mval/l), mit einem breiten Trophiespektrum – hauptsächlich stark eutroph, am stärksten gefärbt ($\bar{x}$: 114 mg Pt/l), mit höchstem Gehalt an Gesamteisen ($\bar{x}$: 1,394 mg/l), sehr hohem Gehalt an $\text{PO}_4\text{-P}$ ($\bar{x}$: 0,764 mg/l), $\text{NH}_4\text{-N}$ ($\bar{x}$: 1,04 mg/l) und Cl ($\bar{x}$: 20,83 mg/l), mit hoher Oxydierbarkeit ($\bar{x}$: 30,64 mg O_2 /l) und niedrigster Sauerstoffsättigung ($\bar{x}$: 5,04 %).

5. *Lemno-Spirodeletum*

Wasserstandorte mit breitem Trophiebereich, meistens aber stark eutroph, mit hoher Gesamthärte $\bar{x}$: 4,95 mval/l und Karbonathärte ($\bar{x}$: 3,60 mval/l), am reichsten an K ($\bar{x}$: 8,34 mg/l), $\text{PO}_4\text{-P}$ ($\bar{x}$: 0,815 mg/l), $\text{NH}_4\text{-N}$ ($\bar{x}$: 1,72 mg/l) und Cl ($\bar{x}$: 22,65 mg/l), mit größter Oxydierbarkeit ($\bar{x}$: 33,16 mg O_2 /l), im Vergleich zum *Ricciatum fluitantis* ärmer an Gesamteisen, mit niedrigerem Wert der Wasserfarbe, höherem pH-Wert und höherer Sauerstoffsättigung.

6. *Polygonetum natantis*

Verhältnismäßig weiche (Gesamthärte $\bar{x}$: 2,91 mval/l und Karbonathärte $\bar{x}$: 2,36 mval/l), überwiegend eutrophe bis stark eutrophe Wasserstandorte mit hohem Gehalt an $\text{PO}_4\text{-P}$ ($\bar{x}$: 0,260 mg/l), $\text{NH}_4\text{-N}$ ($\bar{x}$: 1,40 mg/l) und Gesamteisen ($\bar{x}$: 0,715 mg/l), mit hohem Wert der Wasserfarbe ($\bar{x}$: 61 mg Pt/l) und niedriger Sauerstoffsättigung ($\bar{x}$: 86,54 %).

7. *Hydrocharitetum morsus-ranae*

Optimum-eutrophe Wasserstandorte, am reichsten an $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\bar{x}$: 0,160 mg/l) und gelöstem SiO_2 ($\bar{x}$: 8,28 mg/l), mit hohem Gehalt an Ca ($\bar{x}$: 49,49 mg/l), hohem Wert der Wasserfarbe ($\bar{x}$: 48 mg Pt/l), mit relativ hohen Minimalwerten der Gesamt- und Karbonathärte und mit schmalen Bereichen von Gesamteisen und K (innerhalb der niedrigen Werte).

8. *Ceratophylletum demersi*

Optimum-eutrophe, alkalische Wasserstandorte mit sehr breiter Amplitude der Gesamthärte (0,60 bis 15,40 mval/l), mit großer Oxydierbarkeit ($\bar{x}$: 17,41 mg O_2 /l), mit hohem Wert der Wasserfarbe ($\bar{x}$: 48 mg Pt/l), verhältnismäßig reich an $\text{PO}_4\text{-P}$ ($\bar{x}$: 0,118 mg/l), $\text{NH}_4\text{-N}$ ($\bar{x}$: 0,51 mg/l) und Gesamteisen ($\bar{x}$: 0,274 mg/l), mit niedrigem Anteil an SO_4 ($\bar{x}$: 8,25 mg/l) und $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\bar{x}$: 0,037 mg/l).

9. *Nupharo-Nymphaeetum albae*

(zusammen mit den Standorten des *Potamogetonetum perfoliati*, *Potamogetonetum lucentis* und des *Myriophylletum spicati*): schwach eutrophe bis eutrophe, mittelharte Wasserstandorte (gewogener Mittelwert der Gesamthärte – $\bar{x}_g$: 3,74 mval/l, der Karbonathärte – $\bar{x}_g$: 2,94 mval/l), reich an Mg ($\bar{x}_g$: 12,53 mg/l), SO_4 ($\bar{x}_g$: 27,19 mg/l) und Ca ($\bar{x}_g$: 46,62 mg/l), mit verhältnismäßig hohen Minimalwerten der Gesamt- und Karbonathärten.

9a. *Myriophylletum verticillati-Charetum tomentosae* – *Potamogetonetum natantis*

Mesotrophe bis schwach eutrophe alkalische Wasserstandorte, hinsichtlich der meisten Kenngrößen dem *Nupharo-Nymphaeetum albae*-Typ ähnlich, aber mit engeren Bereichen von $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NH}_4\text{-N}$.

10. *Nitellopsidetum obtusae* – *Elodeetum canadensis*

Mesotrophe, alkalische Wasserstandorte mit verhältnismäßig schmalen Bereichen der Gesamthärte (an der Grenze des weichen und mittelharten Wassers) und mit relativ hohen Minimalwerten der Karbonathärte. Im Vergleich zum Typus 9 ärmer an SO_4 ($\bar{x}_g$: 12,50 mg/l) und Ca ($\bar{x}_g$: 32,32 mg/l) und ähnlich wie die Standorte des Typus 9a mit engen Bereichen von $\text{PO}_4\text{-P}$ und $\text{NH}_4\text{-N}$.

11. *Nymphaeetum candidae*

Mesotrophe, verhältnismäßig weiche bis mittelharte Wasserstandorte (Gesamthärte – $\bar{x}$: 2,99 mval/l; Karbonathärte – $\bar{x}$: 2,49 mval/l); gegenüber den Standorten von Typ 9 ärmer an Ca ($\bar{x}$: 26,65 mg/l) und im Vergleich zu Typ 10 reicher an SO_4 ($\bar{x}$: 29,69 mg/l), mit schmalen Bereichen von $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NH}_4\text{-N}$ (innerhalb der niedrigen Werte).

Physikalisch-chemische Bodeneigenschaften

Die Untersuchungen der physikalisch-chemischen Bodeneigenschaften wurden an den Standorten von 16 Assoziationen durchgeführt, also ohne Berücksichtigung der Pleustongesellschaften (*Lemno-Spirodeletum*, *Ricciatum fluitantis*), die keine Verbindung mit dem Gewässerboden haben. Es wurden aber Gesellschaften berücksichtigt, deren Pflanzen keine Wurzeln besitzen, aber eine deutliche Beziehung zum Bodensubstrat aufweisen (*Nitellopsidetum obtusae*, *Charetum tomentosae*, *Ceratophyllum demersi*).

Die untersuchten Standorte wurden hinsichtlich der Mittelwerte und der Amplituden von 15 Parametern verglichen: Abb. 4 zeigt die Signifikanz der Unterschiede zwischen den Mittelwerten, Abb. 5 veranschaulicht einen synthetischen Vergleich der Bodensubstrate der Gesellschaften hinsichtlich der Mittelwerte aller Eigenschaften insgesamt, und Abb. 6 stellt die Amplituden einzelner Bodeneigenschaften dar.

Aus Abb. 4 ergibt sich, daß das Bodensubstrat des *Isoëto-Lobeliatum* deutlich abweicht. Es hat den niedrigsten Wassergehalt und den niedrigsten pH-Wert (signifikanter Unterschied gegenüber den anderen Gesellschaften). Außerdem zeichnet es sich durch die niedrigsten Konzentrationen an organischer Substanz, Gesamtstickstoff, Ca, Mg, Na, gel. SiO₂, Gesamteisen und die niedrigste Oxydierbarkeit aus. Die Mittelwerte dieser Merkmale unterscheiden sich signifikant von den meisten anderen Standorten. Für PO₄-P, NO₃-N und K wurden im *Isoëto-Lobeliatum* die niedrigsten Mittelwerte ermittelt. Zusammenfassend ist dieser Standort ausgesprochen arm an Nährstoffen, was auch der Verlauf der Merkmalslinie veranschaulicht (Abb. 5), die im Vergleich mit den Linien anderer Assoziationen hinsichtlich der meisten Merkmale deutlich nach links von der die Gesamtmittelwerte verbindenden Senkrechten verschoben ist, also im Bereich der niedrigen Werte liegt. Rechts von dieser Linie liegt nur der pH-Wert, als spezifische Azidität ausgedrückt (saure Bodensubstrate).

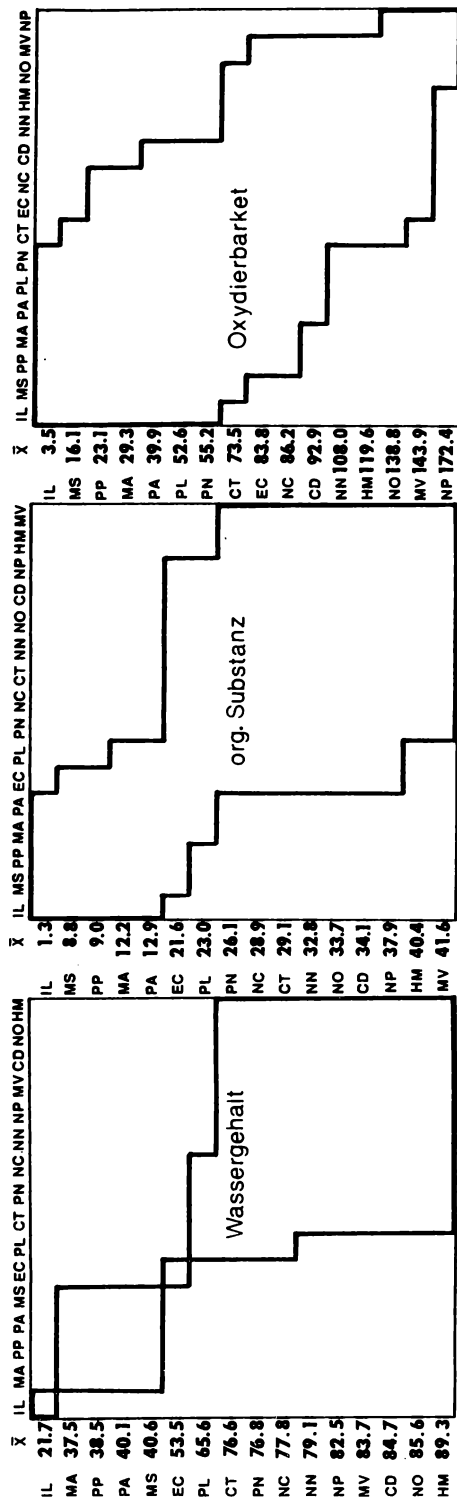
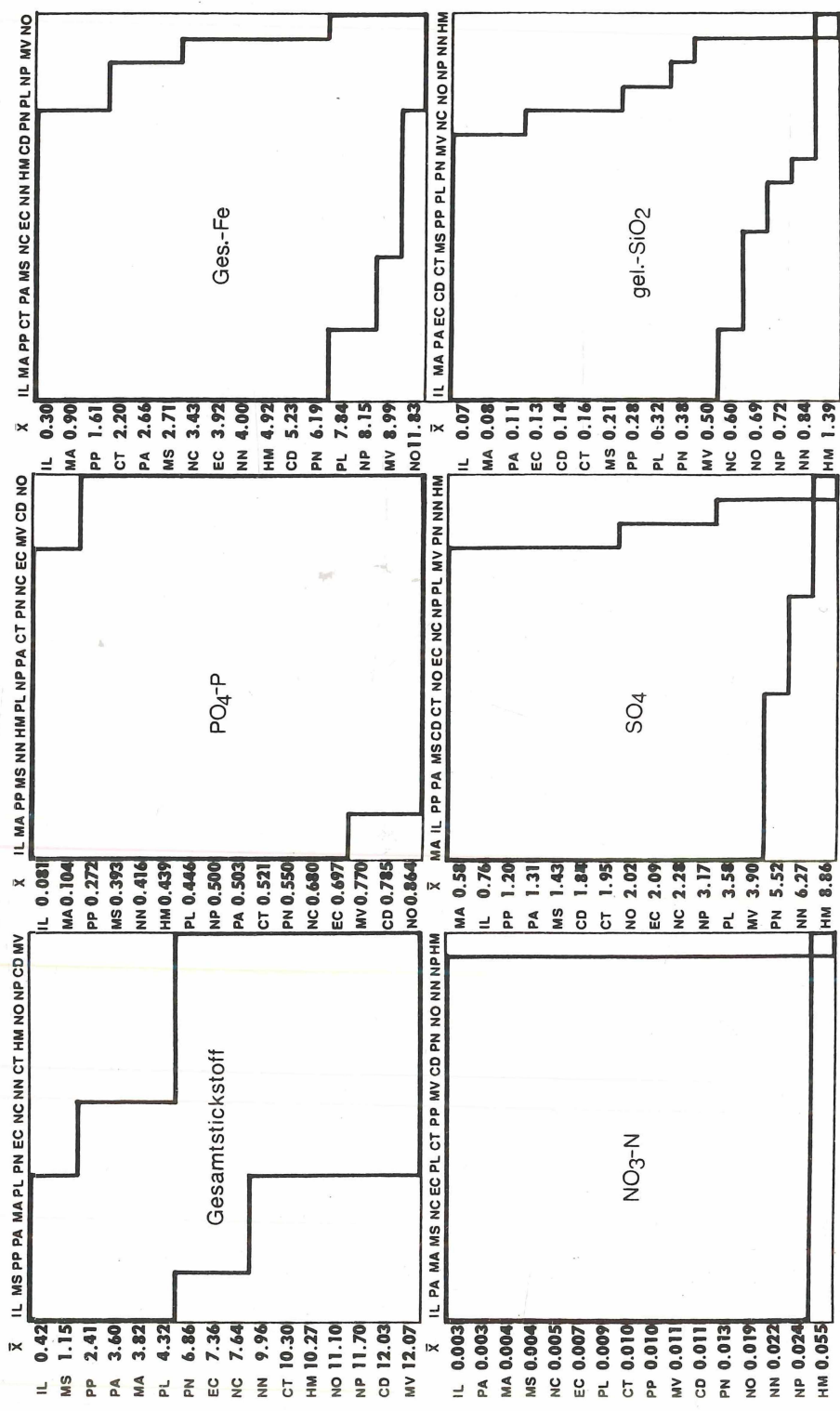
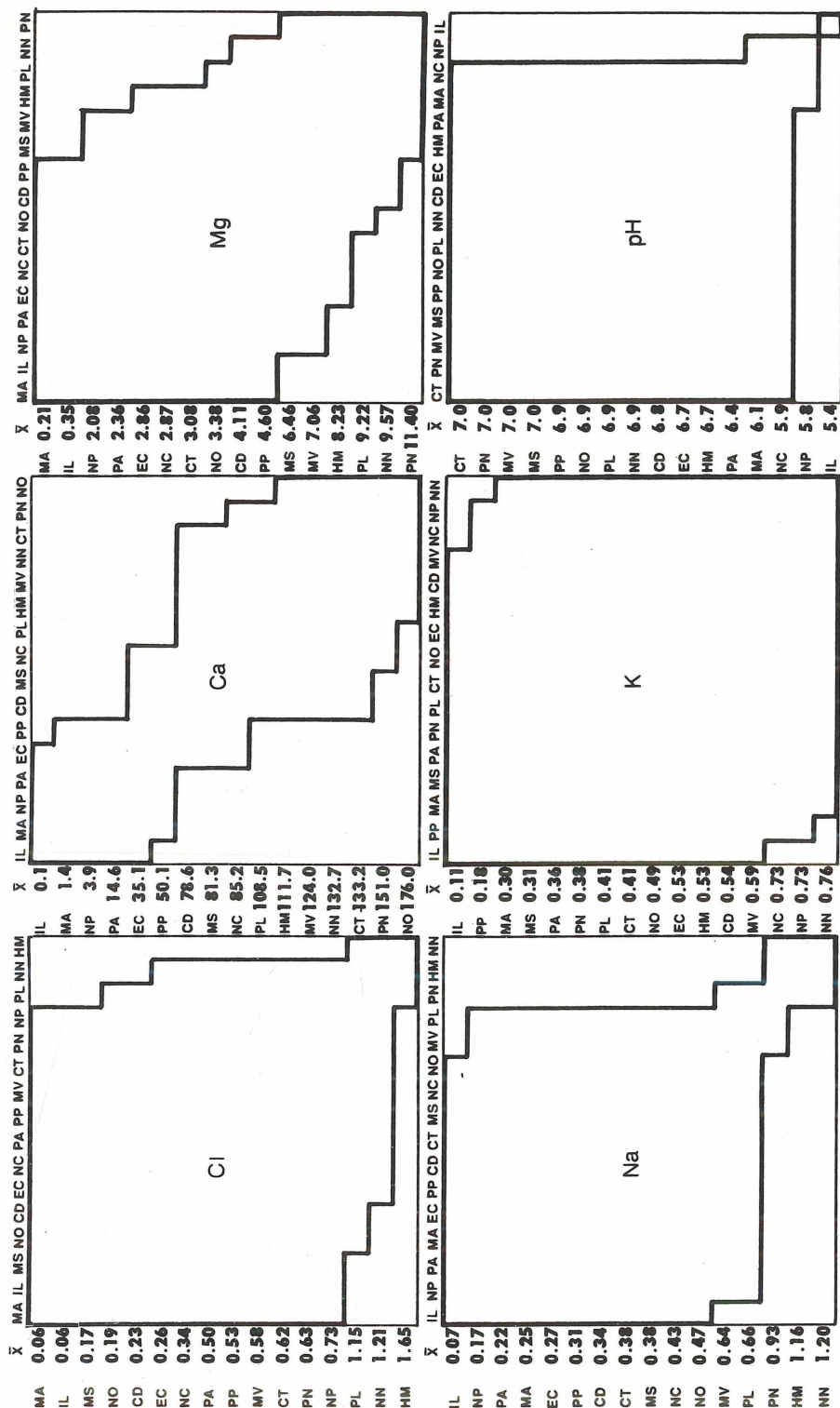
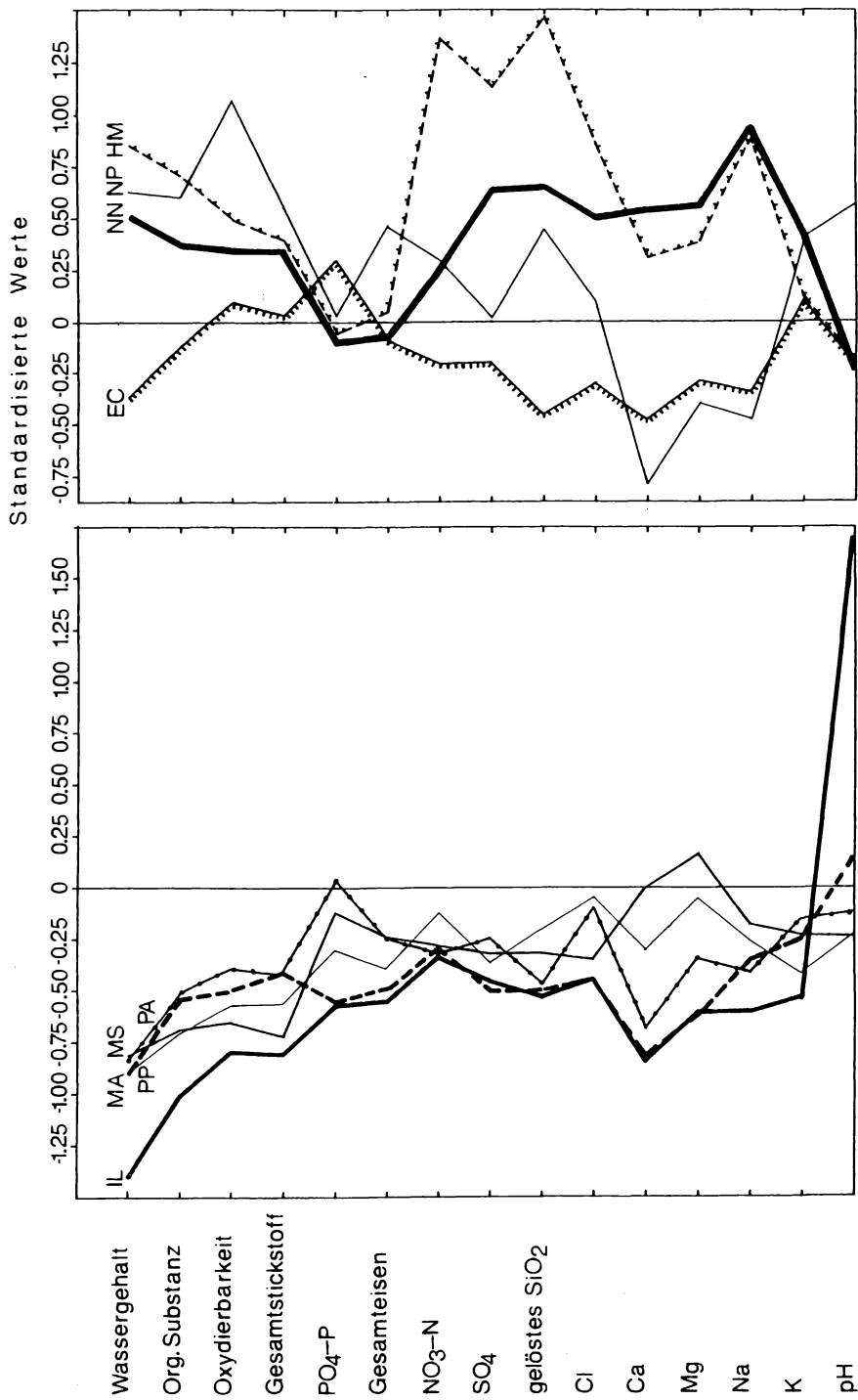


Abb. 4: Physikalisch-chemische Bodeneigenschaften der untersuchten Gesellschaften (Mittelwerte und Signifikanz der Unterschiede, $P = 0,05$; mit dicker Linie umzogene Felder = keine signifikante Differenzen). Die meisten Werte in g/kg Trockensubstanz des Bodensubstrats (TS) mit Ausnahme des Wassergehaltes und der organischen Substanz (%), der Oxydierbarkeit (g O₂/kg TS) und des pH-Wertes (Fortsetzung S. 320–321).







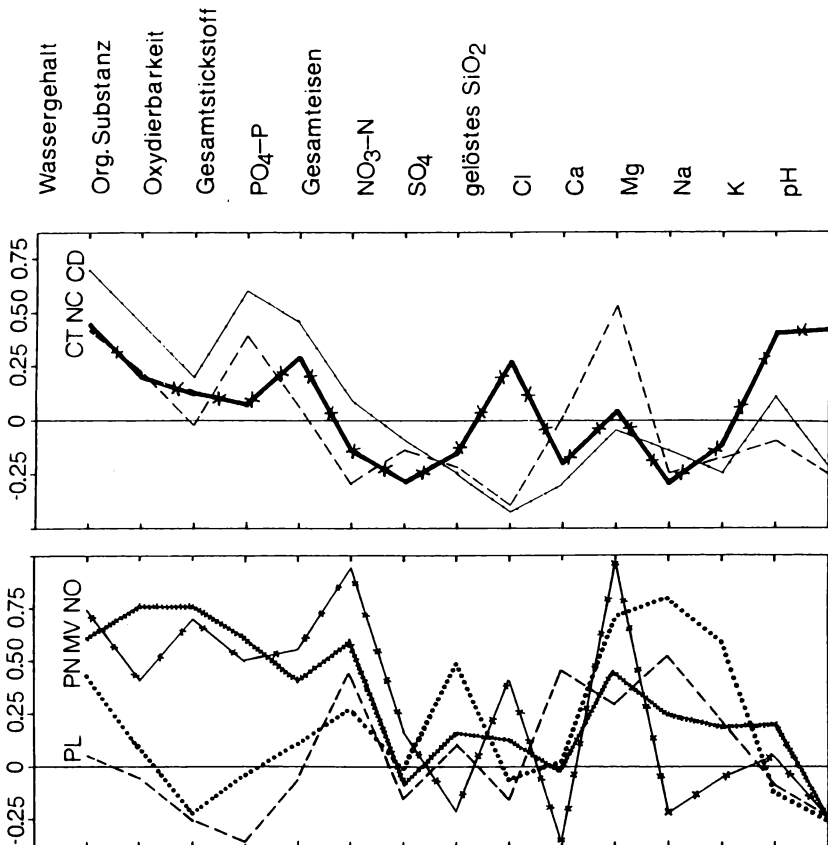


Abb. 5: Vergleich der Bodensubstrate der Wasserpflanzengesellschaften mit Merkmalslinien. Der pH-Wert als spezifische Azidität.

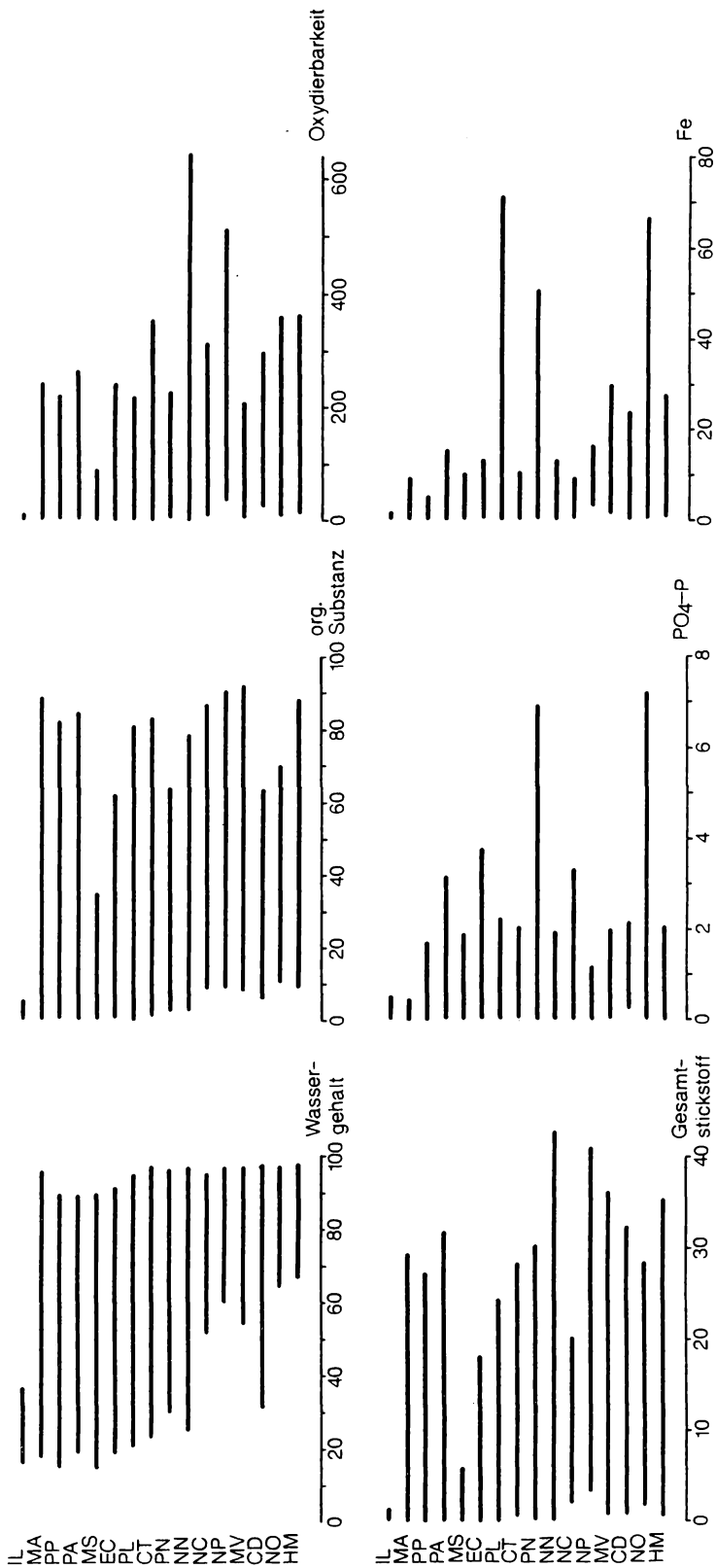
Differenzen spiegeln sich auch in den Amplituden der meisten Merkmale wider (Abb. 6): sie sind hier am engsten und liegen innerhalb der niedrigen Werte.

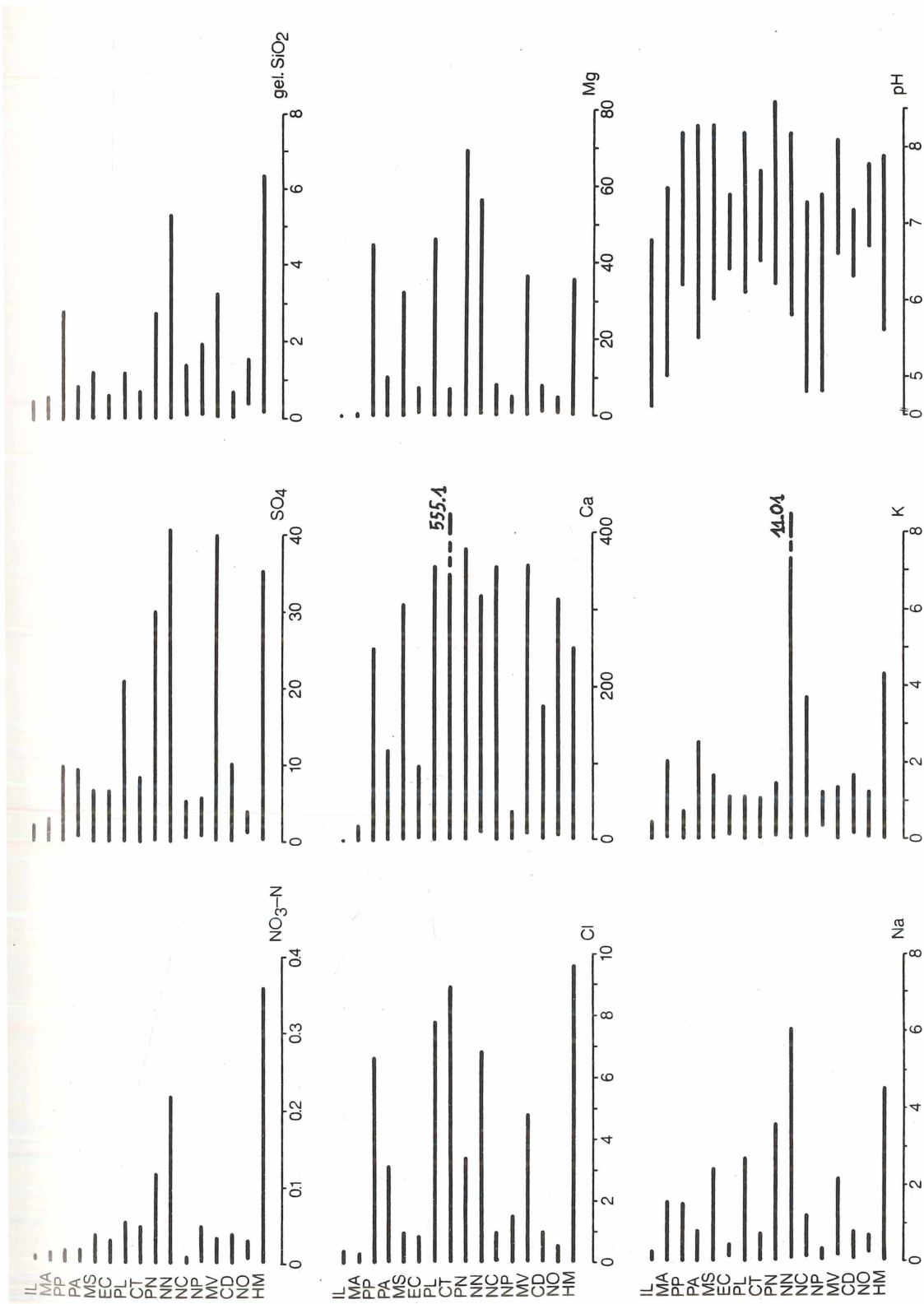
Neben dem *Isoëto-Lobelietum* kann man deutlich eine Gruppe von Gesellschaften unterscheiden, die hauptsächlich an Mineralböden gebunden sind – das *Myriophylletum alterniflori*, *Polygonetum natantis*, *Potamogetonetum perfoliati* und *Myriophylletum spicati* (Abb. 4). Die Standorte dieser 4 Gesellschaften zeichnen sich durch niedrige Mittelwerte folgender Merkmale aus: Wassergehalt im Bodensubstrat, Anteil an organischer Substanz und an Gesamtstickstoff, Oxydierbarkeit (signifikante Differenzen zu mehreren untersuchten Standorten). Die Bodensubstrate enthalten auch verhältnismäßig wenig SO_4 , K, Gesamteisen und $\text{PO}_4\text{-P}$ (*Myriophylletum alterniflori*, *Potamogetonetum perfoliati*, *Myriophylletum spicati*) und $\text{NO}_3\text{-N}$ (*Polygonetum natantis*, *Myriophylletum alterniflori*, *Myriophylletum spicati*). Differenzen gibt es in dieser Gruppe hinsichtlich des Gehaltes an Ca und Mg: relativ hohe Konzentrationen wurden im Bodensubstrat des *Myriophylletum spicati* festgestellt, am ärmsten sind in dieser Hinsicht die Standorte des *Myriophylletum alterniflori* und *Polygonetum natantis*. Im allgemeinen sind aber diese Standorte ähnlich, was auch aus dem Verlauf der Merkmalslinien ersichtlich ist (Abb. 5).

Die Amplituden von Ca und Mg für das *Myriophylletum spicati* und *Potamogetonetum perfoliati* sind breit, schmal sind sie dagegen im Bodensubstrat des *Polygonetum natantis* und sehr eng in dem des *Myriophylletum alterniflori*. Der Standort des *Myriophylletum alterniflori* weist auch schmale, niedrige Werte umfassende Amplituden von $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, Cl und SO_4

Abb. 6: Amplituden der physikalisch-chemischen Bodeneigenschaften in den untersuchten Gesellschaften. Die meisten Werte in g/kg TS mit Ausnahme des Wassergehaltes und der organischen Substanz (%), der Oxydierbarkeit (g O₂/kg TS) und des pH-Wertes.

324





auf. Die Amplituden des Wassergehaltes sind an allen 4 Standorten weit. Die engste Amplitude des Gehaltes an organischer Substanz mit niedrigem Maximalwert wurde für das Bodensubstrat des *Myriophylletum spicati* ermittelt. Hier wurden auch enge, niedrige Werte umfassende Amplituden der Oxydierbarkeit und des Gehaltes an Gesamtstickstoff festgestellt. Relativ breite Bereiche der Gehalte an wichtigen Bestandteilen ($\text{NO}_3\text{-N}$, Cl, gel. SiO_2) weist dagegen das Bodensubstrat des *Potamogetonum perfoliati* auf.

Die übrigen Gesellschaften sind an Bodensubstrate gebunden, die reicher an organischer Substanz sind und höheren Wassergehalt aufweisen. Darunter nimmt das *Elodeetum canadensis* eine Mittelstellung zwischen den Mineralböden und den nährstoffreicheren Bodensubstraten ein. Sein Bodensubstrat unterscheidet sich signifikant von anderen Gesellschaften im mittleren Wassergehalt, der im Vergleich zu den fünf oben behandelten Gesellschaften höher und zu den übrigen Gesellschaften niedriger ist. Die Mittelstellung des *Elodeetum canadensis* ist auch am Gehalt an Ca und Gesamtstickstoff und an der Oxydierbarkeit zu sehen (Fig. 4). Dies wird auch durch die Merkmalslinien veranschaulicht (Abb. 5): die Werte der meisten Merkmale sind negativ, d. h. sie liegen unterhalb des Gesamtmittels. Bei Kenngrößen wie Wassergehalt, Oxydierbarkeit, Gehalt an organischer Substanz, Gesamtstickstoff und $\text{PO}_4\text{-P}$ ist die Linie für das *Elodeetum canadensis* im Vergleich zu den Linien der übrigen besprochenen Gesellschaften deutlich nach rechts verschoben, verläuft also innerhalb der höheren Werte. Die Amplituden der erwähnten Bodeneigenschaften sind weit (Abb. 6); enge Amplituden finden sich für Gehalte an Ca, gel. SiO_2 , Cl, Mg und Na.

In der Gruppe der Gesellschaften auf nährstoffreichen Böden siedeln die Bestände des *Hydrocharitetum morsus-ranae* auf Bodensubstraten, die wesentlich reicher an $\text{NO}_3\text{-N}$, SO_4 und gel. SiO_2 sind als die übrigen Substrate. Außerdem zeichnet sich dieser Standort durch die höchsten Cl- und Wassergehalte und verhältnismäßig hohe Mittelwerte für Oxydierbarkeit und Gesamtstickstoff aus (signifikante Differenzen zu mehreren untersuchten Standorten). Die Eigenständigkeit und der Nährstoffreichtum des Standortes werden auch durch den Verlauf der Merkmalslinie bestätigt, die auf vielen Abschnitten am weitesten nach rechts verschoben ist (Abb. 5). Zusammenfassend liegt also ein fruchtbares Bodensubstrat vor, obwohl die Amplituden mehrerer Merkmale (Abb. 6) sehr weit sind. Hohe Werte und enge Amplitude zeigt der Wassergehalt (Minimalwert über 65 %). Einen vergleichsweise hohen Minimalwert hat auch der Gehalt an organischer Substanz.

Der Standort des *Nupharetum pumili* ist hinsichtlich der Bodeneigenschaften ebenso eigenartig wie in bezug auf die Wassereigenschaften. Aus Abb. 4 ergibt sich, daß die Bodensubstrate, ähnlich wie das Wasser, arm an Ca, Mg und Na sind, aber sich durch die höchste Oxydierbarkeit, hohen Gehalt an organischer Substanz, an Gesamtstickstoff, gel. SiO_2 , Gesamteisen und durch hohen Wassergehalt auszeichnen. Die meisten Bodensubstrate weisen einen niedrigen pH-Wert auf. Die genannten Bodeneigenschaften des *Nupharetum pumili* werden am besten durch seine Merkmalslinie wiedergegeben (Abb. 5): nur der Abschnitt, der Ca, Mg und Na verbindet, liegt links von der Senkrechten und innerhalb der niedrigen Werte, andere Merkmale liegen rechts von der Senkrechten. Es handelt sich also um nährstoffreiche Böden – hauptsächlich organisch, aber arm an Ca, Mg und Na. Abb. 6 ergibt, daß die Amplituden der Gehalte an Ca, Mg und Na im Bodensubstrat sehr eng sind und niedrige Werte umfassen. Als relativ eng und mit Maximalwerten erweisen sich auch die Amplituden von SO_4 und Cl. Mit verhältnismäßig hohen Minimalwerten beginnen die Amplituden der Gehalte an organischer Substanz, Gesamtstickstoff, Kalium wie auch die Bereiche der Oxydierbarkeit und des Wassergehaltes. Der pH-Bereich, der mit einem sehr niedrigen Wert beginnt und sein Maximum um 7 hat, zeigt, daß die Bestände des *Nupharetum pumili* ihr Entwicklungsoptimum überwiegend auf sauren Bodensubstraten finden.

Unter den Gesellschaften, die hauptsächlich an nährstoffreiche Bodensubstrate gebunden sind, siedeln die Bestände des *Nuphara-Nymphaeetum albae* auf den Böden mit höchsten mittleren Gehalten an Na und K. Hoch ist hier auch der Anteil an SO_4 , gel. SiO_2 und Cl. Außerdem sind diese Böden reich an organischer Substanz und Gesamtstickstoff, weisen hohe Oxydierbarkeit, hohen Wassergehalt und auch hohen mittleren Gehalt an Ca und Mg auf. Der Verlauf der Merkmalslinie (Abb. 5) zeigt deutlich, daß die Werte der meisten Merkmale rechts von der

Senkrechten liegen. Auf vielen Abschnitten verläuft die Linie des *Nupharo-Nymphaeetum albae* ähnlich wie die Linie für das *Hydrocharitetum morsus-ranae*. Die größten Unterschiede zwischen diesen Standorten gibt es hinsichtlich der Anteile an $\text{NO}_3\text{-N}$, SO_4 , gel. SiO_2 , an organischer Substanz und im Wassergehalt; sie sind am Standort des *Hydrocharitetum morsus-ranae* merklich höher. Die Amplituden dieser Bodeneigenschaften sind im *Nupharo-Nymphaeetum albae* sehr weit; eng (innerhalb der niedrigen Werte) sind nur Bereiche des Gehaltes an Gesamteisen und $\text{PO}_4\text{-P}$.

Das Bodensubstrat des *Potamogetonetum natantis*, das auch an nährstoffreiche Böden gebunden ist, zeichnet sich durch den höchsten mittleren Gehalt an Mg (Abb. 4) und sehr hohe mittlere Gehalte an Ca, Na und SO_4 aus (für die letzten zwei Merkmale wurden nur im *Nupharo-Nymphaeetum albae* und *Hydrocharitetum morsus-ranae* höhere Mittelwerte ermittelt). Die Amplituden der untersuchten Bodeneigenschaften (Abb. 6) sind an diesem Standort verhältnismäßig breit.

Aus einer genauen Analyse der Abb. 4, 5 und 6 ergibt sich, daß dem Bodenstandort des *Potamogetonetum natantis* am meisten derjenige des *Potamogetonetum lucentis* ähnelt (ähnliche Mittelwerte für mehrere Merkmale, ähnlich breite Amplituden, keine signifikanten Unterschiede).

Von den übrigen Standorten weisen das *Nitellopsidetum obtusae* und *Myriophylletum verticillati* eine gewisse Eigenständigkeit auf (Abb. 4). Das Bodensubstrat des ersteren ist am reichsten an Ca und Gesamteisen, besitzt auch den höchsten mittleren Gehalt an $\text{PO}_4\text{-P}$ und einen hohen mittleren Gehalt an gel. SiO_2 . Der Standort des *Myriophylletum verticillati* weist die höchsten Mittelwerte für den Gehalt an organischer Substanz und Gesamtstickstoff auf. Er ist auch reich an $\text{PO}_4\text{-P}$ und Gesamteisen. Nach Abb. 5 gibt es eine deutliche Ähnlichkeit der beiden Standorte: die Merkmalslinien verlaufen auf vielen Abschnitten sehr ähnlich, die Werte der meisten für die Trophie entscheidenden Merkmale sind positiv, liegen also über dem Gesamtmittel.

In beiden Bodensubstraten wurden enge Amplituden der Gehalte an K und $\text{NO}_3\text{-N}$, ebenfalls enge pH-Bereiche (von fast neutraler bis leicht alkalischer Reaktion) ermittelt. Auch die Amplituden des Wassergehaltes erwiesen sich an beiden Standorten als eng bei hohen Werten. Relativ hoch sind ebenfalls die Minimalwerte der organischen Substanz. Die Amplituden von Mg, Na, gel. SiO_2 und SO_4 sind am Standort des *Nitellopsidetum obtusae* enger und liegen innerhalb niedriger Werte. Die Bereiche des Gehaltes an $\text{PO}_4\text{-P}$ und Gesamteisen sind dagegen viel enger im Substrat des *Myriophylletum verticillati*.

Die Bodensubstrate des *Charetum tomentosae*, *Nymphaeetum candidae* und *Ceratophylletum demersi* stellen unter den nährstoffreichen Standorten eine relativ einheitliche Gruppe dar, in der keine signifikanten Differenzen zwischen den Mittelwerten der untersuchten Eigenschaften nachgewiesen wurden (Abb. 4). Die große Ähnlichkeit dieser Standorte ist auch aus dem Verlauf der Merkmalslinien zu ersehen (Abb. 5). Es läßt sich jedoch erkennen, daß das Bodensubstrat des *Ceratophylletum demersi* in dieser Gruppe am fruchtbarsten ist (die höchsten Werte für Wassergehalt, Oxydierbarkeit, Gehalt an Gesamtstickstoff, $\text{PO}_4\text{-P}$ und Gesamteisen). Das Bodensubstrat des *Charetum tomentosae* hat dagegen den höchsten Ca-Gehalt und seine breiteste Amplitude in dieser Gruppe (Abb. 6). Der Standort des *Nymphaeetum candidae* zeichnet sich durch eine enge, hohe Werte umfassende Amplitude des Wassergehaltes (der Minimalwert liegt über 50 %) und durch einen relativ breiten pH-Bereich (von stark saurer bis neutraler Reaktion) aus. Die pH-Amplituden des *Ceratophylletum demersi* und des *Charetum tomentosae* reichen von leicht saurer bis leicht alkalischer Reaktion. Die Amplituden von $\text{NO}_3\text{-N}$, Mg, Na, gel. SiO_2 und SO_4 sind in allen drei Bodensubstraten relativ eng, die Bereiche der Oxydierbarkeit, des Gehaltes an organischer Substanz, Gesamtstickstoff, $\text{PO}_4\text{-P}$ und K sind verhältnismäßig breit.

Die Standorteanalyse von 16 Assoziationen hinsichtlich der Bodeneigenschaften läßt folgende Typen unterscheiden, die mit den entsprechenden Namen von Assoziationen bezeichnet werden:

1. *Isoëto-Lobelietum*

Ausgesprochene Mineralböden, oligotroph, mit niedrigstem Wassergehalt ($\bar{x}$: 21,7 %), am ärmsten an organischer Substanz ($\bar{x}$: 1,3%), Gesamtstickstoff ($\bar{x}$: 0,42 g/kg Trockensubstanz des Bodensubstrats, $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\bar{x}$: 0,003 g/kg TS), $\text{PO}_4\text{-P}$ ($\bar{x}$: 0,081 g/kg TS), Ges. Fe ($\bar{x}$: 0,30 g/kg TS), gel. SiO_2 ($\bar{x}$: 0,07 g/kg TS) und Ca ($\bar{x}$: 0,1 g/kg TS) sowie mit niedrigstem pH-Wert (5,4).

2. *Myriophylletum alterniflori*-*Polygonetum natantis*-*Myriophylletum spicati*, zusammen mit dem Standort von *Potamogetonetum perfoliati*

Hauptsächlich Mineralböden, arm an organischer Substanz (gewogener Mittelwert $\bar{x}_g$: 10,8 %), mit niedrigem Wassergehalt ($\bar{x}_g$: 39,1 %), niedriger Oxydierbarkeit ($\bar{x}_g$: 27,2 g O_2 /kg TS), niedrigem Gehalt an Gesamtstickstoff ($\bar{x}_g$: 2,77 g/kg TS), Ges. Fe ($\bar{x}_g$: 1,96 g/kg TS), SO_4 ($\bar{x}_g$: 1,12 g/kg TS) und K ($\bar{x}_g$: 0,29 g/kg TS). Hinsichtlich des Gehaltes an Ca und Mg sind die Standorte des *Myriophylletum alterniflori* und *Polygonetum natantis* ärmer als die des *Potamogetonetum perfoliati* und *Myriophylletum spicati*.

3. *Elodeetum canadensis*

Bodensubstrate, die eine Mittelstellung zwischen den Mineralböden mit niedrigem Gehalt an organischer Substanz und nährstoffreichen Böden einnehmen, mit einem gegenüber mineralischen Standorten höheren und im Vergleich zu nährstoffreichen Standorten niedrigeren Wassergehalt ($\bar{x}$: 53,5 %), Gehalt an organischer Substanz ($\bar{x}$: 21,6 % und Gesamtstickstoff ($\bar{x}$: 7,36 g/kg TS). Verhältnismäßig arm an Ca ($\bar{x}$: 35,1 g/kg TS) und Mg ($\bar{x}$: 2,86 g/kg TS).

4. *Hydrocharitetum morsus-ranae*

Die nährstoffreichsten Böden, mit sehr hohem Gehalt an organischer Substanz ($\bar{x}$: 41,6 %), dem höchsten Minimalwert (66,0 %) und Mittelwert ($\bar{x}$: 89,3 %) des Wassergehaltes, den höchsten Gehalten an $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\bar{x}$: 0,055 g/kg TS), SO_4 ($\bar{x}$: 8,86 g/kg TS), gel. SiO_2 ($\bar{x}$: 1,39 g/kg TS) und Cl ($\bar{x}$: 1,65 g/kg TS), reich an Na ($\bar{x}$: 1,16 g/kg TS) und Gesamtstickstoff ($\bar{x}$: 10,27 g/kg TS), mit hoher Oxydierbarkeit ($\bar{x}$: 119,6 g O_2 /kg TS).

5. *Nupharetum pumili*

Organische oder organisch-mineralische, meistens saure Böden (pH um 5,8), mit hohem Wassergehalt ($\bar{x}$: 82,5 %), reich an organischer Substanz ($\bar{x}$: 37,9 %), mit größter Oxydierbarkeit ($\bar{x}$: 172,4 g O_2 /kg TS), hohem Gehalt an gel. SiO_2 ($\bar{x}$: 0,72 g/kg TS), Ges. Fe ($\bar{x}$: 8,15 g/kg TS), Gesamtstickstoff ($\bar{x}$: 11,70 g/kg TS) und K ($\bar{x}$: 0,73 g/kg TS), sehr arm an Ca ($\bar{x}$: 3,9 g/kg TS), Mg ($\bar{x}$: 2,08 g/kg TS) und Na ($\bar{x}$: 0,17 g/kg TS).

6. *Nupharo-Nymphaeetum albae*

Organisch-mineralische oder mineralisch-organische Bodensubstrate, reich an organischer Substanz ($\bar{x}$: 32,8 %) und mit hohem Wassergehalt ($\bar{x}$: 79,1 %, am reichsten an Na ($\bar{x}$: 1,20 g/kg TS) und K ($\bar{x}$: 0,76 g/kg TS), reich an Mg ($\bar{x}$: 9,57 g/kg TS), Ca ($\bar{x}$: 132,7 g/kg TS), gel. SiO_2 ($\bar{x}$: 0,84 g/kg TS), SO_4 ($\bar{x}$: 6,27 g/kg TS) und Cl ($\bar{x}$: 1,21 g/kg TS), mit verhältnismäßig hoher Oxydierbarkeit ($\bar{x}$: 108,0 g O_2 /kg TS).

7. *Potamogetonetum natantis*-*Potamogetonetum lucentis*

Mineralisch-organische Böden (mittlerer Gehalt an organischer Substanz – $\bar{x}_g$: 24,6 %), mit verhältnismäßig hohem Wassergehalt ($\bar{x}_g$: 71,2 %), reich an Mg ($\bar{x}_g$: 10,32 g/kg TS), Ca ($\bar{x}_g$: 130,1 g/kg TS), Na ($\bar{x}_g$: 0,80 g/kg TS) und SO_4 ($\bar{x}_g$: 4,56 g/kg TS).

8. *Nitellopsidetum obtusae*-*Myriophylletum verticillati*

Organische oder anorganisch-mineralische Böden, reich an organischer Substanz ($\bar{x}_g$: 38,1 %), mit hohem Wassergehalt ($\bar{x}_g$: 84,6 %), am reichsten an Ges. Fe ($\bar{x}_g$: 10,26 g/kg TS) und Gesamtstickstoff ($\bar{x}_g$: 11,63 g/kg TS), mit hohem Gehalt an Ca (*Nitellopsidetum obtusae* – $\bar{x}$: 176,0 g/kg TS; *Myriophylletum verticillati* – $\bar{x}$: 124,0 g/kg TS) und hoher Oxydierbarkeit ($\bar{x}_g$: 141,5 g O_2 /kg TS).

9. *Ceratophylletum demersi*-*Charetum tomentosae*-*Nymphaeetum candidae*

Organisch-mineralische Bodensubstrate, verhältnismäßig reich an organischer Substanz ($\bar{x}_g$: 30,7 %) und Gesamtstickstoff ($\bar{x}_g$: 10,13 g/kg TS), mit relativ hohem Wassergehalt ($\bar{x}_g$: 79,6 %), mittelmäßig reich an den übrigen Bestandteilen.

Diskussion

Aus den durchgeführten Untersuchungen ergibt sich, daß verschiedene, nach dem Prinzip floristischer Dominanz gefaßte Wasserpflanzengesellschaften oft völlig andere ökologische Ansprüche aufweisen und eigenartige, unterschiedliche Wasserstandorte und Bodensubstrate in den Seen und anderen Gewässern besiedeln.

Von den analysierten Wassereigenschaften hat den größten, die Wasservegetation differenzierenden Wert die Gruppe der Merkmale, die mit dem Karbonat-Komplex zusammenhängen und somit für die Verfügbarkeit des anorganischen Kohlenstoffs ausschlaggebend sind (Karbonat- und Gesamthärte, Ca, Mg). Dies stimmt mit den aut- und synökologischen Angaben anderer Autoren überein (MOYLE 1945, SPENCE 1967, SEDDON 1972, WIEGLEB 1978, PIP 1979, HELLQUIST 1980, KADONO 1982 a, b). Einen großen differenzierenden Wert weisen auch SO₄, gel. SiO₂ und die Eigenschaften auf, die für die Sauberkeit und Trophie des Wassers entscheidend sind: Sauerstoffsättigung, Wasserfarbe, Gehalt an PO₄-P, Gesamteisen, NH₄-N und Oxydierbarkeit.

Von den analysierten Bodeneigenschaften hat den größten differenzierenden Wert die Merkmalsgruppe, die mit dem Zerkleinerungsgrad des Bodensubstrats und seiner Trophie zusammenhängt: Wassergehalt, Oxydierbarkeit, Gehalt an organischer Substanz, Gesamtstickstoff, gelöstes Silikat, Sulfat sowie auch Hauptbestandteile der Kalkgyttja (Ca, Mg, Na) und in geringerem Maße die Bodenreaktion.

Die in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß die Einteilung einiger Gesellschaften den Standorten hinsichtlich ihrer Wasser- und Bodeneigenschaften entspricht. Dies trifft z. B. für das *Isoëto-Lobeliëtum* zu, dessen Wasserstandorte wie auch Bodensubstrate oligotroph sind. Ähnlich ist es am Standort des *Myriophylletum alterniflori*, wo sowohl das Wasser als auch meistens das Bodensubstrat wenig fruchtbar und besonders arm an Ca und Mg sind. Auch die Standorte des *Nupharetum pumili* sind einerseits arm an Ca, Mg und Na, was niedrige Wasserhärte bewirkt, andererseits verhältnismäßig reich an Nährstoffen. Beim *Hydrocharitetum morsus-ranae* sind sowohl das Wasser als auch das Bodensubstrat nährstoffreich.

Bei anderen Gesellschaften sehen diese Beziehungen oft ganz anders aus, d. h. die Einteilung der Standorte hinsichtlich der Wassereigenschaften entspricht nicht annähernd der Einteilung hinsichtlich der Bodenmerkmale. Die Bestände des *Polygenetum natantis* erreichen z. B. ihr Entwicklungsoptimum in nährstoffreichem Wasser, aber auf mineralischen, nährstoffarmen Böden. Die Standorte des *Nymphaëtetum candidae*, *Myriophylletum verticillati*, *Nitellopsidetum obtusae* oder auch des *Potamogetonetum natantis*, die man hinsichtlich der Wassereigenschaften als meso- oder leicht eutroph bezeichnen kann, zeichnen sich durch nährstoffreiche Bodensubstrate aus.

Wasser und Bodensubstrat sind eigenartige, im großen Maße eigenständige Bestandteile des Standortes, die als potentielle Nährstofflieferanten unterschiedliche Bedeutung für die Vegetation haben. Diese Inhomogenität der Litoralstandorte und vor allem das Vorhandensein ihrer „festen“ und „flüssigen“ Komponente hat eine ökologische Differenzierung der Gesellschaften zur Folge. Sie unterscheiden sich voneinander mindestens hinsichtlich einer dieser Komponenten, d. h. entweder durch die Wasser- oder durch die Bodeneigenschaften. So weisen die meisten der 18 untersuchten Gesellschaften eine gewisse, oft sogar sehr deutliche, ökologische Eigenständigkeit auf. Die pflanzensoziologische Einteilung der Wasserpflanzengesellschaften nach dem floristischen Dominanzprinzip (TOMASZEWICZ 1979, REJEWSKI 1981, DOLL 1989, 1991) findet also in den Standortverhältnissen ihre Bestätigung. Somit haben die meisten Gesellschaften wenigstens einen relativen Zeigerwert, oft verschiedenen für das Wasser und für das Bodensubstrat. Den größten Indikationswert haben die Gesellschaften, die sich voneinander sowohl durch Mittelwerte für mehrere Standorteigenschaften als auch durch enge Amplituden dieser Merkmale unterscheiden.

Unter den untersuchten Gesellschaften hat das *Isoëto-Lobeliëtum* besonders großen Zeigerwert und weist auf oligotrophe Standorte (sowohl hinsichtlich des Wassers als auch des Bodensubstrats) hin. Auch das *Myriophylletum alterniflori* hat einen relativ großen Indikator-

wert. Es zeigt oligo-mesotrophe Wasserstandorte und Bodensubstrate mit niedrigem Gehalt an Ca, Mg, gel. SiO₂, SO₄, PO₄-P, NO₃-N und Cl an. Einige Gesellschaften sind gute Zeiger für ganz bestimmte Wasser- und Bodeneigenschaften. Das *Nupharetum pumili* deutet z. B. auf Standorte hin, deren Wasser und Bodensubstrat arm an Ca, Mg, Na und ziemlich arm an SO₄ sind. Andere Gesellschaften haben nur einen größeren Indikationswert hinsichtlich des Wassers (z. B. das *Myriophylletum verticillati*: mesotrophe, alkalische Wasserstandorte; *Nymphaeetum candidae*: verhältnismäßig weiche, mesotrophe Wasserstandorte) oder hinsichtlich einzelner Eigenschaften (z. B. ist das *Hydrocharitetum morsus-ranae* der beste Zeiger für hohe Wassergehalte im Bodensubstrat).

So entsteht die Frage, in welchem Maße die dargestellte Differenzierung der Standorte durch Daten anderer Autoren bestätigt wird. Allerdings ist es schwierig, einen genauen Vergleich durchzuführen, weil u. a. in vielen Arbeiten die standörtlichen Untersuchungen nicht in konkreten Beständen durchgeführt wurden, sondern das Vorkommen der Wasserpflanzen und ihrer Gesellschaften im Zusammenhang mit den gesamten hydrochemischen Bedingungen der Gewässer betrachtet wurde (z. B. LOHAMMAR 1938, MELZER 1976, POTT 1983). Außerdem ist der Bereich der untersuchten Standorteigenschaften wie auch das methodische Vorgehen unterschiedlich (WIEGLEB 1984, 1986). Es ist also unmöglich, die absoluten Werte von Kenngrößen aus verschiedenen Arbeiten zu vergleichen; es lassen sich aber gewisse allgemeine Regelmäßigkeiten erkennen und auch deutliche Tendenzen des Vorkommens der Pflanzengesellschaften an verschiedenen Standorten feststellen. Das gilt sowohl für Wasser- als auch für Bodeneigenschaften. Es gibt aber viel weniger Angaben über die Bodeneigenschaften, da die Bedeutung dieser Standortkomponente für die typische Wasservegetation lange Zeit unterschätzt wurde (PIECZYŃSKA 1988). Die Literaturangaben bestätigen aber die hier dargestellte Eigenständigkeit einiger Gesellschaften hinsichtlich der Trophie des Bodensubstrats, gemessen am Anteil der organischen Substanz (*Isoëto-Lobelietum*: SAND-JENSEN & SONDERGAARD 1979, SZMEJA 1988; *Myriophylletum alterniflori*: ROELOFS 1983, PIETSCH 1984; *Nupharetum pumili*: ROWECK 1988; *Hydrocharitetum morsus-ranae*: ÚLEHLOVÁ 1970, WHEELER & GILLER 1982, DE LYON & ROELOFS 1986 a, b; *Ceratophylletum demersi*: HILD & REHNELT 1970, ÚLEHOVÁ 1970, OTAHELOVÁ 1980, VAN KATWIJK & ROELOFS 1988). Die ausführlicheren Angaben über Eigenschaften der Sedimente in den von Nymphaeiden-Arten dominierten Beständen (VAN DER VELDE et al. 1986) bestätigen eine breitere Amplitude der Bodeneigenschaften in den Beständen des *Nupharo-Nymphaeetum albae* im Vergleich zum *Nymphaeetum candidae*.

Hydrochemische Daten anderer Autoren (z. B. LOHAMMAR 1938, PIETSCH 1972, 1977, 1982, POTT 1983, VÖGE 1992) unterstützen die nachgewiesene Eigenständigkeit des Wasserstandortes des *Isoëto-Lobelietum*. Eine Bestätigung durch Literaturangaben findet auch die nachgewiesene Bindung von *Myriophyllum alterniflorum* und der von dieser Art gebildeten Bestände an weiche, oligo-mesotrophe Wasserstandorte (LOHAMMAR 1938, HUTCHINSON 1970, FELZINES 1977, WIEGLEB 1978, PIETSCH 1982, 1984, DE LYON & ROELOFS 1986 a, b, VÖGE 1992 u. a.) und das Vorkommen des *Nupharetum pumili* in weichen, Ca-armen Gewässern (LOHAMMAR 1938, KADONO 1982 a, b, DOLL 1991, die meisten Angaben von ROWECK 1988). Abgesehen von unterschiedlicher Klassifizierung der Bestände nach der Dominanz verschiedener Pleustonarten (z. B. WOLEK 1974, PASSARGE 1978, TOMASZEWICZ 1979, SCOPPOLA 1982) werden die Angaben über die breite ökologische Amplitude der Bestände, die zum *Lemno-Spirodeletum* zu stellen sind, mit dem Optimum in stark eutrophen Gewässern bestätigt (z. B. PIETSCH 1972, 1982, MÉRIAUX 1978, WIEGLEB 1978, SCOPPOLA 1982, VAN KATWIJK & ROELOFS 1988, GILGEN 1989). Entsprechendes gilt für die Bindung des *Riccietyum fluitantis* an weichere, im Vergleich zum *Lemno-Spirodeletum* an Ca ärmere und an Huminstoffen reichere Gewässer (z. B. MÉRIAUX 1978, WIEGLEB 1978, DOLL 1991 a). Es bestätigt sich auch die Bindung des *Ceratophylletum demersi* an stark eutrophe, an verschiedenen Formen von Stickstoff reiche Gewässer (z. B. PIETSCH 1972, 1982, MÉRIAUX 1978, WIEGLEB 1978, POTT 1980, VÖGE 1986), die verhältnismäßig breite Amplitude der Bestände des *Nupharo-Nymphaeetum albae* (meso- bis eutrophe Gewässer) (z. B. MÉRIAUX 1978, WIEGLEB 1978, POTT

1980, 1983, PIETSCH 1982, VAN DER VELDE et al. 1986, VAN KATWIJK & ROELOFS 1988) als auch der mesotrophe Charakter des Wassers im *Nymphaeetum candidae* (PIETSCH 1982, VAN DER VELDE et al. 1986) und *Nitellopsidetum obtusae* (PIETSCH 1982, 1987, DOLL 1989). Die Angaben anderer Autoren stimmen auch in hohem Maße mit den hier dargestellten mesotrophen Wassereigenschaften des *Myriophylletum verticillati* (z. B. KADONO 1982 b, VAN KATWIJK & ROELOFS 1988), des *Charetum tomentosae* (LANGANGEN 1974, MELZER 1976, PIETSCH 1982, 1987), *Potamogeton natans* und *Potamogetoneta natantis* (FELZINES 1977, POTT 1980) überein. Auf den eutrophen Charakter der meisten Wasserstandorte des *Potamogetoneta lucentis* weisen u. a. Ergebnisse von PIETSCH (1972), WIEGLEB (1978), POTT (1980) hin. Aus den aut- und synökologischen Angaben anderer Autoren (z. B. FELZINES 1977, MÉRIAUX 1978, DE LYON & ROELOFS 1986 a, b) ergibt sich, daß *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton perfoliatus* und ihre Bestände meistens an eutrophe Gewässer gebunden sind, was völlig mit den Angaben der vorliegenden Arbeit übereinstimmt.

Für einige Gesellschaften gibt es in der Literatur sehr verschiedene, oft völlig abweichende Angaben über ihre Standortbedingungen, z. B. für die Bestände mit *Polygonum amphibium* f. *natans*. Die Ergebnisse einiger Autoren (z. B. FELZINES 1977, MÉRIAUX 1978, POTT 1980) weisen auf die Bindung dieser Bestände an nährstoffarme Gewässer, andere (z. B. PIETSCH 1982, PIP 1988) auf ihr Vorkommen auch in nährstoffreichen Gewässern hin. Ähnlich verhält es sich mit *Elodea canadensis* und dem *Elodeetum canadensis* (z. B. DE LYON & ROELOFS 1986a, b und Ergebnisse dieser Arbeit, andererseits die Angaben von SEDDON 1972, FELZINES 1977, MÉRIAUX 1978, WIEGLEB 1978, PIETSCH 1982 und PIP 1988). Für Bestände mit Dominanz von *Stratiotes aloides* gibt es sowohl Angaben über ihre Bindung an verhältnismäßig weiche Gewässer mit niedriger Alkalinität (z. B. WIEGLEB 1978) als auch über ihr Vorkommen in Wasser größerer Härte (z. B. POTT 1980, VAN KATWIJK & ROELOFS 1988 und Ergebnisse vorliegender Arbeit).

Diese Differenzen in den Angaben verschiedener Verfasser über dieselben Arten und Gesellschaftstypen können vor allem mit einer großen ökologischen Plastizität vieler Wasserpflanzen verbunden sein (HINNERI 1976). Diese Plastizität hängt u. a. mit ihrer Differenzierung in Ökotypen zusammen, die je nach lokalen (regionalen) Bedingungen besondere Standortsansprüche aufweisen (WIEGLEB 1984). Man muß also bei den Untersuchungen über die Wasservegetation auch die innere floristische, strukturelle und ökologische Differenzierung der Gesellschaften berücksichtigen, wie es z. B. PIETSCH (1984) macht. Das ist um so mehr notwendig, weil wir es auch bei der Dominanz einer Art oft mit verschiedenen Ausbildungen einer Assoziation zu tun haben (BRAMMER & WETZEL 1984, VÖGE 1986, DEN HARTOG & VAN DER VELDE 1988).

Im allgemeinen kann man sagen, daß sowohl die in der vorliegenden Arbeit dargestellten Untersuchungen als auch die beispielsweise hier zitierten Angaben anderer Verfasser das Bestehen deutlicher Beziehungen zwischen der Wasservegetation und dem Standort bestätigen. Es scheint auch von Bedeutung zu sein, daß in der vorliegenden Arbeit signifikante, standörtliche Differenzen sowohl hinsichtlich der Wasser- als auch Bodeneigenschaften nachgewiesen wurden. Diese Differenzen bestehen nicht nur zwischen Gesellschaften, die zu verschiedenen Klassen gehören (*Lemnetea minoris*, *Littorelletea uniflorae*, *Potamogetonetea*), was zu erwarten war, sondern auch zwischen den Gesellschaften einer Klasse und eines Verbandes, sogar zwischen Phytozönosen, die bisher als eine Assoziation betrachtet wurden (z. B. *Myriophyllum-Nupharetum* Koch 1926). Sehr interessant sind auch Differenzierungen im Bereich der Gesellschaften der Klasse *Potamogetonetea*. Diese Gesellschaften werden meistens als Vegetation der eutrophen Gewässer angesehen. Die nachgewiesenen standörtlichen Unterschiede zwischen ihnen (besonders hinsichtlich der Wassereigenschaften) zeugen davon, daß diese Verallgemeinerung zu weit geht. Die dargestellten Ergebnisse bestätigen, daß es richtig ist, die Wasserpflanzengesellschaften aufgrund der floristischen Dominanz zu unterscheiden; denn so eng gefaßte Syntaxa weisen nicht nur eine floristisch-strukturelle, sondern auch im großen Maße eine ökologische Eigenständigkeit auf.

Literatur

- BRAMMER, E. S., WETZEL, R. G. (1984): Uptake and release of K, Na and Ca by water soldier, *Stratiotes aloides* L. – *Aquat. Bot.* 19: 119–130.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1951): Pflanzensoziologie. 2. Aufl. – Springer, Wien: 631 S.
- CARPENTER, S. R., LODGE, D. M. (1986): Effects of submerged macrophytes on ecosystem processes. – *Aquat. Bot.* 26: 341–370.
- DE LYON, M. J. H., ROELOFS, J. G. M. (1986 a): Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid. 1. – Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen: 106 S.
- , (1986 b): Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid. 2. – Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen: 126 S.
- DEN HARTOG, C. (1982): Architecture of macrophyte dominated aquatic communities. – In: SYMOENS, J. J., HOOPER, S. S., COMPÈRE, P. (Edit.): Studies on aquatic vascular plants. – Royal Bot. Soc. of Belgium, Brussels: 222–234.
- , VAN DER VELDE, G. (1988): Structural aspects of aquatic plant communities. – In: SYMOENS, J. J. (Edit): Vegetation of inland waters. – Handbook of Vegetation Science 15: 113–153.
- DOLL, R. (1989): Die Pflanzengesellschaften der stehenden Gewässer im Norden der DDR. Teil I. Die Gesellschaften des offenen Wassers (Characeen-Gesellschaften). – *Feddes Repert.* 100: 281–324.
- (1991 a): Die Pflanzengesellschaften der stehenden Gewässer in Mecklenburg-Vorpommern. Teil I.2. Lemnetae-Wasserlinsengesellschaften. – *Feddes Repert.* 102: 199–216.
- (1991 b): Die Pflanzengesellschaften der stehenden Gewässer in Mecklenburg-Vorpommern. Teil I.3. Potamogetonetae Tx. et Prsg. 42-Leichtkrautgesellschaften. – *Feddes Repert.* 102: 217–317.
- FELZINES, J. C. (1977): Analyse des relations entre la mineralisation des eaux douces stagnantes et la distribution des végétaux qui les peuplent. – *Ann. Sci. Nat. Bot. Paris*, 12th Ser. 18: 221–249.
- GILGEN, R. (1989): Beziehung zwischen Wasserqualität und Vorkommen von Lemnaceae im Hänsiried (Zürich). – *Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich* 55: 89–130.
- HELLQUIST, C. B. (1980): Correlation of alkalinity and the distribution of Potamogeton in New England. *Rhodora* 82: 331–344.
- HERMANOWICZ, W., DOŻAŃSKA, W., DOJLIDO, J., KOZIOROWSKI, B. (1976): Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. – Arkady, Warszawa.
- HILD, J., REHNELT, K. (1971): Ökosozilogische Untersuchungen an einigen niederrheinischen Meeren. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 84: 19–39.
- HINNERI, S. (1976): On the ecology and phenotypic plasticity of vascular hydrophytes in a sulphate-rich, acidotrophic freshwater reservoir, SW coast of Finland. – *Ann. Bot. Fennici* 13: 97–105.
- HUTCHINSON, G. E. (1970): The chemical ecology of three species of *Myriophyllum* (Angiospermae, Haloragaceae). – *Limnol. Oceanogr.* 15: 1–5.
- JENTYS-SZAFEROWA, J. (1951): Graficzna metoda porównywania kształtów roślinnych. *Kosmos*, Ser. A 66 (1–3): 346–377.
- KADONO, Y. (1982a): Distribution and habitat of Japanese Potamogeton. – *Bot. Mag. Tokyo* 95: 63–76.
- (1982b): Occurrence of aquatic macrophytes in relation to pH, alkalinity, Ca⁺⁺, Cl[–] and conductivity. *Jap. J. Ecol.* 32: 39–44.
- KŁOSOWSKI, S. (1985): Habitat conditions and bioindicator value of the main communities of aquatic vegetation in north-east Poland. – *Pol. Arch. Hydrobiol.* 32: 7–29.
- , TOMASZEWICZ, H. (1986): Habitat requirements of *Polygnetum natantis* Soó 1927 and *Potamogeton natantis* Soó 1927 phytocenoses in north-eastern Poland. – *Acta Soc. Bot. Pol.* 55: 141–157.
- (1989a): Habitat conditions of the phytocenoses of *Myriophyllum alterniflori* Lemée 1937 em. Siss. 1943, *Myriophyllum verticillati* Soó 1927 and *Myriophyllum spicati* Soó 1927 in Poland. – *Aquat. Bot.* 35: 337–356.
- (1989b): Habitat conditions of the *Nymphaeetum candidae* Miljan 1958 and *Nupharo-Nymphaeetum albae* Tomaszewicz 1977 dominated by *Nymphaea alba*. – *Acta. Soc. Bot. Pol.* 58: 613–624.
- (1990): Standortverhältnisse des *Nupharetum pumili* Oberdorfer 1957 in der Suwałki-Seenplatte (Nord-Ostpolen). – *Arch. Hydrobiol.* 117: 365–382.
- (1993): Standortverhältnisse der Gesellschaften mit Dominanz einzelner Nymphaeaceen in Nordost-Polen. – *Tuexenia* 13: 75–90.
- KRAUSCH, H.-D. (1964): Die Pflanzengesellschaften des Stechlinsee-Gebietes. I. Die Gesellschaften des offenen Wassers. – *Limnologica* 2: 145–203.
- LINDNER, A. (1978): Soziologisch-ökologische Untersuchungen an der submersen Vegetation in der Boddenkette südlich des Darss und des Zingst (südliche Ostsee). – *Limnologica* 11: 229–305.

- LOHAMMAR, G. (1938): Wasserchemie und höhere Vegetation schwedischer Seen. – *Symb. Bot. Upsalensis* 3: 1–252.
- MATUSZKIEWICZ, W. (1974): Próba systematyzacji warunków środowiska glebowego w zbiorowiskach leśnych. – *Phytocoenosis* 3: 113–170.
- MELZER, A. (1976): Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayrischer Seen. – *Dissert. Bot.* 34: 1–195.
- 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 Bassin houiller du Nord – Pas-de-Calais) – Aspects physiologiques, floristiques, systématiques, chorologiques et écologiques. – *Doc. phytosoc. N.S.* 3: 1–244.
- MIERWALD, U. (1988): Die Vegetation der Kleingewässer landwirtschaftlich genutzter Flächen. Eine pflanzensoziologische Studie aus Schleswig-Holstein. – *Mitt. Arbeitsgem. Geobot. Schleswig-Holst. u. Hamburg* 39: 1–286.
- MOYLE, J. B. (1945): Some chemical factors influencing the distribution of aquatic plants in Minnesota. – *Am. Midl. Nat.* 34: 402–420.
- OTAHELOVÁ, H. (1980): Makrofytné společenstvá otvorených vod Podunajskej Roviny (Trieda Lemnetaea, Potamogetonetea). – *Biologické Práce SAV* 26: 1–175.
- PASSARGE, H. (1978): Zur Syntaxonomie mitteleuropäischer Lemnetaea-Gesellschaften. – *Folia Geobot. Phytotax.* 13: 1–17.
- PIECZYŃSKA, E. (1988): Rola makrofytów w kształtowaniu trofii jezior. – *Wiad. Ekol.* 34: 375–404.
- PIETSCH, W. (1972): Ausgewählte Beispiele für Indikatoreigenschaften höherer Wasserpflanzen. – *Arch. Natursch. Landsch. Forsch.* 12: 121–151.
- (1977): Beitrag zur Soziologie und Ökologie der europäischen Litorelletea- und Utricularietea-Gesellschaften. – *Feddes Repert.* 88: 141–245.
- (1981): Zur Bioindikation *Najas marina* L. s.l. und *Hydrilla verticillata* (L. fil.) Royle-reicher Gewässer Mitteleuropas. – *Feddes Repert.* 92: 125–174.
- (1982): Makrophytische Indikatoren für ökochemische Beschaffenheit der Gewässer. In: BREITIG, G., TUMPLING, W. (Edit.): *Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung*. Bd. 2: 67–88. Gustav Fischer, Jena.
- (1984): Zur Soziologie und Ökologie von *Myriophyllum alterniflorum* DC in Mitteleuropa. – *Mitt. Arbeitsgem. Schleswig-Holst. u. Hamburg* 33: 224–245.
- (1987): Zur Vegetation der Charetea-Gesellschaften der Mitteleuropäischen Tiefebene. – *Studia Phytologica Nova*: 69–86.
- , JENTSCH, H. (1984): Zur Soziologie und Ökologie von *Myriophyllum heterophyllum* Mich. in Mitteleuropa. – *Gleditschia* 12: 303–335.
- PIP, E. (1979): Survey of the ecology of submerged aquatic macrophytes in central Canada. – *Aquat. Bot.* 7: 339–357.
- (1988): Niche congruency of aquatic macrophytes in central North America with respect to 5 water chemistry parameters. – *Hydrobiologia* 162: 173–182.
- 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: 407–430.
- REJEWSKI, M. (1981): Roślinność jezior rejonu Łaski w Borach Tucholskich. – *Rozprawy Uniw. Mikołaja Kopernika, Toruń*: 178 S.
- ROELOFS, J. G. M. (1983): Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in the Netherlands. – *Aquat. Bot.* 17: 139–155.
- ROWECK, H. (1988): Ökologische Untersuchungen an Teichrosen. – *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 81: 103–358.
- SAND-JENSEN, K., SØNDERGAARD, M. (1979): Distribution and quantitative development of aquatic macrophytes in relation to sediment characteristics in oligotrophic Lake Kalgaard, Denmark. – *Freshwater Biol.* 9: 1–11.
- SCOPPOLA, A. (1982): Considerations nouvelles sur les végétations des Lemnetaea minoris (R. Tx. 1955) em. A. Schwabe et R. Tx. 1981 et contribution à l'étude de cette classe en Italie Centrale. – *Doc. Phytosoc. N.S.* 6: 1–130.
- SEDDON, B. (1972): Aquatic macrophytes as limnological indicators. – *Freshwater Biol.* 2: 107–130.

- SPENCE, D. H. N. (1967): Factors controlling the distribution of freshwater macrophytes with particular reference to the lochs of Scotland. – J. Ecol. 55: 147–170.
- SZMEJA, J. (1988): The ecology of *Lobelia dortmanna* L. The plasticity of individuals within a constant depth interval in oligotrophic lakes. – Ekol. Pol. 35: 497–522.
- TOMASZEWICZ, H. (1979): Roślinność wodna i szuwarowa Polski (klasy: Lemnetaea, Charetea, Potamogetoneta, Phragmitetea) wg stanu zbadania na rok 1975. – Rozprawy Unis. Warszawskiego 160: 125.
- , KŁOSOWSKI, S. (1990): Phytocoenoses of *Ceratophyllum demersum* Hild 1956 and *Charetea tomentosae* (Sauer 1937) Corillion 1957 as indicators of habitats of various degrees of eutrophication. – Acta Hydrobiol. 32: 139–154.
- ÚLEHLOVÁ, B. (1970): An ecological study of aquatic habitats in northwest Overijssel, The Netherlands. – Acta Bot. Neerl. 19: 830–858.
- VAN DER VELDE, G. (1981): A project on nymphaeid dominated systems. – Hydrobiol. Bull. 15: 185–189.
- , CUSTERS, C. P. C., DE LYON, M. J. H. (1986): The distribution of four nymphaeid species in the Netherlands in relation to selected abiotic factors. – Proceed. EWRS/AAB 7th Symposium of Aquatic Weeds 1986: 363–368. Loughborough.
- VAN KATWIJK, M. N., ROELOFS, J. G. M. (1988): Vegetaties van waterplanten in relatie tot het milieu. – Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen: 133 S.
- VÖGE, M. (1986): Tauchuntersuchungen an Gesellschaften von *Ceratophyllum demersum*. – Limnologica 17: 67–77.
- (1992): Tauchuntersuchungen an der submersen Vegetation in 13 Seen Deutschlands unter besonderer Berücksichtigung der Isoetiden-Vegetation. – Limnologica 22: 82–96.
- WHEELER, B. D., GILLER, K. E. (1982): Status of aquatic macrophytes in undrained area of fen in the Norfolk Broad, England. – Aquat. Bot. 12: 277–296.
- 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.
- (1984): A study of habitat conditions of the macrophytic vegetation in selected river systems in Western Lower Saxony (Federal Republic of Germany). – Aquat. Bot. 18: 313–352.
- (1986): Grenzen und Möglichkeiten der Datenanalyse in der Pflanzenökologie. – Tuexenia 6: 365–377.
- , TODESKINO, D. (1983): Habitat conditions of *Potamogeton alpinus* Balbis stands and relations to its biological characteristics. – Proceed. Internat. Symposium on Aquatic Macrophytes. Faculty of Science, Nijmegen: 311–316.
- WOLEK, J. (1974): Kritisches Übersicht der Pleustongesellschaften Polens (Klasse Lemnetaea). – Fragm. Flor. Geobot. 20: 365–379.
- ZAR, J. A. (1984): Biostatistical Analysis. – Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey: 718 S.

Stanisław Kłosowski
Uniwersytet Warszawski, Zakład Fitogeografii
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: 1994

Band/Volume: [NS_14](#)

Autor(en)/Author(s): Klosowski Stanislaw

Artikel/Article: [Untersuchungen über Ökologie und Indikatorwert der Wasser-pflanzengesellschaften in naturnahen Stillgewässern Polens 297-334](#)