

Tauchexkursionen zu Standorten von *Myriophyllum alterniflorum* DC.

– Margrit Vöge –

Zusammenfassung

Für 70 Siedlungsgewässer von *Myriophyllum alterniflorum* in Mittel- und Nordeuropa wurden einige chemische Parameter (pH, GH, SBV, Leitfähigkeit) bestimmt; neben der Erfassung des Arteninventars wurden auch pflanzensoziologische Aufnahmen von *Myriophyllum alterniflorum*-Gesellschaften gewonnen, denen *Littorelletea*-Arten fehlen. Nach der Leitfähigkeit wurden drei Seengruppen gebildet. Mit steigenden Werten sinkt der Anteil der Isoetiden, während die Gesamtartenzahl steigt. In kalkreicheren Seen (Gruppe III) kommen *Potamogetonetea*-Arten häufig vor; die Seen sind teils von *Littorella uniflora*, teils von verschiedenen *Charetea*-Arten besiedelt. Bei weiterer Nährstoffzufuhr verschwinden die Klarwasser-Arten unter Ausbildung von zunehmend eutraphenter Vegetation. Dabei entstehen untypische Gesellschaften, deren Zuordnung zu pflanzensoziologischen Einheiten problematisch ist.

Abstract

All habitats of *Myriophyllum alterniflorum* DC. and some chemical properties (pH, total hardness, alkalinity, and conductivity) were determined for 70 lakes in middle and northern Europe. Species' inventory and relevés of different communities of *M. alterniflorum* (without *Littorelletea* species) are given. Corresponding to the conductivity three groups of lakes were separated. The portion *Littorelletea* species decreases from the first to the second group. In lakes with higher total hardness, belonging to the third group, *Potamogetonetea* species are frequent. In part of the lakes *Littorella uniflora* is still found, in the others *Charetea* species are rather common. If eutrophication continues, the clearwater species disappear and eutrophic vegetation is developed. Nontypical communities result, which cannot be easily related to phytosociological units.

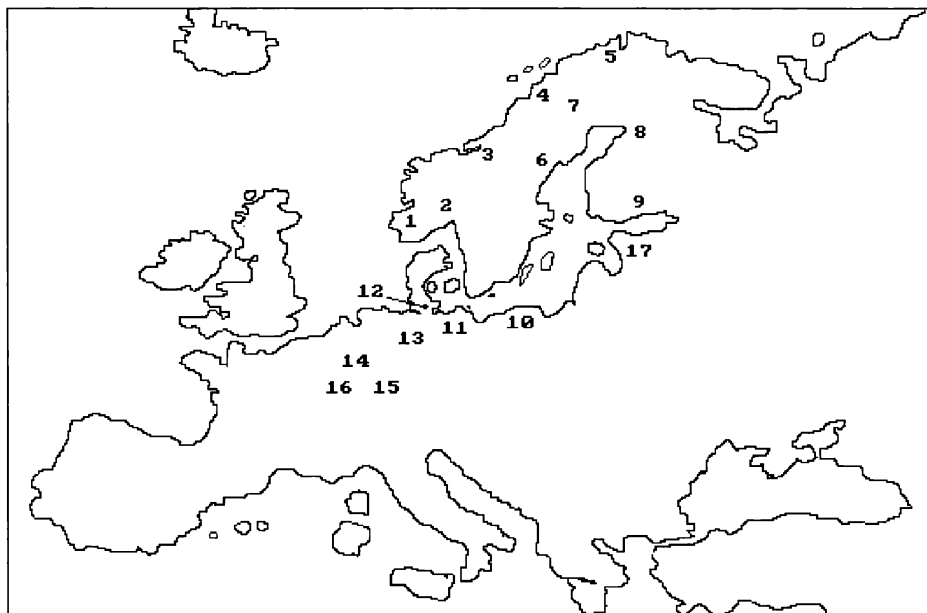
1. Einleitung

Myriophyllum alterniflorum bevorzugt klares, nährstoffarmes Wasser und ist häufig Bestandteil von *Littorelletea*-Gesellschaften. Es wird im allgemeinen als Ordnungskennart der *Littorelletalia* aufgefaßt (OBERDORFER 1977, DIERSSEN 1975). Aus polnischen und mecklenburgischen Seen beschreibt PIETSCH (1984) Gesellschaften von *Myriophyllum alterniflorum*, darunter auch Nitella- und Charareiche sowie *Potamogetonreiche* Ausbildungen. KLOSOWSKI & TOMASZEWICZ (1989) führten Untersuchungen an Standorten des *Myriophylletum alterniflori* in verschiedenen Regionen Polens durch. Dabei erwiesen sich – im Vergleich mit den Seen Mecklenburgs – die polnischen Gewässer als kalziumärmer. Hinsichtlich der geographischen Verbreitung kennzeichnen ARTS & DEN HARTOG (1990) *Myriophyllum alterniflorum* als atlantisch, boreal, amphiatlantisch, d.h. die Art tritt an beiden Seiten des Atlantischen Ozeans auf (HULTÉN 1958). Die Autoren stellen fest, daß von den atlantischen, borealen Arten nur das Tausendblatt die isoetide Wuchsform nicht zeigt. Diese Wuchsform wird als besonders effizient erachtet und ermöglicht den Isoetiden die Existenz an oligotrophen Weichwasserstandorten, an denen anorganischer Kohlenstoff kaum mehr zur Verfügung steht.

In der vorliegenden Arbeit werden Ergebnisse von Untersuchungen an Standorten von *Myriophyllum alterniflorum* in Norwegen, Schweden, Finnland, Estland, Polen, Frankreich und Deutschland dargelegt. Das Untersuchungsgebiet umfaßt somit mittel- und nordeuropäische Seen. Die meisten Seen gehören der planaren Stufe an, einige auch der mittelmontanen Stufe. Neben stehenden Gewässern wurden auch einige Fließgewässer berücksichtigt.

2. Zu Geologie und Klima im Untersuchungsgebiet

Ein großer Teil der untersuchten Standorte von *Myriophyllum alterniflorum* befindet sich in Fennoskandien und hier bevorzugt in Norwegen (Abb. 1). Schroffe Gebirge, kahle Hochflächen und tief eingreifende Fjordbuchten charakterisieren die norwegische Landschaft. Norwegen ist zum größten Teil vom kaledonischen Gebirge erfüllt. In Südnorwegen (Rogaland, Hordaland) herrschen präkambrische Gebirgsformationen vor, besonders Gneis und Granit; dagegen gibt es in Mittel- und Nordnorwegen verbreitet kambrosilurische sedimentäre Formationen. Die große Ausdehnung (58 – 71°nB, 4 – 32°öL) Norwegens hat eine erhebliche Klimavariation zur Folge, sowohl von Süden nach Norden wie von Westen nach Osten. Zusätzlich bildet das ausgeprägte Relief über kurze Entfernungen hinweg deutliche Klimascheiden. Mittelgebirge prägen Nordtrøndelag und Hedmark; fast 2000 m Höhe erreichen die Erhebungen des Dovrefjell in Oppland. Plateauartig ist das Relief in der Finnmark; alpine Formen herrschen auf den Lofoten (Nordland) vor. Im Küstengebiet hat das Klima trotz der hohen Breitenlage durch



- 1 = 6 Seen : N – Rogaland, Hordaland
- 2 = 2 Seen : N – Oppland, Hedmark
- 3 = 6 Seen : N – Nordtrøndelag
- 4 = 11 Seen : N – Nordland
- 5 = 5 Seen : N – Finnmark
- 6 = 6 Seen : S – Mittelschweden
- 7 = 2 Seen : S – Nordschweden
- 8 = 2 Seen : SF – Mittelfinnland
- 9 = 2 Seen : SF – Südfinnland
- 10 = 5 Seen : PL – Pommersche Seenplatte
- 11 = 9 Seen : D – Mecklenburgisch-brandenburgische Seenplatte
- 12 = 5 Seen : D – Schleswig – Holstein
- 13 = 2 Seen : D – Niedersachsen, Nordrhein – Westfalen
- 14 = 2 Seen : D – Rheinland – Pfalz
- 15 = 1 See : D – Baden – Württemberg
- 16 = 3 Seen : F – Vogesen
- 17 = 1 See : EW – Vorumaa (Estland)

Abb. 1: Lage der Gewässer

den Einfluß des Golfstromes kühlgemäßigt-feuchten, ozeanischen Charakter, während es im Innern strengere kontinentale Züge annimmt. Das ozeanische Klima ist in Rogaland besonders ausgeprägt: die Vegetationsperiode beträgt hier 200 Tage (mit Temperaturen über 10°C). In Trøndelag reicht der ozeanische Klimaeinfluß relativ weit landeinwärts, so daß die Vegetationsperiode noch 160 bis 179 Tage andauert. Im submaritimen Klimabereich Nordnorwegens ist sie deutlich kürzer: 140–159 Tage auf den Lofoten (Nordland) und 120–139 Tage auf den Vesteralen und um Alta (Finnmark).

Schweden gehört seiner Oberflächengestaltung nach mit zwei Dritteln seiner Fläche zur Ostabdachung des Skandinavischen Gebirges, das sich zur Küste des Bottnischen Meerbusens hin senkt. Die mittelschwedische Senke enthält viele große Seen. Das Klima ist kontinental mit – wie in Norwegen – bedeutenden Unterschieden zwischen Süd und Nord.

Finnland zeigt in seiner Landschaft eine außerordentliche Einförmigkeit. Die vielen tausend Seen der Finnischen Seenplatte sind eine Folge der diluvialen Vergletscherung. Bis auf den äußersten Nordwesten herrscht Flachland vor. Das Klima ist durch kalte Winter und mäßig warme Sommer charakterisiert.

Das nördliche Polen ist Teil des Baltischen Landrückens. Als Folge der subbaltischen Vereisung entstanden zahlreiche Seen. Die untersuchten *Myriophyllum*-Standorte gehören der pommerischen Seenplatte an. Hier und in der sich nach Westen anschließenden Norddeutschen Tiefebene ist das Klima feuchtmilde atlantisch.

Unter diesem Einfluß befinden sich die bearbeiteten Seen in Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Mecklenburg, teilweise auch noch im Münsterland (Nordrhein-Westfalen). Erwähnt sei hier die besondere Entstehung des Großen Heiligen Meers bei Hopsten; das Gebiet zeichnet sich geologisch durch Erdfall-Kolke und -Seen aus, d.h. wassergefüllte Einsturztrichter, die durch unterirdische Auslaugung von Salzgestein entstanden sind. Das Einbruchbecken des Heiligen Meers ist 10 m tief, der Durchmesser beträgt 200–300 m.

Die waldbedeckten Sanderlandschaften der mecklenburgisch-brandenburgischen Seenplatte weisen Übergangsklima auf: der maritime Einfluß ist zwar bereits abgeschwächt, aber im großen und ganzen noch dominierend. Estlands Klima liegt im Übergang vom eher strengen kontinentalen Bereich im Osten zum mildereren maritimen im Westen, der noch von Ausläufern des atlantischen Golfstromes erreicht wird.

Einige weitere Seen zeichnen sich durch ihre Höhenlage aus. In der Eifel, Teil des Rheinischen Schiefergebirges, sind durch phreatomagmatische Eruptionen Maare in einem an natürlichen Seen sonst armen Gebiet (Rheinland-Pfalz) entstanden. Der Schwarzwald (Baden-Württemberg) und die (französischen) Vogesen sind dem oberrheinischen Gebirgssystem zuzuordnen. Die vier hier untersuchten *Myriophyllum*-Standorte sind eiszeitlicher Entstehung: der Feldsee, ein Karsee, liegt am Fuß des Feldbergs (1493 m) in einem Talkessel. Der See Lac de Retournemer erfüllt einen eiszeitlichen Gebirgskessel, der See Lac de Longemer dagegen das alte Gletscherbett; durch eine Moränensperre ist der Lac de Gérardmer entstanden. Die Seenlandschaft ist durch sehr feuchtes ozeanisches Klima geprägt.

3. Zur Durchführung der Tauchuntersuchungen

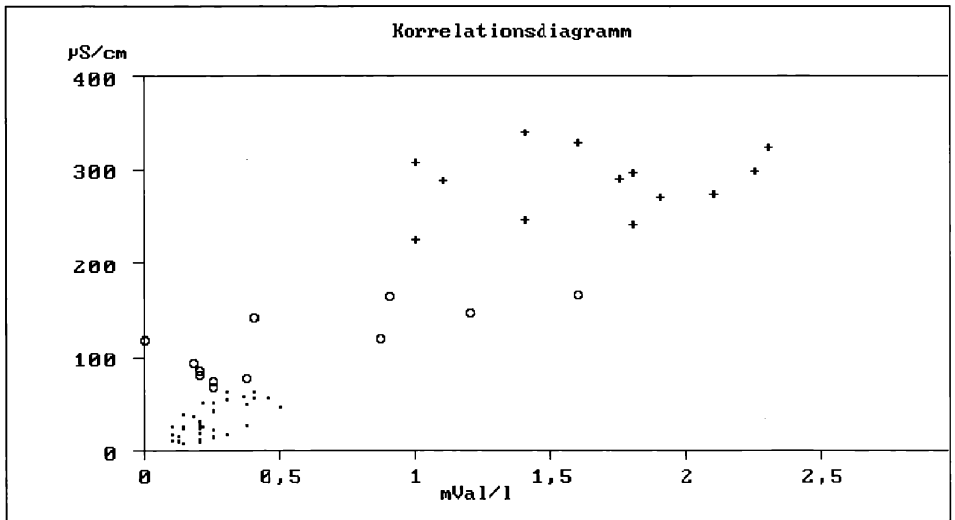
Die Untersuchungen erfolgten zwischen 1982 und 1992. Meist konnten die Seen mehrmals während der Hauptvegetationsperiode betachtet werden. Da das Hauptanliegen die möglichst vollständige Gewinnung des Arteninventars des jeweiligen Gewässers war, wurden möglichst auch unterschiedliche Uferbereiche aufgesucht. Zur Charakterisierung der Gewässerbeschaffenheit wurden folgende Parameter bestimmt: Elektrolytische Leitfähigkeit (LF 90, WTW), pH (digi 88, WTW), ferner das Säurebindungsvermögen und die Gesamthärte (jeweils titrimetrisch, Feldmethoden n. Merck). Dazu wurden Wasserproben in Ufernähe jeweils eine Armlänge unterhalb der Oberfläche genommen. Einige Seen wiesen eine deutliche Eigenfarbe auf; sie wurde mittels einer Feldmethode (Merck) geschätzt. Die Sichttiefe als Maß für die Wassertransparenz wurde mit einer Secchischeibe bestimmt, indem sie an einer Meßleine soweit abgesenkt wurde wie die vier Ecken gerade noch erkennbar waren.

Unter Benutzung einer Preßlufttauchausrüstung wurden unter Wasser alle Makrophyten notiert, auch Characeen und Moose. Helophytenbestände wurden in der Regel nicht berücksichtigt. Es wurde auch pflanzensoziologisch gearbeitet (nach BRAUN-BLANQUET 1951); es werden ausschließlich Aufnahmen von Gesellschaften von *Myriophyllum alterniflorum*, denen Isoetiden fehlen, mitgeteilt, da Aufnahmen von *Littorelletea*-Gesellschaften mit *Myriophyllum alterniflorum* von verschiedenen Autoren in größerer Zahl vorliegen.

4. Kurze gewässerchemische Charakterisierung

4.1. Darstellung der Ergebnisse

Die Leitfähigkeit als Maß für den Ionengehalt des Wassers gibt einen Hinweis auf die Nährstoffsituation im Gewässer; das Säurebindungsvermögen SBV kennzeichnet den Gehalt an Hydrogencarbonationen. Die Ergebnisse beider Messungen sind im Korrelationsdiagramm (Abb. 2) dargestellt.



(.) : Seengruppe I, (o) : Seengruppe II, (+) : Seengruppe III

Abb. 2: Korrelationsdiagramm für Leitfähigkeit und Säurebindungsvermögen der untersuchten Seen (Gruppen s. Kap. 4.2).

Für die Gesamthärte wurden Werte zwischen 4 und 90 ppm CaO gemessen. Die gewonnenen pH-Werte lagen zwischen 4,8 und 9,1. Der pH-Wert von 4,8 wurde im Großen Sager Meer bestimmt; alle übrigen schwach sauren Gewässer besitzen einen pH-Wert von mindestens 5,5. Für die Wasserfarbe wurde als Höchstwert 60 Hazen ermittelt; 14 der untersuchten Seen wiesen eine deutliche bräunliche Eigenfärbung auf.

Im Hellelandely, einem Fluß in Südnorwegen, wurden 32,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen; im Muonionjokki, dem schwedisch-finnischen Grenzfluß, wurde bei Kolari die Leitfähigkeit zu 43 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bestimmt. Die pH-Werte beider Flüsse lagen nahe dem Neutralpunkt.

Die Seen der Mittelgebirge

Feldsee,	1109 m NN, Schwarzwald,
Väläsjön, 960 m NN,	Oppland, Norwegen,
Stubsjön, 725 m NN,	Hedmark, Norwegen,
Lac de Longemer,	707 m NN, Vogesen

Lac de Retournemer, 781 m NN, Vogesen
 Lac de Gérardmer, 624 m NN, Vogesen

zeichnen sich durch niedrige Werte für die untersuchten Parameter Leitfähigkeit, SBV und Gesamthärte aus. Diese Seen sind meist nur 5–6 Monate im Jahr eisfrei bei entsprechend kurzer Vegetationsperiode.

4.2. Gruppierung der Gewässer

Die Siedlungsgewässer von *Myriophyllum alterniflorum* unterscheiden sich erheblich hinsichtlich der Gewässerbeschaffenheit und der Vegetation; daher wurden entsprechend ihrer Leitfähigkeit drei Gruppen gebildet. Gruppe I umfaßt Seen mit Werten bis 75 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Gruppe II solche bis 185 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und Gruppe III alle weiteren Seen bis 395 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Folgende floristische Merkmale wurden dabei verwendet: In Seen der Gruppe II treten bereits *Potamogeton crispus* und *Ceratophyllum demersum* auf; *Isoetes lacustris* und *Lobelia dortmanna* gehören noch zum Arteninventar. In Gruppe III kommt *Potamogeton pectinatus* als weitere eutraphente Art hinzu; hier siedeln nur noch mesotraphente Isoetiden: *Littorella uniflora*, *Luronium natans* und *Eleocharis acicularis*.

Die Tab. 1 enthält die mittleren Werte für Leitfähigkeit, Säurebindungsvermögen und Gesamthärte der Seen der verschiedenen Gruppen.

Tab. 1: Gruppierung der Untersuchungsgewässer

Bereich	Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Leitfähigkeit Mittel ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SBV Mittel (mVal/l)	GH Mittel (ppm CaO)
I	≤ 75	41	0,23	8,2
II	≤ 185	123	0,50	24,9
III	> 185	305	1,79	70,0

Die Seen werden folgendermaßen charakterisiert:

In Gruppe I: sehr kalkarm, oligotroph

In Gruppe II: kalkarm, oligotroph bis mesotroph

In Gruppe III: mittlerer Kalkgehalt bis kalkreich, mesotroph bis eutroph.

In die Gruppe I gehören auch die untersuchten Abschnitte der skandinavischen Fließgewässer. Tab. 2 zeigt die Verteilung der Seen: Zu Gruppe I gehören im wesentlichen die skandinavischen Seen, zu Gruppe III ausschließlich deutsche Seen.

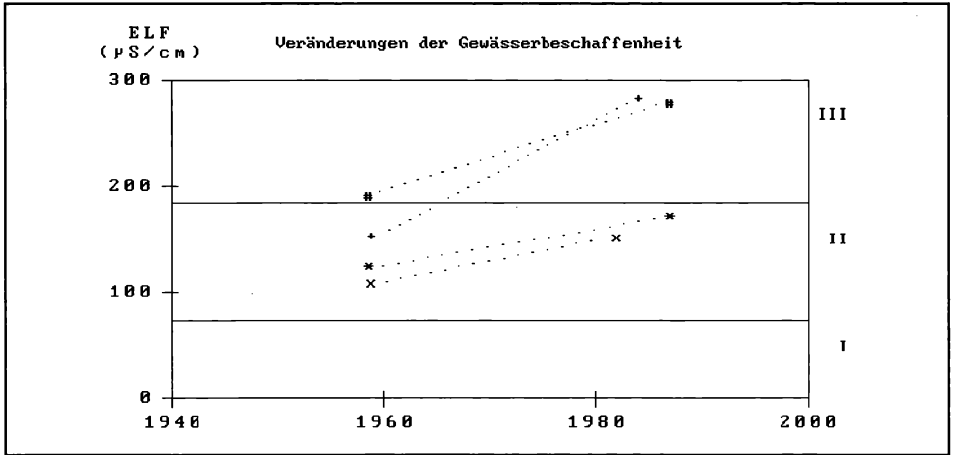
Tab. 2: Die Gewässer im Untersuchungsgebiet

Bereich	Anzahl der Seen in						
	Norwegen	Schweden	Finnland	Polen	Deutschland	Frankreich	Estland
I	27	8	4	1	1	–	–
II	3	–	–	4	4	3	1
III	–	–	–	–	14	–	–

OHLE (1959) unterscheidet in Schleswig-Holstein nach der mittleren Leitfähigkeit kalkarme Seen (75 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Seen mit mittlerem Kalkgehalt (185 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und kalkreiche Seen (388 $\mu\text{S}/\text{cm}$). POTT (1983) gibt aufgrund von Untersuchungen in Nordwestdeutschland einen Zusammenhang zwischen der Trophie und verschiedenen chemischen Parametern. Danach weisen oligotrophe Seen eine mittlere Leitfähigkeit von 135 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mesotrophe Seen von 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und eutrophe Seen von 430 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf.

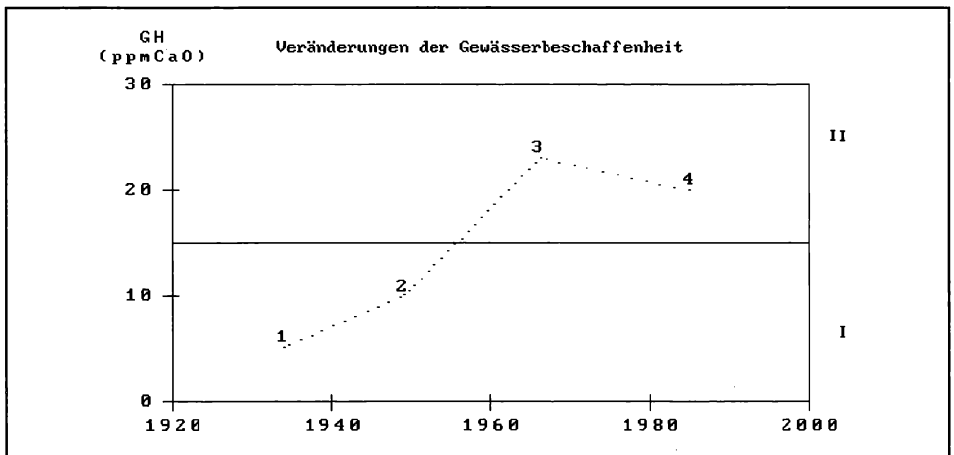
4.3. Zur Entwicklung der Gewässerbeschaffenheit

Die in den vergangenen Jahrzehnten erfolgte anthropogene Nährstoffanreicherung in vielen Seen führte zu einem Anstieg von Leitfähigkeit, Säurebindungsvermögen, Gesamthärte und pH. Die Veränderungen der Leitfähigkeit sind für Ihlsee, Bültsee, Langsee und Einfelder See in Abb. 3.1. dargestellt. Abb. 3.2. zeigt die Veränderung der Gesamthärte im Großen Sager Meer. Ein leichter Anstieg der SBV-Werte für Thurow-See, Stechlinsee und Neustädter See ist Abb. 3.3. zu entnehmen. Für Nehmitz-See, Dreetz-See, Krüselin-See, Zwirnsee und Waschsee wurden keine nennenswerten Veränderungen festgestellt. Zum Vergleich wurden Werte von KRAUSCH (1964), DOLL (1978a,b und 1979) sowie von PIETSCH (1984) herangezogen.



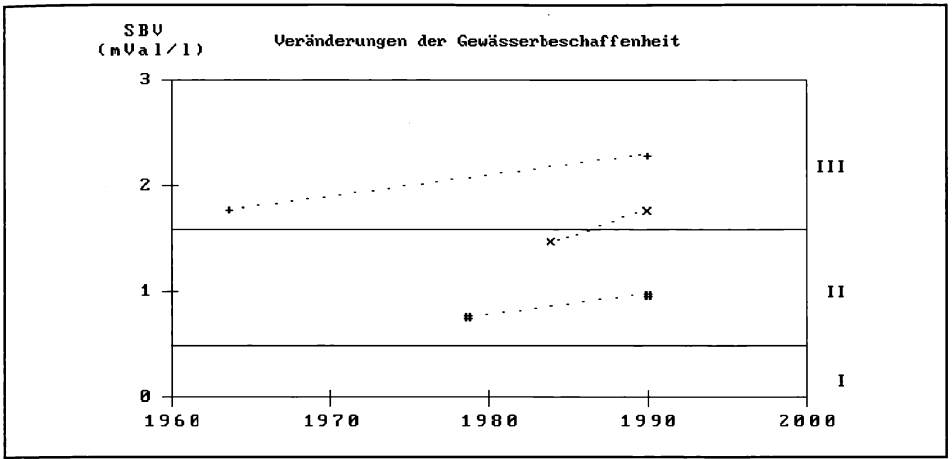
x = Ihlsee Schleswig-Holstein, * = Bültsee, + = Langsee, # = Einfelder See,

Abb. 3.1: Veränderungen der Leitfähigkeit in verschiedenen Seen Schleswig-Holsteins.



1,2: n. Hollwedel (1953), 3 : n. Lübben (1973), 4 : n. Vöge (1992)

Abb. 3.2. Veränderung der Gesamthärte im Großen Sager Meer (Niedersachsen).



+ : Stechlinsee (Brandenburg), x : Thurow See (Mecklenburg-Vorpommern), # : Neustädter See (Mecklenburg-Vorpommern)

Abb. 3.3: Veränderungen des Säurebindungsvermögens in drei Seen

5. Zur Vegetation in den Untersuchungsgewässern

5.1. Das Arteninventar

In den oligotrophen Seen (I) ist die mittlere Artenzahl am geringsten, der Anteil der Isoetiden ist dagegen am höchsten. In den oligotroph-mesotrophen Seen (II) und besonders in den mesotroph-eutrophen Seen (III) nimmt die Artenzahl deutlich zu, während der Anteil der Isoetiden stark zurückgeht (Abb. 4).

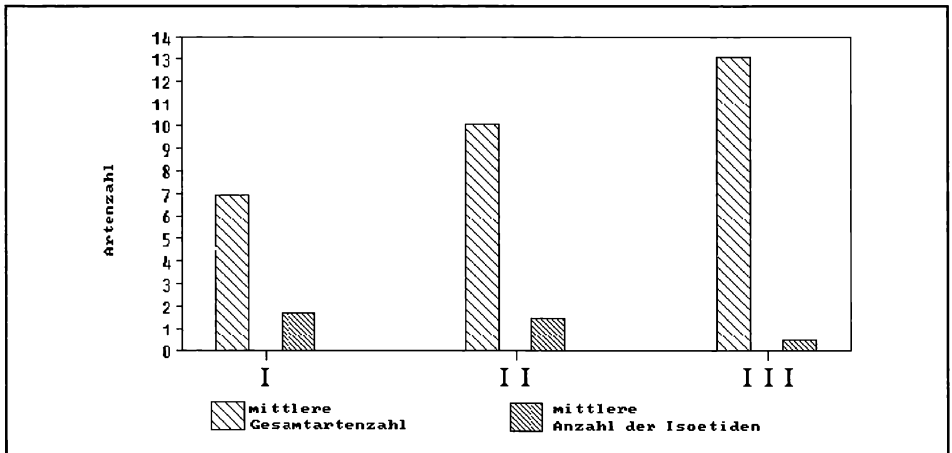
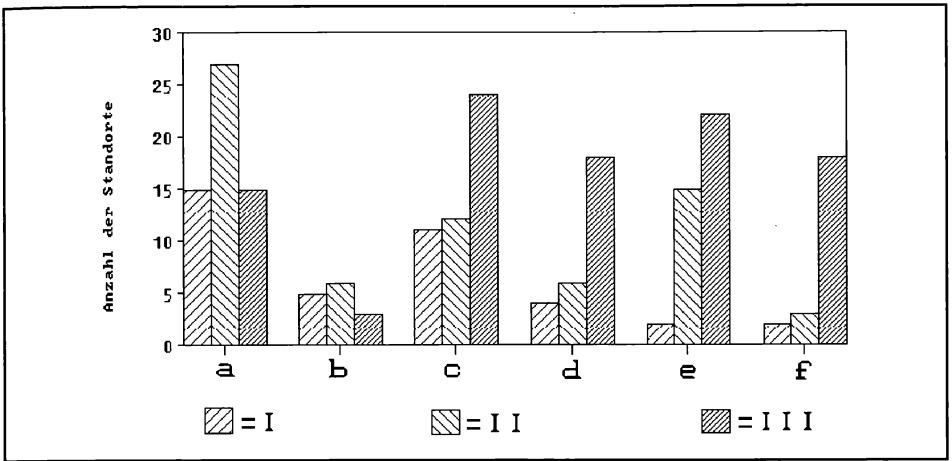


Abb. 4: Artenzahlen in Seen der Gruppe I, II und III

Alle Arten, die insgesamt gefunden wurden, sind in Tab. 3 aufgeführt. Einige Arten sind in allen 3 Leitfähigkeitsebenen vertreten. *Potamogeton praelongus* und besonders *Nitella flexilis* sind am häufigsten im mittleren Bereich; *Potamogeton gramineus*, *P. perfoliatus*, *Elodea canadensis* und *Chara delicatula* treten besonders oft bei höheren Kalkgehalten auf (Abb. 5, für II und III wurde zum Vergleich auf jeweils 40 Seen umgerechnet).

Tab. 3: Arten in den Untersuchungsgewässern

	Name	I	II	III	Name	I	II	III
He	<i>Hippuris vulgaris</i>	+	+		El	<i>Sparganium angustifolium</i>	+	+
Ny	<i>Nymphaea alba</i>	+	+	+		<i>Sparganium minimum</i>	+	+
	<i>Nymphaea candida</i>	+				<i>Stratiotes aloides</i>		+
	<i>Nuphar lutea</i>	+	+	+		<i>Juncus bulbosus</i>	+	+
	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>		+	+	Cer	<i>Ceratophyllum demersum</i>		+
	<i>Polygonum amphibium</i>	+	+	+		<i>Utricularia australis</i>		+
	<i>Potamogeton natans</i>	+	+			<i>Utricularia intermedia</i>	+	
Lem	<i>Lemna trisulca</i>			+		<i>Utricularia vulgaris</i>	+	+
El	<i>Callitriche cophocarpa</i>	+	+		Is	<i>Lobelia dortmanna</i>	+	+
	<i>Callitriche hamulata</i>		+			<i>Isoetes echinospora</i>	+	+
	<i>Callitriche hermaphroditica</i>			+		<i>Isoetes lacustris</i>	+	+
	<i>Callitriche palustris</i>		+			<i>Littorella uniflora</i>	+	+
	<i>Elatine hypnoides</i>		+	+		<i>Ranunculus reptans</i>	+	+
	<i>Elodea canadensis</i>	+	+	+		<i>Subularia aquatica</i>	+	
	<i>Elodea nuttallii</i>			+		<i>Eleocharis acicularis</i>	+	+
	<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	+	+	+		<i>Pilularia globulifera</i>		+
	<i>Myriophyllum spicatum</i>		+	+		<i>Luronium natans</i>		+
	<i>Myriophyllum verticillatum</i>			+	Ch	<i>Chara aculeolata</i>		+
	<i>Najas intermedia</i>			+		<i>Chara aspera</i>		+
	<i>Potamogeton alpinus</i>	+		+		<i>Chara delicatula</i>	+	+
	<i>Potamogeton crispus</i>		+	+		<i>Chara filiformis</i>		+
	<i>Potamogeton filiformis</i>			+		<i>Chara fragilis</i>		+
	<i>Potamogeton friesii</i>		+	+		<i>Chara hispida</i>		+
	<i>Potamogeton gramineus</i>	+	+	+		<i>Chara rudis</i>		+
	<i>Potamogeton lucens</i>			+		<i>Chara tomentosa</i>		+
	<i>Potamogeton obtusifolius</i>		+	+		<i>Nitella flexilis</i>	+	+
	<i>Potamogeton pectinatus</i>			+		<i>Nitella mucronata</i>		+
	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	+	+	+		<i>Nitella opaca</i>	+	+
	<i>Potamogeton praelongus</i>	+	+	+		<i>Nitella translucens</i>		+
	<i>Potamogeton pusillus</i>	+	+	+		<i>Nitelopsis obtusa</i>		+
	<i>Potamogeton zizii</i>	+	+		Br	<i>Drepanocladus</i> sp.	+	+
	<i>Zannichellia palustris</i>			+		<i>Fontinalis</i> sp.	+	+
	<i>Ranunculus circinatus</i>		+	+		<i>Platihypnidium rusciforme</i>		+
	<i>Ranunculus lingua</i>	+				<i>Riccardia sinuata</i>		+
	<i>Ranunculus peltatus</i>	+	+			<i>Sphagnum</i> sp.	+	
	<i>Ranunculus trichophyllus</i>			+				



a: *Nitella flexilis*, b: *Potamogeton praelongus*, c: *Potamogeton gramineus*, d: *Potamogeton perfoliatus*, e: *Elodea canadensis*, f: *Chara delicatula*

Abb. 5: Häufigkeitsverteilung der Standorte in den Bereichen I, II, III

Das Arteninventar der untersuchten Fließgewässer unterscheidet sich nicht von dem der oligotrophen Stillgewässer.

5.2. Zur Vegetation der oligotrophen Seen

Die Seen dieser Gruppe liegen überwiegend im nördlichen Skandinavien und sind, entsprechend der geringen Bevölkerungsdichte, kaum anthropogen belastet. Isoetiden bestimmen zusammen mit *Myriophyllum alterniflorum* das Vegetationsbild. Bemerkenswert ist, daß selbst in dem sehr elektrolytarmen Wasser neben den Isoetiden einige Arten mit höherem Nährstoffanspruch auftreten, vor allem *Potamogeton pusillus*, *P. perfoliatus* und *Elodea canadensis*.

Häufiger treten die Pflanzen truppweise auf, und eine Gesellschaftsbildung oder Zonierung ist nicht erkennbar. Ein Beispiel ist der bereits genannte See Vålåsjøen im Dovrefjell. Seine Vegetation läßt sich nur durch das Arteninventar charakterisieren. Hier siedeln *Isoetes lacustris*, *Littorella uniflora*, *Ranunculus reptans*, *Juncus bulbosus*, *Chara delicatula* und *Myriophyllum alterniflorum*.

Ein besonders günstiger Standort ist offenbar der norwegische See Stördalsvatnet (Hordaland) : *Myriophyllum alterniflorum* dominiert hier. Während *Littorella uniflora* und *Lobelia dortmanna* auf den ufernahen Bereich beschränkt bleiben, reicht ein Brachsenkrautbestand bis 10 m Tiefe. So tief ging die Art in keinem anderen See.

Einige Seen weisen eine deutliche Vegetationszonierung auf, so der Feldsee (Schwarzwald); er ist gleichzeitig der höchstgelegene *Myriophyllum*-Standort. Eine *Isoetes-Myriophyllum*-Zone reicht bis 3,50 m; dort schließt sich bis 7,50 m ein dichter *Nitella flexilis*-Bestand an.

Eine für manche Seen typische Zonierung weist ein mit 48 µS/cm etwas elektrolytreicherer See auf den Vesteralen auf. Im Flachwasser (0,2–0,3 m) siedelt *Subularia aquatica*. Den bis 0,8 m Tiefe sich anschließenden Bereich nimmt *Littorella uniflora* ein. *Isoetes lacustris* hat sein Optimum bei 1 m Tiefe. *Myriophyllum alterniflorum* schließt sich bis 2 m an. Ein lockerer Bestand von *Potamogeton pusillus* siedelt zwischen 2 und 3 m Tiefe; den Abschluß bildet – bis 4 m Tiefe – ein dichter Reinbestand von *Nitella flexilis*. Eine solche Laichkrautzone zwischen Isoetiden und *Nitella* scheint auf einen leicht erhöhten Elektrolytgehalt hinzuweisen.

In einigen Seen fehlen die Isoetiden, z.B. auf den Vesteralen und in Mittelschweden. Hier siedelt eine Gesellschaft aus (überwiegend) *M. alterniflorum* sowie *Potamogeton praelongus*, *P. gramineus*, *P. pusillus*, *P. alpinus*, *Ranunculus peltatus* und *Nitella flexilis*.

5.3. Zur Vegetation in oligotroph-mesotrophen Seen

Die Gruppe II besteht zumeist aus Seen, die, ursprünglich oligotroph, durch anthropogene Einflüsse etwas nährstoffreicher geworden sind. Die veränderte Nährstoffsituation kann sich in unterschiedlicher Weise zeigen:

- 1.) Neben Isoetiden treten zunehmend Arten mit höheren Nährstoffansprüchen auf, z.B. *Potamogeton pusillus*, *P. crispus*, *P. pectinatus*, *Myriophyllum spicatum*, *Ranunculus circinatus*, *Elodea canadensis* und *Ceratophyllum demersum*.
- 2.) Die Isoetiden treten zurück, teilweise bleiben nur kleinflächige Bestände erhalten.
- 3.) An den Pflanzen zeigt sich oft eine intensive Aufwuchsentwicklung.
- 4.) Es erfolgt eine Florenverschiebung: *Littorelletea*-Gesellschaften gehen in *Myriophyllum alterniflorum*-Gesellschaften über.
- 5.) *Myriophyllum alterniflorum* wächst schließlich selbst unter Konkurrenzdruck und wird in Richtung auf den ufernahen Bereich zurückgedrängt.

Ergänzend seien einige Seen dieser Gruppe aufgeführt. Im polnischen See Dobrogoszcz bilden *Isoetes lacustris*, *Littorella uniflora*, *Lobelia dortmanna* und *Luronium natans* ausgedehnte Bestände, die neben *Myriophyllum alterniflorum* auch Laichkräuter, *Ceratophyllum demersum* und *Elodea canadensis* enthalten. 1991 war – gegenüber 1989 – eine starke Ausbreitung von *Elodea* erkennbar. Die Art ist jetzt nicht nur Begleiter im *Isoeto-Lobelietum*, sie drängt insbesondere *Isoetes* erheblich, indem sie die Pflanzen um- und überwächst.

Der See Jansvatnet in Hammerfest (Nordnorwegen) unweit eines Campingplatzes wurde 1983 von einer Gesellschaft aus *Isoetes lacustris* und *Myriophyllum alterniflorum* besiedelt. Zwei Jahre später war *Isoetes* erheblich zurückgegangen und *Myriophyllum* bestimmte nun das Vegetationsbild. Bereits innerhalb weniger Jahre kann sich somit die pflanzliche Besiedlung eines Sees deutlich verändern.

Im Ihlsee (Schleswig-Holstein) bildete das Tausendblatt noch 1977 dichte Bestände bis 6 m Tiefe; bei abnehmender Wassertransparenz gingen sie 1982 nur noch bis 3 m Tiefe.

Myriophyllum alterniflorum meidet saures Wasser; so ist der südnorwegische See Revurd-tjørni – im Gebiet um Egersund (Rogaland) als einziger nicht saurer See – hier der einzige *Myriophyllum*-Standort. Dagegen tritt die Art bestandsbildend im Großen Sager Meer auf, obwohl sein Wasser einen pH-Wert von 4,8 besitzt. Dem niedrigen Wert entsprechend haben Moose einen großen Anteil an der Vegetation. Es ist aber wahrscheinlich, daß das Wasser vor Jahrzehnten weniger sauer war: Meyer wies 1934/38 *Chara gracilis*, *Ch. delicatula*, *Nitella translucens* und *N. flexilis* nach, die nicht in saurem Wasser siedeln; sie fehlen jetzt.

5.4 Zur Vegetation der mesotroph-eutrophen Seen

Die Seen der Gruppe III unterscheiden sich deutlich in ihrer floristischen Zusammensetzung (Tab. 4). Es lassen sich zwei Untergruppen bilden. Die Seen 1 bis 6 (III a) der mecklenburgisch-brandenburgischen Seenplatte zeichnen sich durch ihren Reichtum an Characeen aus, insbesondere an Charakterarten des *Charion asperae*; daneben ist auch *Stratiotes aloides* häufig. Das Wasser ist recht klar, die Sichttiefe beträgt mehrere Meter. Die Seen 7 bis 12 (III b) gehören verschiedenen Bundesländern an; sie sind durch *Potamogeton gramineus* und *Littorella uniflora* gekennzeichnet. Die Wassertransparenz ist geringer, die Vegetation reicht daher nicht so tief. Im Weißen See (14) in Mecklenburg bildete *Myriophyllum alterniflorum* lockere Reinbestände. Der Einfeldsee (13) in Schleswig-Holstein und das Schalkenmehrener Maar (12) in der Eifel (Rheinland-Pfalz) weisen neben hohen Leitfähigkeitswerten nur geringe sommerliche Sichttiefen und überwiegend eutraphente Vegetation auf. Verschiedene Arten, z.B. *Potamogeton pectinatus*, *Chara delicatula* und *Nitella flexilis* sind in beiden Untergruppen ähnlich verbreitet. Eine Sonderstellung nimmt der Dreetz-See (6) ein, in ihm treten die typischen Arten beider Untergruppen auf. Im folgenden seien Tendenzen bei der Vegetationsentwicklung der genannten Seen aufgezeigt.

Der Zwirnsee wurde von DOLL (1978a) als mesotropher Klarwassersee des Najas-Typs mit gut entwickelten *Chara*-Wiesen bezeichnet. DOLL (1979) charakterisierte auch den Waschsee als mesotroph. Als Leitgesellschaft wird das *Charetum tomentosae* angegeben, die

Tab. 4: Ausgewählte Arten in Seen des Bereiches III

	a						b							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Nitellopsis obtusa</i>	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chara hispida</i>	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chara tomentosa</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stratiotes aloides</i>	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Potamogeton pectinatus</i>	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-
<i>Potamogeton gramineus</i>	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Littorella uniflora</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitella flexilis</i>	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>Chara delicatula</i>	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| 1: Zwirnsee | 8: Neustädter See |
| 2: Waschsee | 9: Thurow – See |
| 3: Krüselin – See | 10: Großensee |
| 4: Nehmitzsee | 11: Langsee |
| 5: Stechlinsee | 12: Schalkenmehrener Maar |
| 6: Dreetz – See | 13: Einfeld See |
| 7: Großes Heiliges Meer | 14: Weißer See |

1–6, 8, 9, 14: Mecklenburg-Vorpommern

7: Nordrhein-Westfalen

12: Rheinland-Pfalz

10,11,13: Schleswig-Holstein

Bedeutung des *Najadetum intermediae* wird hervorgehoben. In beiden Seen konnte 1990 in Ufernähe auch *Myriophyllum alterniflorum* beobachtet werden. Das Vegetationsbild des Krüselin-Sees wird von Characeen bestimmt; auch hier bleibt das Tausendblatt auf den ufernahen Bereich beschränkt. Auffällig ist hier die – mit 21 – hohe Artenzahl, die auf einer Fläche von etwa 200 m² beobachtet werden kann.

Die 1990 durchgeführte Tauchuntersuchung ergab, daß die von KRAUSCH (1964) und CASPER (1985) dargestellten Vegetationsverhältnisse des Stechlinsees im wesentlichen unverändert geblieben sind; entsprechendes gilt für den Nehmitzsee. JESCHKE (1959) erklärt den oligotrophen Charakter des Dreetz-Sees mit der Lage im nährstoffarmen Sandergebiet; auch erhält der See sein Wasser aus Grundmoränenseen, die durch Niederschlagswasser gespeist werden. Die untere Litoralregion der nicht extrem windexponierten Ufer wurde in einem Tiefenbereich von 0,5 bis 2 m von der *Myriophyllum alterniflorum*- *Littorella uniflora*-Gesellschaft besiedelt. 1991 konnte am W-Ufer eine Gesellschaft aus *M. alterniflorum*, *Littorella uniflora* und *Chara aspera* – aber nur bis 60 cm Tiefe – aufgenommen werden. Anders war die Vegetation am S-Ufer nahe der Badestelle: das Tausendblatt siedelt auf einer schmalen Zone in unmittelbarer Ufernähe; mit zunehmender Wassertiefe schließen sich *Potamogeton lucens* und *P. perfoliatus* an, schließlich *Stratiotes aloides* und Characeen.

Für das Große Heilige Meer vermutet RUNGE (1957), daß *Littorella uniflora* als Folge erhöhter Nährstoffzufuhr verdrängt wurde. – Der Neustädter See wurde von DOLL (1978b) als noch oligotroph bezeichnet. Charakteristische Gesellschaften waren das Myriophyllo-Littorelletum und – neben dem *Nitellopsidetum obtusae* – das *Myriophylletum alterniflori*. DOLL wies jedoch bereits auf die in den vergangenen 20 Jahren erfolgte Eutrophierung hin. Ein ausgedehnter Bestand von *Potamogeton pectinatus* beherrschte 1991 das Vegetationsbild am Westufer, *Myriophyllum* und *Littorella* siedelten nur in Ufernähe, die Pflanzen waren stark veralgt. – Nach DOLL (1978c) ist der Thurow-See als nährstoffarmes Gewässer durch Strandlinggesellschaften gekennzeichnet; sie treten teilweise als Ufergesellschaft auf, aber auch un-

tergetaucht als *Myriophyllo-Littorelletum* bis 2 m Tiefe. 1990 besiedelte der Strandling überwiegend den Uferbereich. *Potamogeton gramineus* und *M. alterniflorum* stehen unter Konkurrenzdruck von euträphenten Elodeiden. Auch hier wurde eine erhebliche Verälgung beobachtet. – Der Großensee war ein Standort von *Lobelia dortmanna* (CHRISTIANSEN 1953). *Isoetes lacustris* wurde bis 1976 nachgewiesen (VÖGE 1992). Jetzt ist *Littorella uniflora* noch an einigen Uferbereichen vertreten. Das Tausendblatt ist bei anhaltend geringer Wassertransparenz zurückgegangen. An einigen Uferabschnitten ist nach *Potamogeton praelongus* auch *Myriophyllum alterniflorum* verschwunden. – Der Langsee war, trotz seiner Nähe zum Bültssee, stets nährstoffreicher als dieser. *Potamogetonetea*-Arten überwiegen hier, an einigen Uferbereichen wurden noch Strandling und Tausendblatt beobachtet. – Der eutrophe Charakter des Schalkenmehrener Maeres besteht bereits seit 1914/15 (THIENEMANN, zit. bei MELZER et al. 1985). Neben verschiedenen euträphenten Arten (auch *Elodea nuttallii*) konnten 1985 nur noch wenige Sprosse von *Myriophyllum alterniflorum* und *Potamogeton gramineus* beobachtet werden. – Der Einfelder See wurde von *Lobelia dortmanna* (BOLL 1862) und von *Isoetes lacustris* (BRAUN 1862) besiedelt. Inzwischen ist der See durch sehr geringe sommerliche Sichttiefe und überwiegend euträphente Arten gekennzeichnet.

5.5 Zur Gesellschaftsbildung von *Myriophyllum alterniflorum*

Pflanzensoziologische Aufnahmen aus 16 Seen, in denen das Tausendblatt auch bestandsbildend auftritt, *Littorelletea*-Arten jedoch fehlen, werden in Tab. 5 mitgeteilt. Sofern sich eine Gesellschaft nur an einem bestimmten Uferabschnitt aufnehmen ließ, ist dieser in der Legende genannt. Die begleitenden insgesamt 21 Arten sind nach Faktorenzahlen, hier der Nitrat- und der Phosphatzahl (PIETSCH 1982) geordnet. In 15 Seen wurden Aufnahmen gewonnen, die *Nitella flexilis* und / oder *Chara delicatula* enthalten. Beide Arten stellen eine Verbindung zwischen kalkarm oligotrophen Seen und oligotrophen Gewässern höheren Kalkgehaltes her. Das Tausendblatt verhält sich hier wenig wählerisch und, je nach der Nährstoffsituation im Gewässer bzw. an dem Uferabschnitt tritt es in Gesellschaft von Arten mit mehr oder weniger hohen Nährstoffansprüchen auf. Dabei deuten sich fließende Übergänge an.

6. Diskussion

6.1. Zur Gewässerbeschaffenheit

In nichtsauren Seen Skandinaviens ist *Myriophyllum alterniflorum* allgemein verbreitet. Mit Ausnahme des Großen Sager Meeres (das jedoch eine höhere Gesamthärte aufweist) fehlt das Tausendblatt bei pH-Werten unter 5,5. Daher sind eine Reihe von Seen, in denen *Isoetes* spp. und z.T. *Lobelia dortmanna* siedeln, ohne *Myriophyllum alterniflorum*: z. B. der polnische See Krasne und die böhmischen Seen Schwarzer See und Plöckensteiner See (VÖGE, unveröffentlichte Beobachtungen) sowie Seen in Südnorwegen und der dänische See Madumsø; hier siedeln statt dessen vermehrt Moose (VÖGE 1988).

ARTS & DEN HARTOG (1990) betonen, daß von den atlantischen, borealen Arten allein *Myriophyllum alterniflorum* nicht die isoetide Wuchsform aufweist. Die isoetide Wuchsform wird als die effizienteste Form angesehen, um an oligotrophen Weichwasserstandorten zu existieren, an denen anorganischer Kohlenstoff kaum mehr zur Verfügung steht. So erklärt sich das Fehlen des Tausendblatts an sauren Standorten, an denen der verfügbare Kohlenstoff besonders gering ist.

KLOSOWSKI & TOMASZEWICZ (1989) charakterisieren die Gewässerbeschaffenheit von 28 Standorten des *Myriophylletum alterniflori* Lemée 1937 em. Siss. 1943 in N- und SO-Polen, wobei sie auch eine Abgrenzung gegenüber Standorten von *Myriophyllum spicatum*- und *Myriophyllum verticillatum*- Gesellschaften vornehmen. So wurden pH- Werte zwischen 7,0 und 7,9 gefunden, während die Spanne der Gesamthärte mit 0,7 bis 2,5 mVal/l angegeben wird. In der vorliegenden Untersuchung wurden an einigen Standorten etwas abweichende Werte gefunden. So siedelt im norwegischen Stordalsvatnet das *Isoeto-Lobelietum* (W. Koch 1926) Tx. 1937 emend., in dem *Myriophyllum alterniflorum* dominiert, bei pH 6,1. In den Seen

Tab. 5: Gesellschaften von Myriophyllum alterniflorum

NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Art	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2-3	2-3	Myriophyllum alterniflorum	V 3	V 1-2	V 2	IV 2-3	IV 2	V 3-4	IV 2-4	V 2-3	V 2-3	V +-3	V 1-3	IV 1-2	V 3	V 1-3	V 2-3	V 3-4	V 2-3	IV 2-3
1-2	1	Nitella flexilis	IV 1-5	V 2-3	V 2	IV 2-3	IV 2	V 3-4	IV 2-4	V 2-3	V 2-3	V +-3	II 1	IV 1-2	V 3	III 2-3	V 2-3	V 3-4	V 2-3	II 1-2
2-3	1-2	Chara delicatula	V	V 2	V +-3	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-3	V 2-3	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	II 1	II 1	I 1
2	1	Nitella opaca	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-3	V 2-3	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	II 1	II 1	I 1
2	1	Chara aspera	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-3	V 2-3	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	II 1	II 1	I 1
2	1	Chara tomentosa	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-3	V 2-3	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	II 1	II 1	I 1
1-3	1-2	Chara fragilis	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
2-3	1-2	Fontinalis antipyretica	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
2-3	2	Callitriche hamulata	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
1-2	1-2	Utricularia intermedia	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
1-2	1	Potamogeton alpinus	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
2	1-2	Potamogeton praelongus	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
2	2	Potamogeton gramineus	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
1-5	1-5	Potamogeton natans	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
(2)4-5	2-3(4)	Potamogeton obtusifolius	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
3-5	1-2	Ranunculus peltatus	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
(2)-5	1-4	Potamogeton friesii	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
3-4(5)	2-4	Potamogeton perfoliatus	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
(1)-5	(2)-5	Potamogeton pusillus	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
1-5	(2)-5	Potamogeton crispus	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
1-5	1-4	Elodea canadensis	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
3-5	(2)4-5	Ranunculus circinatus	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
4-5	3-5	Ceratophyllum demersum	V	V	V	I 1-2	V 1-3	V 1-3	V 1-3	V 2-4	V 2-4	V +-3	II 1	II 1-3	V 1	III 2-3	V 1	I +	III +-1	I +
<p>1: See Weusila 2: Bultsee 3: Großensee 4: Waschsee 5: Großes Sager Meer 6: Skogstuevatnet 7: Lac de Retournermer 8: Mathisvatnet 9: Ihlsee 10: Großensee 11: Sierravatnet 12: Sottjun 13: Feldsee 14: Dobrogoczcz 15: Ihlsee 16: Großensee 17: Langsee 18: Langsee</p>																				
<p>(PL) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D) (D)</p>																				
<p>Pommersche Seenplatte Schleswig-Holstein Schleswig-Holstein Mecklenburg-Vorpommern Niedersachsen Finnmark Vogesen Finnmark Schleswig-Holstein Schleswig-Holstein Finnmark Nordtrönde lag Baden-Württemberg Pommersche Seenplatte Schleswig-Holstein Schleswig-Holstein Schleswig-Holstein Schleswig-Holstein</p>																				
<p>Kreis Eckernförde Trittau Feldeberg Cloppenburg Alta Alta Bad Segeberg Trittau Alta Schwärzwald Levanger SO-Ufer NO-Ufer W-Ufer W-Ufer W-Ufer Kreis Eckernförde</p>																				
<p>1991 1987 1983 1991 1985 1985 1983 1988 1985 1981 1983 1983 1986 1984 1991 1981 1983 1987 1987</p>																				
<p>V 1-2 V 1-2</p>																				
<p>I + I + I + I + I + I + I + I + I + I + I + I + I + I + I + I + I + I + I + I +</p>																				
<p>III +-1 III +-1</p>																				

mit den höchsten Werten für die Gesamthärte um 3 mVal/l (und gleichzeitig mit den höchsten pH-Werten) tritt das Tausendblatt nicht mehr bestandsbildend auf. Bei geringerem Überschreiten des Wertes von 2,5 mVal/l konnten jedoch, zumindest an einigen Uferbereichen, *Myriophyllum alterniflorum*-Gesellschaften aufgenommen werden, z. B. im Langsee (2,7 mVal/l) und im Stechlinsee (2,8 mVal/l). Zu den kalkärmsten Seen gehört der Feldsee im Schwarzwald. Bei 0,14 mVal/l bildet hier das Tausendblatt – häufig überwiegt es – mit *Isoetes lacustris* und *Nitella flexilis* ausgedehnte Bestände.

In Tab. 6 sind Minimal-, Maximal- und Mittelwerte der Gesamthärte an *Myriophyllum alterniflorum*-Standorten zusammengestellt: Werte von PIETSCH (1984), von KLOSOWSKI et al. (1989) sowie eigene Ergebnisse. Die Werte für die Seengruppe II entsprechen weitgehend den Ergebnissen von PIETSCH, die er in der pommerschen Seenplatte erhalten hat; die Werte für die Gruppe III sind seinen Werten aus der mecklenburger Seenplatte vergleichbar. Der von KLOSOWSKI et al. angegebene Mittelwert aus 2 Seengebieten entspricht dem Mittelwert aus Gruppe II und III. Die Gesamthärte ist im Leczna-Wlodawer Seengebiet höher als in der pommerschen Seenplatte, aber niedriger als in der mecklenburgischen Seenplatte.

Zur Kennzeichnung der Nährstoffsituation nennen KLOSOWSKI et al. Mittelwerte für den Phosphatgehalt (0,032 ppm Phosphatphosphor = Phosphatzahl 2) und den Nitratgehalt (0,051 ppm Nitratstickstoff = Nitratzahl 1). PIETSCH gibt für mecklenburgische Seen 3,74 ppm Nitrat entsprechend der Nitratzahl 2 an.

Tab. 6: Gesamthärte an Standorten von *Myriophyllum alterniflorum*

Untersuchungsgebiet (Anzahl der Seen)	Gesamthärte (mVal/l)			Autor
	minimal	maximal	mittel	
Mecklenburger Seengebiet (38)	1,30	3,96	2,26	Pietsch 1984
Pommersche Seenplatte (9)	0,39	1,29	0,83	
Leczna-Wlodawer Seengebiet (23)	0,46	3,57	2,00	
Pommersche Seenplatte (11)	0,7	2,5	1,44	Klosowski et al. 1989
Leczna-Wlodawer Seengebiet (17)				
I Überwiegend Skandinavien (41)	0,14	0,54	0,30	Vöge
II N, PL, F, D, EW (15)	0,29	1,79	0,89	
III Deutschland (14)	1,71	3,21	2,51	

6.2. Zur Gesellschaftsbildung

Myriophyllum alterniflorum gilt als Ordnungskennart der *Littorelletea* (z.B. bei OBERDORFER 1957). Erstmals beschrieb JESCHKE (1959) aus Feldberger Seen in Mecklenburg ein *Myriophyllo-Littorelletum*, das er als östliche Variante des *Isoeto-Lobelietum* wertete. Dem widersprach DIERSSEN (1975), indem er die Gesellschaft als Folgegesellschaft bei Gewässerentrophierung deutete. Er wies auch auf das häufige Auftreten von *Myriophyllum alterniflorum* in *Potamogetonetea*-Gesellschaften hin. MÄKIRINTA (1978) spricht von untypischen Gesellschaftsgemischen, die eine vermittelnde Stellung zwischen der Isoetiden- und der Eloidenv egetation einnehmen. 1964 beschrieb KRAUSCH eine *Myriophyllum alterniflorum*-Gesellschaft aus dem Stechlinsee-Gebiet. In verschiedenen Tiefenzonen siedeln drei Untergesellschaften, die durch *Stratiotes aloides*, *Potamogeton natans* bzw. durch *P. filiformis* gekennzeichnet sind. Hinzu kommen Arten der *Potamogetonetea* und der *Charetea*. Das Fehlen von *Littorella uniflora* führt KRAUSCH auf die für den Strandling ungünstige Gestalt der Litoralregion zurück; andererseits könnte hier auch das gegenüber Mecklenburg bereits stärker kontinental getönte Klima eine Rolle spielen. Die beschriebenen *M. alterniflorum*-reichen Gesellschaften werden von KRAUSCH den *Potametalia* angeschlossen; er bezeichnet sie als einen eigenartigen Komplex, der weiterer Untersuchungen bedarf.

PIETSCH stellt (1984) einen Gewässertyp heraus, der durch *Myriophyllum alterniflorum* gekennzeichnet ist. In Flachwasserseen tritt die Art vor allem mit *Littorella uniflora* und verschiedenen *Chara*-Arten vergesellschaftet auf; in sekundäroligotrophen tiefen Seen, in denen der Strandling fehlt, kommen dafür *Chara*-Arten verstärkt vor. Diese *Myriophyllum alterniflorum*-reichen Bestände liegen nach PIETSCH in der Gewässergenese zwischen zwei Ausbildungsformen, von denen eine noch zu den *Littorelletea*, die andere bereits zu den *Potamogetonetea* tendiert.- Die genannten Ausbildungen finden sich in den verschiedenen Seengruppen wieder: *Isoetes*- und *Lobeliareiche* Ausbildungen (hier in Seen der Gruppen I und II), *Littorella uniflorareiche* Formen (in Gruppen II und IIIb), *Nitella*- und *Charareiche* Ausbildungen (IIIa) und *Potamogetonreiche* Formen (IIIa und b). In einem Gewässer sind häufiger auch verschiedene Ausbildungen vertreten.

Die synthetische Tabelle von KLOSOWSKI et al. enthält neben *Myriophyllum alterniflorum* die übrigen Arten in meist geringer Deckung: *Littorelletea*-Arten (vor allem *Littorella uniflora*), *Potamogetonetea*-Arten (insbesondere *Potamogeton natans*) sowie *Myriophyllum spicatum*, *Stratiotes aloides* und *Elodea canadensis*; von den *Charetea*-Arten werden *Chara fragilis* und *Nitellopsis obtusa* genannt.

Die *Littorelletea*-freien Aufnahmen (Tab.5) zeigen die Vielgestaltigkeit der beobachteten *Myriophyllum alterniflorum*-reichen Gesellschaften. Die Aufnahmen Nr. 1–4 sind der *Nitella*- und *Charareichen* Ausbildung (im Sinne von PIETSCH) zuzuordnen. Gesellschaften mit *Ranunculus peltatus* (Nr. 7–9) werden von MÄKIRINTA (1978) aus dem finnischen See Kukkia beschrieben. Nr. 10–18 entsprechen der *Potamogetonreichen* Ausbildung. Dabei sind Nr. 10–13 durch eher mesotraphente Arten, Nr. 14–18 dagegen durch eutraphente Arten gekennzeichnet. Die (seltene) *Utricularia minor*- und *Myriophyllum verticillatum*-reiche Ausbildungsform enthält bei PIETSCH auch *Utricularia intermedia*. Aufn. Nr. 6 kann hier eingeordnet werden. Nr. 5 zeichnet sich durch großen Moosreichtum aus, dem sauren Wasser entsprechend.

Neuerdings unterscheidet PASSARGE (1992) in Mitteleuropa neben der *Littorelletalia*-Assoziation folgende Gruppierungen für das *Myriophylletum alterniflori* Chouard 1924:

1. Das *Myriophyllo alterniflori*-*Potamogetonetum praelongi* (Pietsch 1984) ass. nov.; Aufnahme Nr. 10 kann ihm zugeordnet werden.

2. Das *Callitricho hamulatae*-*Myriophylletum alterniflori* (Steusloff 1939) Weber-O. 1967; Aufnahme-Nr.7 kann hier eingeordnet werden.

3. Das *Charo-Myriophylletum alterniflori* Fijalkowski (1959) comb. nov. (orig. *Myriophylletum alterniflori*); zwei Subassoziationen sind abzugrenzen: a) Das *Charo-Myriophylletum a. typicum* subass. nov. – entsprechend Aufnahme Nr. 1 bis 4; b) Das *Charo-Myriophylletum a. elodeetosum* subass. nov. – entsprechend Aufnahme Nr. 11, 12, 14 bis 18. Die benutzten Trennarten *Elodea canadensis*, *Ranunculus circinatus* und *Myriophyllum spicatum* gehören zu den in mesotrophen bis eutrophen Seen Mitteleuropas häufigsten Arten.

In den von PIETSCH vorgelegten Aufnahmen enthalten die *Lobelia*-Seen teilweise auch *Chara fragilis* und *Chara aspera*. Da der *Characeen*-Anteil in den *Littorella uniflorareichen* Ausbildungen bereits deutlich erhöht ist und zur *Nitella*- und *Charareichen* Ausbildungsform weiter ansteigt, werden die Siedlungsgewässer vom *Myriophyllum alterniflorum*-Typ als Bindeglied zwischen *Lobelia*- und *Chara*-Seen bezeichnet.

Im Gegensatz zu den Aufnahmen aus Mecklenburg und Polen sind in den typischen elektrolytarmen *Lobelia*-Seen allenfalls *Nitella flexilis* und *Chara delicatula* vertreten. Die weitere Gewässerentwicklung läßt zwar verschiedentlich die Ausbildung von *Chara vulgaris*- oder *Chara fragilis*-Beständen zu, die auch in nährstoffreichem Wasser siedeln; Arten des *Charion asperae* kommen dagegen nicht auf. Hier gibt es somit kein Bindeglied zu *Chara*-Seen.

Nach zahlreichen Tauchgängen in skandinavischen Seen war es ein besonderes Erlebnis, im Dreetz-See den Strandling in üppigen *Characeen*-beständen zu sehen. Der hier gefundene relativ niedrige SBV-Wert (1 mVal/l) ist für Siedlungsgewässer von *Littorella uniflora* charakteristisch. – Es ist zu vermuten, daß die von PIETSCH bearbeiteten Seen bereits vor der durch Eutrophierung eingeleiteten beschleunigten Seenalterung relativ kalkreich waren, während in den ursprünglich kalkarmen Seen Schleswig-Holsteins der Kalkgehalt erst in den vergangenen Jahrzehnten angestiegen ist. So können zwei Seen in Mecklenburg bzw. Schleswig-Holstein

hinsichtlich ihrer aktuellen Gesamthärte vergleichbar sein, sich aber in der Gewässergene-
se unterscheiden.

Gewässereutrophierung bewirkt zunächst den Rückgang von *Littorella uniflora*. JESCHKE (1979) nennt außer den drei in der vorliegenden Arbeit untersuchten Siedlungsgewässern für Mecklenburg-Vorpommern nur noch zwei weitere Standorte: Treptow-See und Kleiner Weißer See. In letzterem wurde im Sommer 1991 eine massive Algenblüte beobachtet und es wurden ausschließlich Schwimmblattpflanzen gefunden. Aber auch in den untersuchten Seen war der Strandling deutlich auf dem Rückzug. Damit sind die *Littorella uniflora*-reichen *Myriophyllum alterniflorum*-Bestände (im Sinne von PIETSCH) in Mecklenburg erheblich gefährdet. Eine Tendenz zum Rückzug konnte aber auch für *Myriophyllum alterniflorum* häufig festgestellt werden. Dem entsprechend ist die Art in den Roten Listen verschiedener Bundesländer vertreten: sie ist „vom Aussterben bedroht“ in der Westfälischen Bucht und in Sachsen, „stark gefährdet“ in Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Rheinland-Pfalz und Brandenburg; allein für Mecklenburg wird die Art als „schwach gefährdet“ angegeben.

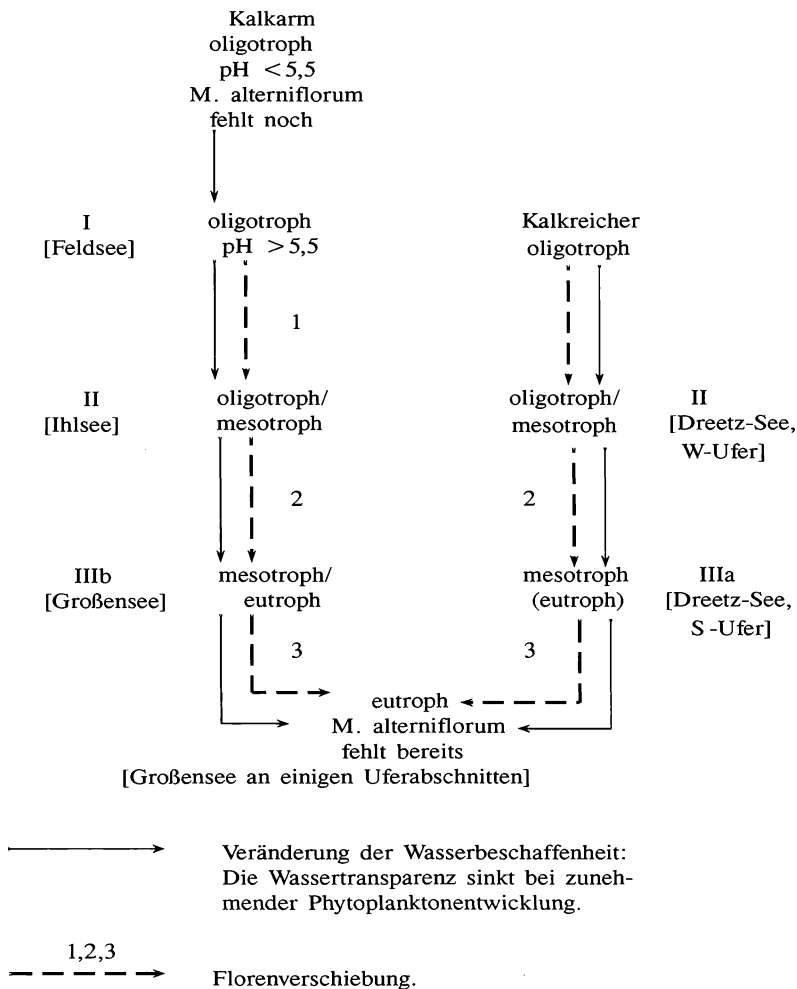
6.3. Schlußfolgerungen

Die beschleunigte Gewässergene-
se als Folge anthropogener Nährstoffanreicherung führt in den typischen elektrolytarmen *Lobelia*-Seen zur Ausbildung von *Littorella uniflora*-*Myriophyllum alterniflorum*-Gesellschaften; an Characeen sind in der Regel nur die für Weichwasserstandorte charakteristischen Arten *Nitella flexilis* und *Chara delicatula* vorhanden. An selteneren kalkreicheren Standorten - z.B. in Mecklenburg- sind die von PIETSCH (1984) beschriebenen *Myriophyllum alterniflorum*-Gesellschaften (die *Littorella uniflora*-reiche und die *Nitella*- und *Chara*-reiche Ausbildung) charakteristische Zwischenglieder. Die weitere Entwicklung geht zu meso- bis eutraphenter Vegetation mit verschiedenen *Potamogetonetea*-Arten; mit zunehmender Planktonentwicklung sinkt die Transparenz. Die eutrophierende Wirkung kann an verschiedenen Uferabschnitten unterschiedlich sein. So wurden bestimmte Uferbereiche von Dreetz-See und Großensee unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Gewässer zugeordnet (Abb.6).

Viele ursprünglich oligotrophe bzw. mesotrophe Seen in Mitteleuropa entwickeln sich in Richtung auf eutrophe oder sogar hypertrophe Gewässer. Durch den allmählichen Wandel entstehen Pflanzengesellschaften, die oft als untypisch bezeichnet werden, die aber die sich kontinuierlich ändernde Gewässerbeschaffenheit widerspiegeln.

Literatur

- ARTS, G.H.P., DEN HARTOG, C. (1990): Phytogeographical aspects of the West European softwater macrophyte flora. – Acta Bot. Neerl. 39: 369–378.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1951): Pflanzensoziologie. – 2 Aufl. Wien.
- CASPER, S. J. (ed.) (1985): Lake Stechlin, a temperate oligotrophic lake. – Monographiae Biologicae Vol. 58. Dordrecht.
- CHRISTIANSEN, W. (1953): Neue Kritische Flora von Schleswig-Holstein. – Rendsburg.
- DIERßEN, K. (1975): *Littorelletea uniflorae*. – In: TÜXEN, R. (ed.), Prodomus der europäischen Pflanzengesellschaften. Lfg. 2: Vaduz.
- DOLL, R. (1978a): Drei bemerkenswerte Seen im südlichen Mecklenburg und ihre Vegetation. – Limnologia 11(2): 379–408.
- (1978b): Die Vegetation des Neustädter Sees (Kreis Ludwigslust). – Feddes Repert. 89(7-8): 475–91.
- (1978c): Der Thurower See bei Neustrelitz. – Naturschutzarb. in Mecklenburg.
- (1979): Der Waschsee bei Mechow (Kreis Neustrelitz). – Natur u. Naturschutz in Mecklenburg XV: 81–89.
- HAEUPLER, H., SCHÖNFELDER, P. (1988): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. – Ulmer, 768 S.
- HOLLWEDEL, W. (1953): Die Wasserflöhe (Cladoceren) des Sager Meeres. – Beitr. z. Naturkd. Nieders. 5.
- HULTÉN, E. (1958): The amphiatlantic plants and their phytogeographical connections. – Kungl. Svenska Vetenskapsakademien, Handlign 4 (7), m.l. Almquist & Wiksell, Stockholm.



1: Potamogetonetea-Arten
treten vermehrt auf

2: Oligotraphente Littorelletea-Arten gehen zurück

3: Mesotraphente Littorelletea-Arten weichen zurück

2: Potamogetonetea-Arten verdrängen die Characeen im Flachwasser

3: Characeen verschwinden

Abb. 6: Gewässergnese an Standorten von *Myriophyllum alterniflorum*.

- JESCHKE, L. (1959): Pflanzengesellschaften einiger Seen bei Feldberg in Mecklenburg. – Feddes Repert, Beih. 138: 161–214.
- JESCHKE, L. (1979): Zur Flora des Kleinen Weißen Sees bei Wesenberg in Mecklenburg. – Bot. Rundbrief Bez. Neubrandenburg 10: 72–76.
- KLOSOWSKI, S., TOMASZEWICZ, H. (1989): Habitat conditions of the phytocoenoses of *Myriophyllum alterniflorum* Lemée 1937 em. Siss. 1943, *Myriophyllum verticillatum* Soó 1927 and *Myriophyllum spicatum* Soó 1927 in Poland. – Aquat. Bot. 35: 337–356.
- KRAUSCH, H. -D. (1964): Die Pflanzengesellschaften des Stechlinsee- Gebietes. I. Die Gesellschaften des offenen Wassers. – Limnologia 2: 145–203.
- LÜBBEN, U. (1973): Zur Verbreitung und Ökologie der Wasserlobelie (*Lobelia dortmanna* L.) in der Bundesrepublik Deutschland. – Mitt. Flor.soz. Arb. Gem. N. F. 15/16: 28–40.
- MÄKIRINTA, U. (1978): Die pflanzensoziologische Gliederung der Wasservegetation im See Kukkia, Südfinnland. – Acta Univ. Ouluensis, Ser. A, 75(5): 157 S., Oulu.
- MELZER, A., HELD, K., HARLACHER, R., VOGT, E. (1985): Die qualitative und quantitative Verbreitung makrophytischer Wasserpflanzen in fünf Maaren der Eifel. – Beiträge Landespflege Rheinland-Pfalz 10: 34–75.
- OBERDORFER, E. & Mitarb. (1977): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. – Pflanzensoziologie 10: 2. Aufl., Jena, 311 S.
- OHLE, W. (1959): Die Seen Schleswig-Holsteins; ein Überblick nach regionalen, zivilisatorischen und produktionsbiologischen Gesichtspunkten. – Jahrb. v. Wasser 26: 16–41.
- PASSARGE, H. (1992): Mitteleuropäische Potamogetoneta. – Phytocoenol. 20(4): 489–527.
- PIETSCH, W. (1982): In: Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung II. – Jena.
- PIETSCH, W. (1984): Zur Soziologie und Ökologie von *Myriophyllum alterniflorum* D. C. in Mitteleuropa. – Mitt. Arbeitsgem. Geobot. Schleswig- Holst. u. Hamburg. 33: 224–245.
- POTT, R. (1983): Die Vegetationsabfolgen unterschiedlicher Gewässertypen Nordwestdeutschlands und ihre Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt des Wassers. – Phytocoenol. 11: 407–430.
- RUNGE, F. (1957): Die Flora des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“ bei Hopsten und ihre Änderungen in den letzten 60 Jahren. – Natur u. Heimat. 17 (3): 74–96.
- SCHARF, B. W. (1983): Hydrographie und Morphometrie einiger Eifelmaare. – Beitr. Landespflege Rheinland-Pfalz 9: 54–65.
- THIENEMANN, A. (1914/15): Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. – Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. 70: 249–302 und 71: 273–389.
- VÖGE, M. (1988): Tauchuntersuchungen an der submersen Vegetation in skandinavischen Seen unter besonderer Berücksichtigung der Isoetiden-Vegetation. – Limnologia 19/2: 89–107.
- (1992): Tauchuntersuchungen an der submersen Vegetation in 13 Seen der BRD unter besonderer Berücksichtigung der Isoetiden-Vegetation. – Limnologia 22/1: 82–96.

Dr. Margrit Vöge
 Pergamentweg 44b
 22117 Hamburg