

Vegetationskundliche und limnologische Untersuchungen im Westensee, Ahrensee, Großem und Kleinem Schierensee

W. SCHÜTZ, C. FRIELING, M. NORDHUS und H. ROWECK (Kiel)

1. Einleitung

Zunehmende Nährstoffeinträge haben in den letzten Jahrzehnten zu einer nachhaltigen Veränderung vieler Lebensräume geführt. Unter den Biotoptypen, die auf derartige Einträge empfindlich reagieren, sind in Schleswig-Holstein die Seen von besonderer Bedeutung. Nach OHLE (1965) läßt sich schon seit den 30er Jahren, verursacht durch relativ geringe Phosphor- und Stickstoffzufuhren, eine teilweise drastische Erhöhung der Trophiegrade vieler Seen beobachten. Die von OHLE (1955) als „rasante Seeneutrophierung“ bezeichnete Erscheinung verstärkte sich seit den 50er Jahren durch den massiven Einsatz von mineralischen Düngern in der Landwirtschaft und durch die Einleitung von Siedlungs- und Industrieabwässern. Aus mesotrophen, vereinzelt auch oligotrophen Seen wurden bald schwach bis mäßig eutrophe, aus schwach eutrophen mäßig eutrophe bis polytrophe Seen. Von den über 300 Seen des östlichen Hügellandes können heute nur noch wenige als gering nährstoffbelastet gelten. Die meisten lassen sich anhand biologischer und chemischer Kriterien als mäßig bis stark belastet bezeichnen (Seenberichte des Landesamtes für Wasserhaushalt und Küsten 1983-1991).

Nährstoffzufuhren bleiben nicht ohne Auswirkungen auf die aquatischen Lebensgemeinschaften, die mit einer Erhöhung des Trophiegrades auch ihre Zusammensetzung ändern. Gut untersucht sind diese Auswirkungen für die Lebensgemeinschaften des Planktons und des Benthos. Neben der Messung chemisch-physikalischer Parameter wird die Analyse der Zusammensetzung dieser Lebensgemeinschaften deshalb seit langem routinemäßig für Fragen der Bio-Indikation eingesetzt.

Seit den grundlegenden Arbeiten von LOHAMMAR (1938), SAMUELSSON (1925), MARISTO (1941), IVERSEN (1929), SPENCE (1967) und SEDDON (1972) über die Beziehungen zwischen Seetypen unterschiedlichen Trophiegrades bzw. korrespondierender chemischer Eigenschaften (pH-Wert, Alkalinität) und der makrophytischen Vegetation, bietet sich auch eine Charakterisierung von Seen nach vegetationskundlichen Kriterien an.

Vor allem durch die Untersuchungen von SAUER (1937) ist die frühere Zusammensetzung der makrophytischen Vegetation unserer Seen regional gut bekannt. Im Mittelpunkt der Arbeiten SAUER's standen jedoch die soziologi-

sche Gliederung der Wasservegetation und die Typisierung der von ihm untersuchten Seen nach floristischen Kriterien, wie sie in Skandinavien zuvor von SAMUELSSON (1925) durchgeführt worden war. Damit wissen wir über die allgemeinen Charakterzüge der damaligen Vegetation zwar relativ gut Bescheid, aber nur wenig über die räumliche Verteilung und Häufigkeit von Arten und Pflanzengesellschaften.

Um Wasserpflanzen zuverlässig als Indikatoren einsetzen zu können, ist es notwendig, neben zeitlichen auch räumliche oder, im günstigsten Fall flächendeckende Informationen über die Verbreitung von Arten oder floristisch gut definierten Gemeinschaften zu erheben.

Ein entsprechender, auf der Kartierung von Einzelarten beruhender Ansatz wurde zuerst von LACHAVANNE & WATTENHOFER (1975) für den Genfer See und LANG (1973, 1981) für den Bodensee mit Erfolg in die Praxis umgesetzt. Mit Hilfe von Wiederholungskartierungen können Tendenzen in der Vegetationsentwicklung aufgezeigt werden (KÖHLER 1978, ROWECK 1986).

Allgemein ist bei zunehmender Eutrophierung zunächst eine Tendenz von artenarmen zu artenreicheren Pflanzengemeinschaften (WIEGLEB 1981, SCHÜTZ 1992, CARBIENER et al. 1987) zu beobachten, dann jedoch ein Rückgang der Artenzahl bis hin zum völligen Aussterben von Armleuchteralgen und Höheren Pflanzen. Begleitet werden derartige Veränderungen der Artenzahlen von stetigen Verschiebungen der Arten- und Wuchsformenspektren (CHAMBERS 1987). Diese Erscheinungen können nicht nur innerhalb eines Gewässers in zeitlicher Abfolge, sondern auch zwischen hydrologisch ähnlichen, aber unterschiedlich stark nährstoffbelasteten Seen einer Landschaft auftreten (MELZER 1976).

Da für die überwiegende Mehrzahl der schleswig-holsteinischen Seen unter Einschluß der Westensee-Seenplatte keine ältere Kartierung der Wasserpflanzen vorliegt, war das vorrangige Ziel dieser Arbeit eine flächendeckende Erfassung der submersen und emersen Vegetation und eine Typisierung der Seen nach vegetationskundlichen Kriterien.

Die Kartierung wurde ergänzt durch die Untersuchung einer Reihe chemischer und physikalischer Parameter, um zu gesicherten Ergebnissen hinsichtlich des Trophiezustandes der einzelnen Seen zu kommen.

2. Untersuchungsgebiet

Gemeinsam mit dem Ahrensee, dem Großen und Kleinen Schierensee und dem Flemhuder See bildet der ca. 15 km westlich von Kiel gelegene Westensee eine Seengruppe, deren Entwässerung durch die Eider zum Nord-Ostsee Kanal erfolgt. Als einziger der vier Seen wird der Westensee von der Eider durchflossen.

Die Seengruppe ist ein Bestandteil der ostholsteinischen Jungmoränenlandschaft und von hohen Moränenwällen im Norden, Osten und Westen umgeben. Im Süden begrenzen gestauchte Endmoränenzüge der mittleren Eisrand-

lagen die vier Seen (vgl. SCHOTT 1956). Der Westensee ist ein Endmoränenwannensee (WEGEMANN 1912), der Ahrensee ist eine ehemalige Bucht des Westensees und von diesem heute durch eine flache, ca. 150 m breite Landbrücke getrennt. Muschelfunde im Unterboden dieser Landbrücke bestätigen diese Vorstellung (KLIMANT 1986).

Die ausgesprochen vielfältige Gliederung des Westensees in zahlreiche Buchten, Inseln und Halbinseln geht auf niedrige Stauchendmoränen zurück, die der Westenseegletscher nach kleineren Vorstößen zurückließ. Eine im Westen als Bossee abgegrenzte Bucht konnte in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden; die Erfassung ihrer Vegetation ist jedoch vorgesehen.

Für den Großen und Kleinen Schierensee ist nach GRIPP (1954) eine andere Entstehung anzunehmen. Die Trichterform und die steilen Ufer dieser beiden kleineren Seen weisen auf die ehemalige Existenz von Toteiskörpern hin, die in bereits existierenden Hohlformen durch aufliegendes Fremdmaterial längere Zeit vor dem Abschmelzen bewahrt wurden. Nach dem Abschmelzen dieser Toteiskörper füllten sich die Hohlformen mit Wasser.

Tab. 1 Allgemeine morphometrische Angaben zum Westensee, Ahrensee, Großen und Kleinen Schierensee (nach den Seenberichten des LaWaKü)

	Westensee	Ahrensee	Großer Schierensee	Kleiner Schierensee
Wasserfläche (ha)	767	56	51,4	25,0
mittl. Tiefe (m)	7,6	7,1	5,9	?
größte Tiefe (m)	17,5	9	14,7	11,7
Uferlänge (km)	25,2	4,3	3,8	2,6
Volumen (m ³ x10 ⁶)	58	2,36	3,6	1,475
Seespiegel (m über NN)	6,5	6,5	8,0	7,3

Die Seespiegel von Westensee und Ahrensee sind mit 6,5 Meter von gleichem Niveau, da der Ahrensee durch einen Stichgraben mit dem Westensee verbunden ist. In der Karte der Preussischen Landesaufnahme von 1877 ist die Höhe über dem Meer noch mit 7,2 m angegeben (LaWaKü 1977). Die Absenkung des Seespiegels war eine Folge der mit dem Bau des 1897 fertiggestellten Nord-Ostsee-Kanals einhergehenden wasserbaulichen Maßnahmen. Die Wasserspiegelschwankungen sind seitdem abhängig von der Einstellung des Stauwehrs an der Einmündung der Eider in den Nord-Ostsee-Kanal bei Strohbrück und eines Wehrs bei der Straßenbrücke der B 202 nahe Achterwehr und betragen nur wenige Dezimeter (LaWaKü 1977).

Der Flemhuder See erlitt durch den Bau des Nord-Ostsee-Kanals die größten Flächeneinbußen, aber auch Ahren- und Westensee waren damals noch wesentlich größer. Die Landbrücke zwischen den beiden Seen finden wir allerdings schon auf einer 1649 von MEJER gezeichneten Karte des Westensee-Gebietes (DOMEIERS & HAACK 1969). In dieser Karte ist noch der zwischen Kleinem Schierensee und Westensee gelegener und heute verlandeter Torfsee eingetragen. Im Gelände ist an mehreren Stellen mindestens noch ein älteres Seeufer des Westensees in Form eines deutlichen Steilufers erkennbar, neben mehreren weniger markanten Strandterrassen.

Gewässersystem

Der Westensee erhält mit 80 % den weitaus größten Teil seines Wassers durch die Eider, die mit einem Anteil von 90 % auch den Hauptanteil der organischen und der Nährstofffracht liefert. Weitere nennenswerte Zuflüsse sind der Untere Schierenseebach und der im Westen einmündende Westenseegraben; beide führen dem Westensee erhebliche Mengen an Nähr- und Schwebstoffen zu. (LaWaKü 1977). Das Einzugsgebiet ist durch den Eiderzufluß sehr groß (Niederschlagsgebiet 253 km²). Die Erneuerungszeit des Westensees-

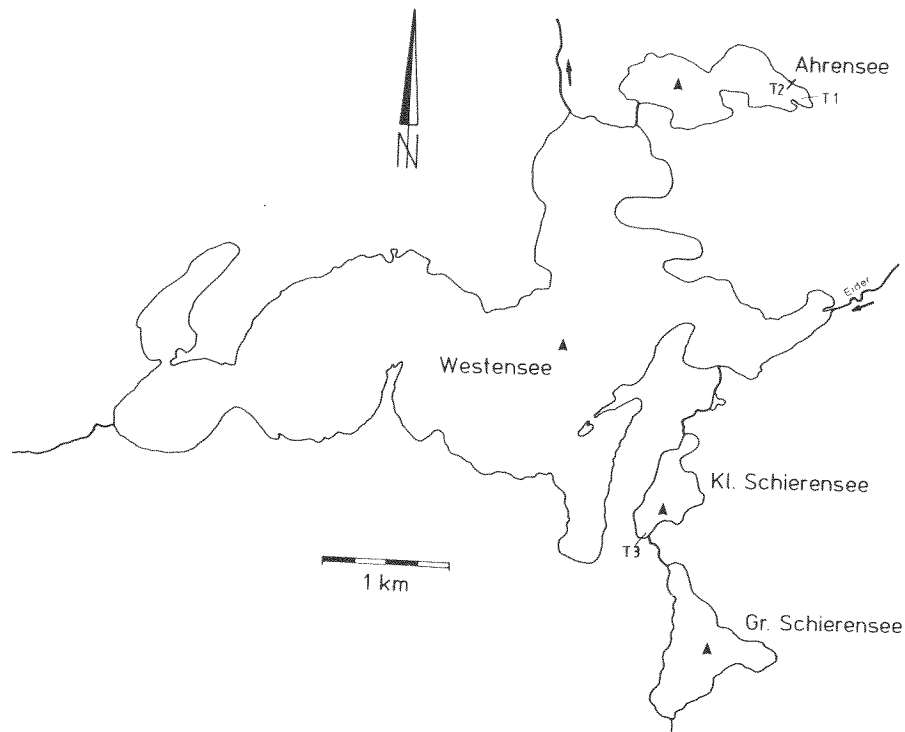


Abb. 1 Lage der Vegetationstransecte (T1 bis T3) und der Probenahmestellen im Westensee, Ahrensee, Großem und Kleinem Schierensee.

Wasserkörpers beläuft sich auf 0,56 Jahre (LaWaKü 1977), für die anderen Seen liegen keine Angaben über die Erneuerungszeit vor.

Der Ahrensee, dessen Einzugsgebiet 4,1 km² groß ist, empfängt keine bedeutenden oberirdischen Zuflüsse, erhält aber über Dränagerohre und Gräben periodisch nährstoffreiches Wasser aus den umliegenden, ackerbaulich intensiv genutzten Flächen.

In den Großen Schierensee mündet die Knüppeldammsau, deren Einzugsgebiet die südöstlich des Sees liegenden Niederungswiesen mit einer Reihe bis vor kurzem noch intensiv bewirtschafteter Fischteiche umfasst. Ein weiterer Zufluß, die Grubenbeks Au, mündet am Süden in den See und entwässert das landwirtschaftlich genutzte Gebiet südlich des Sees. Südöstlich des Sees erstreckt sich die Ortschaft Schierensee, deren Abwässer bis zum Bau einer Kläranlage im Jahr 1986 in den See geleitet wurden (BÖTTGER 1980).

Durch den Oberen Schierenseebach entwässert der Große in den Kleinen Schierensee. Der Kleine Schierensee wiederum ist mit dem Westensee durch den Unteren Schierenseebach verbunden.

Nutzung

Nach einer vom LANDESAMT FÜR NATURSCHUTZ durchgeführten Untersuchung (1990) werden 31 % der Uferbereiche des Westensees als Grünland genutzt, wobei der Großteil der Grünlandflächen beweidet wird. Die Beweidung reicht an einigen Stellen (so zwischen dem Ort Westensee und Wrohe und in Marutendorf) direkt bis an das Seeufer heran.

Knapp die Hälfte der Uferlinie ist bewaldet. Direkt an das Seeufer heranreichende Hausgrundstücke machen ca. 13 % der Uferlinie aus. Rund 10 % der Uferstrecke unterliegen keiner Nutzung, sind also mehr oder weniger „naturbelassen“ und mit Röhrichtern, Hochstaudenfluren oder Weidengebüschen bestanden. Die in vorderster Front kaum forstlicher Nutzung unterliegenden Waldränder sind ebenfalls von spontaner Verlandungsvegetation gesäumt und erhöhen den Eindruck naturnaher Ufer. Ackerbaulich genutzte Flächen grenzen nicht unmittelbar an das Seeufer, überwiegen jedoch im weiteren Umland. Bei Hohenhude, Wrohe, Westensee und Felde befinden sich öffentliche Badestellen. Der Westensee wird heute von zwei hauptberuflichen Fischern bewirtschaftet.

Die Ufer des Großen und des Kleinen Schierensees sind zum größten Teil bewaldet. Ausnahmen sind das Südufer des Großen Schierensees mit überwiegend aus Grünland bestehenden landwirtschaftlichen Flächen und eine extensiv genutzte Feuchtwiese im nordwestlichen Ufergebiet des Kleinen Schierensees.

An der südöstlichen Spitze des Großen Schierensees befindet sich eine öffentliche Badestelle, neben einigen 'wilden' Badestellen rund um den See. Der meist kühlere Kleine Schierensee wird kaum von Badegästen frequentiert. Großer und Kleiner Schierensee sind an Angelvereine verpachtet.

Das Südufer des Ahrensees ist vollständig bewaldet, am Nordufer ist streckenweise ein Erlenbruchwaldstreifen dem hangaufwärts gelegenen Grünland vorgelagert. Extensiv beweidetes Grünland grenzt im Westen und im Osten, wo sich auch eine öffentliche Badestelle befindet, an den See. In den letzten Jahren hat sich der Röhrichtgürtel des Nordufers, das vorher mehrere Badestellen aufwies (KLIMANT 1986), durch Absperrung derselben merklich erholt. Auf den umliegenden Moränenrücken und im weiteren Umland des Ahrensees dominiert ackerbauliche Nutzung; eine fischereiliche Nutzung wird vom Gut Marutendorf ausgeübt.

Der nordöstliche Seeteil des Westensees bildet zusammen mit dem Ahrensee und dem nördlichen Teil des Kleinen Schierensees das Naturschutzgebiet „Ahrensee und nordöstlicher Westensee“. Alle Seen sind darüberhinaus Bestandteil des 1969 gegründeten Naturparks „Westensee“. Bis auf einen kleineren Teil des Westensees befinden sich alle genannten Seen in Privatbesitz.

3. Material und Methoden

Kartierung der Wasserpflanzen

Wegen der sehr kurzen Vegetationsperiode der Kleinlaichkraut-Bestände und zunehmend geringeren Sichttiefen im Sommer (Abb. 8) war der Zeitraum für die Kartierungsarbeiten eng gesteckt und auf Mitte Juni bis Mitte Juli in den Jahren 1992 und 1993 beschränkt.

Kartiert wurde entweder vom Boot aus oder durch zahlreiche kurze Tauchgänge, wenn die Vegetation vom Boot aus schlecht zu erkennen war. Wenn nötig, wurden Pflanzen zur Bestimmung mit einem ausziehbaren Rechen entnommen.

Aufgenommen wurden alle makrophytischen Arten, die im Gelände erkennbar und identifizierbar waren. Losgerissene, driftende Pflanzen wurden nicht mit einbezogen.

Die Benennung der Arten erfolgt nach CASPER & KRAUSCH (1980). Unsichere Characeenproben aus dem Ahrensee wurden dankenswerterweise von Dr. W. KRAUSE (Aulendorf) bestimmt.

Das seeseitige Röhricht wurde ebenfalls vom Boot aus kartiert und landseitig durch eine streckenweise (Westensee) oder die ganze Uferlinie umfassende Begehung ergänzt.

Jeder See wurde in Abschnitte eingeteilt und Präsenz sowie Deckung der vorkommenden Arten für jeden Abschnitt separat geschätzt (KÖHLER 1978). Für die Schätzung wurde eine kombinierte, von HOLMES und WHITTON (1977) abgeleitete sechsstufige Skala verwendet, welche die relative Biomasse

mit dem Deckungsgrad bzw. der Fläche, die eine Art einnimmt, in Beziehung setzt:

1 = >	1%
2 = -	10%
3 = -	25%
4 = -	50%
5 = -	75%
6 = -	100%

Die Abschnitte umfassen Teilstrecken mit weitgehend homogenen Umweltfaktoren und möglichst homogener Artenzusammensetzung. Die Abschnittsgrenzen wurden natürlichen morphologischen Gegebenheiten (Steilufer, Flachufer, Abbruchkanten, Buchten, Ein- oder Ausmündungen von Fließgewässern, Änderung der Sohlbeschaffenheit) oder durch menschlichen Einfluss geschaffenen Gegebenheiten (Badestellen, Bootsstege, Beweidung) angepasst.

Chemisch-physikalische Untersuchungen

In 1- bis 8-wöchigen Abständen wurden an der jeweils tiefsten Stelle jedes Sees Profilmessungen durchgeführt.

Die Messungen umfassen bei Westen- und Ahrensee einen Zeitraum von 2 Jahren (Mai 1992 – September 1993), beim Großen und Kleinen Schierensee einen Zeitraum von einem Jahr (Mai – November 1992). Aus Vergleichsgründen beschränken wir die Darstellung der Werte in Tab. 2 von Westen- und Ahrensee ebenfalls auf das Jahr 1992.

Gemessen wurden Sauerstoff, pH-Wert, Leitfähigkeit und Wassertemperatur (Tiefenelektroden bzw. Meßgeräte der Firma WTW). Die Erfassung der Sichttiefe erfolgte mittels einer Secchi-Scheibe. Bei jedem Meßtermin wurden aus dem Oberflächenwasser zusätzlich Wasserproben entnommen und auf Gesamtphosphat, lösliches Phosphat, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Calcium und Chlorid untersucht (Methoden nach DEV).

4. Ergebnisse und Diskussion

Physikalische und chemische Untersuchungen

Alle vier Seen sind durch ein im Verhältnis zum Epilimnion geringmächtiges Hypolimnion gekennzeichnet und lassen sich dem „morphometrisch eutrophen“ Typ (THIENEMANN 1928) zuordnen. Der eutrophe Charakter wird durch Nährstoffeinträge aus dem Einzugsgebiet erheblich verstärkt. Typisch für solche Seen sind extrem klinograde O₂-Kurven und rascher O₂-Schwund, der bereits in geringer Tiefe kurz nach dem Beginn der Stagnationsperiode im Frühjahr einsetzen kann (MICHLER 1987).

Im Epilimnion treten Übersättigungen auf, die vor allem im Westensee und Großem Schierensee sehr hohe Werte (G. Schierensee bis zu 200 % Sätti-

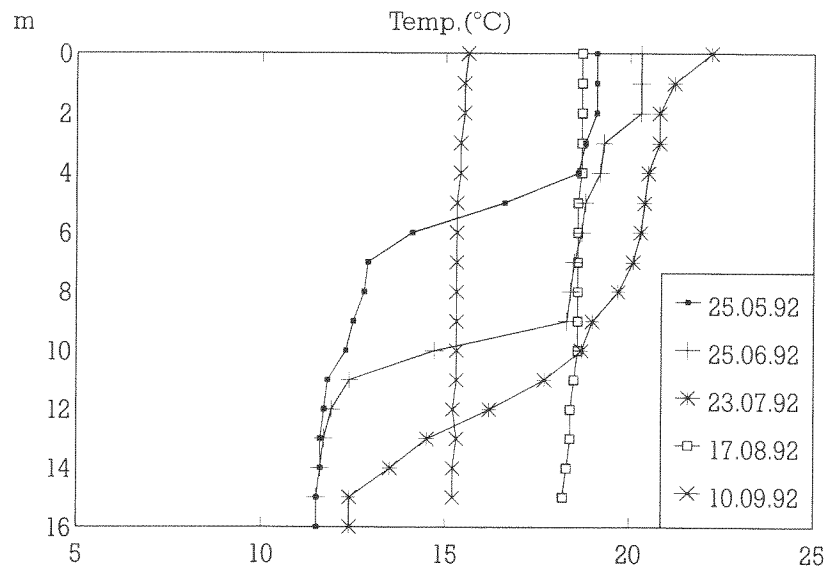
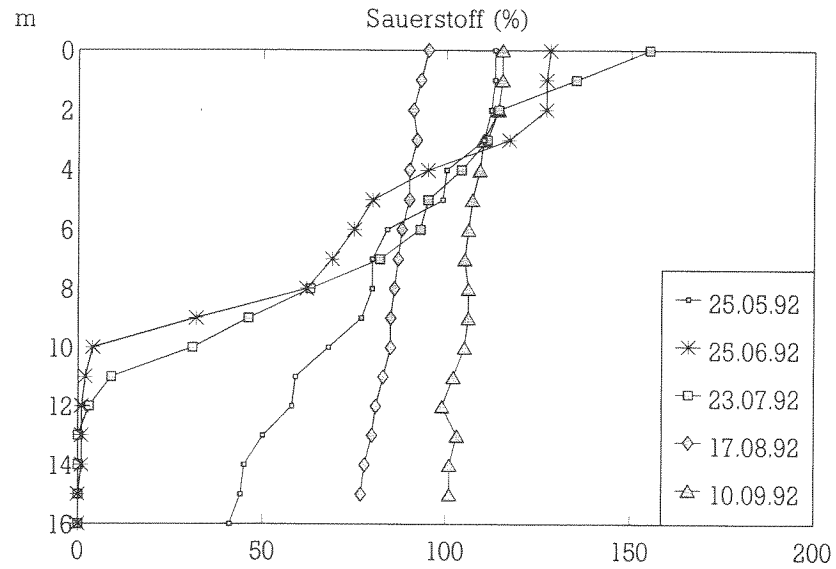


Abb. 2 Sauerstoff- und Temperaturganglinien im Westensee 1992

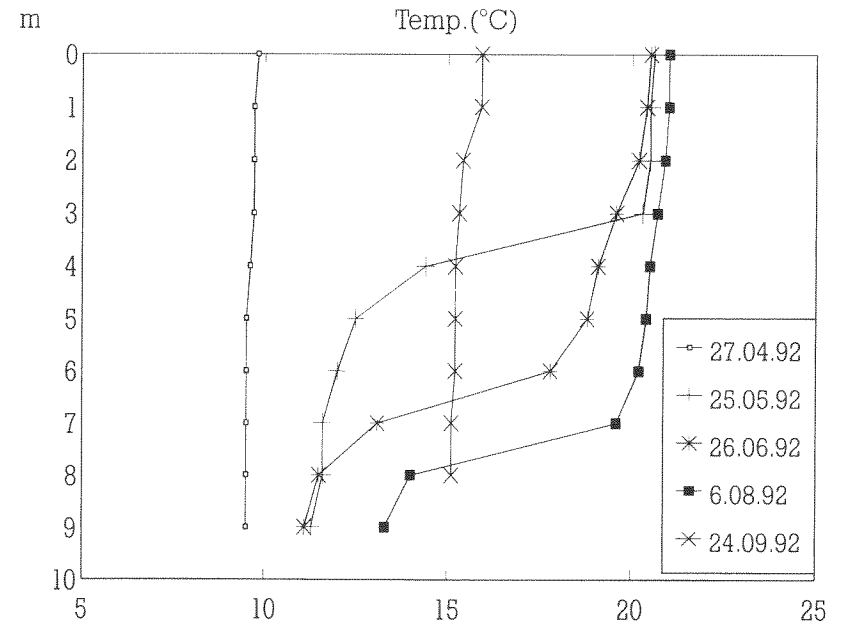
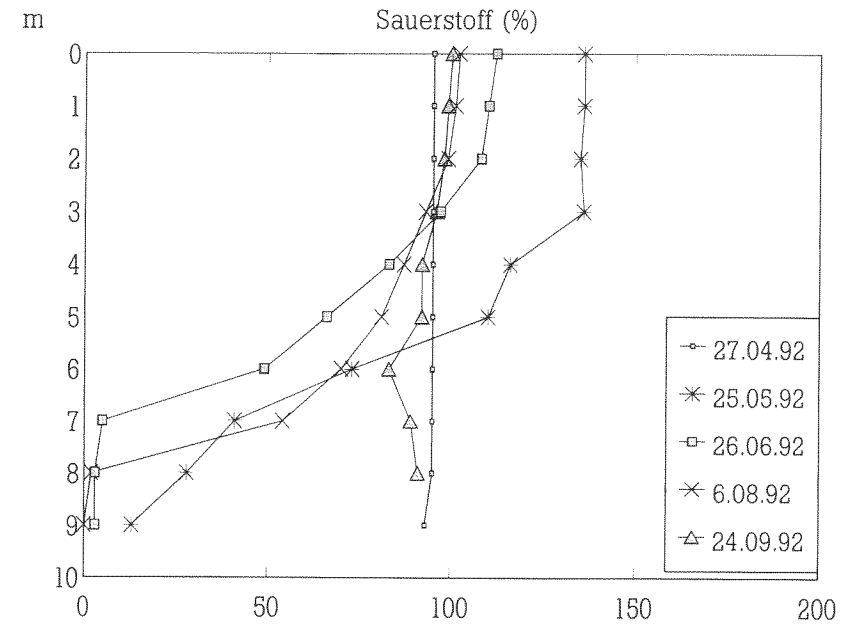


Abb. 3 Sauerstoff- und Temperaturganglinien im Ahrensee 1992

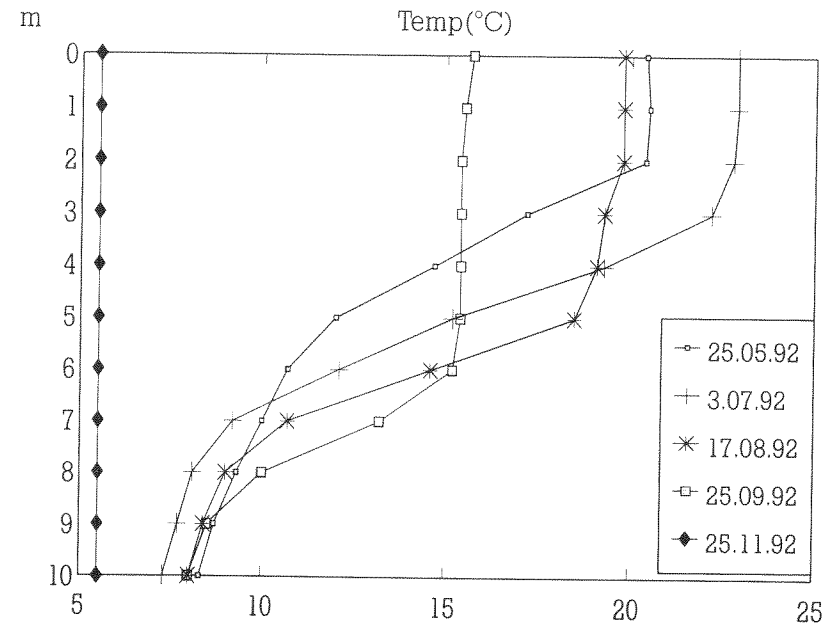
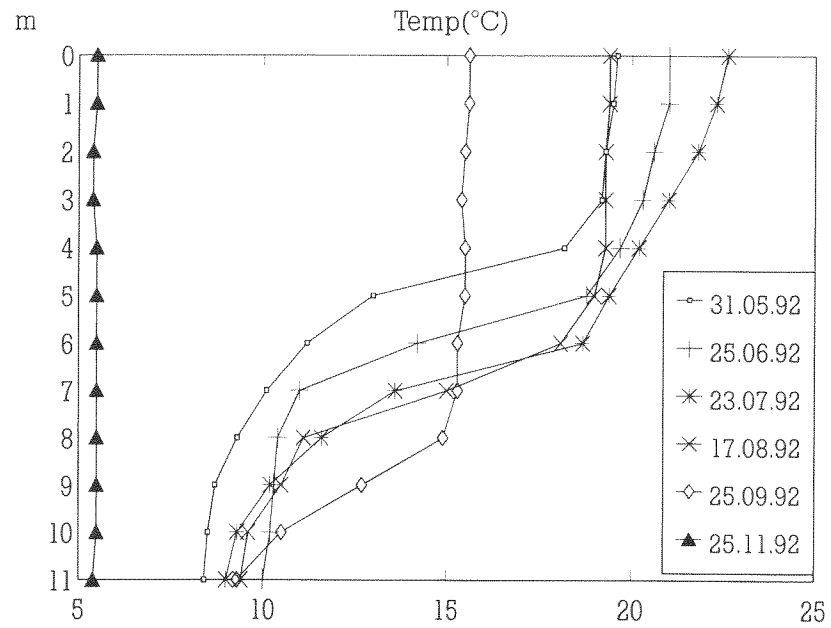
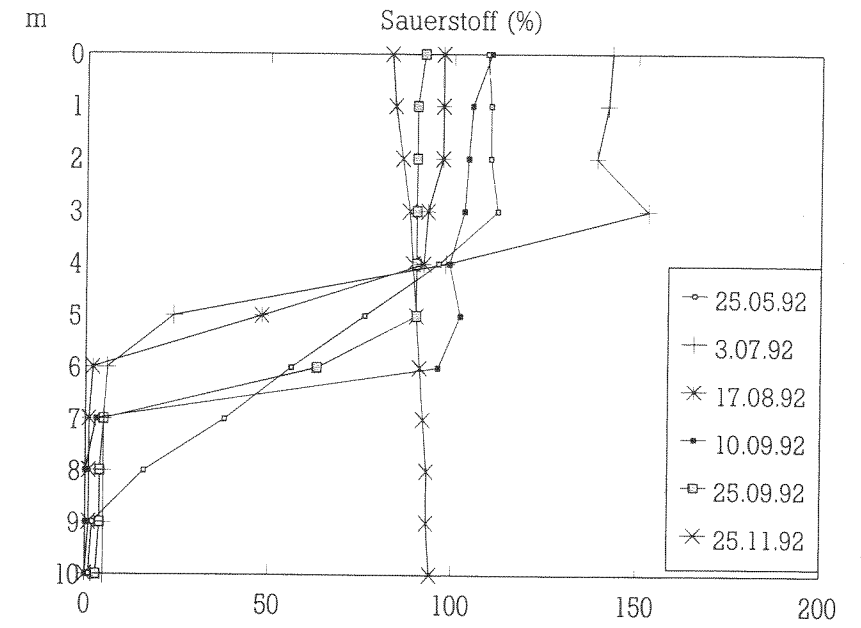
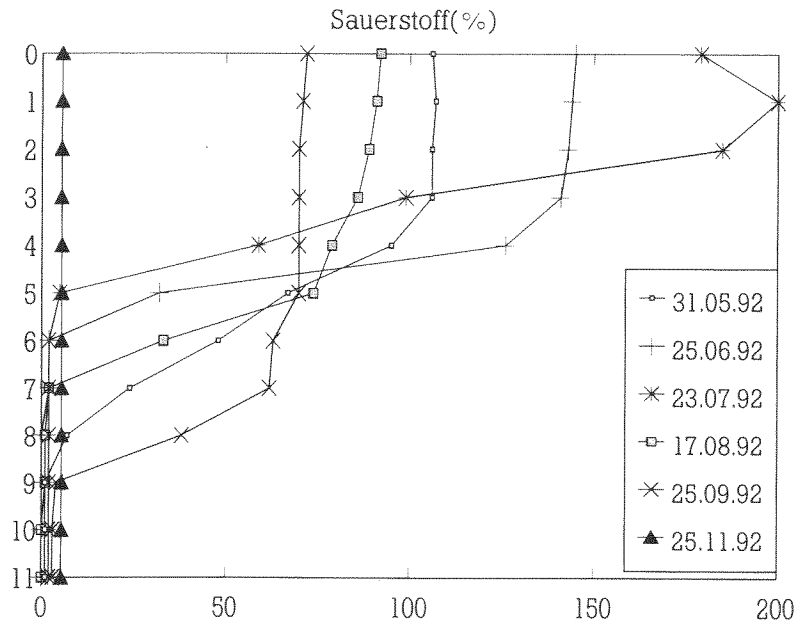


Abb. 4 Sauerstoff- und Temperaturganglinien im Großen Schierensee 1992

Abb. 5 Sauerstoff- und Temperaturganglinien im Kleinen Schierensee 1992

gung) erreichen. Im Hypolimnion aller vier Seen herrschten 1992 nach einer Schönwetterperiode von wenigen Wochen im Juni schon sauerstofffreie Verhältnisse. Ein weiterer, das untere und mittlere Metalimnion betreffender Sauerstoffschwund war im Westen- und Ahrensee im Verlauf des Sommers jedoch nicht zu beobachten, was mit ihrer windoffenen Lage zusammenhängen dürfte. Ein erheblicher Teil des Wasserkörpers wird regelmäßig bis in größere Tiefen durchmischt und die Sauerstoffarmut bleibt auf das meist geringmächtige Hypolimnion und das unterste Metalimnion beschränkt. Die Schichtung ist instabil und bricht mit dem Ende windarmer Schönwetterperioden innerhalb kurzer Zeit zusammen (Abb. 2 und 3). Häufige Totalumwälzungen scheinen in „normalen“ oder kühlen Sommern sogar die Regel zu sein. Eine Schichtung bildete sich im Sommer 1993 nur ansatzweise von Mitte Mai bis Mitte Juni aus und verschwand mit dem Einsetzen einer Schlechtwetterperiode.

Diese Ausführungen gelten nicht für die geschützt liegenden Schierenseen, deren Schichtung bis weit in den Herbst hinein stabil bleibt. Das Hypolimnion beider Seen war von Ende Mai bis Ende Oktober 1992 sauerstofffrei. Erst Ende Oktober kam es zu einer Durchmischung (Abb. 4 und 5).

Mit Leitfähigkeitswerten um 400 μS , Calcium-Konzentrationen um 40 mg/l und Gesamthärtegraden zwischen 6 im Sommer und 9 dH im Winter (nur für Ahrensee und Westensee bestimmt) kann das Wasser der vier Seen als weich bis mittelhart bezeichnet werden.

Die pH-Werte um 8,4 (Oberfläche) sind typisch für gut gepufferte, hydrogen-carbonatreiche Gewässer (MELZER et al. 1987). Sie bewegen sich in allen vier Seen stets im alkalischen Bereich und erreichen Werte bis über 9 im Epilimnion, während sie im Hypolimnion während der sommerlichen Stagnationsperiode durch die Freisetzung von CO_2 bis auf 7,5 absinken.

Tab. 2: Chemisch-physikalische Daten (Mittelwerte) zum Westensee, Ahrensee, Großem und Kleinem Schierensee aus 7 Messungen von Mai bis November 1992.

Alle Werte beziehen sich auf das Oberflächenwasser und sind in mg/l angegeben, Leitfähigkeit (LF) in μS

	LF	pH-Wert	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	P_{tot}	$\text{P}_{\text{lös}}$	Ca^{++}	Cl-
Westensee	432	8,65	0,42	0,07	0,03	0,11	0,05	42	31
Ahrensee	383	8,54	0,24	0,06	0,01	0,04	0,02	38	26
Gr. Schierensee	389	8,44	0,34	0,05	0,01	0,05	0,03	39	24
Kl. Schierensee	405	8,37	0,61	0,04	0,01	0,04	0,02	38	24

Hohe N-Werte, insbesondere hohe Nitratwerte, ließen sich vor allem im Westensee feststellen. Besonders hoch sind die Werte im Frühjahr (Abb. 6), was

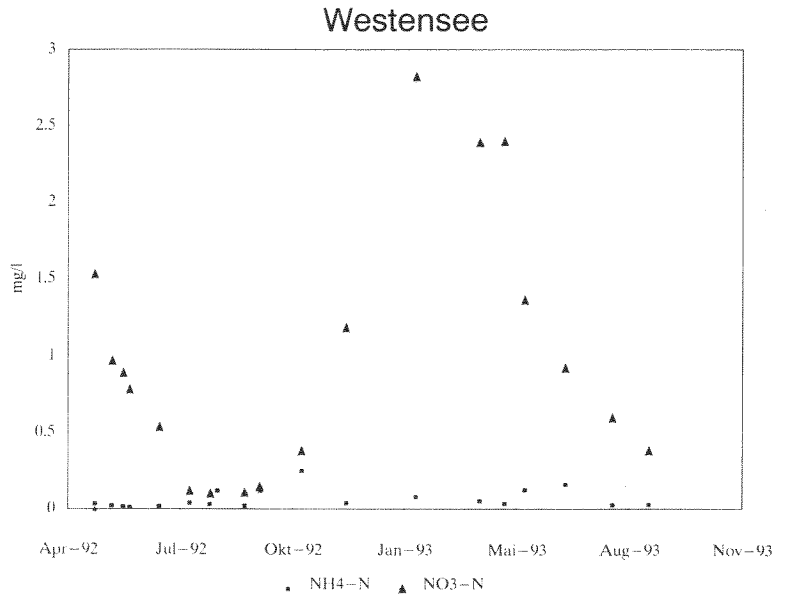


Abb. 6 Jahresgang der Ammonium- und Nitrat-Konzentration im Westensee 1992/93

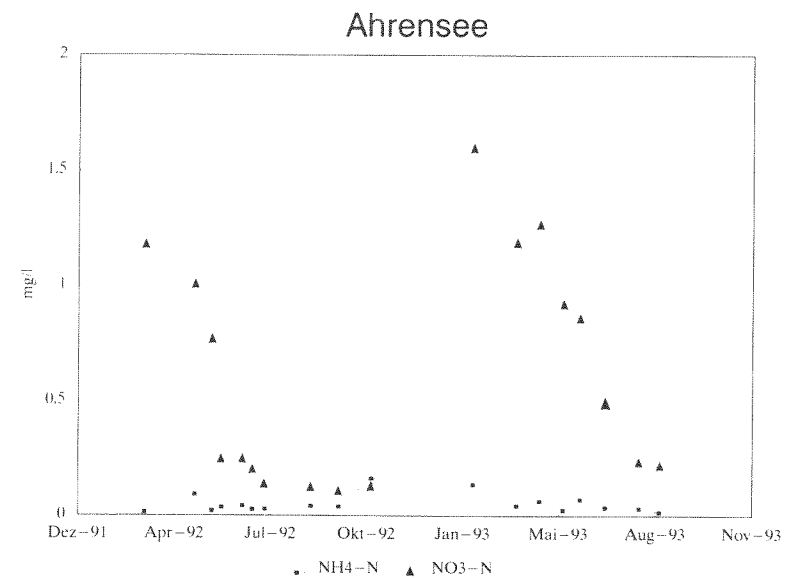


Abb. 7 Jahresgang der Ammonium- und Nitrat-Konzentration im Ahrensee 1992/93

im Sommer 1992 und höheren Werten im Winterhalbjahr 1992/93 zu beobachten. Kein erkennbarer Jahresgang der Phosphatkonzentrationen konnte in den anderen drei Seen festgestellt werden, deren P-Werte auch im Winter wesentlich niedriger lagen als im Westensee. Mögliche Erklärungen für diese Erscheinung bieten eine Resuspendierung von Sedimentbestandteilen bei Aufhebung der Schichtung und Einträge durch die Eider beim Westensee.

Die Sichttiefen erreichten erwartungsgemäß in allen vier Seen im Winter ihr Maximum und im Hochsommer ihr Minimum (Abb. 8). Die größten Sichttiefen mit 4,50 m wurden im Winter im Ahrensee gemessen, die maximale Sichttiefe im Westensee betrug 1992 3,20 Meter. Auch hinsichtlich des Sommerminimums (0,5 m am 10. 8.) und der durchschnittlichen sommerlichen Sichttiefe (1,58 m) zeigte der Westensee die schlechtesten Werte.

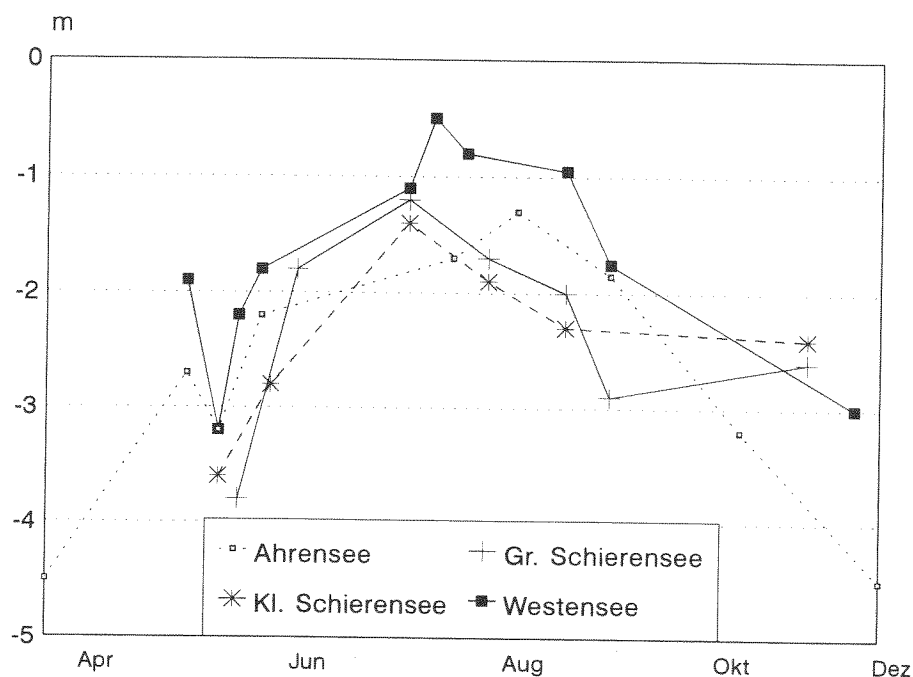


Abb. 8 Jahresgang der Sichttiefe 1992 im Westensee, Ahrensee, Großem und Kleinem Schierensee

Die mittleren sommerlichen Sichttiefen (15. 5. – 1. 11. 92) von Ahrensee, Kleinem und Großem Schierensee lagen zwischen 2.2 und 2.3 Metern. Während beim Westensee und vor allem beim Ahrensee die Sichttiefen jedoch im September nach dem Zusammenbruch der Schichtung rasch zunahmen, wur-

nicht nur durch den Beitrag der Eider, sondern auch durch Einträge aus von landwirtschaftlichen Flächen zu erklären ist (LaWaKü 1977). Mit dem Einsetzen des Algen- und Makrophytenwachstums im Frühjahr geht auch der N-Vorrat im Epilimnion stark zurück, jedoch ohne ganz aufgebraucht zu werden. Einen ausgeprägten Jahresgang der Nitratkonzentration mit niedrigen Sommerwerten und hohen Winterwerten ließen auch der Ahrensee (Abb. 7) und die Schierenseen erkennen.

Ein ähnlicher, aber schwächer ausgeprägter Trend war im Westensee bei den (nicht aufgeführten) Werten für Gesamtposphat mit niedrigeren Werten den im Kleinen und Großen Schierensee im Herbst noch relativ lange konstante Werte gemessen. Dies kann auf die erst spät einsetzende Durchmischung des Wasserkörpers zurückgeführt werden, was eine weitgehend ungestörte Entwicklung des Phytoplanktons im stabilen, relativ warmen Epilimnion zur Folge hat.

Ein kurz andauerndes Klarwasserstadium, das wahrscheinlich durch eine starke Entwicklung des Zooplanktons und daraus resultierende geringe Phytoplanktondichten zustande kam, war zeitgleich Mitte Mai sowohl 1992 als auch 1993 im Westensee und im Ahrensee zu beobachten.

Aufgrund der hydrochemischen Daten, der Algenblüten und starker Nährstoffzehrung im Sommer lassen sich alle vier Seen dem eutrophen Typus zurechnen, wenn auch deutliche Abstufungen hinsichtlich ihres Trophiegrades zu erkennen sind.

Zusammen mit der geringen Sichttiefe und extremen Blaualgenblüten unterstreichen die hohen Stickstoff-, Phosphat-, Leitfähigkeits- und Chloridwerte den polytrophen Charakter des Westensees. Ahrensee und Kleiner Schierensee können als mäßig eutroph, der Große Schierensee als stark eutroph bezeichnet werden.

Obwohl die Wasserkörper von Ahrensee und Westensee in den letzten 10 bzw 20 Jahren keine deutliche Verschlechterung ihres Zustandes erkennen lassen (Seenkontrollmeßprogramm 1983-91, LaWaKü 1977), wird eine andauernde Belastung durch Nährstoffeinträge an der starken Sedimentation, hohen Nährstoffgehalten im Sediment (CARLS 1994) und dem überaus rasch einsetzenden Sauerstoffschwund bei sommerlichen Temperaturen deutlich. Bei gleichbleibender Belastung kann in Zukunft eine Verschlechterung der Gütesituation nicht ausgeschlossen werden.

Der Zustand des Großen Schierensees hat sich in den letzten 12 Jahren offenbar nicht verschlechtert. Dies mag mit auf die zwischenzeitlich erfolgte Errichtung einer Kläranlage für den Ort Schierensee zurückzuführen sein, deren Abwässer früher zu einem erheblichen Teil in den Großen Schierensee gelangten (BÖTTGER 1980).

Die Vegetation der untersuchten Seen

Tab. 3 Verbreitung der Wasserpflanzen und bestandesbildender Röhrichtarten in den untersuchten Seen

	Westen-see	Ahren-see	Großer Schieren	Kleiner Schierensee
<i>Lemniden</i>				
Lemna minor	x	x	—	—
Lemna trisulca	x	x	—	—
Spirodela polyrhiza	x	x	—	—
Hydrocharis morsus-ranae	x	x	—	—
<i>Ceratophylliden</i>				
Ceratophyllum demersum	x	x	—	—
<i>Potamidien</i>				
Elodea canadensis	x	x	x	—
Hippuris vulgaris	x	—	—	—
Potamogeton berchtoldii	x	x	—	—
Potamogeton crispus	x	x	x	—
Potamogeton x decipiens	—	—	x	—
Potamogeton lucens	x	x	x	x
Potamogeton panormitanus	—	x	—	—
Potamogeton perfoliatus	x	x	x	x
Potamogeton friesii	x	x	—	—
Potamogeton pectinatus	x	x	—	—
Zannichellia palustris	x	x	—	—
<i>Myriophylliden</i>				
Myriophyllum spicatum	x	—	—	—
Ranunculus circinatus	x	x	x	—
<i>Nymphaeiden</i>				
Nymphaea alba	x	x	x	x
Nuphar lutea	x	x	x	x
Potamogeton natans	x	—	—	—
Polygonum amphibium	x	x	x	—
<i>Isoetiden</i>				
Eleocharis acicularis	x	x	x	—
<i>Chariden</i>				
Chara aspera	x	—	—	—
Chara contraria	x	x	—	—
<i>Haptophyten</i>				
Fontinalis antipyretica	x	—	—	—

<i>bestandesbildende Helophyten</i>				
Acorus calamus	—	x	—	x
Butomus umbellatus	x	x	x	x
Carex acutiformis	x	x	x	x
Carex rostrata	x	x	x	x
Carex riparia	x	x	—	x
Cladium mariscus	x	—	—	—
Eleocharis palustris	x	x	—	—
Glyceria maxima	x	x	x	x
Phragmites australis	x	x	x	x
Schoenoplectus lacustris	x	x	x	x
Schoenoplectus tabern.	x	x	—	—
Sparganium erectum	x	x	x	x
Typha angustifolia	x	x	x	x
Typha latifolia	x	x	—	x

Großseggenbestände

Großseggenbestände nehmen als zumeist schmale Streifen den gelegentlich überfluteten Bereich zwischen den Röhrichtern (falls vorhanden) und angrenzendem Wald bzw. Grünland ein. Die Sumpfsegge (*Carex acutiformis*) ist die häufigste Art am Westen- und Ahrensee und bildet oft ausgedehnte Bestände. Am Kleinen Schierensee tritt *Carex riparia* im unmittelbaren Uferbereich auf, die im Gebiet in nährstoffreichen Naßwiesen häufig ist und in Mischpopulationen mit *C. acutiformis* nicht immer leicht von dieser zu unterscheiden ist.

Carex gracilis besiedelt eine auf das Röhricht folgende, nicht dauernd überschwemmte Zone am südwestlichen Ufer des Ahrensees (KLIMANT 1986). Als Zeiger oligo- bis mesotropher Verhältnisse gilt *Carex rostrata* (DIERSSEN 1973). Die Schnabelsegge bildet nur kleinflächige Bestände an flach überfluteten Standorten aller vier Seen.

In einzelnen Bulten oder kleineren Gruppen finden wir die Steifsegge (*Carex elata*) im landseitigen Röhricht, vor allem des Ahrensees. Die für Wasserwechselbereiche nährstoffreicher Gewässer typischen ausgedehnten Steifseggenriede mit ausgeprägter Bultstruktur fehlen im Gebiet.

Röhrichte

Die Uferlinie aller vier Seen wird von einem mehr oder weniger dichten, gelegentlich unterbrochenen Röhrichtgürtel gesäumt. Als schmales Band zieht es sich am Großen und Kleinen Schierensee und am Südufer des Ahrensees zwischen den bewaldeten Ufern und dem tieferen Wasser hin. Am Westensee und streckenweise auch am Ahrensee kann der Röhrichtgürtel bis über 100 Meter Breite erreichen. Allein bei der fast flächendeckenden Kartierung des Röhrichts am Ahrensee wurden 60 Arten Höherer Pflanzen gefunden. Erfaßt

man die übrigen Seen mit ähnlicher Genauigkeit, so ist mit einer Reihe weiterer Arten im Röhrlichtbereich zu rechnen.

Die häufigste und überall verbreitete Art des Röhrlichts ist das Schilfrohr (*Phragmites australis*), das in reinen oder in Mischbeständen mit *Schoenoplectus lacustris*, *S. tabernaemontani* oder *Typha angustifolia* vorkommt (Abb. 9).

Das Schilfrohr wurde bis zu einer Wassertiefe von 1,50 Metern angetroffen, dringt aber in der Regel nur bis zu Tiefen von 50 bis 60 cm vor. In größerer Wassertiefe sind die Bestände ausgesprochen artenarm, oberhalb des dauernd überfluteten Bereichs gesellen sich nach und nach eine Reihe von Helophyten hinzu, unter denen *Mentha aquatica*, *Sparganium erectum*, *Carex acutiformis* und *C. elata* am weitesten verbreitet sind und oft in individuenreichen Beständen auftreten. Enger an die Röhrlichtzone gebunden, aber meist als Einzelpflanzen auftretend kommen *Berula erecta*, *Rumex hydrolaphatum* (einschließlich des Bastards mit *R. aquaticus*), *Rorippa amphibia*, *Ranunculus lingua*, *Cicuta virosa*, *Sium latifolium*, *Carex pseudocyperus* und *Solanum dulcamara* vor. An wenigen Stellen im Schilfröhrlicht aller vier Seen bildet auch der Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*) auf torfigem Untergrund kleine Herden.

Der Verbreitungsschwerpunkt des am Westen- und Ahrensee fast überall verbreiteten schmalblättrigen Rohrkolbens (*Typha angustifolia*) liegt im tieferen Litoralbereich. Sein Anteil am Schilfröhrlicht nimmt daher seeseitig zu.

Die teilweise überhängenden Schaarkanten des Großen und Kleinen Schierensees werden überwiegend durch das dichte Rhizom- und Wurzelgeflecht von *Typha angustifolia* zusammengehalten (Abb. 12). Auffällig ist, daß *Typha angustifolia* trotz ähnlicher Standortpräferenzen keine Mischbestände mit *Schoenoplectus lacustris* bildet.

Zur Seeseite hin ist dem Schilfröhrlicht oft ein lockerer Gürtel der Teichbinse (*Schoenoplectus lacustris*) vorgelagert, der bis in Tiefen von ca. 1,5 Metern vordringt. Vor den emersen Pflanzen sind gelegentlich noch Pflanzen zu finden, die ganzjährig submers bleiben und nur schmale bandförmige Blätter ausbilden. Im Gegensatz zum Schilf kann sich die Teichbinse im submersen Milieu auch aus Samen regenerieren. Diese Eigenschaft ist wahrscheinlich maßgebend für ihre erfolgreiche Etablierung als Röhrlichtpflanze vor dem Schilfgürtel im tieferen Wasser, das vom Schilf auf vegetativem Wege nicht mehr besiedelt werden kann (WEISNER et al. 1993). Im Großen und Kleinen Schierensee ist die Teichbinse die häufigste Art des Röhrlichts.

An Uferabschnitten, die früher beweidet wurden und frei von Schilf sind, konnte die Teichbinse nach dem Auflassen der Beweidung auch im flachen Wasser breite, einartige Röhrlichte bilden, so z.B. am Nordostufer des Ahrensees (Abb. 9).

Auf derartigen Flächen, vor allem wenn sie noch durch Tritt belastet und beweidet werden, dominiert jedoch meist eine nah verwandte Art: die Graue Seebirse (*Schoenoplectus tabernaemontani*). Sie kommt regelmäßig im

Brackwasser der Ostseeküsten vor, ist aber auch an einigen Süßwasserseen Schleswig-Holsteins verbreitet. Sie ist im östlichen und südöstlichen Teil des Westensees und im nordwestlichen Ahrensee zu finden und bildet meist kleine, lockere Bestände auf sandigem oder schlammigem Untergrund bis in Wassertiefen von ca. einem Meter.

Ähnlich der Grauen Seebirse bevorzugen die anderen bestandesbildenden Helophyten „gestörte“ Uferbereiche, die durch frühere Uferbeweidung oder Badebetrieb ihre ursprüngliche Röhrlichtvegetation verloren haben.

Der Aufrechte Igelkolben (*Sparganium erectum*) tritt bestandesbildend nur am Ahren- und Westensee an ehemals beweideten Stellen auf, ist aber als Begleitart im Röhrlicht weit verbreitet. An den Schierenseen konzentriert sich sein Vorkommen jeweils auf die windgeschützten südwestlichen Buchten, am Ahrensee auf den nordwestlichen (Abb. 9) und am Westensee den nordöstlichen Seeteil. *Sparganium erectum* besiedelt im Gebiet bevorzugt lockere Schlammböden, seltener sandig-kiesige Standorte mit ruhigem Wasser und kommt bis in eine Wassertiefe von 0,6 Metern vor.

Am Westensee tritt der Aufrechte Igelkolben oft gemeinsam mit dem Kalmus (*Acorus calamus*) auf, der ebenfalls seichte Uferzonen und ruhige Buchten bevorzugt. Reinbestände, in denen *Acorus* 100 % Deckung erreicht, finden sich um die Halbinsel Langniß. Sie sind im Bereich von Viehweiden zu finden und haben ihre Ausdehnung in den letzten Jahren stark vergrößert. Der Kalmus ist am Westensee über viele Uferbereiche ziemlich gleichmäßig verbreitet. Ein weiteres Vorkommen existiert nahe der Mündung des Oberen Schierenseebaches in den Kleinen Schierensee. Am Ahrensee und am Großen Schierensee wurde diese Art nicht gefunden.

Ausschließlich am Ahrensee zu finden ist das Schneidried (*Cladium mariscus*), das am Nordwestufer einen ca. 200 m² großen, dauernd überfluteten Bestand bildet. *Cladium mariscus* gilt als wärmezeitliches Relikt mit Hauptverbreitung im subatlantischen Mitteleuropa und kommt in Schleswig-Holstein nur noch an wenigen Stellen im östlichen Hügelland vor (DIERSSEN und MIERWALD 1987). Diese Art besiedelt bevorzugt kalkoligotrophe Standorte und ist am Ahrensee auf kalkhaltigem Torf über Seekreide stockt (KLIMANT 1986).

Die Schwanenblume (*Butomus umbellatus*) ist nur in den beiden Schierenseen häufiger und bildet dort auf schlammigem Substrat lockere dem Schilfröhrlicht vorgelagerte submerse Bestände in 1 bis 2 Meter Tiefe, die nur selten die Oberfläche erreichen.

Der Wasserschwaden (*Glyceria maxima*) tritt an allen vier Seen auf und bildet am Ahren- und Westensee wenige kleinflächige, aber dichte Reinbestände an oder unterhalb der Mittelwasserlinie. Selten ist die Art am Großen und Kleinen Schierensee, (als Begleitart im Großröhrlicht). Auffallend ist eine auch in der Literatur beschriebene (POTT 1985, TOMASZEWICZ 1988) Beschränkung auf Standorte an Graben-, Bach- oder Dränagemündungen, die eine starke Zufuhr nährstoffreichen, organischen Materials erfahren und eine

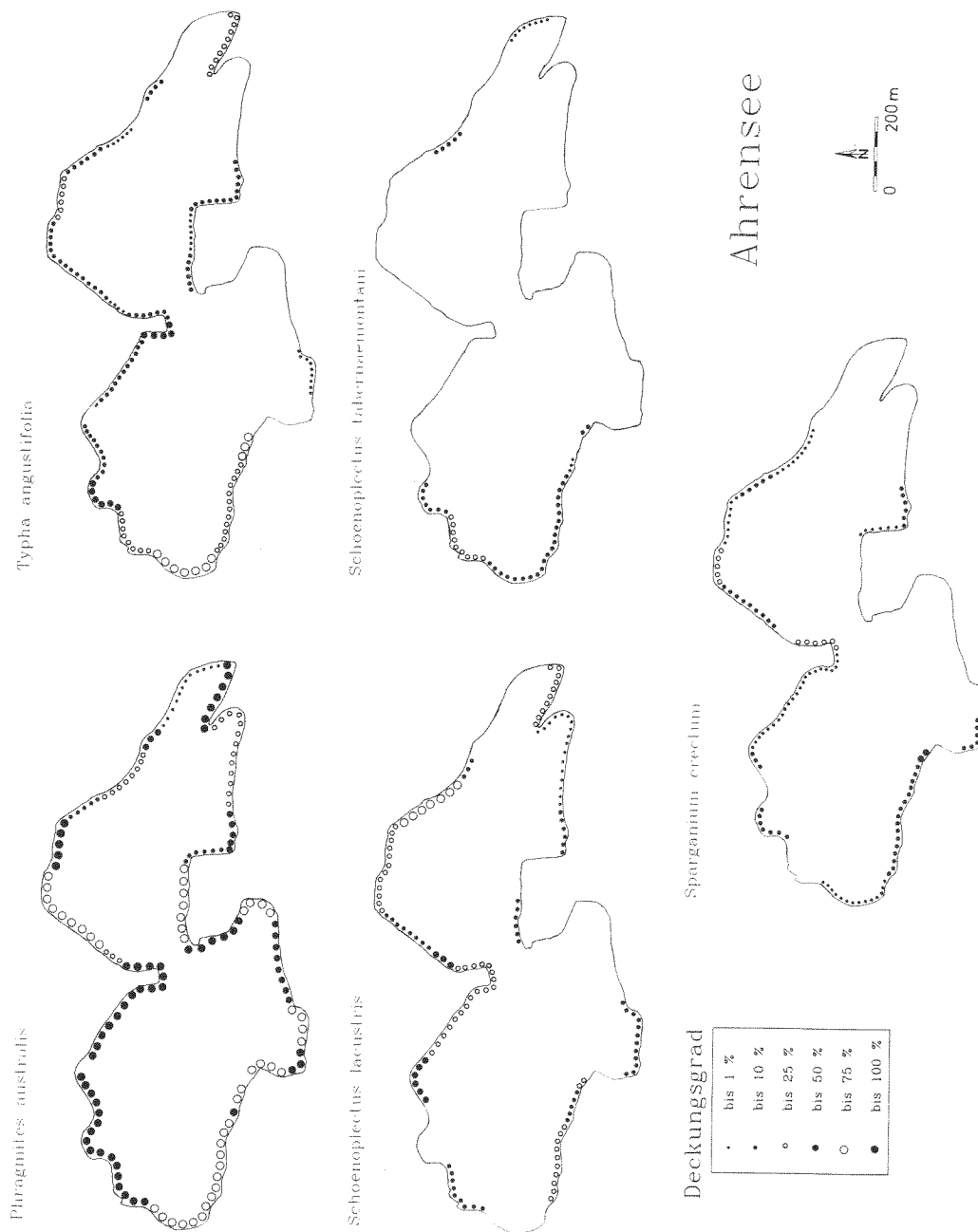


Abb. 9 Verbreitung der bestandesbildenden Röhrichtarten im Ahrensee

Bevorzugung von Akkumulationszonen mit schlammigem Substrat in einigen wingeschützten Buchten des Westensees.

Der Breitblättrige Rohrkolben (*Typha latifolia*), eine Art eutropher Schlamm-
bänke des flachen Wassers, ist im Gebiet nur an wenigen Uferstellen mit ruhi-
gem Wasser zu finden.

Vor allem im flachen Wasser ehemaliger Badestellen und Viehweiden, an
Stellen, die noch nicht von höherwüchsigen Helophyten erobert wurden, bildet
die Sumpfsimse (*Eleocharis palustris*) lockerwüchsige Bestände (Abb.10). Die
gegen mechanische Belastung unempfindliche Art durchzieht im Ahrensee die
Brandungszone exponierter Ufer mit einem dichten Rhizomgeflecht. Als be-
gleitende Arten finden wir hin und wieder *Mentha aquatica*, *Bolboschoenus*
maritimus, *Carex hirta* und *Hippuris vulgaris*.

Der von CHRISTIANSEN (1922) und KLIMANT (1986) für den Ahrensee
erwähnte Igel-schlauch (*Baldellia ranunculoides*) wurde 1992 nicht gefunden
oder aber übersehen. Die in Schleswig-Holstein vom Aussterben bedrohte Art
ist typisch für oligo- bis mesotrophe Gewässer und wächst im flachen Wasser
auf sandigem Untergrund (DIERSSEN und MIERWALD 1987). Da starke Be-
standesschwankungen bei Sumpf- und Wasserpflanzen nichts Ungewöhnli-
ches sind, kann über den Status dieser Art noch kein abschließendes Urteil
gefällt werden.

Ausschließlich auf den Schilfröhrichtgürtel beschränkt sind Froschbiß (*Hy-
drocharis morsus ranae*), sowie *Lemna minor* und *Spirodela polyrrhiza* als zwei
von drei vorgefundenen Wasserlinsen-Arten.

Der Froschbiß war 1992 in breiten Röhrichtzonen des Ahren- und Westen-
sees nicht selten und bildete z.T. ausgedehnte Bestände in den dauerhaft
überschwemmten Teilen. Der heiße Sommer 1992 begünstigte offenbar die
vegetative Ausbreitung dieser Art, wurde sie doch 1991 in weit geringerer Häu-
figkeit angetroffen.

Im Großen und Kleinen Schierensee wurden 1992 weder Froschbiß noch
Wasserlinsen gefunden, obwohl Enten als Diasporenträger zwischen den un-
tersuchten Gewässern regelmäßig hin- und herfliegen.

Schwimtblattvegetation

Die Schwimtblattbestände aller vier Seen werden fast ausschließlich von
der Teichrose (*Nuphar lutea*) und der Seerose (*Nymphaea alba*) gebildet.
Während *Nuphar lutea* sowohl in geschützten Buchten als auch an leicht win-
dexponierten Ufern zu finden ist, beschränkt sich das Vorkommen von *Nym-
phaea alba* weitgehend auf die inneren Buchtteile. Hier ist sie vor Verlusten
ihrer Assimilationsorgane geschützt, die von der Teichrose dank ihrer Unter-
wasserblätter, wenigstens im Flachwasser ausgeglichen werden können. Dies
ist auch ein Grund für die größere Häufigkeit der Teichrose im Westen- und
Ahrensee, in dem die Seerose nur in zwei Beständen vorkommt.

Nymphaea alba wächst im Westensee bis ca. 1,5 Metern Tiefe, *Nuphar lutea* dringt bis in Wassertiefen von 2,5 Metern vor, bildet dann aber überwiegend Unterwasserblätter aus. Der Schwimmblattgürtel reicht in der Regel bis 1,5 Meter Tiefe und wird dann von Laichkrautbeständen abgelöst.

Die vom Wald umgebenen und wenig dem Wind ausgesetzten Schierenseen bieten den gegen Wellenschlag empfindlichen Schwimmblattpflanzen bessere Wachstumsbedingungen als der überwiegend windoffene Westensee. Teich- und Seerose bilden einen zwar schmalen, aber wenig unterbrochenen Schwimmblattgürtel und stellen den Hauptteil der makrophytischen Vegetation (Abb.16).

Ist im Großen Schierensee *Nuphar lutea* noch häufiger, besetzt im besser abgeschirmten Kleinen Schierensee *Nymphaea alba* den größten Anteil des Schwimmblattareals. Aufgrund der offensichtlich verbesserten Konkurrenzsituation gegenüber submersen Laichkräutern bilden See- und Teichrose hier Bestände bis in 2,50 Meter Wassertiefe.

Beide Arten sind häufig auf schlammigem Seegrund mit hohen Akkumulationsraten organischen Materials anzutreffen, die von rein submersen Arten nicht mehr besiedelt werden können (BARKO und SMART 1986). *Nuphar lutea* besiedelt auch sandig-kiesiges Substrat und stärker exponierte Stellen vor dem Röhricht. Durch die stärkere Wellenbewegung bilden sich jedoch nur kleine Bestände mit reduzierter Blattfläche und einem hohen Anteil an Unterwasserblättern aus. Unter dichten Schwimmblattbeständen treten als Begleiter höchstens *Elodea canadensis* und *Fontinalis antipyretica* auf, in lichte Bestände dringen auch Laichkräuter und *Ranunculus circinatus* ein.

Eine Ausbreitung von *Nuphar lutea* im Ahrensee konnte 1992 beobachtet werden. Offensichtlich war der warme und windarme Sommer günstig für die (beobachtete) Keimung und Etablierung von Jungpflanzen.

Zwei weitere Schwimmblatt-Arten, *Polygonum amphibium* und *Potamogeton natans*, wurden im Beobachtungszeitraum nur an wenigen Stellen und in kleinen Beständen angetroffen.

Submerse Vegetation

An den windexponierten Ufern und Untiefen im Ahren- und Westensee treten auf sandigem Substrat in 0,2 bis 0,8 Meter Wassertiefe ausgedehnte Characeen-Rasen auf (Abb.14 und 15). Die Pflanzen bleiben sehr niedrigwüchsig und sind wegen schwach ausgeprägter Bestimmungsmerkmale oft schwer zu identifizieren.

Chara aspera, die nur im Ahrensee gefunden wurde, bildet im Flachwasser Dominanzbestände aus, in denen nur wenige Begleiter zu finden sind (Abb. 10). Die habituell sehr ähnliche *Chara contraria* nimmt im Westensee vergleichbare Standorte ein, wurde im Ahrensee aber unterhalb von einem Meter Tiefe auf mineralischen Böden häufiger angetroffen als *Chara aspera*.

Den *Chara contraria*-Beständen sind im Westensee fast immer erhebliche Anteile *Potamogeton pectinatus*, *P. berchtoldii* und *Zannichellia palustris* beigemischt, was als Hinweis auf die stärkere Eutrophierung ihrer Wuchsorte interpretiert werden kann.

Da beide Characeen, (insbesondere *Chara aspera*) allgemein als charakteristische Arten oligo- bis mesotropher Seen gelten (DOLL 1991, KRAUSE 1981, MELZER 1976) ist ihr Vorkommen im Westen- und Ahrensee mit deutlich eutrophem Charakter nicht ohne weiteres einsichtig. Eine Erklärung bieten besondere Merkmale der Wuchsorte. Im flachen, stark bewegten Wasser ist trotz langandauernder Algenblüten der Lichtgenuß der Armeleuchteralgen kaum eingeschränkt. Der Wellenschlag macht den verfilzten, manchmal fast polsterwüchsigen Characeen wenig aus, hindert aber, im Verein mit der relativen Nährstoffarmut des Sandbodens (CARLS 1994), wuchskräftige Konkurrenten wirkungsvoll an der Ansiedlung und Ausbreitung.

Ein „Tiefencharietum“, das nach SAUER (1937) in holsteinischen Seen ungefähr ab einer Tiefe von 3 bis 4 Metern auftritt und bei großer Sichttiefe bis über 30 Meter hinabreicht, ist im Westen- und Ahrensee nicht (mehr ?) zu finden. Da ein solches, aus höherwüchsigen Characeen-Arten zusammenge-

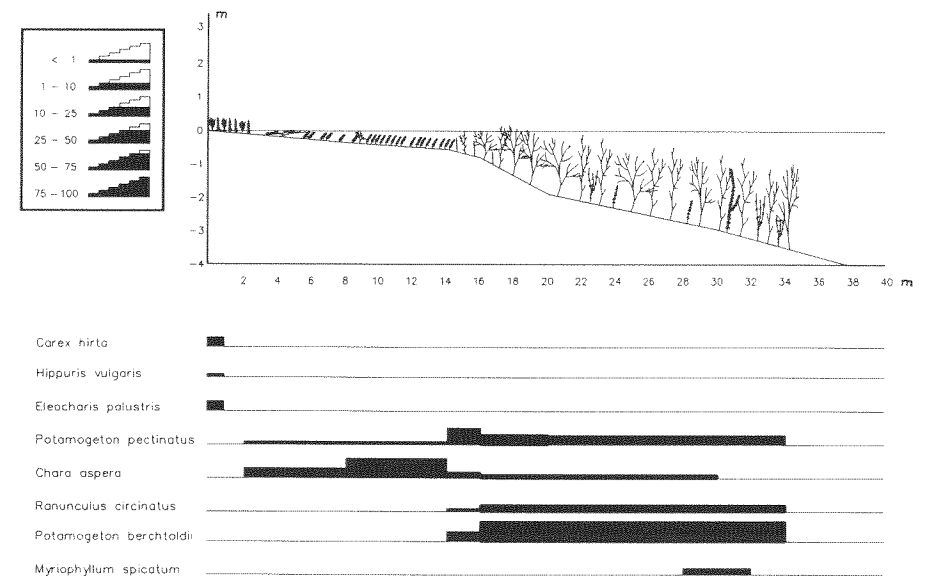


Abb.10 Vegetationsprofil vom Ahrensee an einem flach abfallenden, windexponierten Ufer mit einer von *Eleocharis palustris*-dominierten Ufergesellschaft, *Chara aspera*-Rasen im Flachwasser und dichten Laichkraut-Wiesen im tieferen Wasser. Der Untergrund ist sandig und in Tiefen ab 2 Meter teilweise mit einer Schlammschicht bedeckt. Die Lage des Transekts (T1) ist in Abb.1 eingetragen.

setztes „Tiefencharerum“ in gering belasteten Seen Holsteins (z.B. im Suhrer See) mit höheren Sichttiefen fast regelmäßig vorkommt bzw. vorkam (SAUER 1937), ist anzunehmen, daß es früher auch im Ahren- und Westensee existierte.

Ein großer Teil des Litorals von Westen- und Ahrensee wird von Laichkrautbeständen eingenommen, die ihre größte Dichte auf breiten, nur schwach windexponierten Uferbänken erreichen. Hier lösen sie in der Regel die Schwimmblattbestände in ca. 1,5 Meter Tiefe ab. Dichte Laichkrautwiesen sind auch vor stärker exponierten, flachen Ufern in größeren Tiefen verbreitet, wo der Untergrund feinkörniger wird und nur noch in geringem Maße der Erosion unterliegt.

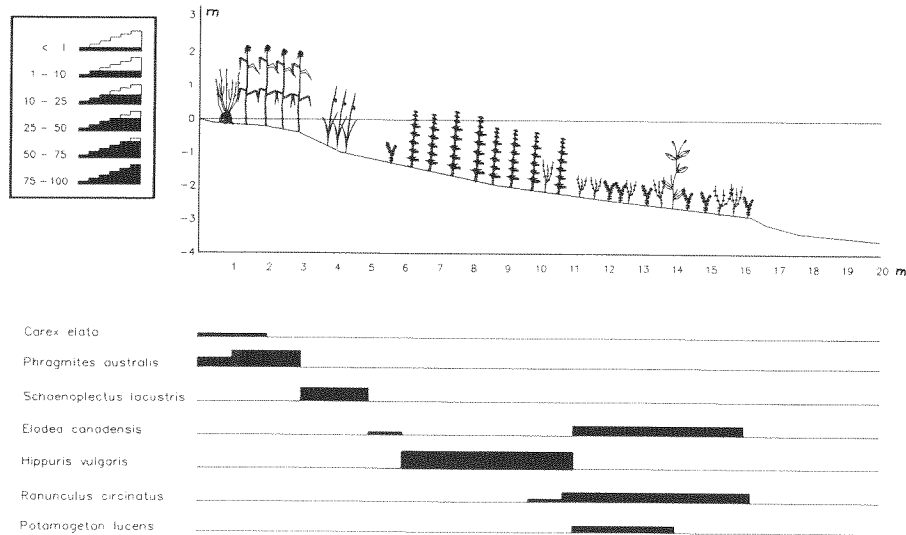


Abb. 11 Vegetationsprofil vom Ahrensee an einem windexponierten Ufer mit sandig-kiesigem, in ca. 2,5 Meter Tiefe auch von Muschelschill bedecktem Untergrund. Auf das Schilfröhricht folgt ein Teichbinsengürtel bis ca. 1,2 Meter Wassertiefe. Bis 2 Meter Tiefe ist ein dichter Bestand von *Hippuris vulgaris* ausgebildet, dem stellenweise dichte, relativ kurzwüchsige Bestände mit *Elodea canadensis* und *Ranunculus circinatus* vorgelagert sind. Eingestreut sind kleinere Bestände von *Potamogeton lucens*. Die Lage des Transekts (T2) ist in Abb. 1 eingetragen.

Das Spiegelnde Laichkraut (*Potamogeton lucens*) bildet oft kleine, dem See- und Teichrosengürtel direkt vorgelagerte Bestände in ruhigen Buchten auf Weichböden. Im Ahrensee und Westensee (im letzteren nur noch an vier Stellen gefunden), ist die Art von untergeordneter Bedeutung. Im Großen und Kleinen Schierensee dagegen ist *P. lucens* die häufigste Laichkraut-Art. Hier

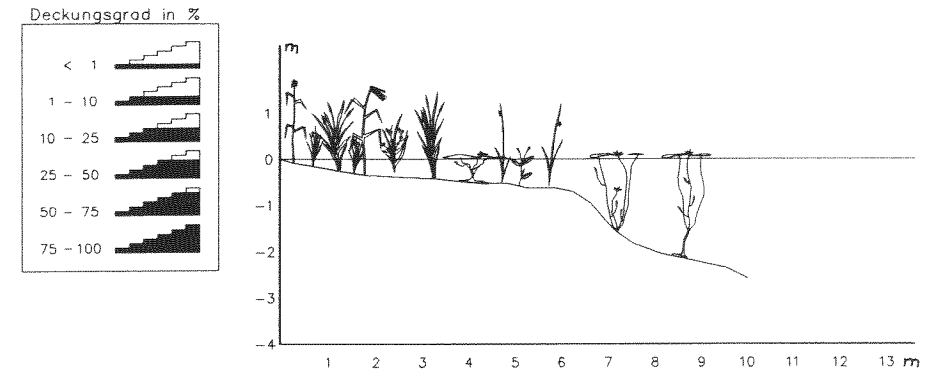


Abb. 12 Vegetationsprofil vom windgeschützten Südwestufer des Kleinen Schierensees. Das lockere Röhricht wird hier in Ufernähe von *Carex riparia* gebildet, nahe der Schaarkante dominieren höherwüchsige Helophyten. Der Untergrund besteht aus dichtem, wenig zersetzten Rhizom- und Wurzelgeflecht der Röhrichtpflanzen. Unterhalb der steil abfallenden Kante dominieren über Sapropel Schwimmblattbestände. Die Lage des Transekts (T3) ist in Abb. 1 eingetragen.

kommt es überwiegend in Mischbeständen mit *P. perfoliatus* vor, dringt im östlichen Teil des Großen Schierensees aber auch als Reinbestand bis an die untere Wuchsgrenze vor.

Das Durchwachsene Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*) ist im Westensee wesentlich weiter verbreitet als *P. lucens* und hat hier seinen Verbreitungsschwerpunkt im östlichen Seeteil. Diese Art ist auch auf sandigem oder kiesigem Untergrund anzutreffen und ist offenbar gegen Störungen durch Bootsverkehr und Badebetrieb weniger empfindlich. *P. perfoliatus* tritt in der Regel mit anderen submersen Arten vergesellschaftet auf.

Beide Arten wachsen bevorzugt in größerer Tiefe und können in geschützter Lage bis zu 5 Meter lange Sprosse bilden. Sie haben ihre Verbreitungsschwerpunkte in eutrophen Gewässern, gehen aber in stärker belasteten Gewässern zurück (SCHÜTZ 1992, WIEGLEB 1981, LANG 1981).

Im Großen Schierensee wurde außerdem ein kleiner Bestand von *Potamogeton x decipiens* NOLTE entdeckt. Es handelt sich um den Bastard zwischen *P. perfoliatus* und *P. lucens*.

Obwohl Großlaichkräuter nicht ausgesprochen selten sind, ist ihr Anteil an der submersen Vegetation doch vergleichsweise gering (Abb. 13). Die Hauptmasse wird von den klein- oder schmalblättrigen Laichkräutern gebildet, die bevorzugt eutrophe Standorte besiedeln. Die Kleinlaichkrautbestände werden von *Potamogeton pectinatus*, *P. berchtoldii*, *Zannichellia palustris*, *Potamogeton friesii* und *P. panormitanus* aufgebaut, von denen die drei erstgenannten Arten sehr häufig sind und fast immer massenhaft auftreten (Abb. 13 – 15). Die Lebensdauer dieser Bestände ist kurz und reicht im Westen- und Ahrensee nur von Anfang Juni bis Mitte Juli.

Die größte floristische und standörtliche Ähnlichkeit weisen diese Laichkrautwiesen zu einer von LANG (1973, 1981) für den Bodensee beschriebenen Kleinlaichkrautgesellschaft auf. Bestände ähnlicher floristischer Zusammensetzung werden auch von SAUER (1937) und DOLL (1991) für das norddeutsche Jungmoränengebiet behandelt, beide Autoren erwähnen jedoch geringere Wassertiefen. Im Westen- und Ahrensee sind die Kleinlaichkräuter, ähnlich den Verhältnissen im Bodensee, in Tiefen zwischen 1,5 und 3 Metern optimal entwickelt.

Das Kammlaichkraut (*Potamogeton pectinatus*) besiedelt im Westen- und Ahrensee fast das gesamte Litoral und erreicht zeitweise Deckungsgrade von über 50 %. Ähnlich *Potamogeton berchtoldii* und *Zannichellia palustris* ist *P. pectinatus* sowohl in Flachwasserzonen als auch in Tiefen bis zu 3,5 Meter anzutreffen. Im ruhigen, tieferen Wasser bildet das Kammlaichkraut große, verzweigte Pflanzen mit kräftigen Blättern aus, an flachen, exponierten Ufern bleiben die Pflanzen klein und schmalblättrig. Größere Flächenanteile besetzt die Art auch im Großen Schierensee im Uferbereich der östlichen Bucht.

Berchtolds Laichkraut (*Potamogeton berchtoldii*) hat im Westen- und Ahrensee ein ähnliches Verbreitungsbild. In windgeschützten Seebuchten erreicht *Potamogeton berchtoldii* höhere Deckungsgrade, zeigt im übrigen aber keine standörtlichen Bindungen.

Der Teichfaden (*Zannichellia palustris*) tritt im Westensee bis auf wenige Abschnitte im nordwestlichen und südwestlichen Seeteil fast überall auf. Er siedelt, außer in den Laichkrautwiesen, oft im Flachwasser bis 1,5 Meter Tiefe auf Lockersedimenten in einer rasenförmigen Wuchsform. Mit geringer Abundanz kommt *Zannichellia* noch an Standorten vor, die wegen der Struktur ihrer Sedimente und anderer ungünstiger Eigenschaften (z.B. Schwefelwasserstoff- und Methanbildung) von anderen Wasserpflanzen kaum noch besiedelt werden können (BARKO und SMART 1986).

Potamogeton panormitanus gehört zu den weniger häufigen Arten im Westensee. Die Pflanze tritt hier immer in Begleitung von *Potamogeton pectinatus* und *P. berchtoldii* auf und erreicht nur selten höhere Deckungsgrade. Über die ökologische Valenz dieser Art ist wenig bekannt, da sie nur selten von *P. berchtoldii* unterschieden wird (ROWECK und SCHÜTZ 1986). In den anderen Seen wurde *P. panormitanus* nicht gefunden.

Das Vorkommen von *Potamogeton friesii* beschränkt sich im Westensee auf den flachen und sehr schlammigen westlichen Seeteil der Eidermündung, wo sie bis zu 70 % der Gesamtdeckung erreicht. Auch im Ahrensee ist *P. friesii* die Kleinlaichkraut-Art mit der geringsten Verbreitung und erreicht nur selten eine Deckung von über 25 %. Die ökologische Valenz der Art wird unterschiedlich eingeschätzt. LANG (1973) bezeichnet sie als Art hoch eutropher Standorte. Nachweisbar ist jedoch ein Rückzug aus sehr trüben, eutrophen Gewässern (KRAUSE 1972, SCHÜTZ 1993). Auch ein Vergleich mit den Angaben von SAUER (1937) legt eher einen Rückgang in den holsteinischen Seen nahe.

Das Verbreitungsbild des Hornkrauts (*Ceratophyllum demersum*) im Westensee hat große Ähnlichkeit mit den Verbreitungsbildern von *Potamogeton crispus* und *P. friesii*. Alle drei Arten kommen hauptsächlich in der Bucht westlich der Badestelle Hohenhude und nahe der Eidermündung vor. Im Ahrensee ist das Hornkraut selten im westlichen Seeteil zu finden. Alle Standorte weisen dicke Sapropelschichten und ruhiges Wasser auf. *Ceratophyllum demersum* tritt in Tiefen von 1,20 bis 2,0 Metern auf und bildet im Westensee schwach verwurzelte, großwüchsige Individuen aus, die im oberen Sproßteil stark verzweigt sind.

Das Vorkommen des Krausen Laichkrauts (*Potamogeton crispus*) beschränkt sich im Westensee ausschließlich auf die Bucht östlich der Badestelle Hohenhude. Im Ahrensee und im Großen Schierensee wurden nur wenige Einzelpflanzen bzw. kleine Bestände entdeckt. Die Wuchsorte sind windgeschützt und durch Faulschlamm-Sedimente mit hohen Anteilen mäßig zersetzter organischer Substanzen gekennzeichnet. Trotz ihrer Eutrophierungstoleranz (SCHÜTZ 1992) spielt die Art im windexponierten Westensee nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Der Spreizende Hahnenfuß (*Ranunculus circinatus*) dagegen zählt zu den häufigen Arten im Westen- und Ahrensee. Verbreitungsschwerpunkte liegen im südwestlichen und nordwestlichen Teil des Westensees und im nord- und südöstlichen Teil des Ahrensees. Besiedelt werden einerseits Weichböden in ruhigen Buchten, andererseits auch steil abfallende erosive Ufer mit kiesigsteinigem Untergrund in 1 bis 3 Meter Tiefe. Hier bildet *Ranunculus circinatus*, oft zusammen mit *Elodea canadensis*, dichte, kurzwüchsige Teppiche (Abb. 11), die bis weit in den Herbst hinein grün bleiben. Aber auch in gut entwickelten Laichkrautwiesen tritt *R. circinatus* regelmäßig auf.

Die Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*) wächst im Westensee ausschließlich auf schlammigen Lockersedimenten. Ihr Verbreitungsschwer-

punkt liegt im nordöstlichen Seeteil nahe der Eidermündung, wo sie hohe Deckungsgrade erreicht. Im Ahrensee ähnelt ihr Verbreitungsbild dem des Spreizenden Hahnenfußes. Sie kommt hier auch auf mineralischen Böden vor (Abb.11). Ein weiterer Fundort liegt in der Nähe der Badestelle am Großen Schierensee.

Elodea canadensis besiedelt im Gebiet überwiegend tiefere, lichtarme Zonen unterhalb 1,5 Meter. In größeren Tiefen und an beschatteten steilen Ufern, wo Konkurrenten wegen Lichtmangel ausfallen, erreicht die Art hohe Deckungsgrade. Als einzige Höhere Wasserpflanze ist die Wasserpest auch unter dichten Schwimmblattbeständen anzutreffen.

Von geringer Bedeutung in den behandelten Gewässern ist das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*), das im Untersuchungszeitraum nur im Ahrensee gefunden wurde. Die als eutraphent geltende Art (NICHOLS und SHAW 1986) wächst im tieferen Wasser und bildet kleine, zerstreute Bestände am Nord- und Ostufer des östlichen Ahrenseebeckens (Abb.10). 1993 hatte *M. spicatum* allerdings seine Bestände gegenüber 1992 beträchtlich ausgedehnt.

Der Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*) wächst submers in klaren, kalkreichen, meist stärker grundwasserbeeinflussten Gewässern (MELZER 1976, DOLL 1991, KRAUSE 1972) und bildet unter diesen Bedingungen dichte, oft einartige Bestände. Nach einer Eutrophierung von Gewässern wurde oft ein Rückgang dieser Art beobachtet (DOLL 1991). Der einzige submerse Bestand wurde im Ahrensee beobachtet (Abb. 10). Er steht am exponierten Nordwestufer, dringt bis in eine Tiefe von ca. 2 Metern vor und zeigte zwischen 1991 und 1993 keine Veränderungen. Ein zweiter, sehr kleiner Bestand etablierte sich 1993 in der westlichen Bucht bei einer Bootsliegestelle. Ferner kommt *Hippuris* auch als Röhrichtpflanze an wenigen Stellen am Ahrensee vor. Er reproduziert sich an offenen Stellen regelmäßig aus Samen und bildet durch rasches Rhizomwachstum schnell kleine Bestände, die im Wasserwechselbereich allerdings bald wuchskräftigeren Konkurrenten unterliegen.

Die kleinwüchsige Nadelbinse (*Eleocharis acicularis*) bildet lokal submerse Rasen im flachen Wasser auf Sandboden, oft in Kontakt mit Beständen der Teichbinse. Das Auftreten dieser Art scheint starken Fluktuationen zu unterliegen.

Das Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) wurde nur im Ahrensee gefunden. Sein Verbreitungsschwerpunkt liegt am meist steinigem östlichen Nordufer in Tiefen um 2 bis 2,5 Meter Tiefe. Da *Fontinalis* kein HCO_3 verwerten kann (SCHWOERBEL 1987), ist es auf das Vorhandensein von gelöstem CO_2 angewiesen, das im Epilimnion eines eutrophen Sees in der Regel schnell aufgebraucht wird. MELZER (1976) spricht dem Quellmoos einen Indikatorwert als Grundwasserzeiger zu, da es in Seen bevorzugt an Stellen vorkommt, an denen CO_2 -haltiges Grundwasser zutritt. Gegenüber einer Eutrophierung seiner Wuchsorte ist das schattenverträgliche Quellmoos indifferent (MELZER 1976, SCHÜTZ 1992).

Ein erheblicher Teil der im Ahrensee produzierten Biomasse entfällt auf die Gelbgrünalge *Vaucheria* sp., die im Frühjahr und Spätsommer bis Herbst weite Teile des Seebodens mit dichten Matten überzieht. *Vaucheria* dominiert vor allem im westlichen Seeteil, wo Höhere Wasserpflanzen nur eine geringe Rolle spielen. Nach dem Rückzug der Kleinlaichkrautbestände im östlichen Seeteil Ende Juli setzte auch hier eine Massenentwicklung von *Vaucheria* ein. Aufgrund ihres niedrigen Lichtkompensationspunktes dringt *Vaucheria* in größere Tiefen vor als die Höheren Wasserpflanzen und vermag einen erheblichen Teil des Seebodens zu besiedeln.

Untere Wuchsgrenze

Die untere Wuchsgrenze der Höheren Wasserpflanzen und Characeen liegt in allen vier untersuchten Seen zwischen 2,5 und 3,5 Metern. Sie kann zwischen den einzelnen Seeteilen deutlich verschieden sein. In 3,5 Meter Tiefe sind, außer im Ahrensee (Abb.10), nur noch selten dichte Bestände ausgebildet. Im Kleinen Schierensee, dessen Tiefenbewuchs von *Nuphar lutea* und *Nymphaea alba* gebildet wird, sind vereinzelt noch in 4 Meter Tiefe Pflanzen anzutreffen, z.B. *Potamogeton lucens*. Möglicherweise handelt es sich um Reste einer früher existierenden, dem Schwimmblattgürtel vorgelagerten Laichkrautzone.

Im Ahren- und Westensee dringen fast alle submersen Arten außer *Nuphar lutea* und *Nymphaea alba* bis an die untere Wuchsgrenze vor. Im Westensee sind Bestände unterhalb 3 Meter Wassertiefe nur lokal auf Sandboden zu finden und nur kurze Zeit bis zum Beginn der Algenblüte ausgebildet.

Phytoplankton

Alle Seen wiesen 1991 – 1993 beträchtliche Algenblüten auf, die im Westensee am stärksten ausgeprägt waren und am längsten andauerten. Wie in den meisten eutrophen Seen besteht zu Beginn der Vegetationsperiode das Phytoplankton noch überwiegend aus Kieselalgen und Grünalgen, aber die Verursacher der im Juni einsetzenden Algenblüten sind fast ausschließlich Blaualgen.

Die Zusammensetzung des Phytoplanktons variiert von Jahr zu Jahr nur in geringem Maße. Die dominierende Art ist vom Frühsommer bis weit in den Herbst sowohl im Westensee als auch im Ahrensee *Microcystis aeruginosa*, im Westensee kommt im Frühherbst zusätzlich *Aphanizomenon flos-aquae* hinzu. Im Ahrensee spielt *Aphanizomenon* nur eine geringe Rolle, dafür war hier *Anabaena cf. flos-aquae* 1991 und 1993 vom späten Frühjahr bis zum Frühsommer stark vertreten. Algenblüten, hervorgerufen durch diese drei Arten, waren nach SAUER (1937) schon früher kennzeichnend für viele windgeschützte holsteinische Seen. Weitere häufige Arten sind *Ceratium hirudinella*, *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis* (letztere im Westensee), sowie coccale Grünalgen und eine nicht näher bestimmte fädige Kieselalge. Die erst-

genannten drei Arten und zusätzlich *Aphanizomenon flos-aquae* gibt BÖTTGER (1980) als Verursacher der Algenblüten im Großen Schierensee an.

Eine Abhängigkeit der Algenblüten nicht nur vom Nährstoffangebot, sondern auch von klimatischen Faktoren zeigt die Tatsache, daß im kalten und regnerischen Sommer 1993 die Algenblüten weniger stark ausgeprägt waren. Die minimale Sichttiefe sank 1993 auch im Westensee nicht unter 1 Meter.

Trophie-Indikation mit Hilfe von Artengruppen

In welcher Hinsicht und mit welcher Methode läßt sich die Vegetation mit dem Trophiezustand der Gewässer in Zusammenhang bringen und interpretieren? Von LANG (1981), LACHAVANNE und WATTENHOFER (1975) und MELZER (1976) wurden entsprechende Analysen mit Hilfe von floristisch-ökologisch definierten Artengruppen erfolgreich angewandt. Eine von LANG (1981) für den Bodensee praktizierte Einteilung umfasst drei Artengruppen, die für eine Charakterisierung des Trophiegrades der vier von uns untersuchten Seen verwendet wurden. Mit Ausnahme des morphologisch den Laichkräutern sehr ähnlichen Teichfadens sind, abweichend von LANG (1981), den Artengruppen nur diejenigen Arten zugeordnet worden, die auch zu dem jeweiligen Taxon gehören.

Großblättrige Laichkrautvegetation

Diese Artengruppe kennzeichnet mesotrophe bis mäßig eutrophe Standorte. Hierher sind *Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus* und *P. x decipiens* zu rechnen.

Schmalblättrige Laichkrautvegetation

Diese Artengruppe ist typisch für eutrophe bis hypertrophe Standorte und kommt mit fünf Arten vor: *Potamogeton pectinatus*, *P. berchtoldii*, *P. panormitanus*, *P. friesii* und *Zannichellia palustris*.

Characeen-Vegetation

Die Gruppe der Armelechteraigen kennzeichnet überwiegend oligotrophe bis mesotrophe Standorte. Hierzu gehören *Chara aspera* und *Chara contraria*.

Schwimmblattvegetation

Als weitere Gruppe ist in Abb. 13 die Schwimmblattvegetation aufgeführt. Zu dieser Gruppe werden *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton natans* und *Polygonum amphibium* gerechnet. Diese Arten sind alle durch eine breite ökologische Amplitude und weitgehende Trophie-Indifferenz gekennzeichnet. Ihre Abundanz läßt aber Aussagen über einige physikalische Standortsfaktoren (Wind, Wellenschlag) zu.

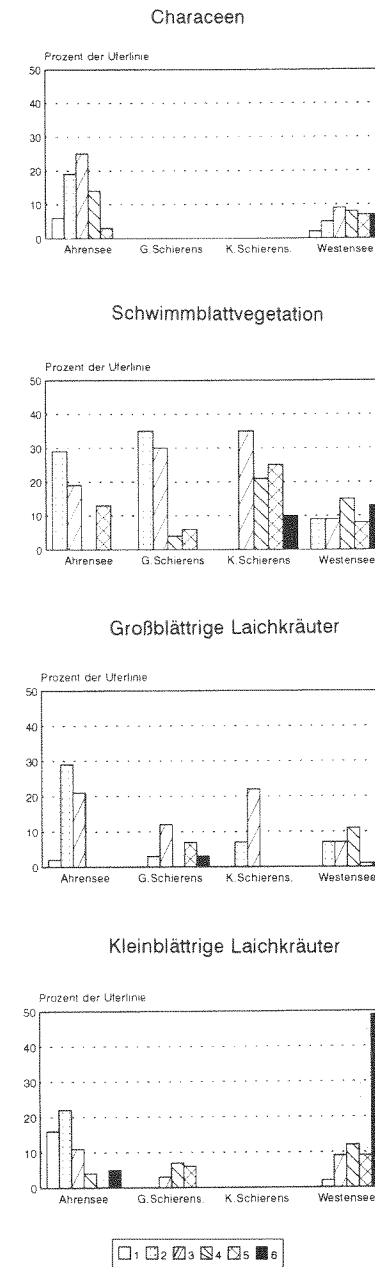


Abb.13 Abundanz und Dominanz der floristisch-ökologischen Artengruppen im Westen-, Ahren-, Großen und Kleinen Schierensee. Deckungsgrade siehe Methodenteil.

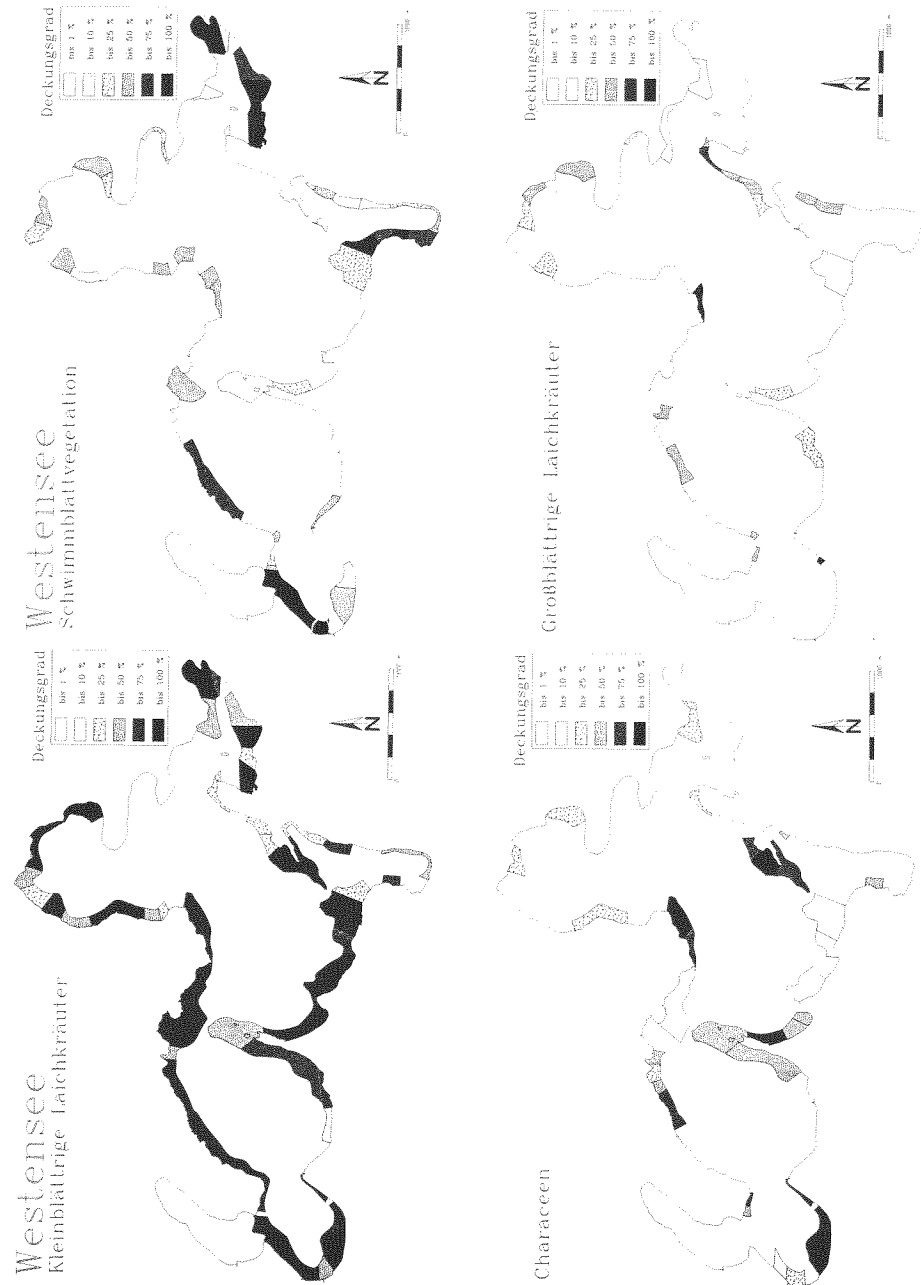


Abb.14 Verbreitung der schmalblättrigen Laichkräuter, der großblättrigen Laichkräuter, der Characeen und der Schwimmblattvegetation im Westensee 1992

Ahrensee

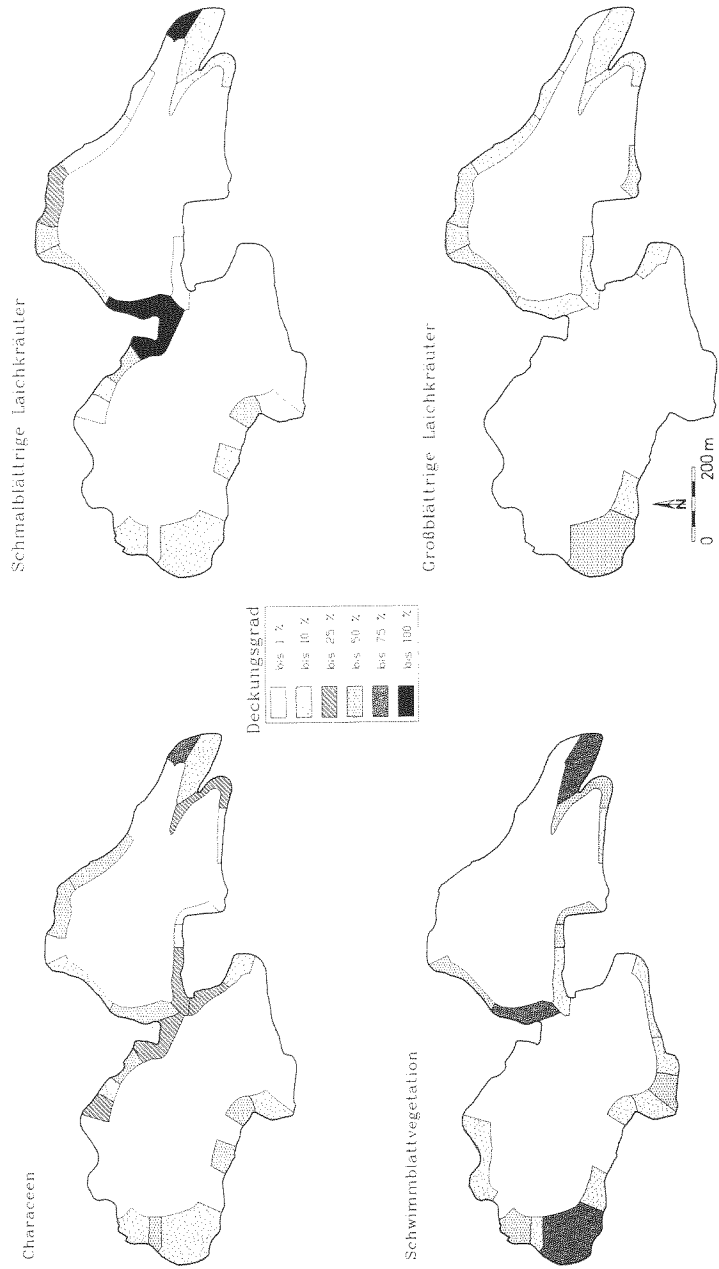


Abb.15 Verbreitung der schmalblättrigen Laichkräuter, der großblättrigen Laichkräuter, der Characeen und der Schwimmblattvegetation im Ahrensee 1992



Abb.16 Verbreitung der schmalblättrigen Laichkräuter, der großblättrigen Laichkräuter und der Schwimmblattvegetation im Großen und Kleinen Schierensee 1992

In Abb. 16 sind deutliche Unterschiede zwischen den vier Seen zu erkennen, was Abundanz und Dominanz der vier Artengruppen betrifft. Ahrensee und Westensee sind trotz ihrer unterschiedlichen Größe gut vergleichbar, beim Großen und Kleinen Schierensee sind aufgrund der Dominanz der Schwimmblattarten einige Einschränkungen zu machen, auf die weiter unten eingegangen wird. Die Gruppe der schmalblättrigen Laichkräuter ist erwartungsgemäß im polytrophen Westensee überproportional stark vertreten (Abb.14), während im mäßig eutrophen Ahrensee zwischen den vier Artengruppen ein ausgeglicheneres Verhältnis herrscht. Hier treten die großblättrigen Laichkräuter und die Characeen gegenüber der Gruppe der schmalblättrigen Laichkräuter weit weniger zurück als im Westensee (Abb.15).

Entsprechende Verteilungen, d.h. einen hohen Anteil schmalblättriger Laichkräuter und geringere Anteile der Characeen- und Großlaichkraut-Vegetation, konnte LANG (1981) 1978 im Bodensee feststellen. Die Phase der Eutrophierung erreichte im ursprünglich oligotrophen Bodensee zwischen 1960 und 1980 ihren Höhepunkt. Damit einher ging eine rasante Ausbreitung der schmalblättrigen Laichkräuter *Zannichellia palustris* und *Potamogeton pectinatus* und ein Rückgang der großblättrigen Laichkräuter und Characeen.

Vergleichen wir den früheren Artenbestand des Westensees (Tab. 4) mit dem heutigen, so ist eine ähnliche Tendenz festzustellen, auch wenn CHRISTIANSEN (1922) kaum Häufigkeitsangaben macht und die Characeen nicht behandelt.

Tab. 4 Historische Angaben zur Verbreitung der Makrophyten nach CHRISTIANSEN (1922) im Westensee-Gebiet. Angegeben sind belegte Erstfunde oder die Häufigkeitsangaben aus der „Flora von Kiel“

	Westensee	Ahrensee
<i>Potamogeton praelongus</i>	1839 Nolte	
<i>Potamogeton lucens</i>	1846 Nolte	
<i>Potamogeton nodosus</i>	Eider bei Marutendorf u. Hohenhude	Keine eindeutige Angabe
<i>Potamogeton x nitens</i>	vorhanden	
<i>Potamogeton x decipiens</i>	1839 u. 1841 Nolte u. im Flemhuder See	
<i>Potamogeton pusillus</i>	zerstreut	
<i>Potamogeton pectinatus</i>	häufiger	
<i>Potamogeton filiformis</i>	zerstreut	
<i>Elodea canadensis</i>	seit 1867 im Gebiet	

Hippuris vulgaris	nicht selten	
Cladium mariscus		1912 Christiansen
Ranunculus reptans	1822 Nolte	
Baldella ranunculoides		1912 Christiansen

Damals waren mindestens vier Großlaichkräuter im See vertreten, heute sind es noch zwei, wobei *Potamogeton lucens* selten ist. Als „zerstreut“ bzw. „häufiger“ werden die Kleinlaichkräuter *Potamogeton pusillus* (Sammelart: umfasst *P. berchtoldii* und *P. panormitanus*) und *P. pectinatus* erwähnt. Nicht erwähnt wird der Teichfaden, heute eine der häufigsten Arten im See.

Vergleich der vier Seen

Auffallend groß sind die Ähnlichkeiten im Arteninventar und in den Häufigkeiten der Arten zwischen Westensee und Ahrensee, wobei der wesentlich kleinere Ahrensee die größere Artenzahl aufweist (Tab. 5). Die floristischen Gemeinsamkeiten können wohl auf die räumliche Nähe, günstige Möglichkeiten für einen Diasporenaustausch zwischen beiden Gewässern und ähnliche Umweltbedingungen zurückgeführt werden.

Die floristischen Unterschiede können aufgrund großer Gemeinsamkeiten unter dem trophischen Gesichtspunkt interpretiert werden. Sie gehen zum Teil auf das Vorhandensein einer Reihe von Arten oligo- bis mesotropher Standorte im Ahrensee und deren Fehlen im Westensee zurück. Offenbar hat der Ahrensee seinen mesotrophen Charakter und damit einen größeren Teil seiner früheren Vegetation länger bewahrt als der Westensee, aus dem eine Reihe von Arten, z.B. *Hippuris vulgaris* verschwunden ist (vgl. Tab. 4). Auffallend ist deren geringe Verbreitung im Ahrensee selbst und der meist deutlich relikthischer Charakter mit eng umgrenzten, kleinen Beständen. Allenfalls *Hippuris vulgaris* läßt eine leichte Ausbreitungstendenz erkennen, nicht aber *Cladium mariscus*, *Carex rostrata*, die noch recht häufige *Chara aspera* oder die bisher nicht wiedergefundene *Baldella ranunculoides*.

Das singuläre Vorkommen der trophie-indifferenten *Fontinalis antipyretica* und *Myriophyllum spicatum* im Ahrensee kann unter diesem Gesichtspunkt allerdings nicht eingeordnet werden.

Artenzahlen ohne bedeutende Unterschiede im Chemismus zu Ahren- und Westensee deuten auf abweichende Standortbedingungen im Großen und Kleinen Schierensee hin. Die meist steil abfallenden Uferzonen bieten nur hier wenig Platz für die Entwicklung größerer Wasserpflanzen-Bestände (Abb. 12), zumal die Beschattung ufernaher Bereiche durch Bäume die Entwicklung einer üppigen submersen Vegetation zusätzlich behindert. Der Wuchsraum für submerse Makrophyten wird fast bis zur unteren Wuchsgrenze durch eine aus zwei Arten bestehende Schwimmblattvegetation weiter eingeschränkt. Unter

den Schwimmblattbeständen kann sich eine zweite Vegetationsschicht kaum etablieren. Tiefere Zonen, die von den Trophie-indifferenten, in ruhigem Wasser sehr konkurrenzstarken Teich- und Seerosen nicht mehr besiedelt werden können, sind aufgrund der geringen sommerlichen Sichttiefen weitgehend frei von submersen Pflanzen-Beständen. Dies mag der Grund dafür sein, daß Characeen und, im Kleinen Schierensee, schmalblättrige Laichkräuter nicht oder nicht mehr vertreten sind.

Westen- und Ahrensee zeichnen sich dagegen durch lange Uferlinien und eine große Standortvielfalt aus. Breite, flach abfallende Uferbänke wechseln mit steil abfallenden Ufern ab und der von der Exposition abhängige Wellengang tritt als differenzierender ökologischer Faktor in unterschiedlichstem Ausmaß in Erscheinung. Entsprechend größer ist der Reichtum an Arten.

Aus der Morphologie und den floristischen Angaben von CHRISTIANSEN (1922) läßt sich schließen, daß Westen- und Ahrensee noch zu Beginn dieses Jahrhunderts dem Typ mesotropher oder schwach eutropher, artenreicher Potamogeton-Seen nach der Definition von SAMUELSSON (1925) angehört haben, floristisch vergleichbar mit dem heutigen Suhrer See. CHRISTIANSEN (1922) gibt mit *Potamogeton filiformis*, *P. praelongus* und *P. nitens* für den Westensee heute verschwundene Arten an, die nach DOLL (1991) ihren Schwerpunkt in meso- bis eutrophen, kaum verschmutzten Klarwasserseen haben.

Vergleich mit anderen holsteinischen Seen

Hinweise auf den trophischen Status liefert auch ein Vergleich der Arteninventare (Tab. 5) und der auftretenden Pflanzengemeinschaften mit anderen limnologisch verwandten, aber unterschiedlich stark eutrophierten Seen derselben Landschaft.

Umfangreiche Darstellungen der Pflanzengesellschaften und eine daraus abgeleitete Charakteristik der Seen des östlichen Hügellandes und Mecklenburgs geben die Arbeiten von SAUER (1937) und aus neuerer Zeit von DOLL (1991). Für einen Vergleich der Gewässer untereinander notwendige, möglichst vollständige Artenlisten und Häufigkeitsangaben liegen dagegen nur für wenige Seen vor.

Aufgrund seiner dem Westen- und Ahrensee ähnlichen morphometrischen und hydrochemischen Eigenschaften und seiner Lage bietet besonders der von FRENZEL (1992) floristisch sorgfältig untersuchte, schwach alkalische und mäßig hydrogencarbonatreiche Suhrer See bei Plön eine ideale Vergleichsmöglichkeit.

FRENZEL (1992) fand unter 31 aquatischen Arten 6 verschiedene Characeen und mit *Potamogeton filiformis* und *P. gramineus* zwei für oligo- bis mesotrophe (Kalk)seen typische Laichkräuter (CASPER und KRAUSCH 1980). Die von Characeen gebildeten Tiefenbestände reichen bis 6 Meter Tiefe. Eutraphente (besser: bei gutem Nährstoffangebot zur Massenentwicklung tendierende) schmalblättrige Laichkräuter treten zwar auf, erreichen aber nicht die

für den Westen- und Ahrensee typische enorme Biomasse-Entwicklung. Auffällig ist auch die hohe Artenzahl, die auf dem Zusammentreffen oligo- bis mesotraphenter und eutraphenter oder Trophie-indifferenten Arten beruht (Tab. 5). In meso- bis schwach eutrophen, klaren Gewässern treten daher oft hohe Artenzahlen auf (CARBIENER et al. 1987, SCHÜTZ 1992). Zu diesen ist auch der Suhrer See zu rechnen, der sich durch hohe sommerliche Sichttiefen um 4 Meter und geringe N- und P-Werte auszeichnet (MAKULLA in FRENZEL 1992).

Tab. 5 Vergleich der Artenzahlen (Hydrophyten) einiger holsteinischer Seen

	Nymphaeiden	Submerse	davon Characeen	Gesamt-Artenzahl
Schöhsee ⁺	4	12	(6)	16 (22)
Suhrer See ⁺⁺	4	26	6	31
Westensee	3	14	1	20
Ahrensee	4	18	2	24
Gr.Schierensee	3	8	–	11
Kl. Schierensee	2	2	–	4

⁺ nach ESTEVES (1979), Characeen nach SAUER (1937)

⁺⁺ nach FRENZEL (1992)

Eine von der des Westen- und Ahrensees deutlich verschiedene Artenzusammensetzung hat auch der ebenfalls nur schwach eutrophe Schöhsee bei Plön (ESTEVES 1979). Nicht von ESTEVES erwähnt werden die eutraphenten Arten *Potamogeton pusillus agg.* und *Zannichellia palustris*, allerdings auch nicht die für den Schöhsee von SAUER (1937) aufgeführten 6 Characeen-Arten.

Am polytrophen Ende der Skala finden wir dann Seen, in denen die submerse Vegetation nur noch aus wenigen Arten besteht oder ganz ausgestorben ist. Oft sind wegen geringer Sichttiefen nur schmale Zonen oder flache Buchten durch wenige Arten besiedelt. Dies ist zum Beispiel der Fall im Gotteskoog-See bei Niebüll und im Belauer See (EcoSys 1992), die fast ausschließlich *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton crispus* beherbergen. Eine reichere Makrophytenvegetation ist für beide Seen aus früheren Zeiten bekannt. Auch die im Einzugsgebiet der Eider liegenden, heute erheblich eutrophierten Seen in der näheren Umgebung Kiels wiesen, wie aus einzelnen Angaben von SAUER (1937) zu schließen ist, bedeutende Makrophytenbestände auf. Die meisten dieser Gewässer sind heute weitgehend frei von submersen Wasserpflanzen. Oft bleibt nur noch *Nuphar lutea* als einzige Art übrig, so z.B. im flachen, stark eutrophierten Schulensee.

Die vier untersuchten Seen bieten heute noch einer großen Zahl von Arten hinreichend günstige Lebensbedingungen, mit deren etappenweisem Ver-

schwinden bei unveränderter Nährstoffbelastung und abnehmenden Sichttiefen allerdings zu rechnen ist.

Zusammenfassung

Gegenstand dieser Untersuchung ist eine aus Westensee, Ahrensee, Großem und Kleinem Schierensee bestehende Seengruppe der schleswig-holsteinischen Jungmoränenlandschaft nahe Kiel.

Beabsichtigt war eine Charakterisierung der Gewässer anhand ihrer makrophytischen Vegetation. Neben der flächendeckenden Kartierung der Wasserpflanzen und Röhrichte wurden begleitend hydrochemische und -physikalische Untersuchungen durchgeführt, um den Trophiegrad bzw. die Belastung mit Nährstoffen zu ermitteln.

Alle vier Seen sind alkalisch und mäßig kalkreich und zeigen die für eutrophe Seen typischen Blaualgenblüten. Anhand von Sichttiefen, Sauerstoffprofilen und Nährstoffgehalten lassen sich der Westensee als polytroph, der Große Schierensee als stark eutroph, Ahrensee und Kleiner Schierensee als mäßig eutroph einstufen. Wesentliche Änderungen des Trophiestatus konnten für die letzten 10-20 Jahre nicht festgestellt werden.

Westen- und Ahrensee weisen im Litoral ausgedehnte Wasserpflanzenbestände auf, deren Zusammensetzung und Struktur enge Beziehungen zur Windexposition zeigt. Eine Einteilung der Wasserpflanzen in floristisch-ökologisch definierte Artengruppen ergab eine gute Übereinstimmung mit dem aus Meßergebnissen abgeleiteten Trophiegraden beider Seen. Im stärker eutrophierten Westensee dominieren die schmalblättrigen Laichkräuter, im mäßig eutrophen Ahrensee herrscht ein ausgeglicheneres Mengenverhältnis zwischen Characeen, großblättrigen und schmalblättrigen Laichkräutern.

Großer und Kleiner Schierensee besitzen eine relativ schmale Litoralzone, die überwiegend von Schwimmblattpflanzen okkupiert wird und submersen Beständen nur wenig Siedlungsraum bietet. Sie sind mit 11 bzw. 4 Arten wesentlich ärmer an Hydrophyten als Ahrensee und Westensee mit 24 bzw. 20 Arten.

Das frühere Arteninventar des Westensees unterscheidet sich erheblich von dem heutigen. Viele Arten, insbesondere eine Reihe von mesotraphenten Großlaichkräutern, sind verschwunden.

Die Verschiebungen im Arten- und Abundanzspektrum können auf zunehmend schlechtere Lebensbedingungen für oligo- bis mesotraphente Arten durch Nährstoffbelastungen zurückgeführt werden. Ein floristischer Vergleich mit schwach eutrophen Seen derselben Landschaft erhärtet diese Vorstellung, da die frühere Flora des Westen- und Ahrensees der der Vergleichsgewässer und anderer schwach belasteter Seen Norddeutschlands weit ähnlicher war als die heute existierende Flora.

Danksagung

Bedanken möchten wir uns bei F. & U. Schwarzmeyer (Marutendorf), H. J. Brüning (Hohenhude), Frau Schöer, Herrn Groth und Herrn Jux (Schierensee),

Herrn Jörs (Westensee) und M. Kölbl (Kiel), die uns mit Rat und Tat bei den Untersuchungen unterstützt haben und ohne deren Hilfe dieses Unterfangen in so knapper Zeit kaum zu realisieren gewesen wäre.

Die Untersuchungen im Westen- und Ahrensee wurden im Auftrag und mit finanzieller Unterstützung des Landesamtes für Wasser und Küsten Schleswig-Holstein durchgeführt; auch den Geldgebern sei an dieser Stelle gedankt.

Literatur

- BARKO, J. W. & R.M. SMART (1986): Sediment-related mechanisms of growth limitation in submersed macrophytes. *Ecology* 67(5). 1328-1340
- BÖTTGER, K.(1980): Die ökologische Situation des Großen Schierensees. *Schrift. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holstein* 50. 107-130
- CARBIENER, R & A.ORTSCHEIT (1987): Wasserpflanzengesellschaften als Hilfe zur Qualitätsüberwachung eines der größten Grundwasservorkommen Europas (Obertheinebene); in Miyawaki, A. et al., *Vegetation ecology and creation of new environments. Proceed. Intern. Sym.Tokyo.*
- CARLS, U. (1994): Aquatische Sedimente der Westensee-Seenplatte und ihre Eignung zur Trophie-Indikation. *Dipl. Arbeit Univ. Kiel*
- CASPER, S.J. & H.D.KRAUSCH (1980): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Pteridophyta und Anthophyta – Bd. 23 & 24. Stuttgart, New York
- CHAMBERS, P. (1987): Light and nutrients in the control of aquatic plant community structure. II. in situ observations. *Journal Ecol.* 75. 621-628
- CHRISTIANSEN, A. W. & W. (1922): Flora von Kiel. 330 S. Kiel
- DIERSSEN, K. & U. MIERWALD (1987): Atlas der Flora Schleswig-Holsteins und Hamburgs. Neumünster
- DIERSSEN, K. (1973): Die Vegetation des Gildehauser Venns. *Beih. Ber. Naturhist. Ges.* 8. 118 S.
- DOLL, R. (1991): Die Pflanzengesellschaften der stehenden Gewässer in Mecklenburg-Vorpommern. Teil I. 3. Potamogetonetea Tx. et Prsg. 42 – Laichkrautgesellschaften. *Feddes Repertorium* 102, 3-4. 217-317
- DOMIER, K. & M.HAACK (1969): Die Landkarten von Joh. Meier, Husum, aus der neuen Landbeschreibung der zwei Herzogtümer Schleswig und Holstein von Caspar Danckwerth D. 1652, Hamburg-Bergedorf
- EcoSys (1992): Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette. *Arbeitsbericht 1988-91.* Kiel
- ESTEVEZ, F. A. (1979): Die Bedeutung der aquatischen Makrophyten für den Stoffhaushalt des Schöhsees. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 57. 117-143
- FRENZEL, B. (1992): Die Ufer- und Makrophytenvegetation des Suhrer Sees. *Dipl.-Arbeit Univ. Kiel*
- GRIPP, K. (1964): Erdgeschichte von Schleswig-Holstein. Neumünster
- HOLMES, N. T. H. & B. A. WHITTON (1977): Macrophytic vegetation of the river Swale, Yorkshire. *Freshwater Biol.* 7. 545-558
- IVERSEN, J. (1929): Studien über die pH-Verhältnisse dänischer Gewässer und ihren Einfluß auf die Hydrophyten-Vegetation. *Bot. Tidsskrift* 40. 277-331
- KLIMANT, A. (1986): Vegetationskundliche Untersuchungen am Ahrensee. *Kieler Notizen* 18, 1: 1-56
- KOHLER, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft + Stadt* 10. 73-85
- KRAUSE, W. 1981: Characeen als Bioindikatoren für den Gewässerzustand. *Limnologia*, 13/2. 399-418
- LACHAVANNE, J.-B. & R. WATTENHOFER (1975): Contribution a l' etude des macrophytes de Leman. *Conserv. Bot. Geneve.* 147 S.
- LANDESAMT für NATURSCHUTZ und LANDSCHAFTSPFLEGE SCHLESWIG-HOLSTEIN (1990): Seeufer schleswig-holsteinischer Seen – Zustand, Nutzung, Gefährdung, Schutz – Westensee
- LANDESAMT FÜR WASSERHAUSHALT UND KÜSTEN SCHLESWIG-HOLSTEIN (1977): Untersuchung über den Zustand des Westensee, Bossee, Ahrensee (Okt.1973-Nov.1974). *Mskr.*
- LANDESAMT FÜR WASSERHAUSHALT UND KÜSTEN SCHLESWIG-HOLSTEIN: Seenkontrollmeßprogramm 1983-1991
- LANG, G. (1973): Die Makrophytenvegetation in der Uferzone des Bodensees. *Int. Gew.schutz-Komm. Bodensee* 12
- LANG, G. (1981): Die submersen Makrophyten des Bodensees – 1978 im Vergleich mit 1967 –. *Int. Gew.schutz-Komm. Bodensee* 26
- LOHAMMAR, G. (1938): Wasserchemie und höhere Vegetation schwedischer Seen. *Diss.-Symb. bot. Ups.* 3, 1. Uppsala
- MARISTO, L. (1941): Die floristischen Seetypen Finnlands. *Ann. Bot.Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo* 15, 5. 1-306
- MELZER, A. (1976): Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayerischer Seen – dargestellt im Rahmen limnologischer Untersuchungen an den Osterseen und den Eggstätt – Hemhofer Seen (Oberbayern). *Diss. Bot.* 34. Vaduz.
- MELZER, A. (1988): Die Gewässerbeurteilung bayerischer Seen mit Hilfe makrophytischer Wasserpflanzen. *Hohenheimer Arbeiten. Gefährdung u. Schutz von Gewässern.* Stuttgart
- MELZER, A., R. HARLACHER, E. VOGT (1987): Verbreitung und Ökologie makrophytischer Wasserpflanzen in 50 bayerischen Seen. *Ber. Akademie Naturschutz Landschaftspfl., Beih.* 6. 145-166
- MICHLER, G. (1987): Temperatur- und Sauerstoffmessungen an 32 südbayerischen Seen zur Zeit der Homothermiephase im Frühjahr 1984 und zur Sommerstagnation im August 1984. *Ber. Akademie Naturschutz Landschaftspfl., Beih.* 6. 145-166
- NICHOLS, S. A. & B. H. SHAW (1986): Ecological life histories of the three aquatic nuisance plants, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus* and *Elodea canadensis*. *Hydrobiologia* 131. 3-21
- OHLE, W. (1955a): Beiträge zur Produktionsbiologie der Gewässer. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* XXII, 3/4. 456-479
- OHLE, W. (1955b): Die Ursachen der rasanten Seeneutrophierung. *Verh. Int. Ver. Limn.* 12. 373-382
- OHLE, W. (1965): Nährstoffanreicherung der Gewässer durch Düngemittel und Meliorationen. *Münchener Beiträge* 12. 54-83

- POTT, R. (1985): Zur Synökologie nordwestdeutscher Röhrichtgesellschaften. Verh. Ges. f. Ökologie 13 (Bremen 1983). 111-119
- ROWECK, H. & W. SCHÜTZ (1988): Zur Verbreitung seltener sowie systematisch kritischer Laichkräuter (Potamogeton) in Baden-Württemberg.- Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.63: 431-524
- ROWECK, H. (1986): Zur Vegetation einiger Stillgewässer im Südschwarzwald.- Arch. Hydrobiol. Suppl. 66: 455-494
- SAMUELSSON, G (1925): Untersuchungen über die Höhere Wasserflora von Dalarna. Svenska Växtsoc. Sällskapets Handl.9
- SCHOTT, C. (1956): Die Naturlandschaften Schleswig-Holsteins
- SCHÜTZ, W. (1991): Bioindikation mit Hilfe Höherer Wasserpflanzen; Möglichkeiten und Grenzen. Verh. Ges. f. Ökologie 20 (Freising-Weihenstephan 1990). 521-528
- SCHÜTZ, W. (1992): Ökologie, Struktur und Verbreitung der Fließwasserflora Oberschwabens und der Schwäbischen Alb. Dissertationes Botanicae 192. Stuttgart: 1-195
- SCHÜTZ, W. (1993): Verbreitung und floristisch-ökologische Zonierung der Wasserpflanzen in der badischen Oberrheinaue nach dem Bau des Rheinseitenkanals. Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim 2. 139-158
- SCHWOERBEL, J. (1987): Einführung in die Limnologie. Stuttgart
- 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 in Scotland. J. Ecol. 55. 147-170
- THIENEMANN, A. (1928): Der Sauerstoff im eutrophen und oligotrophen See. Die Binnengewässer 4. Stuttgart
- TOMASZEWICZ, H. (1988): Similarity of habitat requirements of *Glycerium maxime* Hueck 1931 and *Acoretum calami* Kobendza 1948 phytocenoses. Acta hydrobiol. 30, 3/4. 341-352
- WEGEMANN, G. (1912): Die Seen des Eidergebietes. Petermanns geogr. Mitt.
- WEISNER, S. E. B., W. GRANALI, B. EKSTAM (1993): Influence of submergence on growth of seedlings of *Scirpus lacustris* and *Phragmites australis*. Freshwater Biology 29. 371-375
- WIEGLEB, G. (1981): Struktur, Verbreitung und Bewertung von Makrophytengesellschaften niedersächsischer Fließgewässer. Limnologica 13, 2. 427-448

Anschrift der Verfasser

Dr. W. Schütz, Prof. Dr. H. Roweck, M. Nordhus, C. Frieling
 Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie
 Christian-Albrechts-Universität
 Olshausenstr. 40
 24098 Kiel