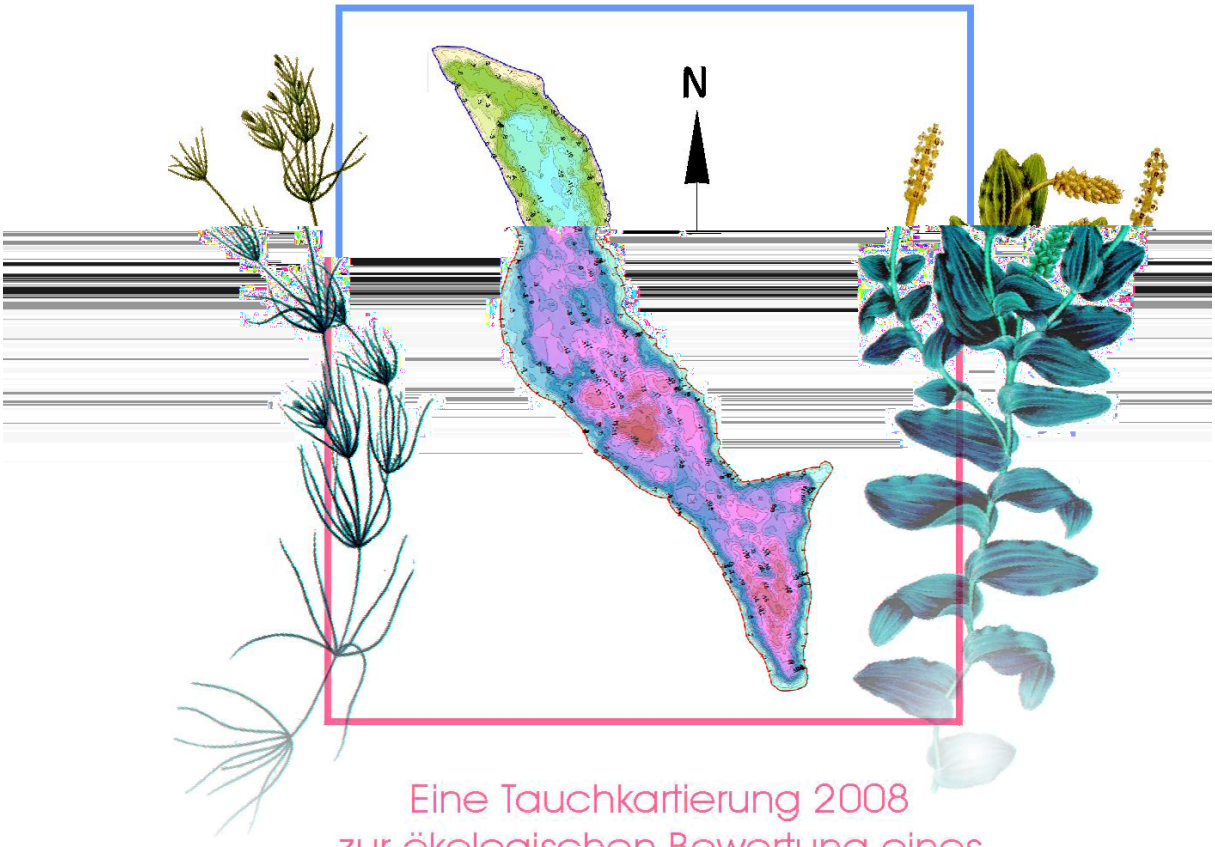
bln
büro für
landschaftsökologie
und naturschutz

Peter Golombek

Kartierung der submersen Makrophyten im Hohendeicher See



Eine Tauchkartierung 2008
zur ökologischen Bewertung eines
Hamburger Baggersees gemäß der
EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)
im Auftrag der Behörde
für Stadtentwicklung und Umwelt

Die Kartierung der submersen Makrophyten im Hohendeicher See.

- Ergebnisse von Tauchuntersuchungen 2008 -

Auftragnehmer:

büro für landschaftsökologie und naturschutz (bln)

Dr. Peter Golombek

Auftraggeber:

FHH

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt
- Amt für Umweltschutz -
- Gewässerschutz -

Dezember 2008

1. Inhaltsverzeichnis

2. Die Untersuchungsziele 6

3. Einleitung 7

4. Hydrographie 8

5. Methodik 10

5.1 Kartierung der Unterwasservegetation 10
5.2 Bewertung der submersen Makrophyten-Bestände im Hohendeicher See gemäß der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) 12
5.3 Kartierung der Standortfaktoren 16
5.4 Der Vergleich der Vegetationsprofile 16

6. Ergebnisse: Die submersen Makrophyten-Bestände 2008 im Vergleich zu 1995/96 17

6.1 Die kartierten Makrophytenarten 17
6.2 Zusammenfassung 22

7. Beschreibung der nachgewiesenen submersen Makrophyten 24

7.1 *Elodea nuttallii* (Fam. Hydrocharitaceae - Froschbissgewächse) 24
7.2 Potamogeton perfoliatus (Fam. Potamogetonaceae - Laichkrautgewächse) 27
7.3 Potamogeton pusillus (Fam. Potamogetonaceae - Laichkrautgewächse) 29
7.4 Potamogeton pectinatus (Fam. Potamogetonaceae - Laichkrautgewächse) 32
7.5 Ranunculus circinatus (Fam. Ranunculaceae - Hahnenfußgewächse) 35
7.6 Ceratophyllum demersum (Fam. Ceratophyllaceae - Hornblattgewächse) 37
7.7 Chara vulgaris (Fam. Characeae - Armleuchteralgen) 40
7.8 Chara globularis (Fam. Characeae - Armleuchteralgen) 43
7.9 Nitellopsis obtusa (Fam. Characeae - Armleuchteralgen) 45

8. Der Vergleich der Vegetationsprofile von 2008 und 1995/96 48

8.1 Vegetationsprofil am Flachufer des Transekts 17 48
8.2 Vegetationsprofil am mittelsteilen Ufer des Transekts 2 48
8.3 Vegetationsprofil Steilufer des Transekts 25 48
8.4 Zusammenfassung 49

9. Ergebnisse des PHYLIB-Verfahrens - Die Ermittlung der „Ökologischen Zustandsklasse“ 50

9.1 Die ermittelte „Ökologische Zustandsklasse“ im Hohendeicher See 50
9.2 Die ökologischen Artengruppen 50

10. Die heutige Nutzung des Hohendeicher Sees 52

11. Wertbestimmende Faktoren: 55

12. Literaturverzeichnis 56

13. Anhang 61

Verzeichnis aller Abbildungen:

Abbildung 1: Isobathenkarte des Hohendeicher Sees. 9
Abbildung 2: Schematisierte Änderung der Gesamtabundanz der drei Artengruppen mit zunehmender Degradation. 13
Abbildung 3: Die prozentuale Verteilung der Arten in 22 Transekten (2008) 21
Abbildung 4: Die prozentuale Verteilung der Arten in 81 Transekten (1995/96).... 21
Abbildung 5: Die prozentuale Verteilung der Arten in den 4 Tiefenzonen von 22 Transekten.... 22
Abbildung 6: Das Tiefenprofil von Elodea nuttallii 1995/96 und 2008. 24
Abbildung 7: Darstellung von Elodea nuttallii und Elodea canadensis. 26
Abbildung 8: Das Tiefenprofil von Potamogeton perfoliatus 1995/96 und 2008.... 27
Abbildung 9: Die Darstellung von *Potamogeton perfoliatus* und *P. crispus*. 28
Abbildung 10: Das Tiefenprofil von Potamogeton pusillus 1995/96 und 2008. 30
Abbildung 11: Die Darstellung von Potamogeton pusillus. 31
Abbildung 12: Das Tiefenprofil von Potamogeton pectinatus 1995/96 und 2008.... 32
Abbildung 13: Darstellung von Potamogeton pectinatus. 34
Abbildung 14: Das Tiefenprofil von Ranunculus circinatus 1995/96 und 2008. 35
Abbildung 15: Darstellung von Ranunculus circinatus.... 36
Abbildung 16: Das Tiefenprofil von Ceratophyllum demersum 1995/96 und 2008. 38
Abbildung 17: Darstellung von Ceratophyllum demersum.... 39
Abbildung 18: Das Tiefenprofil von Chara vulgaris 2008.... 41
Abbildung 19: Darstellung von Chara vulgaris. 42
Abbildung 20: Das Tiefenprofil von Chara globularis 2008. 43
Abbildung 21: Darstellung von Chara globularis.... 44
Abbildung 22: Das Tiefenprofil von Nitellopsis obtusa 1995/96 und 2008. 46
Abbildung 23: Darstellung von Nitellopsis obtusa.... 47
Abbildung 24: Anteil der Arten der ökologischen Artengruppen A, B und C am potenziellen Inventar (Referenzzustand) des Seentyps TKg13 und aktuell am Hohendeicher See. 51
Abbildung 25: Die Transektbeschriftungen und ihre Bedeutung. 72
Abbildung 26: Darstellung eines Vegetationsprofils am Flachufer des Transektes 17 von 2008. 79
Abbildung 27: Darstellung eines Vegetationsprofils am Flachufer des Transektes 17 von 1995/96... 80
Abbildung 28: Darstellung eines Vegetationsprofils am mittelsteilen Ufer des Transektes 2 von 2008. 81
Abbildung 29: Darstellung eines Vegetationsprofils am mittelsteilen Ufer des Transektes 2 von 1995/96.... 82
Abbildung 30: Darstellung eines Vegetationsprofils am Steilufer des Transektes 25 von 2008. 83
Abbildung 31: Darstellung eines Vegetationsprofils am Steilufer des Transektes 25 von 1995/96.... 84

Verzeichnis aller Tabellen:

Tabelle 1: Die morphometrischen Daten des Hohendeicher Sees. 8
Tabelle 2: Pflanzenmengenskala nach KOHLER (1978). 10
Tabelle 3: Seentypen-Klassifizierung des Hohendeicher Sees. 14
Tabelle 4: Indexgrenzen für die Einteilung der Ökologischen Zustandsklassen geschichteter Seen des Norddeutschen Tieflandes, Typ 13 (nach MATHES et al. (2002) aus SCHAUMBURG et al. 2007. 15
Tabelle 5: Die kartierten submersen Makrophyten-Arten im Hohendeicher See 2008. 17
Tabelle 6: Weitere in den letzten Jahren im Hohendeicher See nachgewiesene submerse Makrophyten-Arten. 18
Tabelle 7: Liste der Indikator-Arten und ihre Zuordnung in eine von drei trophiedifferenzierten ökologischen Artengruppen für den Gewässertyp TKg13. 61
Tabelle 8: Die ermittelten „Ökologischen Zustandsklassen“ der untersuchten Transekte. – Kurzfassung - 62
Tabelle 9: Die ermittelten „Ökologischen Zustandsklassen“ der untersuchten Transekte. – Langfassung - 63

Verzeichnis aller Karten:

Karte 1: Übersichtskarte des Hohendeicher Sees mit der Unterteilung in 6 Bereiche. 71
Karte 2: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 1. 73
Karte 3: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 2. 74
Karte 4: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 3. 75
Karte 5: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 4. 76
Karte 6: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 5. 77
Karte 7: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 6. 78

2. Die Untersuchungsziele

Die vorliegende Untersuchung verfolgt 2 Ziele:

1. Die EG-Wasserrahmenlichtlinie (WRRL) verpflichtet die EU-Mitgliedsstaaten spätestens bis zum Jahr 2015 einen „guten ökologischen Zustand“ für alle Oberflächengewässer zu erreichen. Dieser soll durch eine vielseitige Tier- und Pflanzenwelt sowie durch eine naturnahe Gewässerstruktur und die Einhaltung chemischer Emissions- und Immissionsgrenzwerte erreicht werden.

   Daher dient diese Untersuchung zunächst der ökologischen Bewertung dieses Oberflächengewässers im Rahmen der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und des Hamburger Überwachungsprogramms 2007/2008 (BSU 2006).

   Submerse Makrophyten beschreiben aufgrund ihrer Lebensdauer und Populationsrhythmik den Zustand eines Gewässers genauer als es z. B. durch die limnologischen Bestimmungen (Chlorophyll a-Gehalt u.a.) möglich wäre. Sie geben uns Aufschluss über den Zustand der Wasserqualität eines Sees über einen längeren Zeitraum (HOESCH & BUHLE 1996).

   Die Untersuchungsmethodik folgt der „*Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen*“ nach SCHAUMBURG et al. (2007). Limnochemische und -physikalische Untersuchungen waren nicht Bestandteil dieser Arbeit.
2. Ein Vergleich mit den Untersuchungen von GOLOMBEK (1996) soll mögliche Veränderungen der Makrophyten-Bestände in den letzten 12 Jahren aufzeigen.

3. Einleitung

Der Hohendeicher See liegt in den Vier- und Marschlanden. Nach der Sturmflut von 1962 wurde der neue Overwerder Hauptdeich an der Elbseite des alten Vorlandes gebaut. Das Klei- und Kiesmaterial zum Bau dieses Deiches wurde in dem Gebiet zwischen altem und neuen Deich entnommen. So entstand 1966 der Hohendeicher See als ein Baggersee. Er wird in den Sommermonaten intensiv als Bade-, Surf- und Tauchgewässer genutzt. Trotz dieser Nutzung besitzt er aus biologischer Sicht eine hohe ökologische Wertigkeit durch seine Röhrichtsäume, seine intakte reichhaltige Unterwasservegetation, seine Fischfauna sowie durch die hohe Artenvielfalt der Klein- und Kleinstlebewesen. Derartige Seen sind in Nordwestdeutschland selten geworden und bedürfen daher unserer aller Aufmerksamkeit, um diese Lebensräume auch für die Zukunft zu erhalten.

Frühere Untersuchungen (HAGGE et al. 1987, EGGERT 1987, VÖGE 1994) erbrachten Anzeichen für Eutrophierungstendenzen im See, die auch die Tauchuntersuchungen von GOLOMBEK (1996) bestätigten. Von 10 damals nachgewiesenen Makrophytenarten standen 6 auf der damals aktuellen Roten Liste von Hamburg. Deshalb wurde das Gewässer in diesem Gutachten als besonders wertvoll eingestuft.

4. Hydrographie

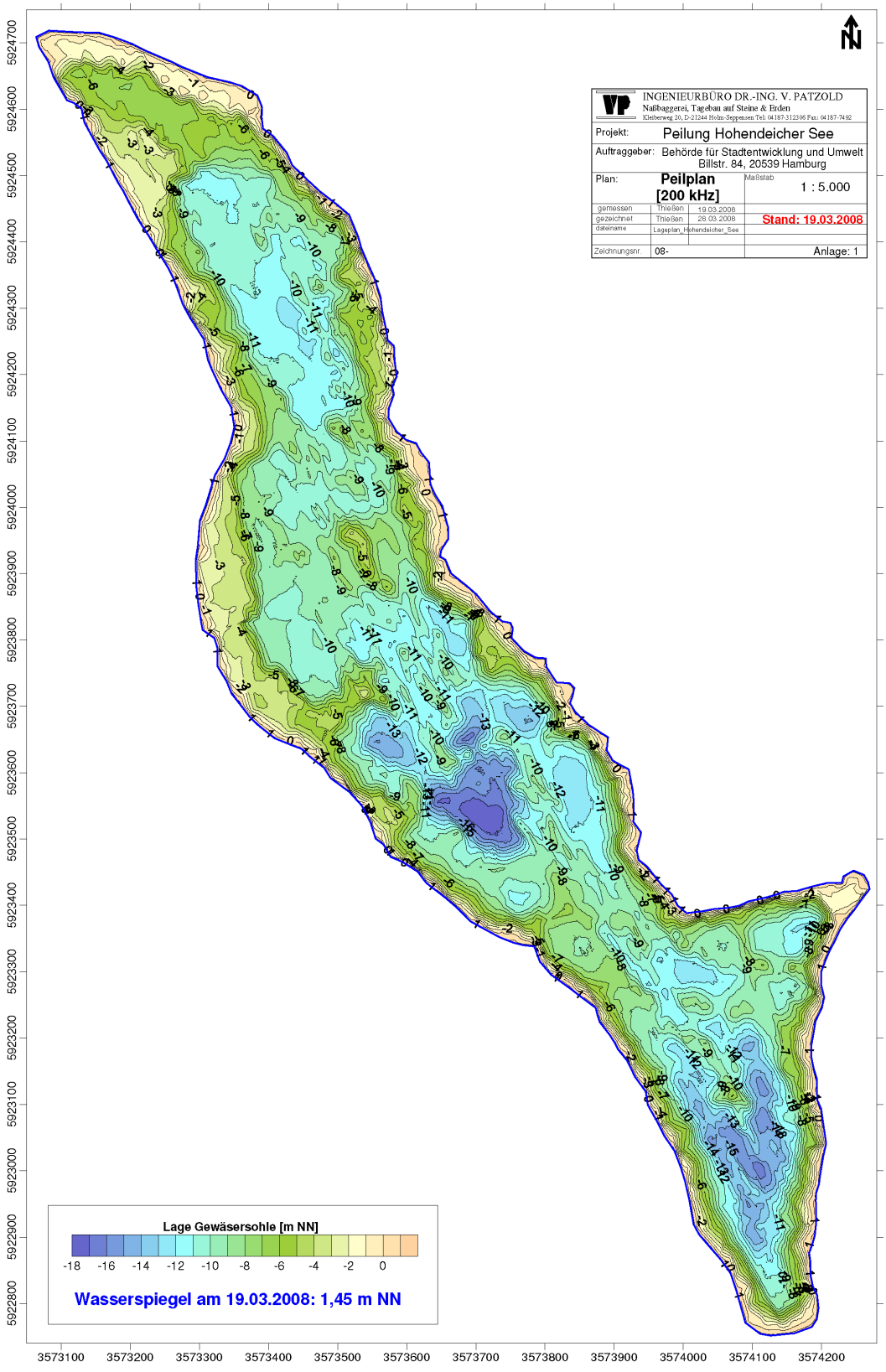
Die morphmetrischen Daten des Hohendeicher Sees sind in der Tabelle 1 aufgelistet. Die Angaben zur Hydrographie des Sees stammen aus HAGGE et al. (1987). Vor den Ausbaggerungsarbeiten 1966 lag der See im Tideeinfluss der Elbe. Der Süßwasserpriel „Dobber“ durchzog das Gebiet. Er wurde größtenteils zugeschüttet. Mit der Vorverlegung des neuen Deiches als Verbindung zwischen Oortkaten und Overwerder ging das tidebeeinflusste Land verloren.

Tabelle 1: Die morphometrischen Daten des Hohendeicher Sees.

Größte Länge:	2260	m
Größte Breite:	440	m
Seeoberfläche:	620.000	m²
Seeoberfläche:	0,62	km²
Seevolumen:	6.200.000	m³
Größte Tiefe:	19,0	m
Mittlere Tiefe:	10,0	m
Uferlänge:	5400	m
Uferentwicklung:	1,93	

Einen oberirdischen Abfluss besitzt der Hohendeicher See nicht. Die Grundwasserverhältnisse im Bereich des Sees werden deutlich von der Elbe beeinflusst. Langfristige Hoch- und Niedrigwasserstände der Elbe wirken sich über den sandigen Untergrund auf den Wasserstand des Sees aus. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Hohendeicher See im Strom des Elbinterstitials liegt und in nordwestlicher Richtung durchflossen wird. Bei extremem Niedrigwasser der Elbe können sich diese Verhältnisse jedoch auch umkehren und das Grundwasser von Nord-Osten durch den See der Elbe zufließen. Die Tiefenkarte (siehe Abbildung 1) zeigt, dass der Seeboden morphologisch in seiner Längsrichtung in drei Becken gegliedert ist.

Abbildung 1: Isobathenkarte des Hohendeicher Sees.



5. Methodik

5.1 Kartierung der Unterwasservegetation

Erfasst wurden ausschließlich submerse Makrophyten. Der Begriff Makrophyt beinhaltet im PHYLIB-Verfahren nach SCHAUMBURG et al. (2006) alle submersen sowie unter der Mittelwasserlinie wurzelnden makrophytischen Wasserpflanzen (Characeen, Wassermoose und Gefäßpflanzen).

Makrophyten sind in einem Gewässer unterschiedlichen Standortbedingungen ausgesetzt. Faktoren wie Wassertiefe, Lichtklima, Substratzusammensetzung, Grundwassereinfluss sowie die Nährstoffgehalte im Freiwasser bzw. im Sediment bestimmen die Lebensbedingungen von Wasserpflanzen. Die Standortbedingungen können oft in sehr kleinräumigem Maßstab wechseln und erzeugen damit eine mosaikartige Struktur der Makrophytenbiozönose (SCHMID 1965, MELZER et al. 1986).

Die Makrophyten des Hohendeicher See wurden, wie bereits 1995/96, mittels einer Tauchkartierung untersucht, dabei wurde die Transektmethode angewandt. Dabei taucht man die senkrecht zur Uferlinie führenden Transekte ab. Die Tauchgänge werden mit Pressluft durchgeführt. Unter Wasser wird bei jedem Transekt mit einem Tiefenmesser (Fabrikat Aladin, Fa. Uwatec, Schweiz) die Wassertiefe festgehalten, wo der Bewuchs beginnt bzw. endet. Diese Messung ist auf ca. 0,1 m genau. Die im Transekt vorkommenden Pflanzenarten und ihre Häufigkeit werden notiert. Die untersuchte Transektbreite beträgt 10 – 20 m Breite, bei den Untersuchungen 1995/96 hingegen nur 3 – 5 m Breite.

Tabelle 2: Pflanzenmengenskala nach KOHLER (1978).

Beschreibung	Pflanzenmenge
sehr selten, vereinzelt	1
selten	2
verbreitet	3
häufig	4
sehr häufig, massenhaft	5

MELZER & SCHNEIDER (2001) empfehlen eine sog. Abschnittskartierung, d. h. eine Einteilung der Transekte in vier Tiefenstufen bzw. Tiefenzonen (diese Methode wurde 1995/96 nicht angewandt):

1. 0 – 1 m
2. 1 – 2 m
3. 2 – 4 m
4. 4 m bis zur unteren Vegetationsgrenze

In jeder Tiefenstufe wird die Pflanzenmenge (Artmächtigkeit) jeder gefundenen Art anhand der 5-stufigen Skala nach KOHLER ermittelt (siehe Tabelle 2). Im Flachwasserbereich angeschwemmte Arten werden dabei nicht berücksichtigt.

Um zu einer gesicherten ökologischen Bewertung eines Sees zu gelangen, sollten möglichst alle vorhandenen Makrophytenarten erfasst werden. Die Anzahl der zu untersuchenden Transekte eines Sees sind daher abhängig von seiner Größe, aber auch von seiner strukturellen Zusammensetzung. So erfordern zahlreiche Buchten, kleine Inseln, unterschiedliche Beschattung sowie ein stark modellierter Unterwasserbereich eine höhere Anzahl von Untersuchungen als ein einfach geformter See wie der Hohendeicher See. Die „*Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen*“ nach SCHAUMBURG et al. (2007) empfiehlt für vergleichbare Seen mit einer Wasseroberfläche zwischen 0,5 - 2,0 km² eine Transektanzahl von 4 bis 8.

In dieser Untersuchung wurden allerdings 22 besonders interessante Transekte[1] von 81 Transekten ausgewählt, die bereits in den Jahren 1995/96 (GOLOMBEK 1996) untersucht worden waren. Diese Anzahl ermöglicht eine sinnvolle, den gesamten Hohendeicher See erfassende, Betrachtung der Entwicklung der Makrophyten-Bestände in den vergangenen 12 Jahren gemäß des 2. Untersuchungszieles (siehe oben).

Um den Einfluss der unterschiedlichen Gewässernutzung auf die Unterwasservegetation zu ermitteln, wurden die Transekte nach unterschiedlichen Kriterien ausgesucht. Eine Reihe von ihnen lag im Bereich von stark besuchten Badebuchten und Surfstränden, andere in ruhigeren Bereichen, z.B. vor Röhrichten oder in fast unberührten Flachwasserbuchten (z. B. an der Ostseite des Sees).

Die Tauchuntersuchungen fanden zur Zeit des Hochsommeraspektes statt in der Zeit vom 13. Juli bis zum 29. Juli 2008.

[1] Der Speicher-CD dieses Gutachtens liegt eine KMZ-Datei bei, die die Lage der Transekte in Google-Earth anzeigt.

5.2 Bewertung der submersen Makrophyten-Bestände im Hohendeicher See gemäß der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Als Bewertungsgrundlage für diese Bewertung der Hamburger Gewässer ist das PHYLIB-Verfahren. Das PHYLIB-Verfahren wurde vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft entwickelt (SCHAUMBURG et al. 2007).

Dieses biologische Bewertungsverfahren ist leitbildbezogen:

- Das heißt, die Biozönose des zu bewertenden Gewässers wird mit derjenigen des sogenannten Referenzzustandes eines Gewässertyps verglichen (STELZER 2003).
- Gewässertypen fassen ähnliche Biozönosen zusammen. Als Leitbild (Referenz) dienen unbelastete und möglichst ungestörte Gewässer eines Gewässertyps (Referenzgewässer). Die Makrophyten- und Phytobenthos-Biozönose sind ein wichtiger Indikator für den Nährstoffgehalt des Wassers und des Sediments (BSU 2006).

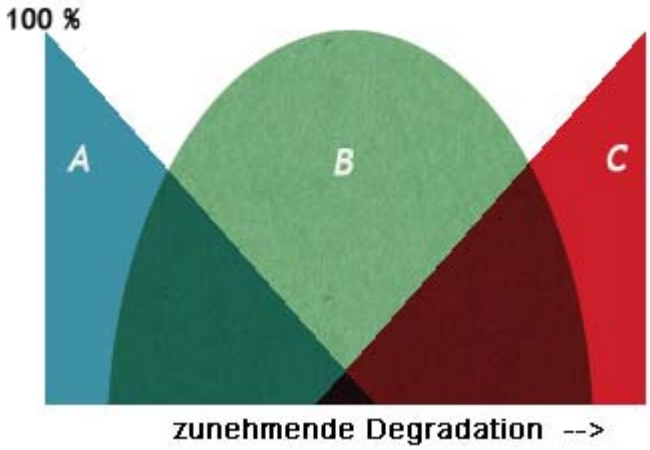
Eine sehr gute Beschreibung des PHYLIB-Verfahrens liefern SAGERT et al. (2008):

> *„Dieses Verfahren zielt auf das Aufzeigen einer Gewässerdegradation als Abweichung von einem gewässertypspezifischen Optimalzustand (Referenzzustand). Dabei wird für die Qualitätskomponente Makrophyten der Referenzzustand eines Seentyps nicht direkt beschrieben.*
>
> *Die Bewertung erfolgt vielmehr anhand einer Beschreibung der quantitativen und qualitativen Ausbildung der Unterwasservegetation. Dies basiert auf der Eingruppierung der Arten in Referenzarten (A-Arten), Störungszeiger (C-Arten) und tolerante Arten (B-Arten, Erklärung s.u.). Der daraus abgeleitete zahlenmäßige Referenz-Index (RI) ist das Verhältnis der Summe der jeweiligen Bedeckung (Kohlerskala in KOHLER 1978) von A- und C-Arten zur Gesamtbedeckung aller Arten.*
>
> *Die Zuordnung einer Art zu einer der drei ökologischen Kategorien basiert im Wesentlichen auf der Indikation der Art gegenüber der Trophie (siehe Tabelle 7 im Anhang). Grundlage dieses Bewertungskonzeptes war der von MELZER & SCHNEIDER (2001) erarbeitete Makrophytenindex zur Beschreibung der Trophie in bayrischen Seen“.*

Artengruppe A enthält die Arten, die an Referenzstellen des jeweiligen Typs dominieren und nur selten und höchstens mit geringen Abundanzen an degradierten Stellen vorkommen.
Artengruppe B umfasst typspezifische Taxa mit weiter ökologischer Amplitude. Diese neutralen Arten kommen gemeinsam mit unterschiedlich hohen Anteilen der anderen Gruppen vor.
In Artengruppe C werden Störanzeiger zusammengefasst, die höchstens in sehr geringen Mengen an den Referenzstellen auftreten und einen deutlichen Verbreitungsschwerpunkt an degradierten Standorten des jeweiligen Typs zeigen (MLNU THÜRINGEN 2006).

Abbildung 2: Schematisierte Änderung der Gesamtabundanz der drei Artengruppen mit zunehmender Degradation.

(Überschneidungen zwischen den Artengruppen sind typabhängig und variabel.)



Ist keine Degradation vorhanden, überwiegen die Arten der Gruppe A. Bei einer vollständigen Degradation existieren nur noch Arten der Gruppe C (Störanzeiger). Bei weiterer Degradation brechen die Bestände ein und es kommt zu einer Makrophytenverödung, d. h. der Standort ist nicht mehr für Makrophyten geeignet.

Makrophyten können grundsätzlich auf zwei verschiedene Weisen auf Degradationen reagieren: Einerseits mit einer Veränderung der Artenzusammensetzung, d. h. es treten neue Arten auf, während andere Arten verschwinden. Andererseits können Makrophyten aber auch mit einer Erhöhung bzw. Verminderung ihrer Gesamtbiomasse reagieren (KOHLER 1975).

Wie man an der Abbildung 2 erkennt, gibt es über einen weiten Bereich Mischpopulationen mit der Artengruppe B. Dies sind Makrophytenarten mit einer weiten ökologischen Amplitude. Sie treten gemeinsam mit den anderen Gruppen in unterschiedlich hohen Anteilen auf.

Das Maß der Degradation kann an einem Transekt in den einzelnen Tiefenzonen verschieden hoch ausgeprägt sein. Auch benachbarte Transekte können sich in ihrer Degradation stark unterscheiden, wenn punktuell Einflüsse des Sediments, diffuse Einträge etc. vorliegen.

Für ein korrektes Bewertungsverfahren ist die richtige Einstufung des untersuchten Gewässers zu einem Seentyp erforderlich. Nach SCHAUMBURG et al. (2007) kann der Hohendeicher See zum Typ 13, bzw. TKg13 gerechnet werden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Seentypen-Klassifizierung des Hohendeicher Sees.

Typen (MATHES et al. 2002)	Makropyhyten-Typologie	
Typ 13	TKg13	Stellen stabil geschichteter karbonatischer Wasserkörper des Tieflandes mit relativ kleinem EZG (Einzugsgebiet)

Definition TKg13 nach SCHAUMBURG et al. (2007):
Der Seentyp TKg13 beinhaltet Stellen karbonatreicher Wasserkörper des norddeutschen Tieflandes mit sommerlicher stabiler Schichtung und einem VQ von weniger als 1,5 m^2/m^3. Die charakteristische Vegetation sind Armleuchteralgenbestände (Ordnung *Charatalia*). In Seen mit unterschiedlich tiefen Becken können unter Umständen Wasserkörper dieses Typs neben solchen vom Typ TKp vorkommen. Entscheidend ist in diesen Fällen das Schichtungsverhalten des jeweiligen Seebeckens. Ebenfalls eingeschlossen sind die oben angesprochenen, seltenen Fälle von Übergangsformen zum karbonatarmen Typ MTS, deren Kalziumwert (Ca2+ -Jahreshöchstwert) geringfügig über 15 mg/l liegt. Die Vegetation weist nicht die für den Seentyp MTS charakteristischen Isoëtidenbestände auf, beinhaltet aber neben Armleuchteralgen auch das Wechselblütige Tausendblatt (*Myriophyllum alterniflorum*). Als Beispiele sind der Peetschsee und der Wittwesee zu nennen.

Abgrenzungskriterien für diesen Seentyp:
- See des Tieflandes
- VQ ≤ 1,5 m^2/m^3 (Volumenquotient)
- Ca2+ ≥ 15 mg/l
- Sommerliche stabile Schichtung des Seebeckens

Untersuchte Seen dieses Typs:
Ahrensee, Großer Gollinsee, Großer Plöner See, Großer Stechlinsee, Großer Wummsee, Großer Zechliner See, Haussee Feldberg, Peetschsee, Schaalsee und der Wittwesee.

Die Auswertung im PHYLIB-Verfahren erfolgt EDV-gestützt[2]. Als Ergebnis wird für jedes Transekt ein Referenzindex (RI) berechnet. Hierbei werden alle pro Transekt gefundenen Arten und deren Artmächtigkeit (Pflanzenmenge nach KOHLER 1978) in den 4 Tiefenzonen berücksichtigt. Auch der ermittelte Seentyp sowie eine Indikatortabelle der Makrophyten (siehe Tabelle 7 im Anhang) fließen in die Bewertung mit ein. Treten bestimmte Zusatzkriterien auf (siehe unten) wird aus dem RI der korrigierte RI (RI_{korr}). Anschließend wird das Modul „Makrophytenbewertung“ nach folgender Formel errechnet:

$$M_{MP} = (RI_{korr} + 100) \times 0,5 / 100$$

[2] Die PHYLIB-Software importiert zwei speziell angelegte MS-Excel-Arbeitsblätter und verarbeitet Angaben über den See (Seentyp, max. Seetiefe, Vegetationsgrenze etc.) sowie über die einzelnen Transekte (Nummer, kartierter Makrophyt, Pflanzenmenge, Tiefenzone etc.). Diese Importdatei ist der Speicher-CD beigefügt.

Das Ergebnis M_{MP} liegt innerhalb gewisser Indexgrenzen (siehe Tabelle 4) und liefert letztendlich den Wert für die „Ökologischen Zustandsklassen“ (siehe SCHAUMBURG et al. 2007).

Die gemittelten „Ökologische Zustandsklassen“ aller Transekte ergeben einen Wert, der das Gewässer gesamt bewertet (Mittelwert Oberflächenwasserkörper, OWK).

Tabelle 4: Indexgrenzen für die Einteilung der Ökologischen Zustandsklassen geschichteter Seen des Norddeutschen Tieflandes, Typ 13 (nach MATHES et al. (2002) aus SCHAUMBURG et al. 2007.

MATHES et al. (2002)	Typ 13	
Makrophyten	TKg13	
Diatomeen	D 13.1	D 13.2
Ökologische Zustandsklasse		
1 sehr gut	1 – 0,76	1 –0,76
2 gut	< 0,80 – 0,53	< 0,77 - 0,53
3 mäßig	< 0,53 – 0,29	< 0,53 - 0,29
4 unbefriedigend	< 0,29 - 0,00	< 0,29 - 0,00
5 schlecht		

Voraussetzungen für die Bewertung
Für eine gesicherte Bewertung muss die Gesamtquantität der submersen Makrophyten an der Probestelle mindestens 55 betragen. Der Anteil von *Nuphar lutea* und *Nymphaea alba* muss unter 80 % liegen. Wird eine dieser beiden Bedingungen nicht erfüllt, muss der Referenz-Index als nicht gesichert gelten. Er kann dann nur als Tendenz bzw. Zur Unterstützung bei der Bewertung mit anderen Organismengruppen herangezogen werden. Können natürliche Ursachen ausgeschlossen werden, so muss auch die Möglichkeit einer Makrophytenverödung geprüft werden. Ist dies der Fall, so wird die Ökologische Zustandsstufe 5 vergeben.

Erreicht der Anteil der nicht eingestuften Arten mindesten 25 %, so darf die Bewertung ebenfalls nicht als gesichert angesehen werden.

Zusatzkriterien, die den RI beeinflussen:
1. bei einem Referenz-Index (RI) > 0 und einer mittleren unteren Vegetationsgrenze zwischen 5 m und 8 m verringert sich der RI um 20
2. bei einem RI > 0 und einer mittleren unteren Vegetationsgrenze von weniger als 5 m verringert sich der RI um 50
3. bei Dominanzbeständen (mind. 80 % Quantität) folgender Arten verringert sich der RI um 50:

- *Elodea canadensis/ nuttallii* oder
- *Myriophyllum spicatum* oder
- *Najas marina subsp. intermedia* oder
- *Potamogeton pectinatus* oder
- *Ceratophyllum demersum* oder
- *Ceratophyllum submersum*

4. Wird der RI durch die Anwendung mehrerer Kriterien <-100, wird er auf -100 gesetzt

---

5.3 Kartierung der Standortfaktoren

Zusätzlich wurde für jedes Transekt ein sog. „Feldprotokoll Makrophyten“ erstellt. Hierin wurden eine Reihe von Standortfaktoren festgehalten, die das untersuchte Transekt ergänzend beschreiben und einen eventuellen Einfluss auf die Verbreitung der Pflanzenarten beinhalten können. Neben Substratbeschaffenheit wurden die Faktoren Uferbewuchs, Ufernutzung, Uferbeschaffenheit, Beschattung oder sonstige Besonderheiten notiert. Alle Feldprotokolle finden sich auf der Speicher-CD zu diesem Gutachten.

5.4 Der Vergleich der Vegetationsprofile

Im Jahr 1996 (GOLOMBEK 1996) wurden 4 Transekte (Nr. 2, 17, 25 und 78) näher untersucht. Hierbei wurden die Unterwasserbodenprofile ermittelt und das Auftreten der einzelnen Arten in Bezug zur Wassertiefe sowie ihre Größenverhältnisse und die Schätzstufen für die Pflanzenmenge erfasst und in Grafiken dargestellt. Drei dieser Transekte (Nr. 2, 17 und 25) wurden 2008 auf diese Weise erneut kartiert. Das Transekt 78 konnte leider nicht exakt genau wiedergefunden werden und wurde daher ausgelassen.

Mit dieser Methode ist es möglich, ein schematisches Vegetationsprofil der submersen Makrophytengesellschaften maßstabsgerecht und anschaulich auch für Nichttaucher darzustellen. Im Kap. 8 werden an den drei Beispielen die Verteilung der Wasserpflanzen an unterschiedlich steilen Unterwasserbodenprofilen gezeigt (siehe Abbildung 26 bis Abbildung 31 im Anhang).

6. Ergebnisse: Die submersen Makrophyten-Bestände 2008 im Vergleich zu 1995/96

6.1 Die kartierten Makrophytenarten

Im Hohendeicher See wurden bei den aktuellen Tauchuntersuchungen 9 submerse Makrophytenarten nachgewiesen, darunter 3 Armleuchteralgen (siehe Tabelle 5). Die einzelnen Arten werden weiter unter ausführlich beschrieben. Die Darstellung der Roten Listen (RL) von Hamburg, Schleswig-Holstein und Niedersachsen/Bremen gibt einen Überblick über den Gefährdungsgrad der gefundenen Arten in Nordwestdeutschland. 6 der 9 Arten sind Arten der RL FHH.

Tabelle 5: Die kartierten submersen Makrophyten-Arten im Hohendeicher See 2008.

	RL FHH[3]	RL Nieders. / Bremen[4]	RL S.-H.[5]
Elodea nuttallii (Planch.) St. John (Wasserpest)	-	-	-
Potamogeton perfoliatus L. (Durchwachsenes Laichkraut)	2	3	-
Potamogeton pusillus L. sec. Dandy et Taylor (Zwerg-Laichkraut)	3	-	-
Potamogeton pectinatus L. (Kamm-Laichkraut)	-	-	-
Ranunculus circinatus Sibth. (Spreizender Wasserhahnenfuß)	2	3	3
Ceratophyllum demersum L. (Gemeines Hornblatt)	3	-	-
Chara vulgaris L. emend. Wood (Gemeine Armleuchteralge)	2[6]	-	-
Chara globularis Thuillier (Armleuchteralge)	2	-	-
Nitellopsis obtusa (Desvaux in Lois.) J. Groves (Stern-Armleuchteralge)	0[4]	1[7]	3[8]

[3] Nach POPPENDIECK et al. (1998): Rote Liste und Florenliste der Farn- u. Blütenpflanzen von Hamburg…
[4] Nach GARVE (2004): Rote Liste und Florenliste … Niedersachsen und Bremen…
[5] Nach MIERWALD & ROMAHN (2006): Die Farn- u. Blütenpflanzen Schleswig-Holstein. Rote Liste…
[6] Nach KRIEG & KIES (1989): Artenschutzprogramm Armleuchteralgen (Charophyta)…
[7] Nach VAHLE (1990): Armleuchteralgen (Characeae) in Bremen und Niedersachsen…
[8] Nach HAMANN & GARNIEL (2002): Die Armleuchteralgen Schleswig-Holsteins…

Tabelle 6: Weitere in den letzten Jahren im Hohendeicher See nachgewiesene submerse Makrophyten-Arten.

	RL FHH[9]	RL Nieders. / Bremen [10]	RL S.-H.[11]
Chara contraria A. Br. ex Kütz. 1845 (Gegensätzliche Armleuchteralge)	-	extrem selten	3
Tolypella glomerata (Des. in Lois.) v. Leonh. (Knäuel-Armleuchteralge)	k. A.	0	2
Nitella capillaris (Krocker) Grov. & Bull.-Webst. 1920 (Haarfeine Glanzleuchteralge)	-	extrem selten	1
Potamogeton crispus L. (Krauses Laichkraut)	3	3	-

Myriophyllum spicatum & Potamogeton crispus

Myriophyllum spicatum (Ähren-Tausendblatt) ist aus dem Hohendeicher See völlig verschwunden.

Die Art *Potamogeton crispus* (Krauses Laichkraut) wurde 2008 in keinem Transekt angetroffen, ist aber nach Angaben von Frau Dr. Vöge (mündliche Mitteilung) im September 2008 an einigen wenigen Stellen an der Westseite (Deichseite) des Sees angetroffen worden (Pflanzenmenge 1 bis 2).

Beide Arten waren in den 80er Jahren stellenweise bestandsbildend im See vorhanden. Während der Untersuchung 1995/96 war das *Krause-Laichblatt* noch in 5 % aller untersuchten Transekte vorhanden und das *Ähren-Tausendblatt* ein Einzelfund. Allerdings berichtet VÖGE (2007) dass *Myriophyllum spicatum* bis 2002 außerhalb der Vegetationsperiode auftrat.

Chara globularis

Die Zerbrechliche Armleuchteralge *Chara globularis* (syn. *Chara fragilis*) war bereits von VÖGE (1986) und EGGERT (1987) im See nachgewiesen worden. 1995/96 wurde sie nicht gefunden. 2008 war sie aber unübersehbar, teilweise auch in größeren Beständen wieder vorhanden. Zusammen mit *Chara vulgaris* (Gemeine Armleuchteralge) bildete *Chara globularis* an manchen Stellen im See ausgedehnte Bestände, z. B. in der südöstlich gelegenen Flachwasserbucht im Bereich des Transektes 51 und am flachen Nordufer dieser Bucht sowie im Norden des Sees im Bereich des Transektes 79 bis weit über die relativ flache Seemitte hinaus. Hier wuchsen 1995/96 fast ausschließlich reine *Nitellopsis*-Bestände. Sie besiedelte aber auch gern die tiefen Regionen. In 3 Transekten war sie die tiefste angetroffene Art, bei Transekt Nr. sogar in 6,8 m Tiefe.

[9] Nach KRIEG & KIES (1989): Artenschutzprogramm Armleuchteralgen (Charophyta)…
[10] Nach GARVE (2004): Rote Liste und Florenliste … Niedersachsen und Bremen…
[11] Nach MIERWALD & ROMAHN (2006): Die Farn- u. Blütenpflanzen Schleswig-Holstein. Rote Liste…

Chara vulgaris

Die Verbreitung von *Chara vulgaris* hat deutlich zugenommen. 2008 war sie in 95 % aller Transekte anzutreffen, 1995/96 nur in 12 %. Das Verbreitungsschema von *Chara vulgaris* war heterogen. Sie kam zwar in allen Tiefenstufen vor, von sehr flach bis sehr tief (z. B. Transekt Nr. 15), aber sehr unregelmäßig und in den unterschiedlichsten Pflanzenmengen.

Nitellopsis obtusa

Die Bestände der *Characeae Nitellopsis obtusa* (Stern-Armleuchteralge) sind vollkommen zusammengebrochen. *Nitellopsis obtusa* bildete im Hohendeicher See ausgedehnte Rasen, die sich unterhalb der Laichkrautzone in ca. 2,5 m Tiefe entwickelten und sich bis in eine Tiefe von ca. 3,5 m ausdehnten. Im Juli 2008 wurde diese Art nur noch in 2 Transekten (Nr. 16 und 67) nachgewiesen und zwar in *schütteren, sterilen* Beständen in der Tiefenzone 4 (> 4m). Dieses Verhalten ist ungewöhnlich, da nach KRAUSE (1985) *Nitellopsis* dazu neigt, z. B. bei einer Eutrophierung eher in den Flachwasserbereich „hoch zu wandern". 1995/96 war diese Art noch in 52 % aller Transekte vertreten.

Nitella capillaris & Tolypella glomerata

Nach VÖGE (2002 und 2007) kommen 2 frühaustreibende Armleuchteralgen im Hohendeicher See vor: *Nitella capillaris* (Haarfeine Glanzleuchteralge) seit 2002 und *Tolypella glomerata* (Knäuel-Armleuchteralge) seit 2006. Beide Arten sind leicht zu übersehen, denn ihre frühe Vegetationszeit reicht lediglich von März bis Anfang Juni, dann ziehen sie wieder ein und treten erst wieder im Folgejahr in Erscheinung. Beide Arten konnten zum Kartierungszeitpunkt in keinem der 22 untersuchten Transekte mehr nachgewiesen werden. *Tolypella glomerata* wurde von GOLOMBEK (1999) erstmals in Hamburg nachgewiesen.

Chara contraria

Im südöstlichen Bereich des Hohendeicher Sees beobachtete VÖGE (mündl. Mitteilung) seit 2002 *Chara contraria* (Gegensätzliche Armleuchteralge) in einer Tiefe von 2 – 3 m. Sie wurde vom Verfasser in keinem der betauchten Transekte angetroffen. Allerdings ist sie *Chara vulgaris* sehr ähnlich und kann daher leicht übersehen werden.

Tabelle 6 zeigt die vermutlich ebenfalls im See vorkommenden, aber bei den Tauchuntersuchungen nicht nachgewiesenen Arten.

Potamogeton perfoliatus

1995/96 war *Potamogeton perfoliatus* (Durchwachsenes Laichkraut) eine weit verbreitete Art (in 90 % aller Transekte vertreten) im Hohendeicher See (siehe Abbildungen 2 und 3). 2008 war sie nur noch in 68 % vorhanden. Zur Zeit der Kartierung (13. bis 29. Juli 2008) waren die Bestände von *Potamogeton perfoliatus* zwar noch nicht so vollständig entwickelt wie bei der Kartierung 1995 (9. bis 18. August), doch konnte man erkennen, das auch die flächige Ausbreitung wie 1995 nicht mehr erreicht werden konnte.

Auch im Jahr 2008 waren keine Exemplare des Durchwachsenen Laichkrautes tiefer als 4 m anzutreffen. Vermutlich liegt dies Verhalten an der hohen Lichtbedürftigkeit als Jungpflanze und während der Austriebszeit (GARNIEL 2008).

Potamogeton perfoliatus kommt seit mehreren Jahren im Hohendeicher See nicht mehr zur Blüte. Zudem nimmt die Wüchsigkeit dieser Art ständig ab, d. h. die Sprossdicke sowie die Blattgröße werden geringer. Der Grund hierfür ist unbekannt (VÖGE mündliche Mitteilung).

Potamogeton pectinatus
Auch die mit *Potamogeton perfoliatus* vergesellschaftete Art *Potamogeton pectinatus* (Kamm-Laichkraut) war deutlich seltener vorhanden als vor 13 Jahren. Sie kommt nur noch in 32 % aller Transekte vor (1995 war sie in 67 % vertreten). Die Wüchsigkeit dieser Art ist, wie bei *Potamogeton perfoliatus*, ebenfalls mit den Jahren geringer geworden.

Potamogeton pusillus
Deutlich zugenommen hat dagegen die Verbreitung von *Potamogeton pusillus* (Zwerg-Laichkraut). Sie war 2008 in 95 % aller Transekte vorhanden (1995/96 in 65 %). War sie früher eher im Flachwasserbereich angesiedelt, ist sie jetzt vermehrt mit *Elodea nuttallii* oder mit *Potamogeton perfoliatus* vergesellschaftet (siehe das Vegetationsprofil im Transekt 25 in Abbildung 30 im Anhang) und ersetzte in manchen Transekten *Potamogeton pectinatus* oder trat in größeren Beständen zusammen mit ihr auf. Auffallend war ein häufiges Vordringen bis in die Tiefenzone 4 (> 4 m, z. B. Transekt Nr. 24, 25, 20 u. w.). Im Transekt Nr. 20 erreichte sie in dieser Tiefe sogar eine Pflanzenmenge von 5.
An 6 Transekten besiedelte *Potamogeton pusillus* die tiefste Stelle (max. 5,9 m Tiefe, siehe Feldprotokolle auf der Speicher-CD zu diesem Gutachten).

Ceratophyllum demersum
Auch *Ceratophyllum demersum* ist 2008 seltener anzutreffen (in 59 % aller Transekte vorhanden) als 1995/96 (noch in 88 %). Aufgrund des früheren Kartierungstermins waren die Pflanzen noch nicht ausgewachsen.

Ranunculus circinatus
Die Verteilung dieser Art ist fast gleich geblieben (2008 in 73 %, 1995/96 in 67 % aller Transekte vorhanden). Auch die Pflanzen dieser Art hatten aufgrund des früheren Kartierungstermins noch nicht ihre endgültige Größe erreicht.

Elodea nuttallii
Die dominierende Art war mittlerweile eindeutig *Elodea nuttallii* (Nuttalls Wasserpest). Sie kam in allen 22 Transekten vor (1995/96 in 91 %). *Elodea* konnte als einzige Art in allen 4 Tiefenzonen eine Pflanzenmenge von 5 erreichen (z. B. Transekt 30). Sie war in 10 Transekten die Art mit dem tiefsten Wuchsort (max. 6,1 m Tiefe, siehe Feldprotokolle). Häufig war sie mit *Potamogeton perfoliatus* vergesellschaftet, teilweise bereits in der Tiefenzone 1.

Abbildung 3: Die prozentuale Verteilung der Arten in 22 Transekten (2008)

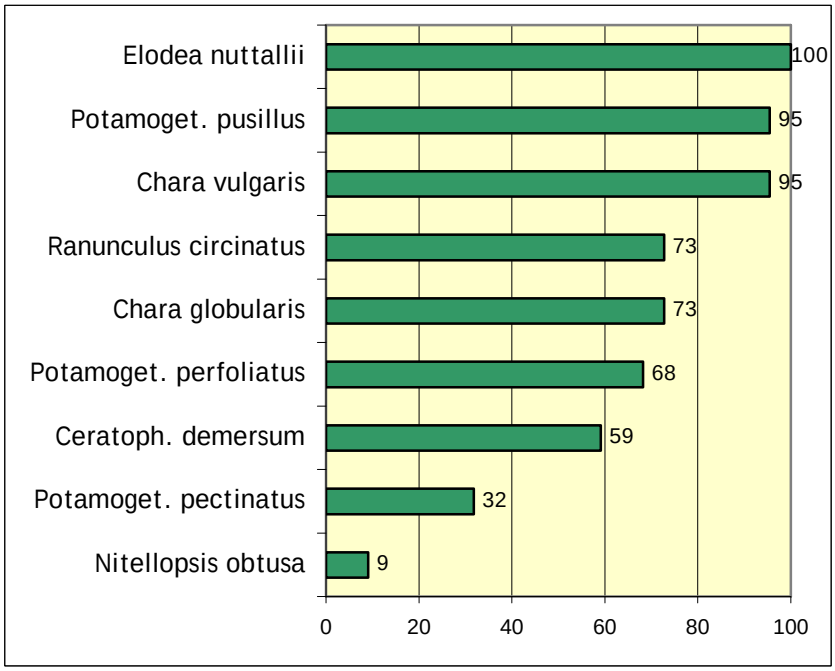


Abbildung 4: Die prozentuale Verteilung der Arten in 81 Transekten (1995/96)

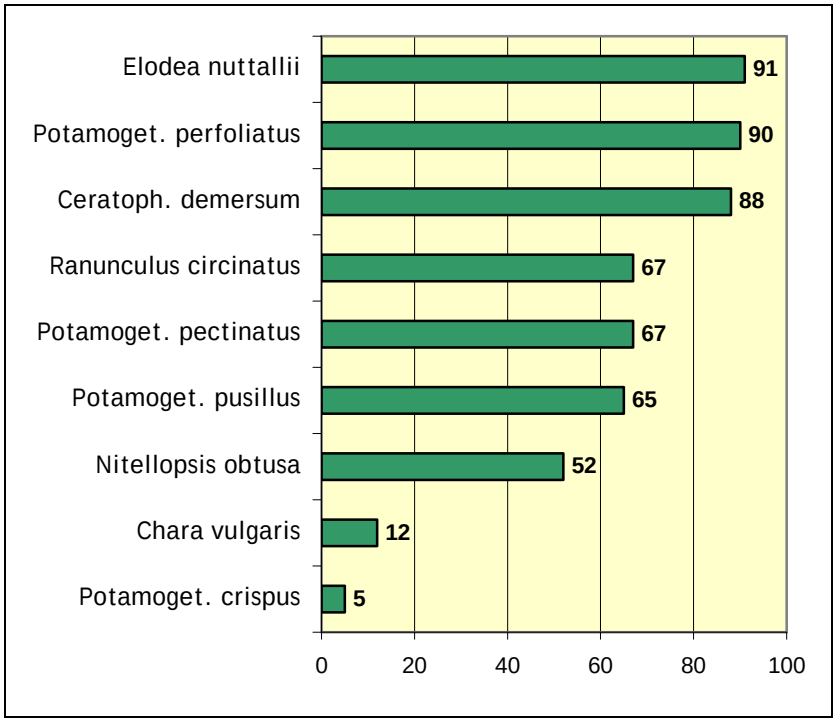
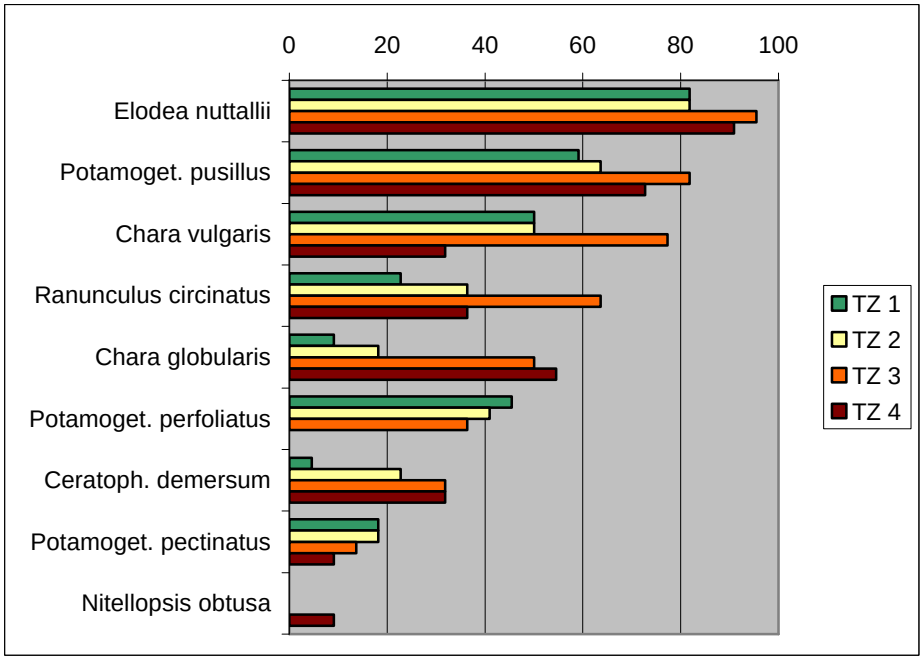


Abbildung 5: Die prozentuale Verteilung der Arten in den 4 Tiefenzonen von 22 Transekten.



6.2 Zusammenfassung

Wie die Ergebnisse zeigen, hat sich das Artenspektrum des Hohendeicher Sees in den 13 Jahren verändert. Es sind 3 neue Armleuchteralgen-Arten hinzugekommen. Eine ehemals dominante Armleuchteralge (*Nitellopsis obtusa*) ist hingegen fast verschwunden. Auch die Zusammensetzung der Bestände, die Tiefenverbreitung mancher Arten und die Artmächtigkeiten haben sich in vielen Transekten sehr verändert. Auffallend war auch die geringere Wüchsigkeit einiger Arten gegenüber den Vorjahren. *Elodea nuttallii* bleibt die dominierende Art im Gewässer. *Potamogeton perfoliatus* und *Potamogeton pectinatus* verlieren zugunsten von *Potamogeton pusillus*.

Interessant für den Hohendeicher See ist die relative große Sichttiefe seit ca. 2002. Es gibt regelmäßige Klarwasserstadien im Mai/Juni (VÖGE 2007), wodurch die Makrophyten tiefere Bereiche besiedeln (max. 6,8 m Tiefe 2008) können als es noch 1995/96 möglich war (max. 4,5 m Tiefe).

Die Artenzahlen und die Artmächtigkeiten von *Characeen* nehmen ständig zu. Dagegen werden die Laichkräuter weniger und verlieren ihre Wüchsigkeit. Möglicherweise entwickelt sich der Hohendeicher See zu einem Baggersee mit *Characeen*-Dominanz.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass mit einer Tauchuntersuchung im Hochsommeraspekt, wie es die EU-Wasserrahmenrichtlinie vorgibt, in den meisten Fällen nicht alle submersen Makrophyten eines Sees erfasst werden können.

Normalerweise unterliegt ein Baggersee einem natürlichen Alterungsprozess, der die Wasserqualität durch Nährstoffanreicherung negativ verändert. Sind viele Schwebeteilchen im Wasser vorhanden, die sich im Laufe der Jahre zu einem festen Sediment konsolidieren, werden die Seewände abgedichtet und damit der Wasseraustausch zwischen See- und Grundwasser verringert wird. Die Folgen sind Nährstoffanreicherungen im See – der See wird eutroph.

Dieser Zustand ist vermutlich beim Hohendeicher See noch nicht eingetreten. Denn trotz aller Eutrophierungstendenzen:

- vermehrt Störungszeiger,
- an manchen Stellen Faulschlamm,
- Jahre mit geringer Sichttiefe,

scheint die Qualität des Seewassers über viele Jahre hindurch nicht schlechter zu werden. Er pendelt zwischen mesotroph und eutroph hin und her.

In manchen Jahren ist er hinsichtlich Sichttiefe und Artenzusammensetzung eher mesotroph:

- hohe Sichttiefe > 5 m,
- maximale Makrophytengrenze > 5,3 m (siehe SUCCOW & KOPP (1985)
- viele Armleuchteralgen

In der Vergangenheit gab es aber auch Phasen zunehmender Eutrophie:

- geringe Sichttiefe < 5 m,
- maximale Makrophytengrenze < 5 m
- wenig Armleuchteralgen, als Wuchsformtyp überwiegen Potamide.

Einer der Gründe für dieses interessante Verhalten könnte in der Nähe zur Elbe begründet sein. Nach HAGGE et al. (1987) liegt der See vermutlich im Einflussbereich des Elbinterstitials, d. h. dass durch die Tidepumpe der Elbe der See eine ständige und wohl auch richtungswechselnde Grundwasserdurchströmung erlebt. Hierdurch unterbleibt eine Verdichtung von Sedimentschichten und es findet ein permanenter Wasseraustausch im See statt, durch den eine Nähstoffanreicherung - über einen bestimmten Punkt hinaus – anscheinend verhindert wird.

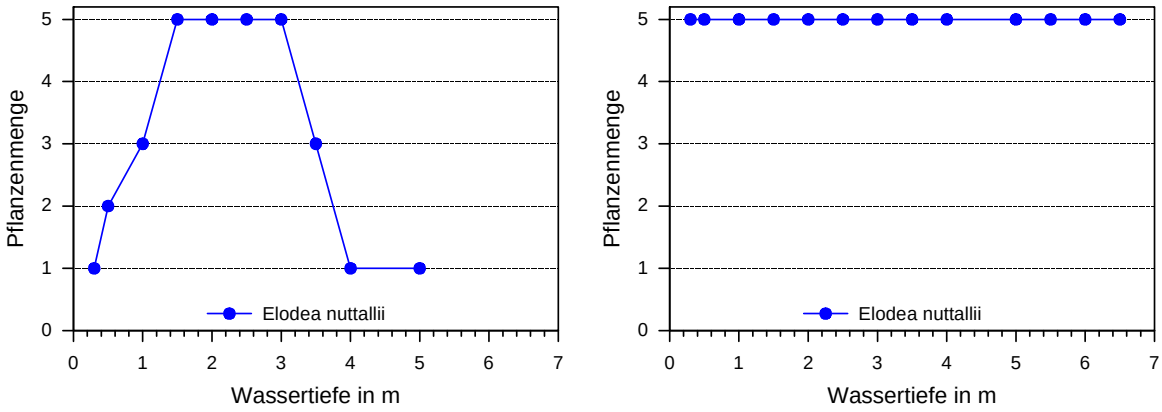
7. Beschreibung der nachgewiesenen submersen Makrophyten

7.1 *Elodea nuttallii* (Fam. Hydrocharitaceae - Froschbissgewächse)

Diese Pflanze stammt ursprünglich aus den nördlichen Staaten von Nordamerika, breitet sich aber seit 1939 auf dem europäischen Festland aus (Neophyt). Das Erscheinen von *Elodea nuttallii* im norddeutschen Flachland wurde von mehreren Autoren kommentiert (WIEGLEB 1979, VÖGE 1980 und 1984, HERR 1985, KUNDEL 1990). Die Anzahl der Fundorte in Schleswig-Holstein (RAABE 1987) entspricht sicher nicht mehr der aktuellen Verbreitung. 1979 tauchte die Art zum erstenmal in Hamburg, und zwar im Öjendorfer See auf. 1982 wies VÖGE (1994) sie im Hohendeicher See nach. Hier fügte sie sich innerhalb von 3 Jahren an verschiedenen Uferbereichen in die Pflanzenbestände ein, ohne jedoch zu dominieren (VÖGE 1987b). Mittlerweile ist sie zu einer vorherrschenden Art im Hohendeicher See geworden. In 100 % aller Transekte tritt sie auf (siehe Abbildung 3), sehr oft mit Pflanzenmengen von 4 oder 5 (häufig bzw. sehr häufig, massenhaft).

Elodea nuttallii besitzt eine breite ökologische Amplitude, denn sie besiedelt sowohl meso- als auch polytrophe Gewässer. 1995/96 lag ihre Hauptverbreitung in Tiefen von etwa 1,5 bis 3,0 m, mittlerweile kommt sie aber in allen 4 Tiefenstufen vor und kann auch im Flachwasser und in Tiefen > 4m die Pflanzenmenge 5 erreichen. Da ihre Lichtansprüche gering sind, wurde sie des öfteren an den tiefsten besiedelten Stellen im See vorgefunden.

Abbildung 6: Das Tiefenprofil von Elodea nuttallii 1995/96 und 2008.

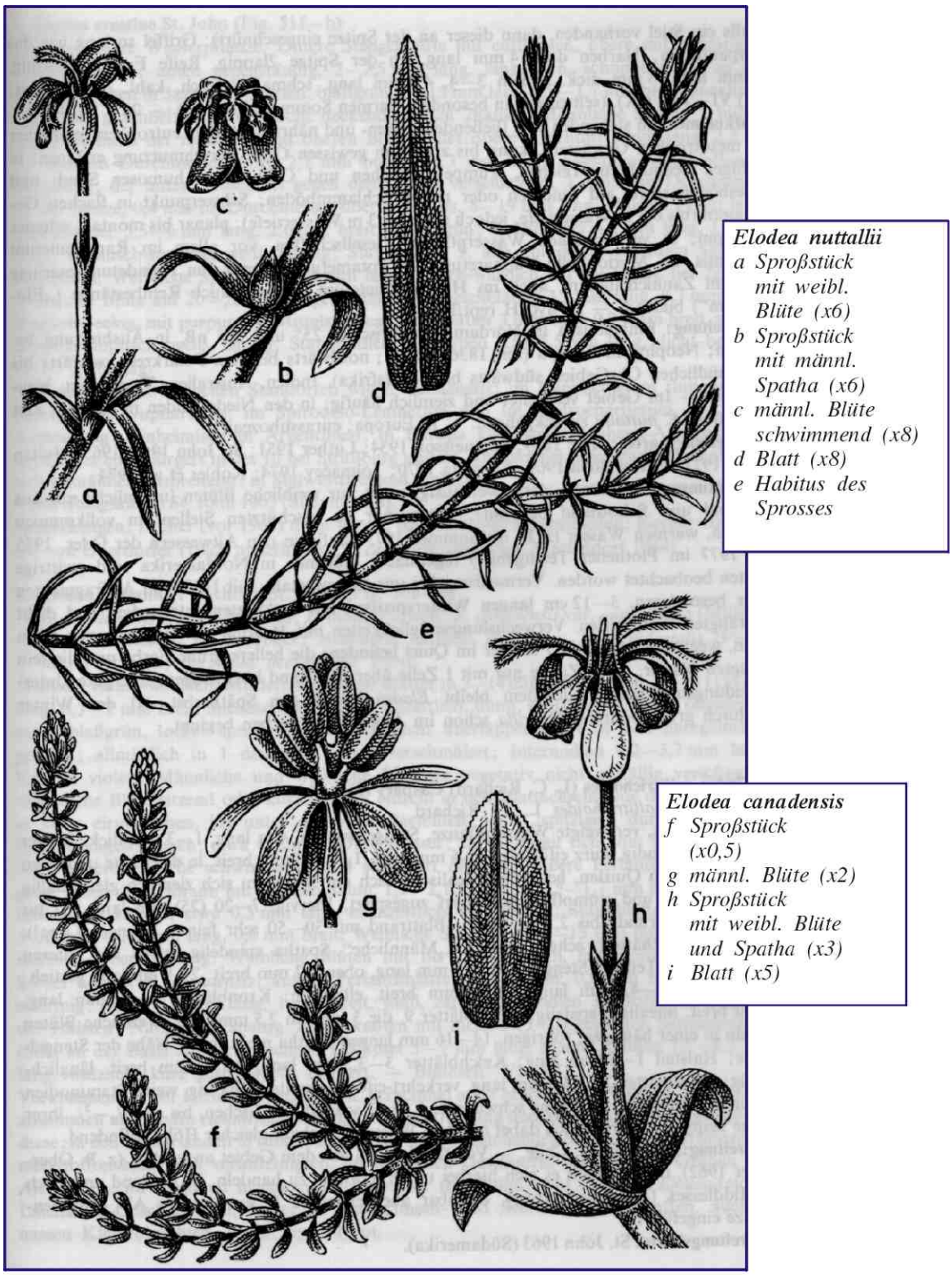


VÖGE (1994) vermutet einen Zusammenhang zwischen Größe und Tiefe sowie dem Arteninventar eines Sees und der Zeitspanne bis die eingewanderte *Elodea nuttallii* zur Dominanz gelangt. Im Hohendeicher See wurde *Elodea* das Eindringen durch konkurrenzstarke Arten bzw. durch die verschiedenen Lebensformen, die die unterschiedlichen ökologischen Nischen besetzen, erschwert. Erst 6 Jahre nach der Erstbesiedlung gelangte *Elodea* stellenweise zur Dominanz. Flachgewässer mit Einartbeständen, wie z.B. der Öjendorfer See, scheinen dagegen durch Neophyten leichter „erobert“ zu werden (VÖGE 1994). Hier beherrschte die Wasserpest das Vegetationsbild bereits 2 Jahre nach ihrer Einwanderung.

VÖGE (1994) stellt fest, dass das Hauptwachstum von *Elodea nuttallii* in der Zeit von September bis Dezember (durchschnittliche Wassertemperatur 5° C) stattfindet. Liegt die Wassertemperatur über 4° C vermag die Art auch im Winter zu wachsen. Sie kann sich dadurch auf den im Herbst freigewordenen Uferbereichen ausbreiten. Sobald die Wassertemperatur am Boden 10° C überschreitet (im März), beginnen die Sprosse in die Höhe zu wachsen, und erreichen die Wasseroberfläche vor den anderen Arten. Auch hierdurch erhält *Elodea nuttallii* einen Konkurrenzvorteil. Im Hohendeicher See wurden Exemplare von *Elodea* mit einer Sprosslänge von 2,0 m gefunden. Nach VÖGE (1994) ist *Elodea nuttallii* für das Verschwinden von *Elodea canadensis* (Kanadische Wasserpest) verantwortlich, denn spätestens wenn die erstere Art das Vegetationsbild beherrscht, verlässt *Elodea canadensis* das Gewässer.

Die Art erhält den Indikatorwert C für alle Tiefenzonen (siehe Tabelle 7 im Anhang).

Abbildung 7: Darstellung von Elodea nuttallii und Elodea canadensis.



Abbildungen aus: CASPER & KRAUSCH 1980

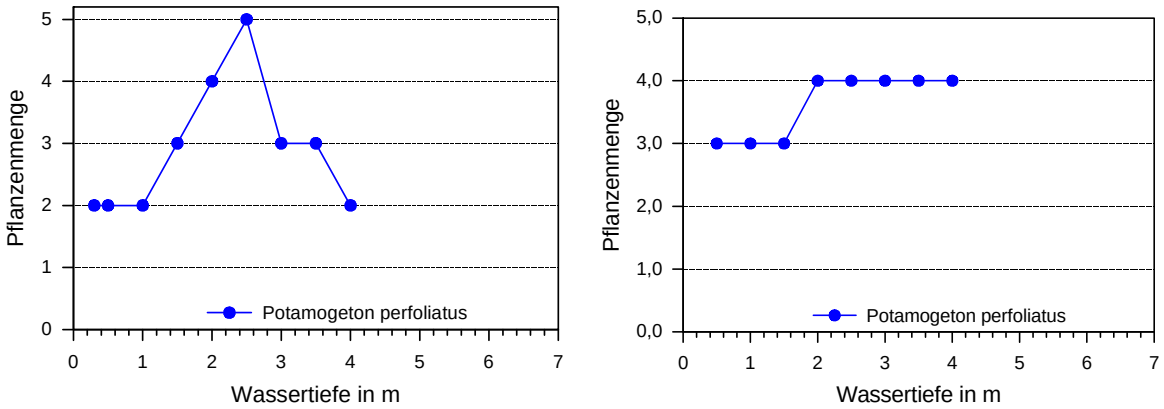
7.2 *Potamogeton perfoliatus* (Fam. Potamogetonaceae - Laichkrautgewächse)

Das Durchwachsene Laichkraut ist eine fast weltweit verbreitete Art. In der Bundesrepublik Deutschland kommt sie regelmäßig vor (Haeupler & Schönfelder 1989). Im benachbarten Schleswig-Holstein ist die Anzahl der Fundorte in den letzten Jahren rückläufig (RAABE 1987), trotzdem ist dort *Potamogeton perfoliatus* zur Zeit noch nicht gefährdet. In Hamburg und Niedersachsen/Bremen weist sie aber den Gefährdungsgrad 3 (gefährdete Art) auf (siehe Tabelle 5).

Die Art lebt ständig als untergetauchte Wasserpflanze in stehenden und fließenden Gewässern. Schwimmblätter werden nicht ausgebildet (siehe Abbildung 9), der obere Stängelbereich ist verzweigt. Die Pflanze ist mit einem Rhizom im Boden verankert.

Die ökologische Amplitude reicht von eutrophen Gewässern mit geringer Sichttiefe bis zu mesotrophen Seen mit klarem Wasser. Hier können Tiefen bis zu 6 m besiedelt werden. Im tieferen Sublitoral bildet sie oft große und konkurrenzstarke Bestände. Zusammen mit *Ceratophyllum demersum* oder nur mit *Potamogeton pectinatus* formt sie die Gesellschaft des *Potametum perfoliati* (Gesellschaft des Durchwachsenen Laichkrauts). Diese Gesellschaft kommt auch im Hohendeicher See vor, oft zusätzlich durchsetzt mit *Elodea nuttallii* und *Potamogeton pusillus*. Kleine Exemplare von *Potamogeton perfoliatus* findet man bereits bei einer Wassertiefe von ca. 0,3 m, bei 3 m bildet sie mitunter Exemplare mit einer Sprosslänge von ca. 2,8 m. Die Hauptverbreitung im Hohendeicher See lag 1995/96 bei ca. 2,5 m Tiefe, 2008 zwischen 2 und 4 m Tiefe. Die maximale Nachweisgrenze liegt bei rund 4 m.

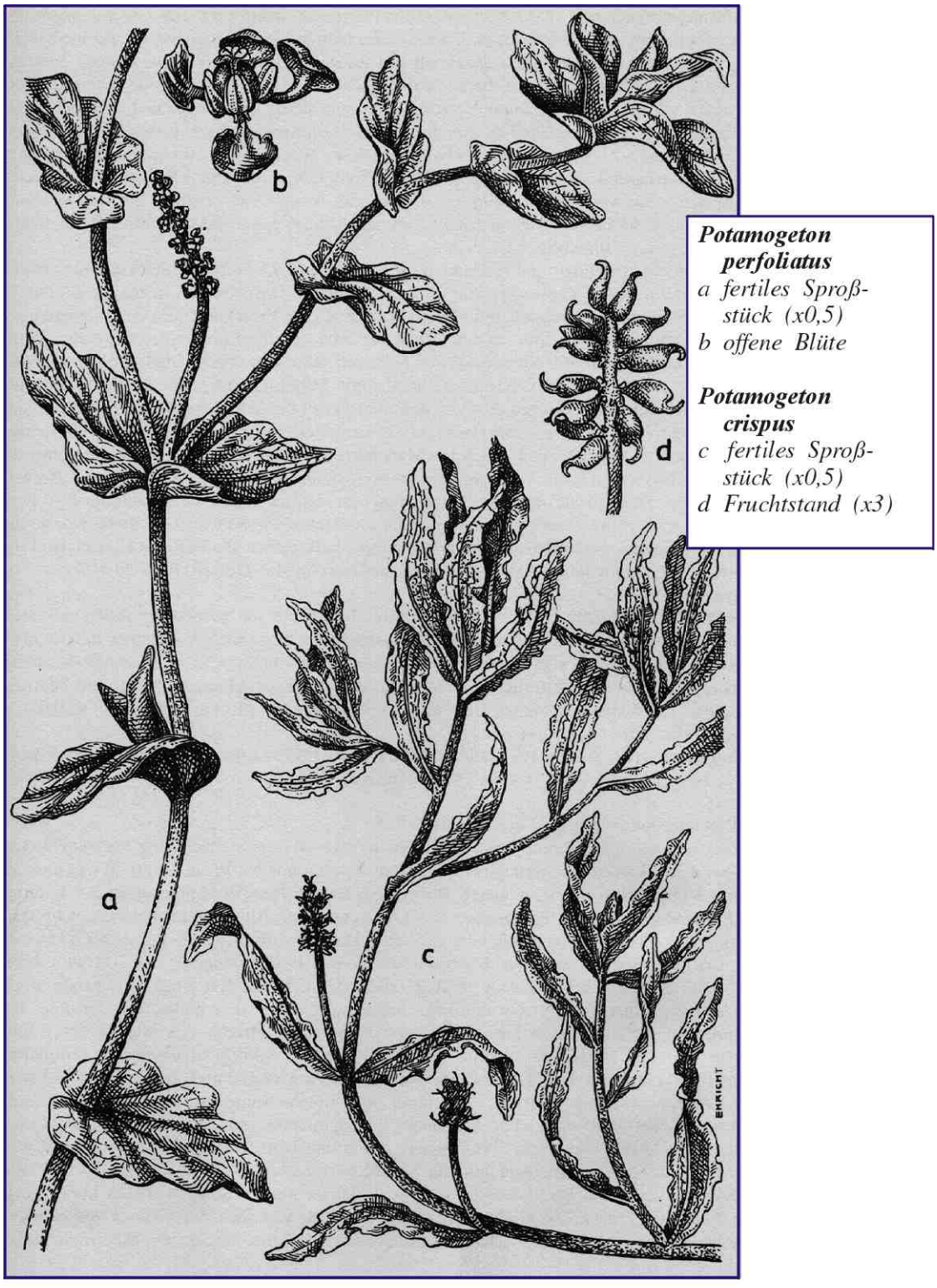
Abbildung 8: Das Tiefenprofil von Potamogeton perfoliatus 1995/96 und 2008.



1995/96 war *Potamogeton perfoliatus* in 90 % aller Transekte vertreten, 2008 war sie nur noch in 68 % vorhanden. *Potamogeton perfoliatus* kommt seit mehreren Jahren im Hohendeicher See nicht mehr zur Blüte. Zudem nimmt die Wüchsigkeit dieser Art ständig ab, d. h. die Sprossdicke sowie die Blattgröße werden geringer.

Die Art erhält den Indikatorwert B für alle Tiefenzonen (siehe Tabelle 7 im Anhang).

Abbildung 9: Die Darstellung von *Potamogeton perfoliatus* und *P. crispus*.



Abbildungen aus CASPER & KRAUSCH 1980

7.3 *Potamogeton pusillus* (Fam. Potamogetonaceae - Laichkrautgewächse)

Die Art kommt auf mehreren Kontinenten vor. Sie ist in Europa weit verbreitet, ebenfalls in der Bundesrepublik Deutschland. Während sie in Niedersachsen/Bremen nicht gefährdet ist, gilt sie in Hamburg als stark gefährdete und in Schleswig-Holstein als gefährdete Art (siehe Tabelle 5). *Potamogeton pusillus* gilt als ungenügend beobachtet, und wird wohl auch nicht immer von der sehr ähnlichen Kleinart *Potamogeton berchtoldii* Fieber (Berchtolds Laichkraut), syn. *P. pusillus* L. *var. tenuissimus* Mertens et Koch (HERR & WIEGLEB 1985), unterschieden (RAABE 1987).

Die Art lebt u.a. vergesellschaftet mit anderen Arten des *Potametum perfoliati*. In 95 % aller Transekte (21 von 22) wurde sie nachgewiesen.

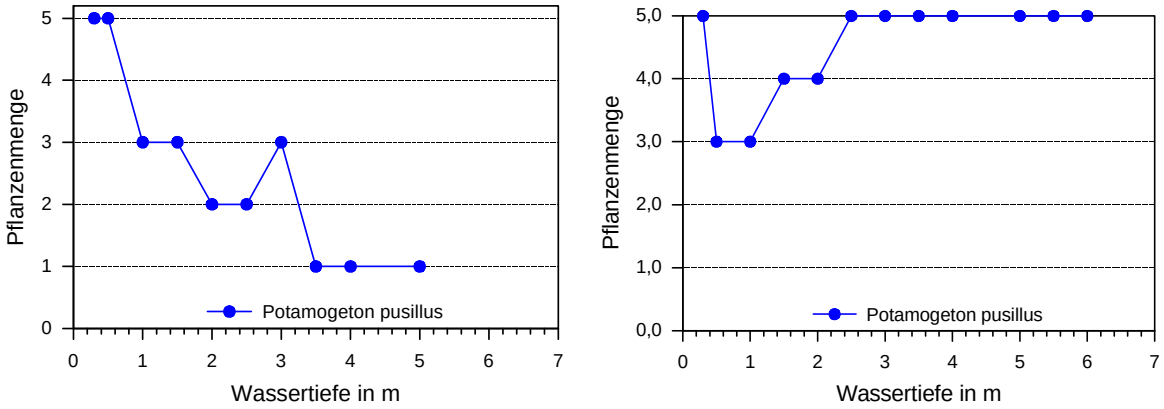
Die Pflanze bevorzugt mäßig nährstoffreiche, mesotrophe Gewässer (CASPER & KRAUSCH 1980). Sie meidet ammoniumreiche Gewässer, hinsichtlich des Nitrates bevorzugt sie im Sommer mittelhohe, nicht zu niedrige Gehalte. Sie tritt verstärkt in Gewässern mit extrem hohen ph-Werten auf (WIEGLEB 1976).

Die Blätter des Zwerg-Laichkrauts sind sehr schmal, fast borstlich, und alle untergetaucht (siehe Abbildung 11). Das Zwerg-Laichkraut hatte bei der Kartierung 1995/96 den Habitus einer zierlichen Pflanze, die im Hohendeicher See nur selten eine Sprosslänge von 1,0 m erreichte. Dies hat sich in den letzten Jahren geändert. Die Art ist wesentlich konkurrenzkräftiger geworden. Sie erreicht mittlerweile eine Sprosslänge von max. 1,5 m.

Viele Exemplare besitzen Blüten. Die Art ist auch nicht mehr nur auf den flacheren Bereich beschränkt, ihre Hauptverbreitung liegt jetzt in den Tiefenstufen 3 und 4. An 6 Transekten besiedelte *Potamogeton pusillus* die tiefste Stelle (max. 5,9 m Tiefe, siehe Feldprotokolle).

Ein ähnliches Verhalten beobachtete VÖGE (1986) bereits in den 80er Jahren. In dieser Zeit fand man das Zwerg-Laichkraut noch in 6 m Tiefe, wo sie bereits im April zusammen mit anderen Arten *(Zannichellia palustris*, *Elodea canadensis*, *Ranunculus circinatus*, *Potamogeton pectinatus* und *Potamogeton crispus)* dichte Rasen bildete.

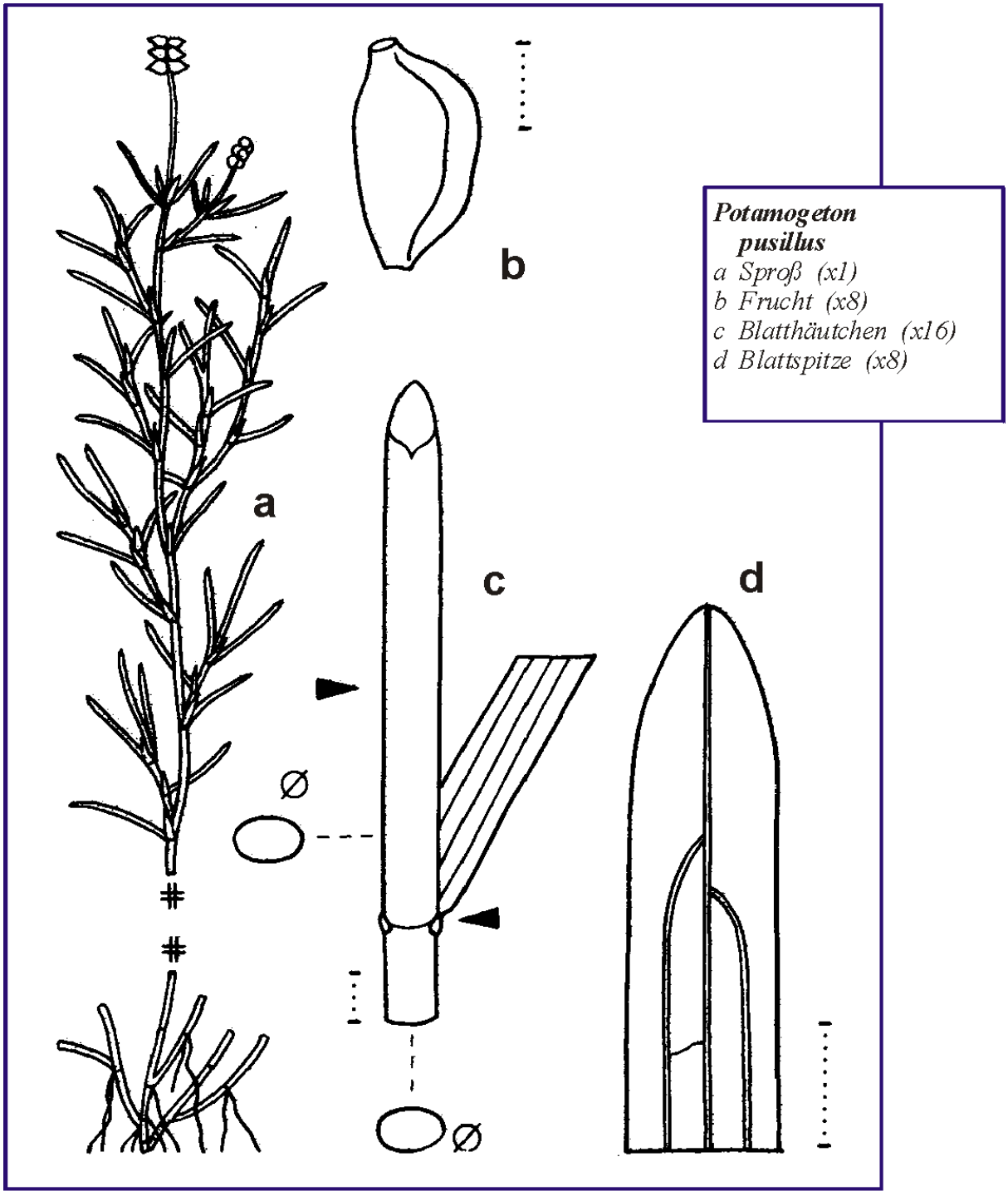
Abbildung 10: Das Tiefenprofil von Potamogeton pusillus 1995/96 und 2008.



Die Verbesserung der Sichttiefenverhältnisse hat sicher dazu beigetragen, dass *Potamogeton pusillus* heute wieder die tiefen Bereiche erfolgreich besiedelt. An den Tiefenprofilen kann man erkennen, wie stark sich das Zwerg-Laichkraut in die tieferen Bereiche ausgebreitet hat.

Potamogeton pusillus erhält den Indikatorwert C für die Tiefenzonen 1 (0 – 1 m Tiefe) und den Indikatorwert B für die restlichen Tiefenzonen (siehe Tabelle 7).

Abbildung 11: Die Darstellung von Potamogeton pusillus.



Abbildungen aus ROTHMALER 1988

7.4 *Potamogeton pectinatus* (Fam. Potamogetonaceae - Laichkrautgewächse)

Das Kamm-Laichkraut ist ein Kosmopolit. In der Bundesrepublik Deutschland ist die Art häufig. Sie ist in Hamburg und den benachbarten Bundesländern nicht gefährdet.

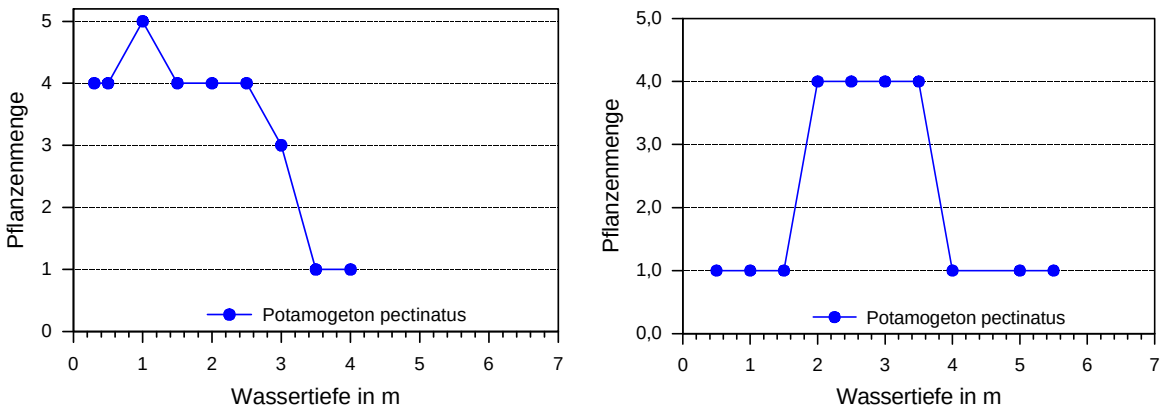
Die Pflanze treibt ihre dünnen Sprosse (Dicke bis 1,5 mm) aus einem verzweigten Rhizom aus. Dieses weist im Herbst Verdickungen auf, die sog. „Winterknospen“ (CASPER & KRAUSCH 1980). Die bis zu 4 m langen Stängel bilden zahlreiche Seitentriebe. Die Blätter variieren zwischen 5-15 cm, selten 30 cm Länge, und einer Breite von meist 0,25-0,5 mm (siehe Abbildung 13). Junge Pflanzen ähneln *Potamogeton pusillus*. *Potamogeton pectinatus* ist sehr formenreich.

Die Art kommt in stehenden oder fließenden Gewässern vor. Ihre weite ökologische Amplitude reicht von nährstoffarmen, kalk-oligotrophen bis zu polytrophen und stark verschmutzten Gewässern. Dieses euryöke Verhalten verdankt sie der Fähigkeit, Nährstoffe sowohl aus dem Wasser, als auch über das Substrat aufzunehmen.

Als leicht salzertragende Art kommt sie auch im Brackwasser an unseren Küsten vor. In phosphatbelastenden Gewässern und bei hohen ph-Werten ist sie häufig vorhanden, hingegen meidet sie ammoniumreiche Gewässer und ist indifferent gegenüber dem Nitratgehalt (WIEGLEB 1976). Sie ist mit zahlreichen Arten in unterschiedlichen Pflanzengemeinschaften vergesellschaftet, und besitzt daher keine indikatorischen Eigenschaften.

Im Hohendeicher See gehört diese Laichkrautart nicht mehr zu den häufigsten Pflanzen. Sie tritt in 32 % aller Transekte auf (siehe Abbildung 3). 1995/96 betrug dieser Wert noch 67 % (siehe Abbildung 4).

Abbildung 12: Das Tiefenprofil von Potamogeton pectinatus 1995/96 und 2008.



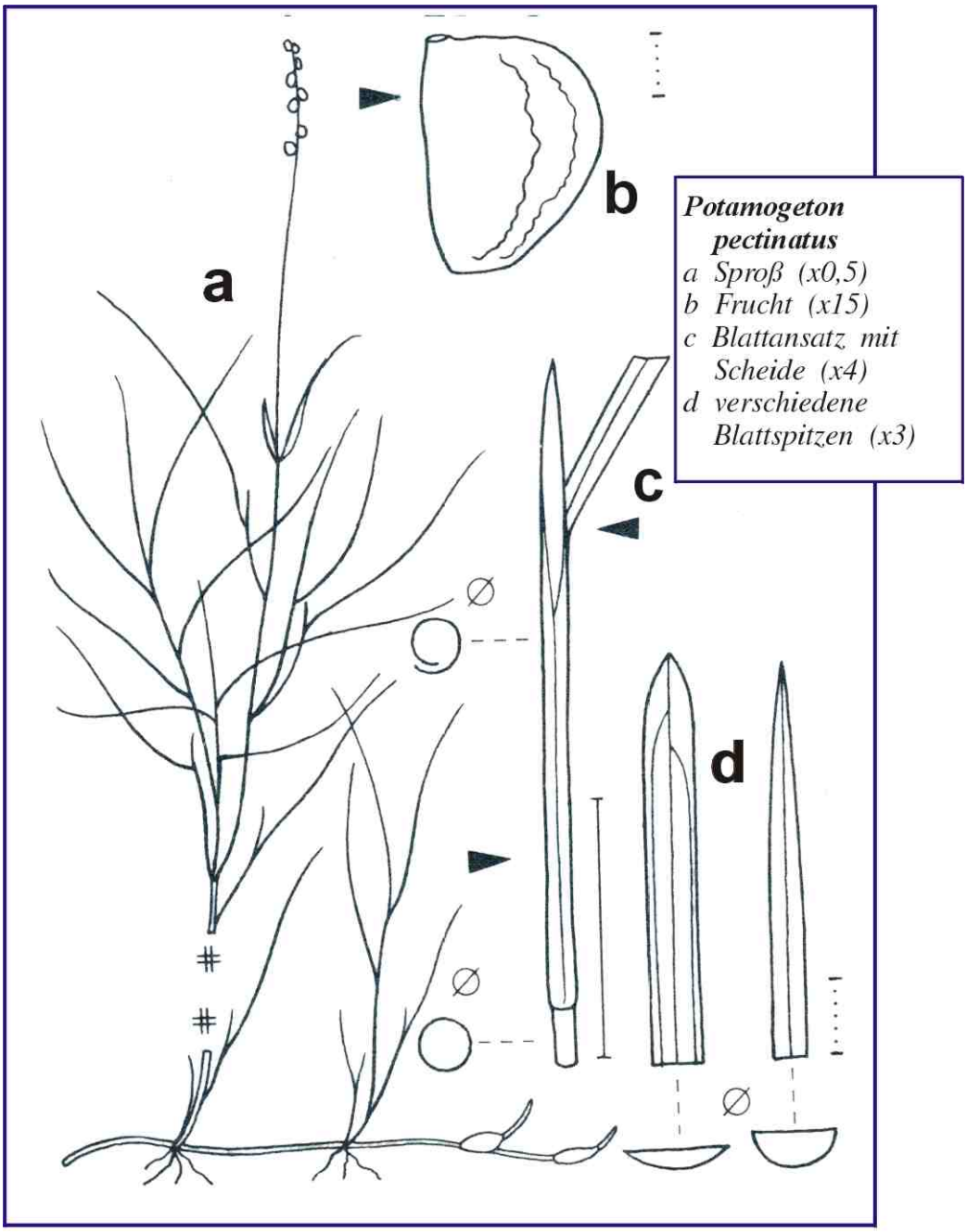
In der Tiefenzone 1 – 2 m erreicht sie 2008 einmal die Pflanzenmenge 5 (massenhaft) und in der Tiefenzone 2 – 4 m die Pflanzenmenge 4 (häufig), beide

Mal im Transekt Nr. 77. An zwei Stellen geht die Pflanze über 4 m-Tiefe hinaus. Dies war 1995/96 nicht der Fall. Vermutlich ist hierfür die gute Sichttiefe entscheidend. Eine starke Verbreitung im Flachwasser wie 1995/96 konnte 2008 nicht mehr nachgewiesen werden.

Auffallend war, dass die Wüchsigkeit dieser Art, wie bei *Potamogeton perfoliatus*, mit den Jahren geringer geworden war.

Potamogeton pectinatus erhält den Indikatorwert B für alle Tiefenzonen (siehe Tabelle 7 im Anhang).

Abbildung 13: Darstellung von Potamogeton pectinatus.



Abbildungen aus ROTHMALER 1988

7.5 *Ranunculus circinatus* (Fam. Ranunculaceae - Hahnenfußgewächse)

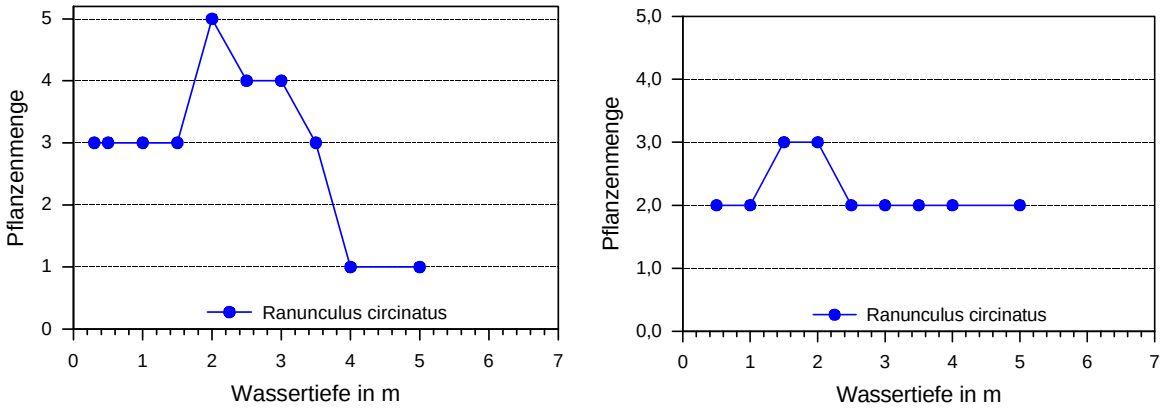
Diese Art kommt im gemäßigten Teil Europas und Asiens vor. In der Bundesrepublik Deutschland ist sie eine stete Art mit leichtem Verbreitungsschwerpunkt im Südosten. *Ranunculus circinatus* ist in Niedersachsen/Bremen und in Schleswig-Holstein als gefährdete Art eingestuft, im Stadtstaat Hamburg gilt sie als stark gefährdet (siehe Tabelle 5).

Diese Hahnenfuß-Art lebt ständig untergetaucht und hat aus diesem Grund keine Schwimmblätter entwickelt. Die runde oder halbkreisförmige Blattspreite der Tauchblätter ist in Segmente aufgegliedert, die in sich mehrfach gabelig geteilt sind. Auch außerhalb des Wassers bleiben die Blätter steif und fallen nicht zusammen (siehe Abbildung 15). Die weißen Blüten (mit einem Durchmesser zwischen 13-20 mm) öffnen sich erst über der Wasseroberfläche. Blütezeit ist von Juni bis August (CASPER & KRAUSCH 1981).

Der Spreizende Wasserhahnenfuß lebt in Fließgewässern mit geringer Strömung oder in meso- bis eutrophen, vorwiegend kalkreichen stehenden Gewässern. Als leicht salzertragende Pflanze kommt sie auch im Brackwasser vor. Die Art wird durch Nitrat gefördert, meidet aber ammoniumreiches Wasser, ist anspruchsvoll gegenüber Calcium und tritt häufiger bei hohen ph-Werten auf (WIEGLEB 1976). Sie ist Begleiter in mehreren Wasserpflanzengesellschaften.

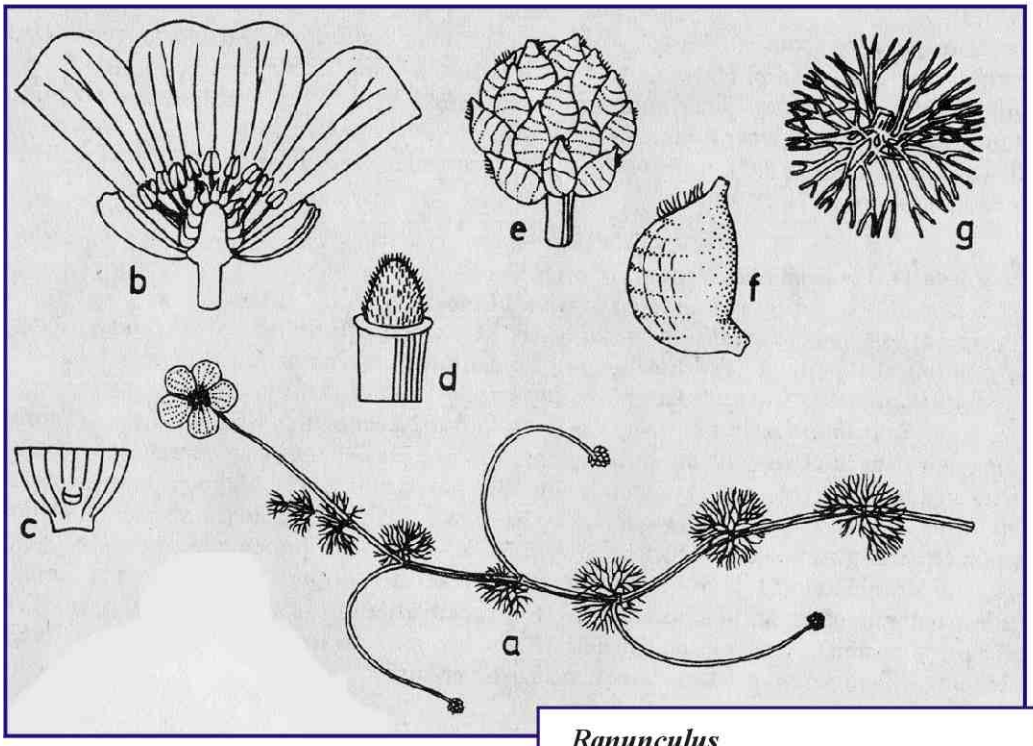
Ranunculus circinatus ist eher eine Flachwasserpflanze (HOESCH & BUHLE 1996). Ihre Hauptverbreitung reicht im Hohendeicher See bis etwa 3,5 m Tiefe. Dabei kann sie Sprosslängen von 2 m erreichen. Vereinzelte kleinwüchsige Exemplare trifft man gelegentlich noch in 5 m Tiefe an. 1995/96 war sie im Flachwasser bis häufiger anzutreffen. Sie ist im Hohendeicher See weit verbreitet, denn sie tritt in 73 % der untersuchten Transekte auf (siehe Abbildung 3).

Abbildung 14: Das Tiefenprofil von Ranunculus circinatus 1995/96 und 2008.



Ranunculus circinatus erhält den Indikatorwert C für die Tiefenzonen 1, 2 und 3 (0 – 4 m Tiefe) und den Indikatorwert B für die Tiefenzone 4 (siehe Tabelle 7).

Abbildung 15: Darstellung von Ranunculus circinatus.



Abbildungen aus
CASPER & KRAUSCH 1981

Ranunculus circinatus
a Habitus (x0,3)
b Blüte im Längsschnitt (x2)
c Honigblatt mit Nektarium (x2)
d Blütenboden (x5)
e Fruchtstand (x3)
f Achäne (x9)
g einzelnes Blatt (x1)

7.6 *Ceratophyllum demersum* (Fam. Ceratophyllaceae - Hornblattgewächse)

Ceratophyllum demersum ist eine weltweit verbreitete Art. In der Bundesrepublik Deutschland mit Häufung im warmen Tiefland und in Auenlandschaften (CASPER & KRAUSCH 1981). In Schleswig-Holstein und Niedersachsen/Bremen ist die Art ungefährdet, in Hamburg gilt sie als gefährdet (siehe Tabelle 5).

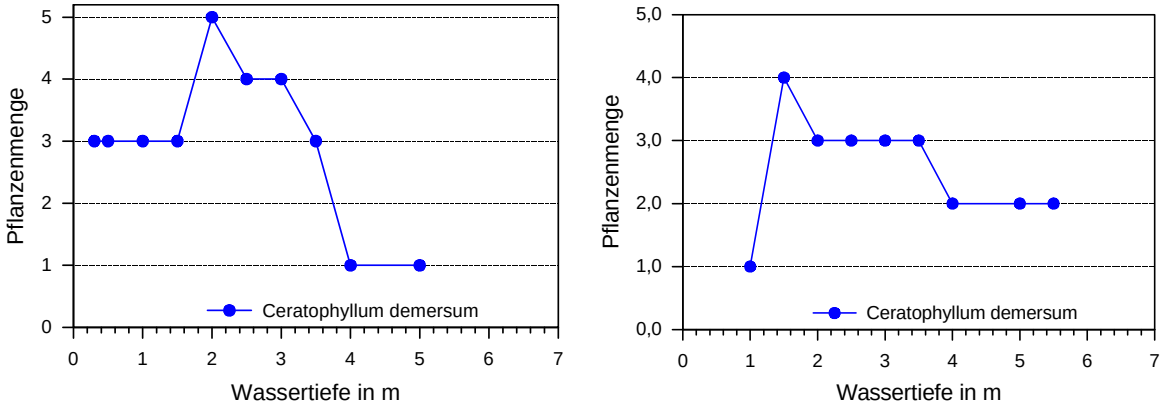
Die Vorkommen von *Ceratophyllum demersum* liegen in langsamfließenden bzw. stehenden, nährstoff- und basenreichen Gewässern über tiefgründiger Gyttja. Die Pflanze gilt als Nährstoffzeiger und wird daher durch die zunehmende Eutrophierung unserer Gewässer gefördert. In schwach oligo- und mesotrophem Wasser ist sie weniger zahlreich vertreten (CASPER & KRAUSCH 1981). WIEGLEB (1976) stellt *Ceratophyllum demersum* mit der sehr konkurrenzstarken Art *Potamogeton perfoliatus* gleich. Das Hornblatt ist darüber hinaus eine sehr anspruchsvolle Pflanze in bezug auf Bikarbonat-, Ca-Gehalt und hoher Nitratmaxima. Die Pflanze kommt auch bei hohen ph-Werten und Phosphatgehalten vor. *Ceratophyllum demersum* trat als Begleiter u.a. in der Gesellschaft des *Potametum perfoliati* auf.

Die Gattung *Ceratophyllum* (Hornkraut) gehört zu einer interessanten Lebensformgruppe, den submersen Pleustophyten (die untergetauchten Wasserschweber). Es handelt sich dabei um Pflanzen, die entweder im Wasser schweben (flottieren) oder nur mittels Rhizoiden (reinen Haftorganen) im Grund verankert sind. Wurzeln besitzen diese Pflanzen nicht.

Ceratophyllum demersum kann im Laufe einer Vegetationsperiode verschiedene Wuchsformen annehmen. In einem anderen Hamburger Gewässer, dem Brack bei Francop, machte VÖGE (1986) folgende Beobachtungen:

- Im Juni - zur Blütezeit von *Ceratophyllum demersum* - waren die meisten Pflanzen im Boden verankert,
- während sie im August fast alle unter der Wasseroberfläche schwebten.
- Im November lagen die Pflanzen auf dem Grund, wo sie sich mit Rhizoiden verankert hatten.
- VÖGE (1986) betont, *Ceratophyllum demersum* im Hohendeicher See nie schwebend gesehen zu haben, sondern stets im Kontakt mit dem Gewässergrund. Dieses Verhalten zeigte das Gemeine Hornblatt auch bei den Untersuchungen 1995 und 1996 sowie 2008.

Abbildung 16: Das Tiefenprofil von Ceratophyllum demersum 1995/96 und 2008.



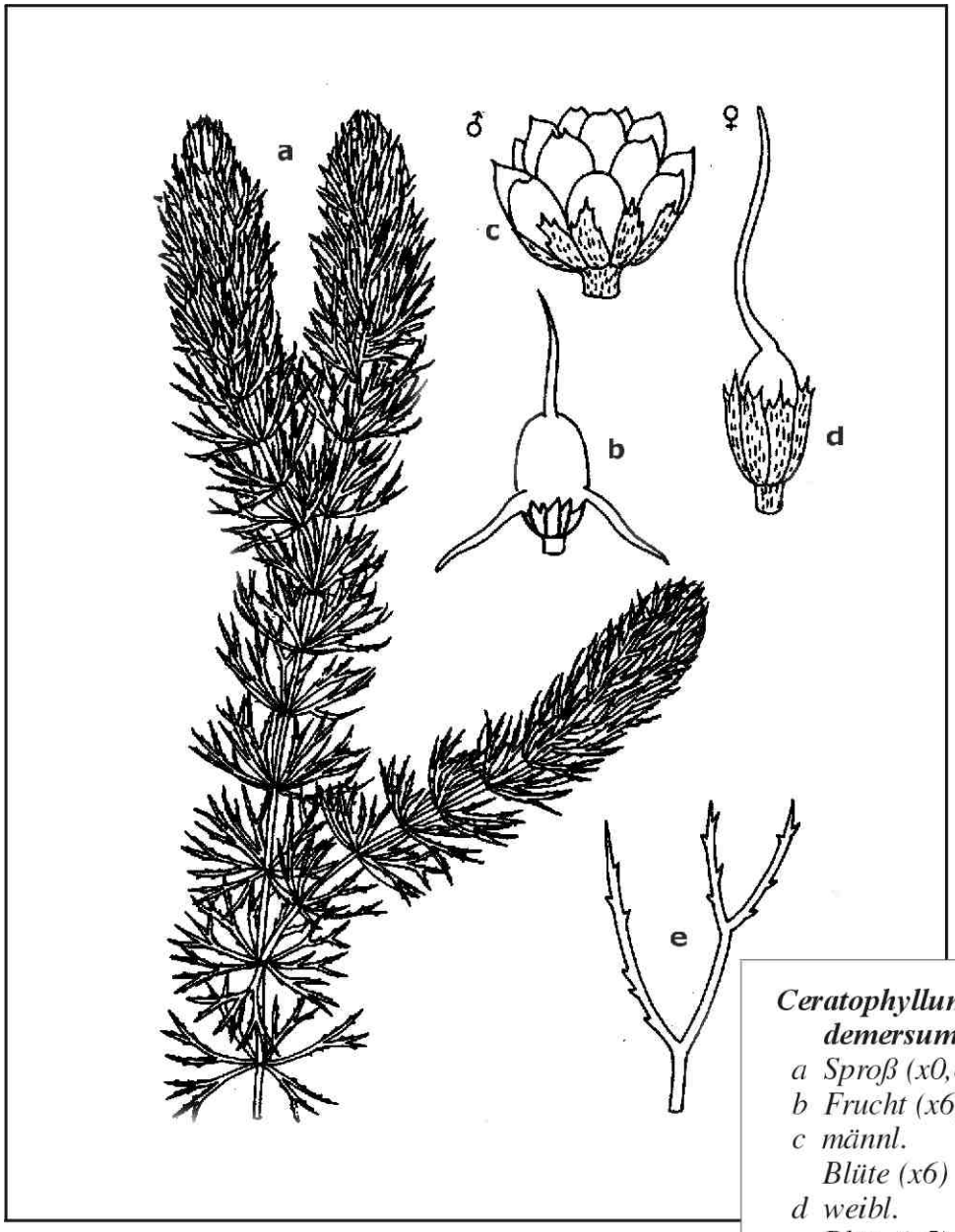
Die Art braucht erhöhte sommerliche Wassertemperaturen, um zum Blühen zu kommen. Ansonsten vermehrt sie sich vegetativ mit Hilfe von „Turionen“ (vegetative Sprossteile). Die Sprossachse kann Längen von maximal 3,7 m erreichen. Die Blattspreite ist in pfriemliche Blattzipfel, die außerhalb des Wasser starr bleiben, zerteilt (siehe Abbildung 17).

Das Gemeine Hornblatt erreicht im Hohendeicher See Sprosslängen bis zu 1,8 m, bei einer Wassertiefe um 2,5 m (siehe Vegetationsprofil Abbildung 26 im Anhang). Hier ist sie auch mit den größten Pflanzenmengen vertreten. Im flachen Wasser (< 1 m) wird sie 2008 nicht angetroffen (lediglich abgerissene und angespülte Sprossteile findet man im Uferbereich), 1995/96 besiedelte sie hingegen bereits ganz flache ufernahe Bereiche (ab 0,3 m Wassertiefe).

An zwei Transekten siedelte *Ceratophyllum demersum* an den untersten Rändern der Makrophytenvegetation (Nr. 40, 5,0 m Tiefe und Nr. 62, 5,8 m Tiefe).

Ceratophyllum demersum erhält den Indikatorwert C für die Tiefenzonen 1 (0 – 1m Tiefe) und den Indikatorwert B für die Tiefenzone 2, 3 und 4 (siehe Tabelle 7).

Abbildung 17: Darstellung von Ceratophyllum demersum.



Ceratophyllum demersum
a Sproß (x0,8)
b Frucht (x6)
c männl. Blüte (x6)
d weibl. Blüte (x5)
e einzelnes Blatt (x2,5)

Abbildungen aus ROTHMALER 1980

7.7 *Chara vulgaris* (Fam. Characeae - Armleuchteralgen)

Dieses ist die weltweit häufigste *Characeen*-Art. In der Bundesrepublik Deutschland, in Niedersachsen/Bremen und in Schleswig-Holstein ist *Chara vulgaris* zur Zeit nicht gefährdet. In Hamburg gilt sie als stark gefährdet (siehe Tabelle 5). Eine Reihe ehemaliger Fundorte sind in den letzten Jahren erloschen (KRIEG & KIES 1989).

Die Armleuchteralgen werden als einzige Algengruppe zu den Makrophyten gerechnet (siehe Kap. 4.1). Sie stehen den Landpflanzen auch phylogenetisch am nächsten (KRIEG & KIES 1989). Die *Characeen* sind Relikte der im Erdaltertum reich gegliederten Ordnung *Charales,* die bereits vor rd. 350 Millionen Jahren im Devon existierte.

Morphologisch gliedert sich der Thallus der *Characeen* in Nodien und Internodien. An den Nodien entstehen die sog. Blättchen, sie stellen Kurztriebe II. Ordnung dar (siehe Abbildung 19). Die geschlechtliche Vermehrung findet durch Eibefruchtung statt, die reifen Zygoten (Oosporen) keimen über das *Prochara*-Stadium zu einer Armleuchteralge aus. Richtige Wurzeln besitzen die *Characeen* nicht. Sie sind durch fädige, farblose, an den Knoten entspringende Rhizoide im Boden verankert. An den Rhizoiden, aber auch an oberirdischen Achsen, können Brutkörper (Bulbillen) entstehen, die der vegetativen Vermehrung dienen (KRIEG & KIES 1989).

Characeen sind in der Lage durch eine erhöhte Bikarbonataufnahme für eine „biogene Entkalkung“ des Wassers zu sorgen. Die Thallusoberfläche ist oft von einer Kruste aus $CaCO_3$ (Calzit) und $MgCO_3$ umgeben. Dadurch werden die Pflanzen sehr berührungsempfindlich und zerbrechlich. Die *Characeen* waren früher maßgeblich an der Entstehung der sog. Seekreide beteiligt. So nennt man die Sedimente kalkreicher Gewässer.

Da *Characeen* sehr empfindlich auf erhöhte Phosphatwerte reagieren, ist ihr Rückgang vor allem durch den Anstieg der Phosphatgehalte unserer Gewässer bedingt (FORSBERG 1964 zitiert in KRIEG & KIES 1989). Armleuchteralgen treten meistens als Besiedlungspioniere neugeschaffener Gewässer auf (z.B. Baggerseen). Daneben überleben sie, als sog. Dauerpioniere, in vom Grundwasser gespeisten Altarmen der größeren Flüsse oder in größeren Tiefen klarer Seen. Ihre Ansprüche gegenüber dem Lichtfaktor sind geringer als bei Blütenpflanzen, auch ertragen sie den hydrostatischen Druck im tiefen Wasser besser. Daher kommen *Characeen*-Wiesen auch meist erst unterhalb der Laichkrautbestände zur Entwicklung. Die perennierenden Arten der Armleuchtergewächse bleiben auch im Winter grün und können in tieferen Seen unter dem Eis überwintern. Die einjährigen Arten gehen jedes Jahr neu aus den keimenden Oosporen hervor (KRIEG & KIES 1989).

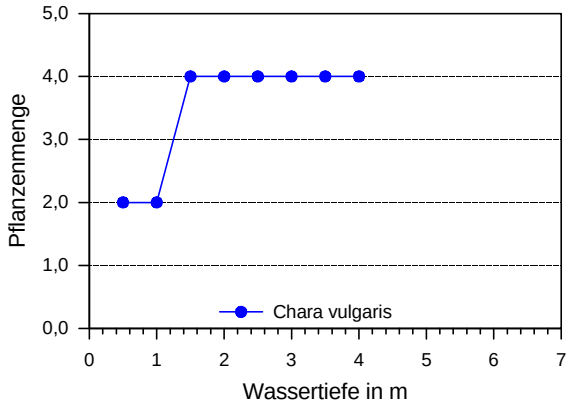
VAHLE (1990) hat sich Gedanken zum Konkurrenzkampf zwischen Armleuchteralgen und Blütenpflanzen gemacht. Nach seiner Auffassung werden Armleuchteralgen nicht von anderen Wasserpflanzen verdrängt. Zwei Beobachtungen stützen seine These. So bilden z.B. Pionierstadien derart dichte und massige Bestände, dass andere Arten hier kaum Besiedlungsmöglichkeiten finden. Erst wenn die *Characeen*-Bestände in ihrer Vitalität nachlassen, kann ein Eindringen anderer Arten in diese Bestände beobachtet werden. Das Nachlassen der Vitalität wiederum

kann zwei Gründe haben, zum einen eine Schwächung durch zunehmende Wasserverschmutzung, und zum anderen die Zunahme allelopathischer Substanzen in ihren Einartbeständen (KRAUSE 1981 zitiert in VAHLE 1990).

Chara vulgaris verfügt über eine reichliche Oosporenproduktion, daher vermutlich auch ihre relative weite Verbreitung. Als ausgesprochene Pionierpflanze war sie vermutlich eine der ersten Pflanzen, die den Hohendeicher See besiedelten.

1995/96 war sie nur noch in geringen Mengen und in einer Stetigkeit von 12 % vorhanden. Bis 2008 hatte sie sich aber stark ausgebreitet und war in 95 % aller Transekte vorhanden. An zahlreichen Stellen bildet sie jetzt die typischen Chara-Wiesen (vor allem am Ostufer und im nördlichen Flachwasserbereich).

Abbildung 18: Das Tiefenprofil von Chara vulgaris 2008.



(1995/96 konnte aufgrund geringer Vorkommen kein Tiefenprofil angefertigt werden)

Chara vulgaris konnte in Tiefen zwischen 1,5 und 4 m hohe Deckungen erreichen (Pflanzenmenge 4). Allerdings überwogen bei *Chara vulgaris* die Vorkommen mit geringer Deckung. Die Pflanzen waren 2008 größer und kräftiger als 1995/96 und erreichten eine Sprosslänge von ca. 30 cm.

Chara vulgaris erhält den Indikatorwert B für alle Tiefenzonen (siehe Tabelle 7).

Abbildung 19: Darstellung von Chara vulgaris.

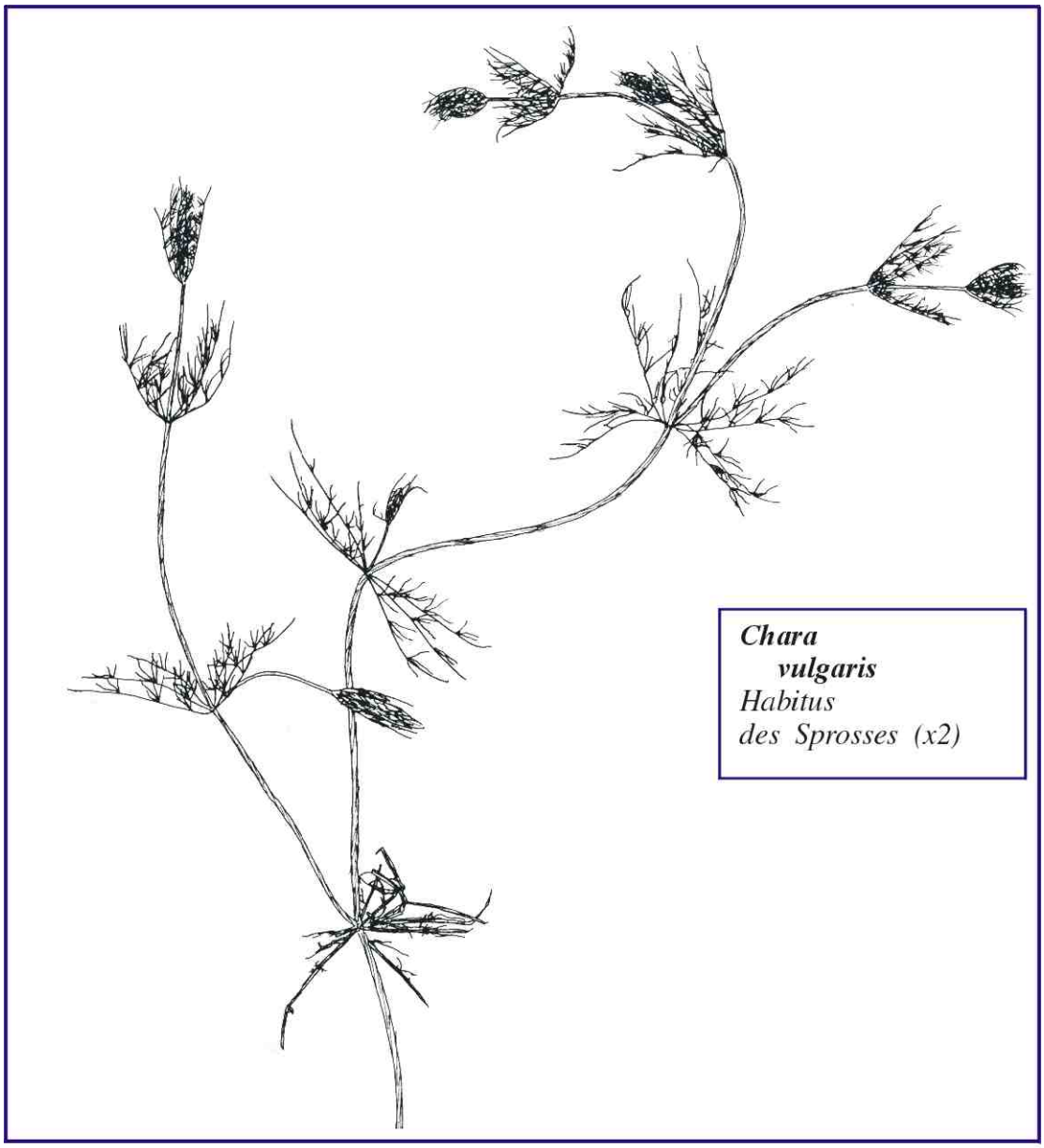


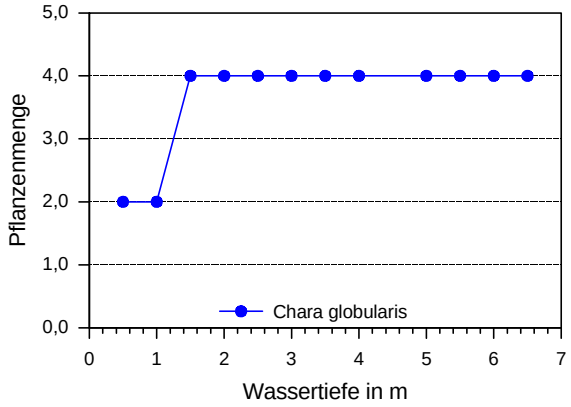
Abbildung aus VAHLE 1990

7.8 *Chara globularis* (Fam. Characeae - Armleuchteralgen)

Die Zerbrechliche Armleuchteralge, *Chara globularis* (syn. *Chara fragilis*), ist eine relativ häufig vorkommende Characeen-Art, ein Kosmopolit mit der Hauptverbreitung auf der Nordhalbkugel, sogar auf Island nachgewiesen, im Norden bis zum Polarkreis verbreitet und in Südwest- und Südosteuropa mit einer eher aufgelockerten Verbreitung (KRAUSE 1997). Sie gilt in der Bundesrepublik Deutschland und regional in Schleswig-Holstein und Niedersachsen/Bremen als nicht gefährdet, in Hamburg dagegen als stark gefährdet (siehe Tabelle 5).

Chara globularis ist eine unberindete *Chara*-Art und in ihrem Habitus besonders typisch (Abbildung 21). Die zarte Pflanze erreicht im Hohendeicher See eine Wuchshöhe von über 40 cm. In 3 Transekten war sie die tiefste angetroffene Art, bei Transekt Nr. 67 sogar in 6,8 m Tiefe (Tiefenrekord dieser Untersuchung). Diese kann Art kann ab einer Tiefe von 1,5 m hohe Deckungen erreichen (Pflanzenmenge 4)

Abbildung 20: Das Tiefenprofil von Chara globularis 2008.



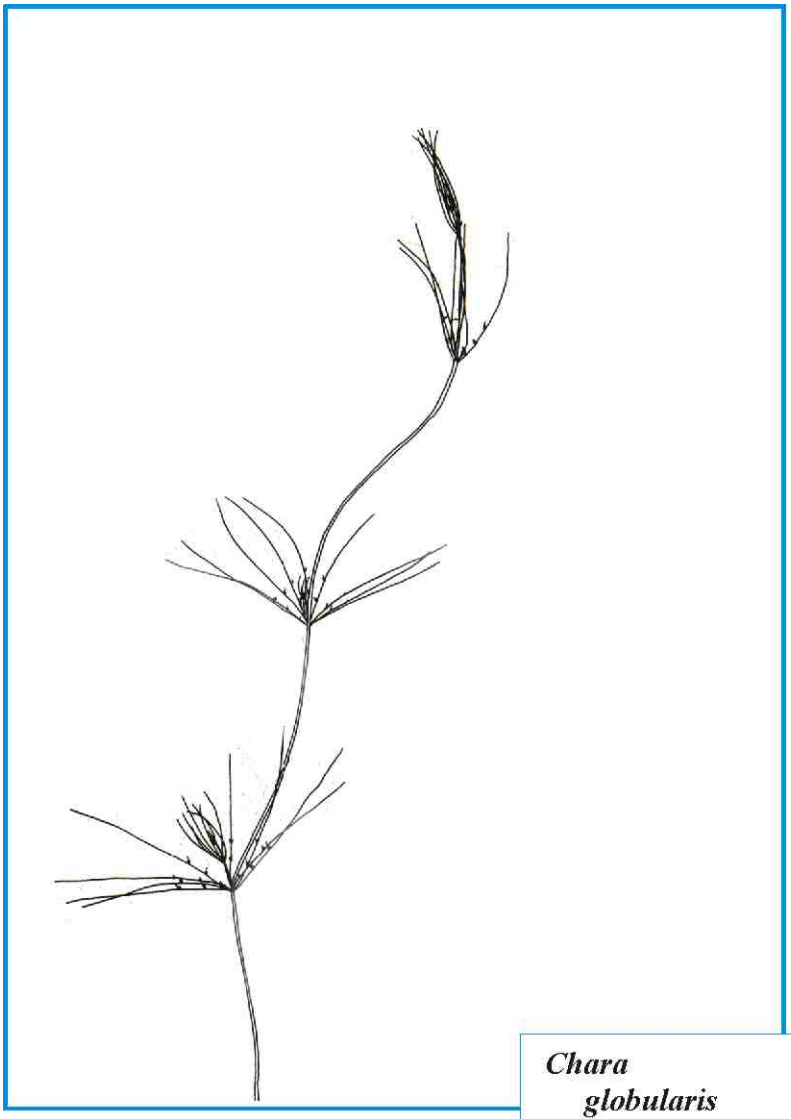
(1995/96 konnte kein Tiefenprofil angefertigt werden)

1995/96 war die Art in keinem untersuchten Transekt gefunden worden. Bis 2008 hat die Art sich sehr stark verbreitet und ist in 73 % aller Transekte vorhanden.

Chara globularis ist vergesellschaftet mit *Chara vulgaris*, *Potamogeton pusillus* sowie mit *Elodea nuttallii*.

Chara globularis erhält den Indikatorwert B für alle Tiefenzonen (siehe Tabelle 7).

Abbildung 21: Darstellung von Chara globularis.



Chara globularis

a Habitus (ca. x1,5)

Abbildung aus VAHLE 1990

7.9 *Nitellopsis obtusa* (Fam. Characeae - Armleuchteralgen)

Nitellopsis obtusa (Stern-Armleuchteralge) ist in Europa relativ weit verbreitet, daneben kommt sie u.a. in Asien vor (z.B. Pakistan, Burma). In der Bundesrepublik Deutschland ist die Art gefährdet (KRAUSE 1984). In Niedersachsen/Bremen ist *Nitellopsis obtusa* vom Aussterben bedroht, in Hamburg galt die Art bereits als ausgestorben (Gefährdungsgrad 0, siehe Tabelle 5).

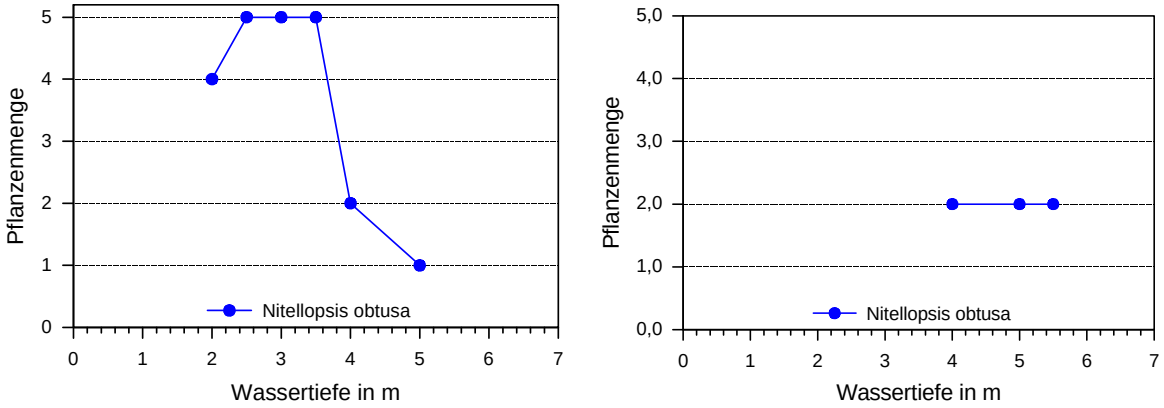
Umso größer war die Überraschung, als nach eingehender Bestimmung die vorliegende Armleuchteralge als *Nitellopsis obtusa* identifiziert wurde

Nitellopsis kann durch die „Sternchen“ an den Rhizoiden eindeutig identifiziert werden (MIGULA 1897 und WOOD & IMAHORI 1964 und 1965). Diese Reservestoffbehälter dienen *Nitellopsis* zur vegetativen Vermehrung. Im Frühjahr treiben die „Sternchen“ zu neuen Pflanzen aus. Es scheint dies die Hauptvermehrungsweise dieser diözischen Art zu sein, da bisher nur selten Beobachtungen über Fruktifikationen (Fruchtbildung) gemacht wurden. Ein Grund hierfür mag in der Tatsache begründet sein, dass nur selten männliche und weibliche Pflanzen zusammen an einem Wuchsort gefunden werden.

Die kräftigen Sprosse der Stern-Armleuchteralge können bis zu 1 m hoch werden, sie sind ca. 2 mm dick, die Internodien bis 20 cm lang. Die jüngsten Pflanzenteile sind lebhaft grün gefärbt, die älteren durch Ablagerungen (Krusten) meergrün bis völlig grau. Die einfach gebauten Blätter sind fast genauso dick wie der Stängel. Sie sitzen meist zu sechs im Quirl (siehe Abbildung 23).

Die alten Fundorte dieser Armleuchteralge sind ausschließlich oligo- bis mesotrophe, oft kalkreiche Gewässer. Nach Untersuchungen von KRAUSE (1985) zeigt *Nitellopsis obtusa* jedoch ein bisher unbekanntes Verhalten, da sie in mesotrophen Gewässern bei zunehmender Eutrophierung in den Flachwasserbereich vordringt. HOESCH & BUHLE (1996) berichten sogar von ansehnlichen Beständen im Flachwasser des als polytroph eingestuften Großen Seddiner Sees. Hierbei soll es sich um eine Pionierbesiedlung und nicht um ein „Hochwandern“ von *Nitellopsis obtusa* handeln. In derartigen Flachwasserpopulationen bleibt *Nitellopsis* klein, und tritt dort zusammen mit anderen Makrophyten auf.

Abbildung 22: Das Tiefenprofil von Nitellopsis obtusa 1995/96 und 2008.

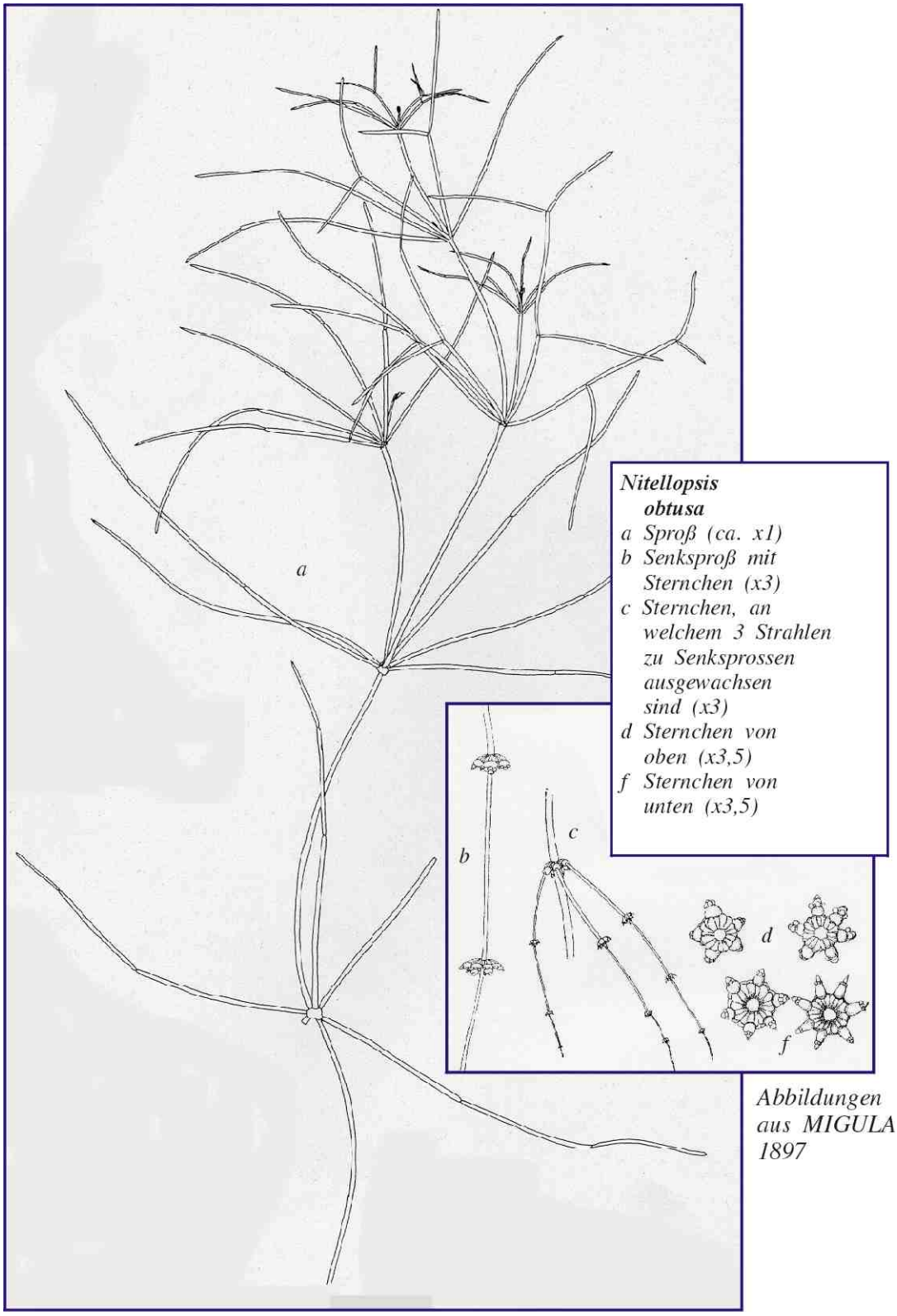


Nitellopsis obtusa bildete im Hohendeicher See 1995/96 ausgedehnte Rasen (Wuchshöhe ca. 1 m), die sich erst unterhalb der Laichkrautzone in ca. 2,5 m Tiefe entwickelten und sich bis in eine Tiefe von ca. 3,5 m ausdehnten.

Diese Bestände von *Nitellopsis* waren 2008 vollkommen zusammengebrochen. Die Art konnte nur noch in 2 Transekten (Nr. 16 und 67) nachgewiesen werden und zwar in *schütteren, sterilen* Beständen in der Tiefenzone 4 (> 4m). An ihre Stelle traten Bestände von *Potamogeton pusillus*, *Potamogeton perfoliatus* und *Elodea nuttallii*.

Nitellopsis obtusa erhält den Indikatorwert B für die Tiefenzonen 1, 2 und 3 und den Wert C für die Tiefenzone 4 (siehe Tabelle 7).

Abbildung 23: Darstellung von Nitellopsis obtusa.



Nitellopsis obtusa
a Sproß (ca. x1)
b Senksproß mit Sternchen (x3)
c Sternchen, an welchem 3 Strahlen zu Senksprossen ausgewachsen sind (x3)
d Sternchen von oben (x3,5)
f Sternchen von unten (x3,5)

Abbildungen aus MIGULA 1897

Abbildung aus VAHLE 1990

8. Der Vergleich der Vegetationsprofile von 2008 und 1995/96.

8.1 Vegetationsprofil am Flachufer des Transekts 17

Im Gegensatz zu 1995/96 war im Jahr 2008 auch die Flachwasserzone ab 0,3 m Tiefe besiedelt. Kleinwüchsige Exemplare von *Elodea nuttallii* und *Potamogeton pectinatus* waren vorhanden (siehe Abbildung 26 und Abbildung 27 im Anhang).

Die Bestände mit *Potamogeton perfoliatus* beginnen erst in einer Tiefe von ca. 1 m und reichen bis ca. 3,5 m. 1995/96 dominierte von ca. 2,5 m bis 3,8 m Tiefe die Armleuchteralge *Nitellopsis obtusa*. Diese ist 2008 nicht mehr vorhanden. Stattdessen finden wir jetzt viele kräftige Exemplare von *Potamogeton pusillus* und ebensolche von *Elodea*.

In der Tiefenzone 4 (>4 m) ist 2008 *Chara globularis* vorhanden sowie viel *Potamogeton pusillus*. 1995/96 wuchs in dieser Tiefe nichts mehr. Die tiefste Art ist *Potamogeton pusillus* mit 4,9 m Tiefe.

8.2 Vegetationsprofil am mittelsteilen Ufer des Transekts 2

1995/96 fanden sich in der Tiefenzone 1 und 2 (0 – 2 m Tiefe) ein buntes Mosaik aus sechs Arten, wie *Potamogeton pectinatus*, *P. pusillus* und *P. perfoliatus* und *Ranunculus circinatus* (siehe Abbildung 28 und Abbildung 29 im Anhang). 2008 dominierte *Elodea nuttallii.*

Von 2 – 4 m Tiefe sind 2008 dichte, niedrigwüchsige Bestände von *Chara vulgaris* anzutreffen. 1995/96 wuchsen hier *Ranunculus circinatus* und *Potamogeton pectinatus* von bis zu 2 m Sprosslänge. Ab 2,5 Tiefe begannen die *Nitellopsis-obtusa*-Bestände, sie endeten bei ca. 3,8 m Tiefe. 2008 dominieren von 2 – 4 m Tiefe *Chara vulgaris* und ab 4 m *Chara globularis*. Die tiefste Art ist *Elodea nuttallii* mit 5,8 m Tiefe.

8.3 Vegetationsprofil Steilufer des Transekts 25

1995/96 waren in der Tiefenzone 1 (0 – 1 m Tiefe) viel *Potamogeton pectinatus* und *Potamogeton pusillus*. 2008 finden sich *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton pusillus*, *Chara vulgaris* und *Elodea nuttallii* (siehe Abbildung 30 und Abbildung 31 im Anhang). Bis 2 m Tiefe besteht die Gesellschaft des Durchwachsenen Laichkrautes (*Potametum perfoliati*) mit dichteren Beständen aus *Potamogeton perfoliatus* und *Elodea nuttallii*.

Ab 2 m Tiefe lockert die Gesellschaft des Durchwachsenen Laichkrautes auf. Neben *Potamogeton perfoliatus* (Sprosslänge ca. 1,1 m) findet man noch einige kräftige

Exemplare von *Potamogeton pusillus* sowie *Chara globularis* bis auf 4 m Tiefe. Danach bis auf 6,0 m nur noch *Potamogeton pusillus* und *Elodea nuttallii.*

1995/96 reichte das *Potametum perfoliati* bis auf 3,5 m Tiefe und bestand aus 1,5 m hohen *Elodea-nuttallii*-Pflanzen sowie aus 2,5 m hohen Exemplaren von *Potamogeton perfoliatus*.

8.4 Zusammenfassung

Auch in den Vegetationsprofilen dieser drei Transekte erkennt man die zunehmende Dominanz von *Elodea nuttallii* und die verstärkte Artmächtigkeit und Ausbreitung von *Potamogeton pusillus* auch in die tiefen Bereiche hinein. Die Bereiche die 1995/96 noch von *Nitellopsis obtusa* bestanden waren, werden jetzt von Beständen aus *Chara vulgaris* oder *Chara globularis* eingenommen oder von Arten, die man zur Gesellschaft des Durchwachsenen Laichkrautes (*Potametum perfoliati*) rechnen kann.

Artenzusammensetzung

Ob diese Veränderung in der Artenzusammensetzung durch einen veränderten Chemismus des Sees bedingt ist oder durch rein verbreitungsbiologische Effekte hervorgerufen wird, kann nicht eindeutig beantwortet werden.

Möglicherweise haben wir es aber hier auch nur mit einem Wechsel von Arten zu tun mit gleichen bzw. ähnlichen ökologischen Ansprüchen an den Wuchsort (Besetzung „ökologischer Nischen“), denn die Vegetationsentwicklung im Frühjahr zeigt chaotische Züge (VÖGE 2003) und ist stark von den Anfangsbedingungen abhängig. Einfluss besitzt der Konkurrenzkampf um Nährstoffe mit den sich entwickelnden Planktonpopulationen und Algen, wie *Spirogyra* und *Cladophora*.

Aber auch die Lichtverhältnisse im Frühjahr, die Wassertemperatur und die Fähigkeit einzelner Makrophytenarten nach dem Winter schneller als andere wieder austreiben und Blattmasse bilden zu können, spielen bei der Entwicklung der Artenzusammensetzung eine entscheidende Rolle.

Letztendlich sind die Faktoren, die die Artenzusammensetzung in einer Lebensgemeinschaft bestimmen, sehr variabel (STELZER 2003).

Tiefenverbreitung

VÖGE (2003) weist daraufhin, dass auch die Tiefenverbreitung der Makrophyten sehr variabel ist. Lag in einem Jahr die sommerlichen Sichttiefen um 7 m gingen die Makrophyten im darauf folgenden Jahr deutlich tiefer als nur bei 2 m Sichttiefe.

9. Ergebnisse des PHYLIB-Verfahrens - Die Ermittlung der „Ökologischen Zustandsklasse“.

In der WRRL werden für die Zustandsklasse 1 („sehr guter“ ökologischer Zustand) nur „sehr geringfügige“ Abweichungen vom Referenzzustand zugelassen. Für die Zustandsklasse 2 und 3 („guter“ bzw.„mäßiger“ Zustand) werden „geringe“ bzw. „mäßige“ Abweichungen von der Referenzgesellschaft toleriert. Im „guten“ Zustand (2) überwiegen also typspezifische Arten der Artengruppen A und B gegenüber Störzeigern. Zustandsstufe 4 („unbefriedigend“) wird bei erheblicher Abweichung der Biozönose vom Referenzzustand vergeben. Das ist der Fall, wenn Störzeiger (Gruppe C) überwiegen bzw. ausschließlich vorkommen (siehe Tabelle 7).

9.1 Die ermittelte „Ökologische Zustandsklasse“ im Hohendeicher See

22 Transekte wurden untersucht:

- alle Ergebnisse wurden als „gesichert“ eingestuft,
- 10-mal wurde die „Ökologische Zustandsklasse“ 3 und
- 12-mal wurde die „Ökologische Zustandsklasse“ 4 ermittelt
- Die Berechnungen nach dem PHYLIB-Verfahren ergaben einen Mittelwert OWK (Oberflächen-Wasser-Körper) von 3,5.

Der Wert 3,5 liegt zwischen den „Ökologische Zustandsklassen“ 3 (mäßig) und 4 (unbefriedigend). Die theoretisch schlechteste „Ökologische Zustandsklasse“ für den Seentyp TKg13 ist nach MATHES et al. (2002) der Wert 4. Die Zustandsklasse 5 existiert beim Modul Makrophytenbewertung für den Seentyp TKg13 nur, wenn eine Makrophytenverödung nachgewiesen wurde (dies war im Hohendeicher See nicht der Fall).

Die PHYLIB-Ergebnisse kann man der Tabelle 8 (Kurzfassung) und der Tabelle 9 (detaillierter Auszug) im Anhang entnehmen.

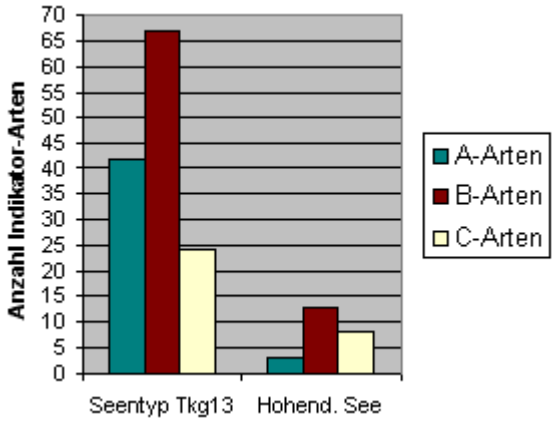
Die eigentliche PHYLIB-Ergebnisdatei ist eine 45-seitige PDF-Datei, in der u. a. für jedes Transekt dargestellt wird, in welche Artengruppe die kartierten Makrophyten aus den vier Tiefenstufen eingeordnet wurden. Diese Datei liegt der Speicher-CD dieses Gutachtens bei.

9.2 Die Verteilung der ökologischen Artengruppen

Auf der linken Seite der Abbildung 24 ist die Verteilung der drei Artengruppen im Referenzzustandes des Seentyps TKg13 dargestellt. Die Artengruppe A überwiegt deutlich vor der Gruppe C. Die größte Gruppe B ist die der euryöken Arten.

Abbildung 24: Anteil der Arten der ökologischen Artengruppen A, B und C am potenziellen Inventar (Referenzzustand) des Seentyps TKg13 und aktuell am Hohendeicher See.

(Durch die Tiefenstufendifferenzierung sind Mehrfachnennungen von Arten möglich)



Rechts sieht man die Verteilung im Hohendeicher See. Die Anzahl der Makrophytengruppe B ist auch hier am größten. Es sind jetzt aber mehr Arten der Gruppe C als der Gruppe A vorhanden. Dies zeigt die Degradation im Hohendeicher See auf.

Es sind vor allem die hohe Stetigkeit und die hohen Pflanzenmengen von *Elodea nuttallii* und mit Einschränkungen von *Potamogeton pusillus* sowie die Arten *Ceratophyllum demersum* und *Ranunculus circinatus*, die für einen Mittelwert OWK von 3,5 sorgen (siehe Tabelle 7).

10. Die heutige Nutzung des Hohendeicher Sees

In diesem Kapitel sollen die verschiedenen Freizeitnutzungen im Hohendeicher See und ihre möglichen Auswirkungen auf die Unterwasservegetation und Uferpflanzen näher betrachtet werden. Bereits in der Untersuchung von GOLOMBEK (1996) wurde dieser Aspekt ausführlich behandelt. Viele der damaligen Ergebnisse haben noch heute Bestand und werden als Zitat wiedergegeben:

Segler:

Das Segeln auf dem See ist - ebenso wie das Surfen - auf den nördlichen Seeabschnitt begrenzt (eine Bojenkette trennt den Surf- und Segelbereich von dem reinen Schwimmbereich). Die Anzahl der Segler auf dem See ist gering. Es gibt nur flachgehende Jollenboote. Wenn Jollenboote kentern, treiben sie mitunter „kieloben" im Wasser. Das Rigg ragt dann ins Wasser hinein und würde in Ufernähe die Unterwasservegetation so lange durchpflügen, bis das Boot wieder aufgerichtet wird. Hierdurch würden schwere Schäden an der Unterwasservegetation auftreten. Solche Beeinträchtigungen sind prinzipiell möglich und können - solange auf dem See gesegelt wird - auch nicht ausgeschlossen werden. Aus eigenen, mehrjährigen Beobachtungen kentern Segler aber i.d.R. nicht in Ufernähe, sondern vielmehr auf tiefem Wasser (wo man eher Böen und Winddrehungen ausgesetzt ist, als in Ufernähe), so dass für die Unterwasservegetation keine unmittelbare Gefahr besteht. Für die Zukunft sollten die am Hohendeicher See ansässigen Segler verstärkt angewiesen werden, ufernahe Bereiche zu meiden.

Surfer:

Der Hohendeicher See ist das wohl meistbesuchteste Surfrevier im Hamburger Bereich. An manchen Wochenenden finden sich sicher Hunderte von Surfern auf dem See und an den Ufern (z.B. am Surfschulen-Strand) ein. Dennoch wird der Einfluss dieser Sportart auf die Unterwasservegetation als eher gering eingeschätzt. Zum bequemen Besteigen des Surfbrettes benötigen die meisten Sportler eine Wassertiefe von rund 0,5 bis 0,7 m. Nach wenigen Augenblicken segelt der versierte Surfer bereits über Wassertiefen, in denen keine Wasserpflanzen mehr vorkommen. Fällt ein Anfänger im nahen Uferbereich vom Surfbrett, verhält er sich gegenüber den Wasserpflanzen ähnlich wie ein Schwimmer; er kann beim Auftauchen und beim erneuten Besteigen des Brettes mit den Beinen Sprossteile der langsprossigen Arten Potamogeton perfoliatus und Ranunculus circinatus abreißen. Seltener reißt man ganze Pflanzen heraus. Potamogeton perfoliatus wird durch diese vegetative Teilung in ihrer Verbreitung noch gefördert. Anders verhält es sich bei Ranunculus circinatus.. Die abgerissenen Pflanzenteile werden ans Ufer gespült und sterben ab. Dies wäre eine Erklärung dafür, dass Ranunculus circinatus seltener im Bereich von intensiv genutzten Surfstränden anzutreffen ist. Ansonsten ist die Art im See aber weit verbreitet, eine Gefährdung der Population von Ranunculus circinatus im Hohendeicher See durch den Surfbetrieb ist daher nicht zu befürchten. Das Segel eines Surfbrettes liegt nach einem Sturz flach auf dem Wasser. Es stellt damit eine geringere Gefahr für die Unterwasservegetation dar als ein Jollensegel.

Mitunter kann man Surf-Anfänger beobachten, die ungewollt durch den Wind in Richtung Röhrichtgürtel verdriftet werden. Eine Beeinträchtigung der Röhrichte kann aber nahezu ausgeschlossen werden, da die Surfer in Ufernähe durch die Bauweise ihrer Bretter daran gehindert werden (auf der Unterseite der Surfbretter findet sich eine 20 bis 30 cm tiefgehende feste Finne, die das Befahren der flachen, von Röhricht bestandenen Bereiche unmöglich macht), in die Röhrichte hineinzufahren.

Taucher:
Auch beim Durchtauchen dichter Bestände z.B. im Potametum perfoliati verfangen sich die langen Sprosse an den verschiedenen Ausrüstungsteilen. Doch stellen die Taucher aufgrund ihrer geringen Anzahl - z.B. im Vergleich zu den Schwimmern - ebenfalls keine Gefahr für die submersen Makrophyten dar. Hinzu kommt, dass die meisten Taucher sich mehr im südlichen Bereich, z.B. im Bereich der Unterwassertauchglocke und entlang der Abbruchkanten, und damit außerhalb der Makrophyten-Bestände aufhalten. Im Nordteil des Sees, wo verstärkt die sensiblen Bereiche mit den seltenen Armleuchteralgen-Rasen anzutreffen sind, hat der Verfasser nur äußerst selten Taucher beobachten können.

Es wäre möglich, dass Taucher durch unsachgemäßes Tarieren (Einstellung des Schwebezustandes) oder infolge zu heftiger Schwimmflossenbewegung die Sedimente im Hypolimnion aufwühlen, und dadurch Nährstoffe, wie z.B. Phosphat, freisetzen..

Angler:
Eine Beeinträchtigung der submersen Makrophyten durch Angler kann ausgeschlossen werden. Zwar werden mit der Angelschnur durch verhakte Köder (z.B. Blinker) immer wieder mal Pflanzen aus dem Wasser gezogen, doch treten hierdurch auch an vielbesuchten Angelplätzen (z.B. an dem Kiosk mit Pkw-Parkplatz) keine nachweisbaren Beeinträchtigungen an der Vegetation auf. Dem Verfasser ist nicht bekannt, in welchem Ausmaß die Fische „angefüttert" werden. Anfütterungen sollten aufgrund der Eutrophierungswirkung (s.u.) strikt untersagt werden.

Campingplatz:
Über die Hälfte der ostseitigen Uferstrecke grenzt unmittelbar an ausgedehnte Campingplätze an (Dauerstellplätze für Wohnwagencamper). Die Ufer sind zum erheblichen Teil unnatürlich ausgestaltet, es überwiegen strandähnliche Bereiche ohne Ufervegetation, sprich Röhrichte. Oft sind Abbruchkanten vorhanden. Es können direkte Einleitungen vom Campingplatz, die eine Verschmutzung oder Eutrophierung des Gewässers verursachen, nahezu ausgeschlossen werden, da keine Rohre, Einleitungsstellen etc. gefunden wurden. Es gibt aber zahlreiche Ansaugpumpen mit angeschlossenen Rohren oder Schläuchen, mit denen Wasser aus dem Hohendeicher See entnommen werden kann.

Badegäste:
An heißen Sommertagen suchen Tausende von Hamburgern Abkühlung im Hohendeicher See. Dabei wird vor allem die Unterwasservegetation im Einflussbereich von Stränden und Badebuchten z.T. massiv beeinträchtigt. Die Vegetation wird durch den Vertritt der Badegäste (z.B. durch Ballspiele im Wasser) in eine Tiefe von 1,2 bis 2,0 m abgedrängt. In den Badebuchten unterliegen die Ufer einer erhöhten Tritterosion, was zusammen mit dem ständigen Aufwirbeln der Sedimente im Flachwasserbereich zu einem Nährstoffeintrag ins Gewässer führt. Schwimmer beeinträchtigen hingegen die submers lebenden Makrophyten nur gering (z.B. durch abgerissene Sprosse).

Fazit:
Die Beeinträchtigungen der Vegetation, die von den o.g. Sportarten ausgehen, sind überwiegend mechanischer Art. Sie stellen letztlich keine wirkliche Gefahr für die Unterwasserpflanzenwelt dar. Es gibt keinen Hinweis darauf, dass eine der gefährdeten submersen Makrophyten akut durch den Freizeitsport in ihrer Existenz bedroht wäre, dies galt 1996 und dies gilt auch für das Jahr 2008.

Eine Bedrohung für den Hohendeicher See geht von den diffusen Nährstoffeinträgen durch die zahlreichen Badegäste aus, denn sie können nachhaltige Veränderungen in der Nährstoffsituation des Sees bewirken, und beeinflussen damit auch die zukünftige Freizeitnutzung. Ein weiterer diffuser Nährstoffeintrag durch Badegäste sollte daher minimiert werden.

Ein sehr wichtiger und wirksamer Beitrag hierzu ist die abgeschlossene Sanierung der vorhandenen Toilettenhäuschen. Die neuen sind sauber und können ohne Einschränkungen empfohlen werden. Eigene Beobachtungen zeigen, dass sie von den Badegästen angenommen werden. Um möglichst alle Badegäste dazu zu bringen, die Häuschen zu benutzen, könnten zusätzlich aufklärende Hinweisschilder am See aufgestellt werden. Denkbar wären auch Flyer-Aktionen oder aufklärende Hinweise im Internet (z. B. www.hamburg.de/badegewaesser/).

11. Wertbestimmende Faktoren:

Der Hohendeicher See ist immer noch ein ökologisch wertvolles Gewässer, auch wenn er nach dem PHYLIB-Verfahren in die „Ökologische Zustandklasse“ *mäßig bis unbefriedigend* (3,5) eingestuft wurde.

Für dieses Einschätzung stehen folgende wertbestimmende Faktoren wie:

- gut ausgebildete Röhrichte und standorttypische Ufergehölze
- eine intakte und artenreiche Unterwasservegetation
- Vorkommen der charakteristischen Pflanzen- und Tierarten
- Vorkommen von gefährdeten Rote-Liste-Arten und
- eine Vielzahl von ökologischen Nischen, zahlreiche Lebensgemeinschaften bzw. Organismengruppen als Folge der Vegetationszonierung und der morphologischen Ausgestaltung

Die Vegetation besteht aus Laichkraut-Gesellschaften und aus Armleuchteralgen-Rasen. Von 13 submersen Makrophyten stehen 8 in der Hamburger Roten Liste für Blütenpflanzen (POPPENDIECK et al. 1998), eine Art, *Ranunculus circinatus,* ist vom Aussterben bedroht. Mittlerweile leben im See 6 Armleuchteralgen. wurden nachgewiesen.

Der Hauptlebensraum des Makrozoobenthos liegt im Litoral mit seinem Pflanzenbewuchs, besonders Mollusken sind hier weit verbreitet. Mit Glück kann man beim Tauchgang Hechte, Zander, Aale und Schwärme von kleinen Barschen entdecken.

Der Hohendeicher See besitzt aufgrund seines hohen ökologischen Wertes und seiner Freizeitmöglichkeiten eine überaus wichtige Bedeutung für viele Mitbürger. Aus den vielen, in dieser Arbeit genannten Gründen, ergibt sich für den Hohendeicher See zwingend die Forderung nach seinem Schutz und nach Pflege und Entwicklung dieses Gewässers für die Zukunft.

12. Literaturverzeichnis

BSU, BEHÖRDE FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT (2006): EG – Wasserrahmenrichtlinie - Überwachungsprogramm 2007/2008 für die Hamburger Stadtgewässer, Freie und Hansestadt Hamburg, 71 S.

CASPER, S.J. & H.-D. KRAUSCH (1980): Pteridophyta und Anthophyta, 1. Teil. In: ETTL, H., GERLOFF, J. & H. HEYNIG (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 23. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

CASPER, S.J. & H.-D. KRAUSCH (1981): Pteridophyta und Anthophyta, 2. Teil. In: ETTL, H., GERLOFF, J. & H. HEYNIG (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 24. Gustav Fischer Verlag, Jena.

DGL - DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR LIMNOLOGIE e.V. (1995): Untersuchung, Überwachung und Bewertung von Baggerseen. 125 S.

DIERSSEN, K. (1988): Rote Liste der Pflanzengesellschaften Schleswig-Holsteins. Schriftenreihe des Landesamtes für Naturschutz und Landschaftspflege Schleswig-Holstein H. 6, 2. Auflage, 157 S.

EGGERT, T. (1987): Untersuchungen am Makrozoobenthos und der Makrophyten des Hohendeicher Sees. Diplomarbeit Universität Hamburg, 110 S.

FORSBERG, C. (1964): Phosphorus, a minimum factor in the growth of Characeae. Nature 201, S. 517-518.

FORSBERG, C. (1965): Environmental conditions of swedish Charophytes. Symb. bot. Upps. 18, S. 3-67.

GARVE, E. (2004): Rote Liste und Florenliste der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 1/2004, 76 S.

GARNIEL, A. (2008): Wasserpflanzen der Fließgewässer und Gräben. Berichte des Botanischen Vereins zu Hamburg, Heft 24, S. 3-221.

GOLOMBEK, P. (1996): Die Kartierung der submersen Makrophyten im Hohendeicher See. - Ergebnisse von Tauchuntersuchungen in den Jahren 1995 und 1996. Gutachten im Auftrag der FHH, Umweltbehörde, Amt für Umweltschutz – Gewässer- und Bodenschutz. 45 S. + Anhang.

GOLOMBEK, P. (1999): Die submersen Makrophyten im Öjendorfer See. – Eine Tauchkartierung in den Jahren 1998 und 1999 im Auftrag der FHH, Umweltbehörde, Amt für Umweltschutz – Gewässer- und Bodenschutz. 49 S. + Anhang.

HAGGE, A., LANGMESSER, B., LANGBEHN, J., MAASER, G. & H. KAUSCH (1987): Limnologische Untersuchungen des Hohendeicher Sees im Bezirk Hamburg-Bergedorf unter besonderer Berücksichtigung der Freizeitnutzung. Gutachten des Institutes für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft der Universität Hamburg im Auftrag der Umweltbehörde Hamburg, 68 S. + Anhang.

HAMANN, U. & A. GARNIEL (2002): Die Armleuchteralgen Schleswig-Holsteins. Rote Liste. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein. 50 S.

HERR, W. (1985): Elodea nuttallii (Planch.) St. John in schleswig-holsteinischen Fließgewässern. Kieler Notizen 17 (1), S. 1-8.

HERR,W. & G. WIEGLEB (1985): Die Potamogetonaceae niedersächsischer Fliessgewässer, Teil 2. Göttinger Florist. Rundbriefe 19, S. 2-16.

HAEUPLER, H., MONTAG, A., WÖLDECKE, K. & E. GARVE (1983): Rote Liste Gefäßpflanzen Niedersachsen und Bremen. Niedersächsisches Landesverwaltungsamt - Fachbehörde für Naturschutz, 34 S.

HAEUPLER, H. & P. SCHÖNFELDER (1989): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. Ulmer Verlag, Stuttgart, 768 S.

HOESCH, A & M. BUHLE 1996): Ergebnisse der Makrophytenkartierung Brandenburgischer Gewässer und Vergleich zum Trophiestufensystem der TGL. Beiträge zur angewandten Gewässerökologie Norddeutschlands 2, S. 84-101.

KOHLER, A. (1978): Methoden zur Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. - Landschaft + Stadt, 10 (2), S. 73-85.

KRAUSE, W. (1981): Characeen als Bioindikatoren für den Gewässerzustand. Limnologica 13 (2), S. 399-418.

KRAUSE, W. (1984): Rote Liste der Armleuchteralgen (Charophyta). Naturschutz aktuell Nr. 1, S. 184-187.

KRAUSE, W. (1985): Über die Standortsansprüche und das Ausbreitungsverhalten der Stern-Armleuchteralge Nitellopsis obtusa (Desvaux)J. Groves. Carolinea 42, S. 31-42.

KRIEG, H. & L. KIES (1989): Artenschutzprogramm - Armleuchteralgen (Charophyta) und Süßwasser-Rotalgen (Rhodophyta) im Gebiet der Freien und Hansestadt Hamburg. Naturschutz u. Landschaftspflege in Hamburg, Heft 30, 39 S.

KUNDEL, W. (1990): Elodea nuttallii (Planch.) St. John in Flussmarschgewässern bei Bremen. Tuexenia 10, S. 41-47.

MATHES, J., PLAMBECK, G., SCHAUMBURG, J. (2002): Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0,5 km² zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. – In: R. DENEKE, B. NIXDORF (Hrsg.): Implementierung der EUWRRL in Deutschland: Ausgewählte Bewertungsmethoden und Defizite. Aktuelle Reihe 5/2002: 15–23.

MANG, F. W. C. (1989): Artenschutzprogramm - Liste der wildwachsenden Farn- und Blütenpflanzen von Hamburg und Umgebung. Naturschutz u. Landschaftspflege in Hamburg, Heft 27, 96 S.

MELZER, A. (1976): Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayerischer Seen. Diss. Bot. 34, Verlag J. Cramer, Vaduz.

MELZER, A. (1991): Die submerse Vegetation bayerischer Seen - Möglichkeiten einer biologischen Gewässerbeurteilung. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 2 „Ökologie der oberbayerischen Seen“, S. 75-85.

MELZER, A. (1994): Möglichkeiten einer Bioindikation durch submerse Makrophyten - Beispiele aus Bayern. Beiträge zur angewandten Gewässerökologie Norddeutschlands 1, S. 92-102.

MELZER, A., HARLACHER, R., HELD, K., SIRCH, R. & E. VOGT (1986): Die Makrophytenvegetation des Chiemsees. Inf. Ber. Bayer. Landesamt f. Wasserhaushalt 4/86.

MELZER, A., HARLACHER, R. & E. VOGT (1987): Verbreitung und Ökologie makrophytischer Wasserpflanzen in fünfzig bayerischen Seen. Ber. ANL Beiheft 6.

MELZER, A. & G. HÜNERFELD (1990): Die Makrophytenvegetation des Tegern-, Schlier- und Riegsees. Inf. Ber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft 2/90.

MELZER, A., SCHNEIDER, S. (2001): Submerse Makrophyten als Indikatoren der Nährstoffbelastung in Seen. In: STEINBERG, C.E.W.; CALMANO; KLAPPER, H.; WILKEN [Hrsg.]: Handbuch Angewandte Limnologie. Verlag Ecomed. Kap. VIII-1.2.1: 1-13.

MIERWALD, U. & K. ROMAHN (2006): Die Farn- und Blütenpflanzen Schleswig-Holsteins. Rote Liste, Band 1. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein. 122 S.

MIGULA, W. (1897): Die Characeen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. In: Rabenhorst’s Kryptogamen-Flora, 2. Aufl., Bd. 5. Leipzig Reprint 1971, Johnson Reprint, New York, London, 765 S.

MLNU THÜRINGEN (2006): Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt. Online-Broschüre „Modellbewirtschaftungsplan – Steckbrief Makrophyten/Phytobenthos“.

POPPENDIECK, H.-H., H. W. KALLEN, I. BRANDT & J. RINGENBERG (1998): Rote Liste und Florenliste der Farn- und Blütenpflanzen von Hamburg. Naturschutz und Landschaftspflege in Hamburg, Heft 48, 114 S.

RAABE, E. W. (1987): Atlas der Flora Schleswig-Holsteins und Hamburgs. Bearbeitet und herausgegeben von K. Dierßen und U. Mierwald. Wachholtz Verlag, Neumünster, 654 S.

ROTHMALER, W. (1988): Exkursionsflora - Band 3 - Atlas der Gefäßpflanzen. 7. Auflage. Volk u. Wissen Volkseigener Verlag, Berlin. 752 S.

SAGERT, S., U. SELIG & H-G. WAGNER (2008): Bewertung von Strandseen anhand von Makrophyten. Rostock. Meeresbiolog. Beitr., Heft 20, S. 71-89

SCHAUMBURG, J., C. Schranz, D. Stelzer & G. Hofmann (2007): Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. Bayerisches Landesamt für Umwelt. 65 S.

STELZER, D. (2003): Makrophyten als Bioindikatoren zur leitbildbezogenen Seenbewertung – Ein Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland. Dissertation TU München, 151 S.

SUCCOW, M. & D. KOPP (1985): Seen als Naturraumtypen. Petermanns Geogr. Mitt. 3, S. 161-170.

TÜXEN, R. & E. PREISING (1942): Grundbegriffe und Methoden zum Studium der Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften. In: Dtsch. Wasserwirtsch. 37, S. 10-17 und S. 57-69.

VAHLE, H.-C. (1990): Armleuchteralgen (Characeae) in Niedersachsen und Bremen. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen Nr. 5, S. 85-130.

VÖGE, M. (1980): Elodea nuttallii (Planch.) St. John im Öjendorfer See in Hamburg. Kieler Notizen 12, S. 7.

VÖGE, M. (1984): Der Neophyt Elodea nuttallii in einigen Gewässern Schleswig-Holsteins und Hamburg. Mitt. Arbeitsgem. Geobot. Schleswig-Holst. u. Hamburg 33, S. 246-258.

VÖGE, M. (1986): Tauchuntersuchungen an Gesellschaften von *Ceratophyllum demersum.* Limnologica 17 (1), S. 67-77.

VÖGE, M. (1987a): Technik und Ergebnisse der Hydrophyten-Vegetationsaufnahme unter Benutzung eines Tauchgerätes. Arch. Hydrobiol. 110 (1), S. 125-132.

VÖGE, M. (1987b): Tauchbeobachtungen an der submersen Vegetation in nährstoffreichen norddeutschen Gewässern. Tuexenia 7, S. 69-83.

VÖGE, M. (1994): Tauchbeobachtungen in Siedlungsgewässern von Elodea nuttallii (Planch.) St. John. Tuexenia 14, S. 335-342.

VÖGE, M. (2002): Armleuchteralgen (Characeae) in zwei Hamburger Baggerseen: Neufunde und Bestandsentwicklungen-. Flor. Rundbr. 36(1-2), S. 109-112.

VÖGE, M. (2003): Versuch einer Bioindikation durch submerse Makrophyten. veröffentlicht im Internet: www.solo-tauchen.de/pdf/www05.pdf, 13 S.

VÖGE, M. (2007): Veränderungen von Makrophytenvegetation und Planktondichte in einem Baggersee – bestehen Zusammenhänge? Flor. Rundbr. 40, S. 81-83.

WIEGLEB, G. (1976): Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Chemismus und Makrophytenvegetation stehender Gewässer in Niedersachsen. Dissertation Universität Göttingen, 113 S.

WIEGLEB, G. (1979): Die Verbreitung von Elodea nuttallii (Planch.) St. John im westlichen Niedersachsen. Drosera 79 (1), S. 9-14.

WOOD, R. & K. IMAHORI (1964): A Revision oft the Characeae. First Part: Iconograph of the Characeae. Verlag J. Cramer Weinheim.

WOOD, R. & K. IMAHORI (1965): A Revision oft the Characeae. Second Part: Monograph of the Characeae. Verlag J. Cramer Weinheim.

ZELCK, C. (1987): Untersuchungen am Plankton des Hohendeicher Sees. Diplomarbeit Universität Hamburg, 107 S.

13. Anhang

Tabelle 7: Liste der Indikator-Arten und ihre Zuordnung in eine von drei trophiedifferenzierten ökologischen Artengruppen für den Gewässertyp TKg13.

Die Meterangaben beziehen sich auf die Tiefenstufe, in der die Indikator-Art gefunden wurde. DieArtengruppen sind A, B und C.

Name der Makrophyten	Artengruppe
Elodea nuttallii 0 - 1 m	C
Elodea nuttallii 1 - 4 m	C
Elodea nuttallii >4 m	C
Ceratophyllum demersum 0 - 1 m	C
Ceratophyllum demersum > 1 m	B
Chara globularis 0 – 1 m	B
Chara globularis 1 – 2 m	B
Chara globularis 2 – 4 m	A
Chara globularis >4 m	A
Chara vulgaris	B
Nitellopsis obtusa 0 – 2 m	B
Nitellopsis obtusa 2 – 4 m	B
Nitellopsis obtusa >4m	A
Potamogeton pectinatus 0 - 4 m	B
Potamogeton pectinatus >4 m	B
Potamogeton perfoliatus	B
Potamogeton pusillus 0 – 1 m	C
Potamogeton pusillus 1 – 2 m	B
Potamogeton pusillus 2 – 4 m	B
Potamogeton pusillus >4 m	B
Ranunculus circinatus 0 – 1 m	C
Ranunculus circinatus 1 – 2 m	C
Ranunculus circinatus 2 – 4 m	C
Ranunculus circinatus >4 m	B

Tabelle 8: Die ermittelten „Ökologischen Zustandsklassen“ der untersuchten Transekte. – Kurzfassung -

Transekt-Nr.	Referenz-Index (korr.) RI	Modul Makrophyten-Bewertung	Indexgrenze	Ökologische Zustands-Klasse 2008
2	-35,05	0,32	< 0,53 - 0,29	3
9	-33,68	0,33	< 0,53 - 0,29	3
15	-54,44	0,23	< 0,29 - 0,00	4
16	-33,26	0,33	< 0,53 - 0,29	3
17	-27,12	0,36	< 0,53 - 0,29	3
20	-39,09	0,30	< 0,53 - 0,29	3
24	-65,25	0,17	< 0,29 - 0,00	4
25	-64,92	0,18	< 0,29 - 0,00	4
27	-100,00	0,00	< 0,29 - 0,00	4
30	-100,00	0,00	< 0,29 - 0,00	4
35	-100,00	0,00	< 0,29 - 0,00	4
36	-90,48	0,00	< 0,29 - 0,00	4
40	-94,85	0,00	< 0,29 - 0,00	4
42	-29,49	0,35	< 0,53 - 0,29	3
47	-60,54	0,20	< 0,29 - 0,00	4
51	-34,35	0,33	< 0,53 - 0,29	3
58	-52,51	0,24	< 0,29 - 0,00	4
62	-90,45	0,00	< 0,29 - 0,00	4
67	-10,41	0,45	< 0,53 - 0,29	3
72	-25,69	0,37	< 0,53 - 0,29	3
77	-62,09	0,19	< 0,29 - 0,00	4
79	-42,35	0,29	< 0,53 - 0,29	3
			Mittelwert OWK:	3,5
			10 x 3	(mäßig)
			12 x 4	(unbefriedigend)

Tabelle 9: Die ermittelten „Ökologischen Zustandsklassen“ der untersuchten Transekte. – Langfassung -

OWK	0008_Hohendeichersee
Anzahl Messstellen	22
Anzahl Proben	22
Anzahl Ergebnisse	22
Mittelwert OWK	3,5

Aus dem Referenzindex (korr.) wird das Modul Makrophytenbewertung errechnet:
$M_{MP} = (RI_{korr} + 100) \times 0,5 / 100$

Das Ergebnis M_{MP} liegt innerhalb gewisser Indexgrenzen, die für die Einteilung der „Ökologischen Zustandsklassen“ herangezogen werden (siehe SCHAUMBURG et al. 2007) und liefert letztendlich den Wert für die „Ökologische Zustandsklasse“.

Transekt-Nr. 2

Modul Makrophytenbewertung	0,32	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	368	Elodea canadensis/nuttallii [%]	51,90
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,27	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,32
Referenzindex	-35,05	Referenzindex (korr.)	-35,05
Indexgrenze	< 0,53 - 0,29	Ökologische Zustandsklasse	3

Transekt-Nr. 9

Modul Makrophytenbewertung	0,33	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	291	Elodea canadensis/nuttallii [%]	54,98
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	1,03	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,33
Referenzindex	-33,68	Referenzindex (korr.)	-33,68
Indexgrenze	< 0,53 - 0,29	Ökologische Zustandsklasse	3

weiter Tabelle 9

Transekt-Nr. 15

Modul Makrophytenbewertung	0,23	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	518	Elodea canadensis/nuttallii [%]	53,47
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,58	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	3,09	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,23
Referenzindex	-54,44	Referenzindex (korr.)	-54,44
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

Transekt-Nr. 16

Modul Makrophytenbewertung	0,33	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	439	Elodea canadensis/nuttallii [%]	31,21
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	1,82	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,23	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,33
Referenzindex	-33,26	Referenzindex (korr.)	-33,26
Indexgrenze	< 0,53 - 0,29	Ökologische Zustandsklasse	3

Transekt-Nr. 17

Modul Makrophytenbewertung	0,36	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	520	Elodea canadensis/nuttallii [%]	30,77
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	1,54	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,19	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,36
Referenzindex	-27,12	Referenzindex (korr.)	-27,12
Indexgrenze	< 0,53 - 0,29	Ökologische Zustandsklasse	3

weiter Tabelle 9

Transekt-Nr. 20

Modul Makrophytenbewertung	0,30	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	417	Elodea canadensis/nuttallii [%]	38,61
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,24	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,30
Referenzindex	-39,09	Referenzindex (korr.)	-39,09
Indexgrenze	< 0,53 - 0,29	Ökologische Zustandsklasse	3

Transekt-Nr. 24

Modul Makrophytenbewertung	0,17	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	400	Elodea canadensis/nuttallii [%]	69,5
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,25	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,5	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,17
Referenzindex	-65,25	Referenzindex (korr.)	-65,25
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

Transekt-Nr. 25

Modul Makrophytenbewertung	0,18	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	248	Elodea canadensis/nuttallii [%]	64,52
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,0	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,18
Referenzindex	-64,92	Referenzindex (korr.)	-64,92
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

weiter Tabelle 9

Transekt-Nr. 27

Modul Makrophytenbewertung	0,0	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	445	Elodea canadensis/nuttallii [%]	98,65
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,0	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,22	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,0
Referenzindex	-99,10	Referenzindex (korr.)	-100,0
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

Transekt-Nr. 30

Modul Makrophytenbewertung	0,0	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	547	Elodea canadensis/nuttallii [%]	91,41
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,0	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	1,65	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,0
Referenzindex	-93,24	Referenzindex (korr.)	-100,0
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

Transekt-Nr. 35

Modul Makrophytenbewertung	0,0	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	282	Elodea canadensis/nuttallii [%]	86,17
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,0	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,0
Referenzindex	-95,74	Referenzindex (korr.)	-100,0
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

weiter Tabelle 9

Transekt-Nr. 36

Modul Makrophytenbewertung	0,0	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	231	Elodea canadensis/nuttallii [%]	89,18
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,43	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,0
Referenzindex	-90,48	Referenzindex (korr.)	-100,0
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

Transekt-Nr. 40

Modul Makrophytenbewertung	0,0	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	97	Elodea canadensis/nuttallii [%]	93,81
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	1,03	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,0
Referenzindex	-94,85	Referenzindex (korr.)	-100,0
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

Transekt-Nr. 42

Modul Makrophytenbewertung	0,35	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	156	Elodea canadensis/nuttallii [%]	34,62
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,0	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,35
Referenzindex	-29,49	Referenzindex (korr.)	-29,49
Indexgrenze	< 0,53 - 0,29	Ökologische Zustandsklasse	3

weiter Tabelle 9

Transekt-Nr. 47

Modul Makrophytenbewertung	0,20	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	147	Elodea canadensis/nuttallii [%]	42,18
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,0	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,68	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,19
Referenzindex	-60,54	Referenzindex (korr.)	-60,54
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

Transekt-Nr. 51

Modul Makrophytenbewertung	0,33	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	527	Elodea canadensis/nuttallii [%]	34,54
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	12,14	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,33
Referenzindex	-34,35	Referenzindex (korr.)	-34,35
Indexgrenze	< 0,53 - 0,29	Ökologische Zustandsklasse	3

Transekt-Nr. 58

Modul Makrophytenbewertung	0,24	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	358	Elodea canadensis/nuttallii [%]	50,28
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,0	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,24
Referenzindex	-52,51	Referenzindex (korr.)	-52,51
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

weiter Tabelle 9

Transekt-Nr. 62

Modul Makrophytenbewertung	0,0	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	178	Elodea canadensis/nuttallii [%]	90,45
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	1,12	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,0
Referenzindex	-90,45	Referenzindex (korr.)	-100,0
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

Transekt-Nr. 67

Modul Makrophytenbewertung	0,45	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	219	Elodea canadensis/nuttallii [%]	20,09
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	15,98	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,44
Referenzindex	9,59	Referenzindex (korr.)	-10,41
Indexgrenze	< 0,53 - 0,29	Ökologische Zustandsklasse	3

Transekt-Nr. 72

Modul Makrophytenbewertung	0,37	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	218	Elodea canadensis/nuttallii [%]	28,44
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,0	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,37
Referenzindex	-25,69	Referenzindex (korr.)	-25,69
Indexgrenze	< 0,53 - 0,29	Ökologische Zustandsklasse	3

weiter Tabelle 9

Transekt-Nr. 77

Modul Makrophytenbewertung	0,19	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	707	Elodea canadensis/nuttallii [%]	53,47
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,28	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	26,87	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,19
Referenzindex	-62,09	Referenzindex (korr.)	-62,09
Indexgrenze	< 0,29 - 0,00	Ökologische Zustandsklasse	4

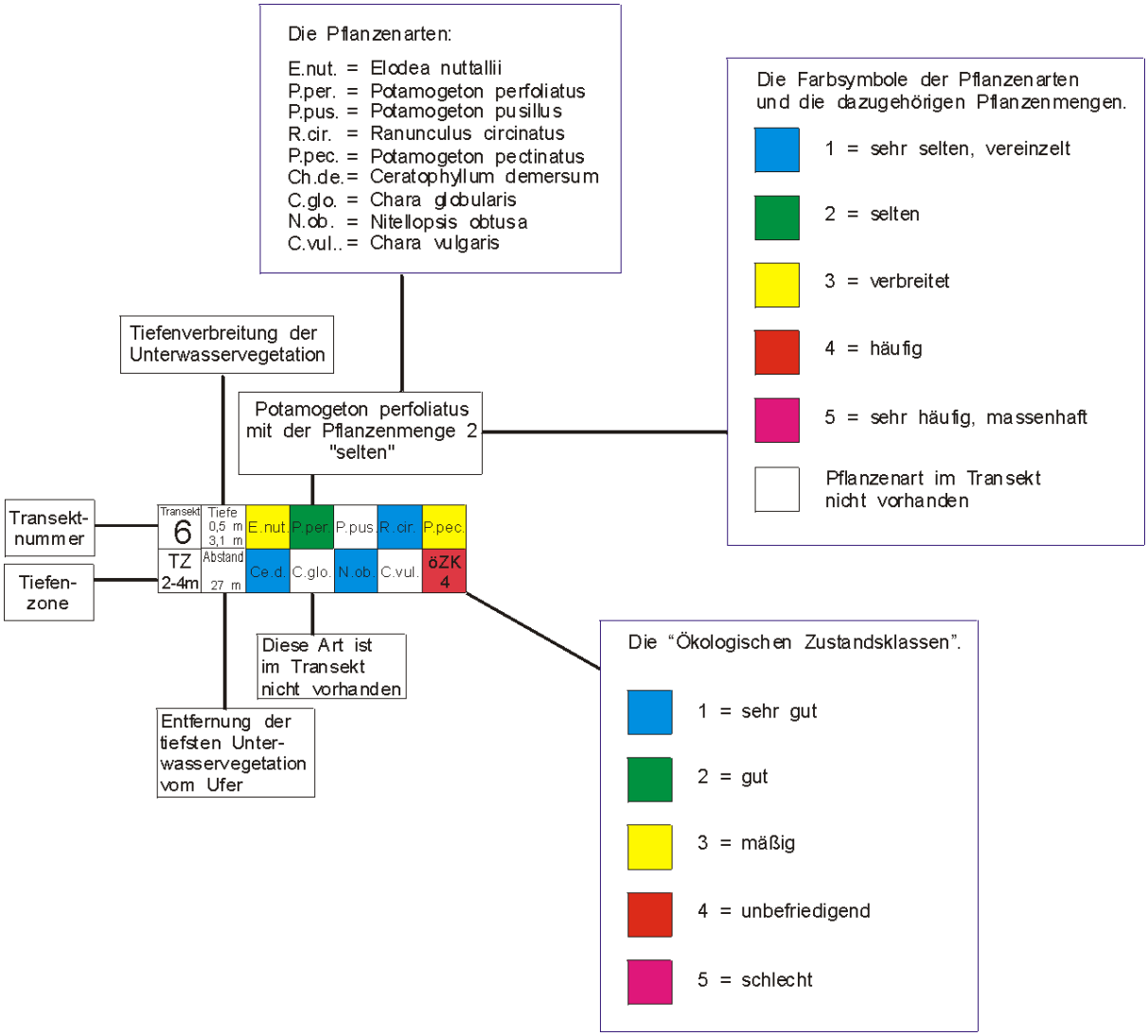
Transekt-Nr. 79

Modul Makrophytenbewertung	0,29	Status	gesichert
eingestufte Arten [%]	100,0	Nuphar lutea und Nymphaea alba [%]	0,0
Gesamtquantität submerser Arten	196	Elodea canadensis/nuttallii [%]	31,63
Myriophyllum spicatum [%]	0,0	Najas marina ssp. marina [%]	0,0
Ceratophyllum demersum [%]	0,0	Ceratophyllum submersum [%]	0,0
Potamogeton pectinatus [%]	0,0	Modul Makrophytenbewertung (errechnet)	0,29
Referenzindex	-42,35	Referenzindex (korr.)	-42,35
Indexgrenze	< 0,53 - 0,29	Ökologische Zustandsklasse	3

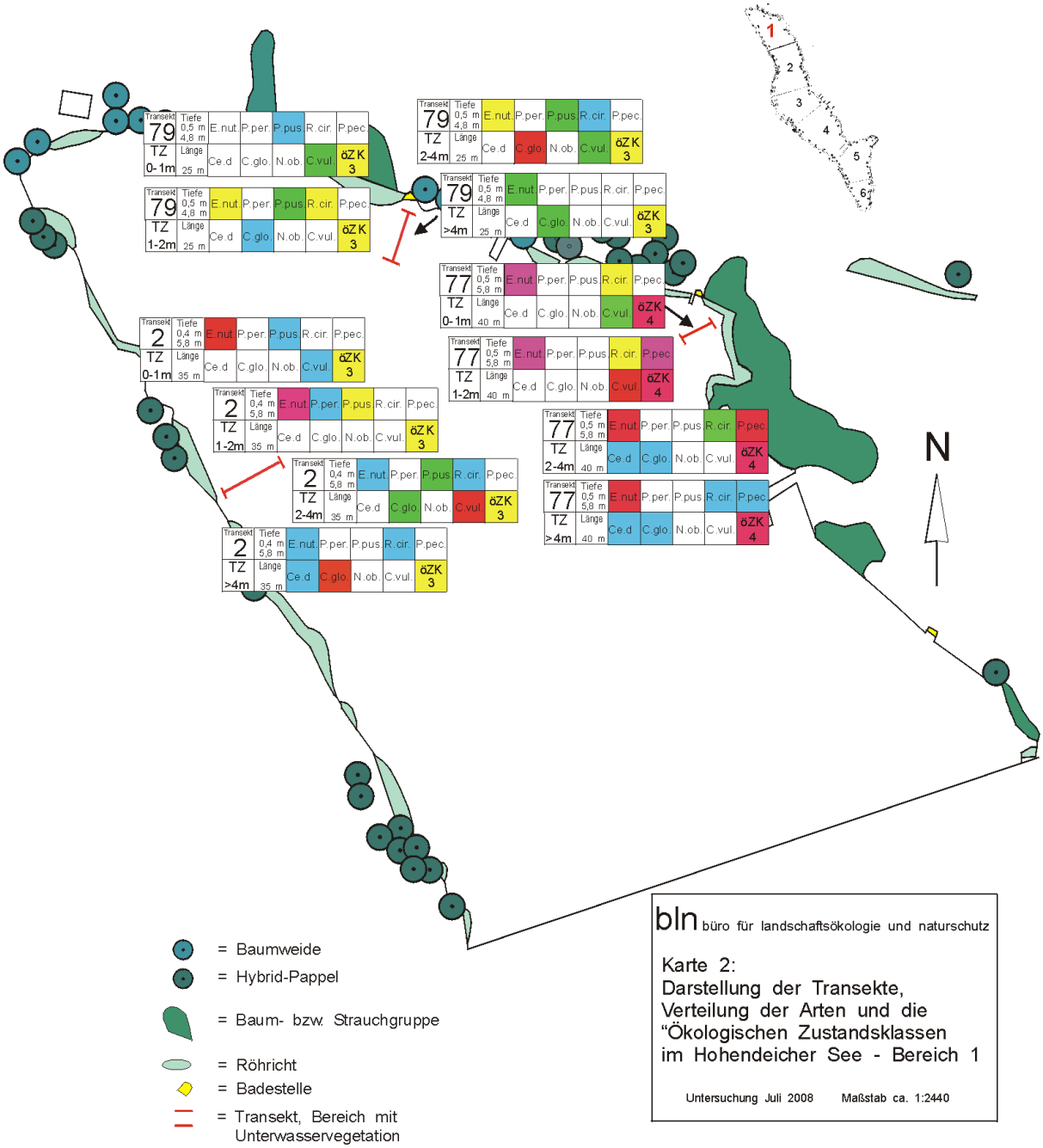
Ende Tabelle 9

Karte 1: Übersichtskarte des Hohendeicher Sees mit der Unterteilung in 6 Bereiche.

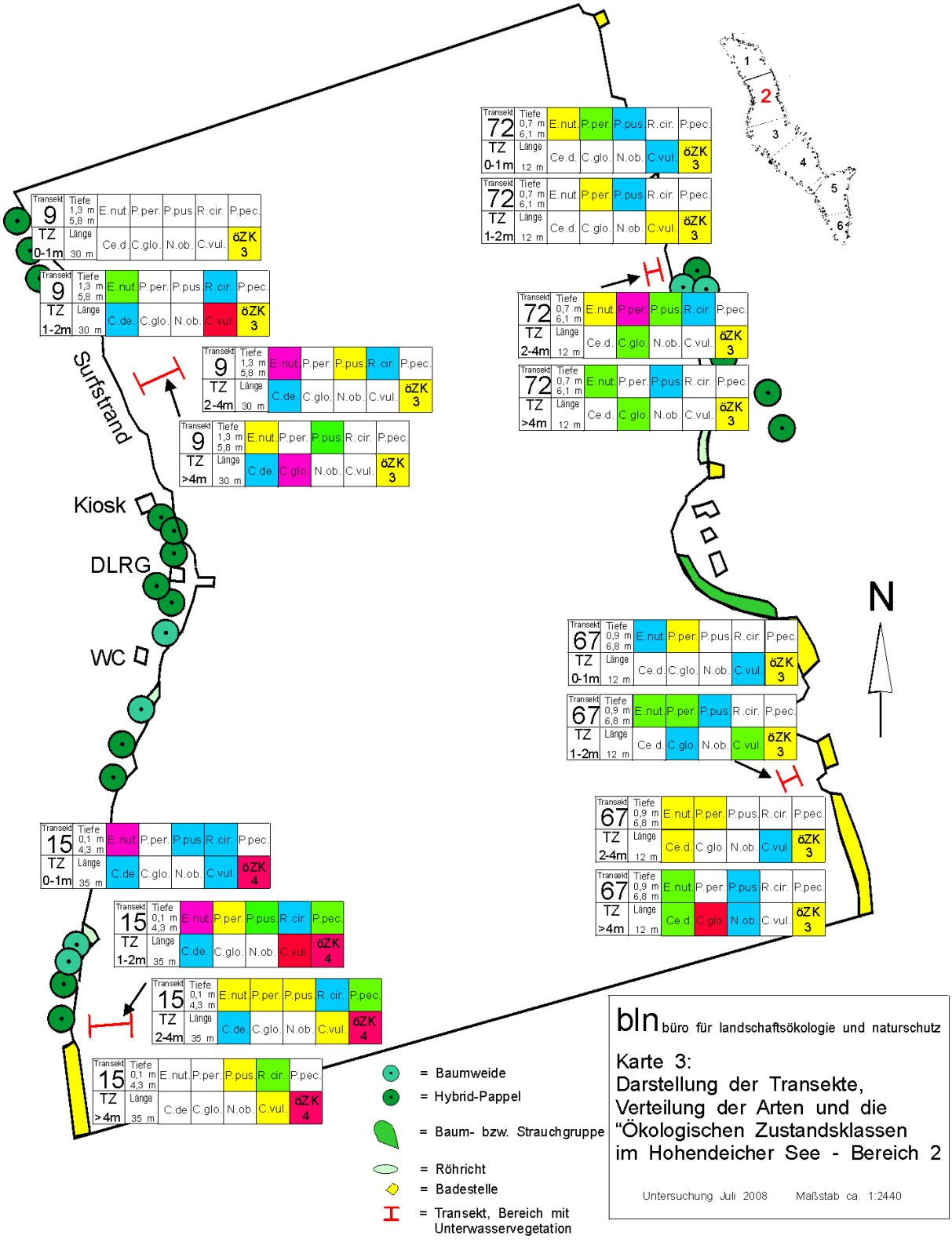
Abbildung 25: Die Transektbeschriftungen und ihre Bedeutung.



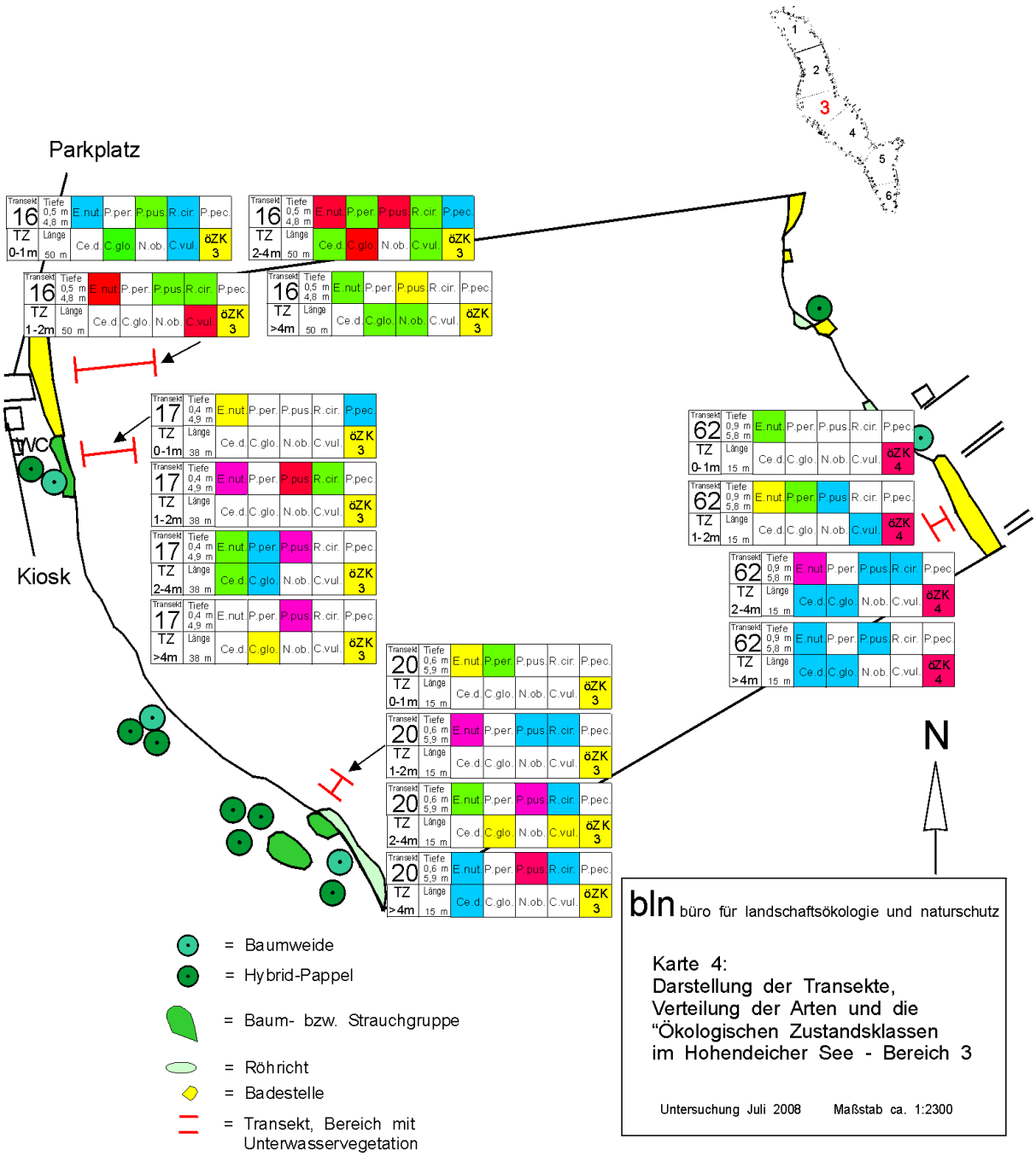
Karte 2: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 1.



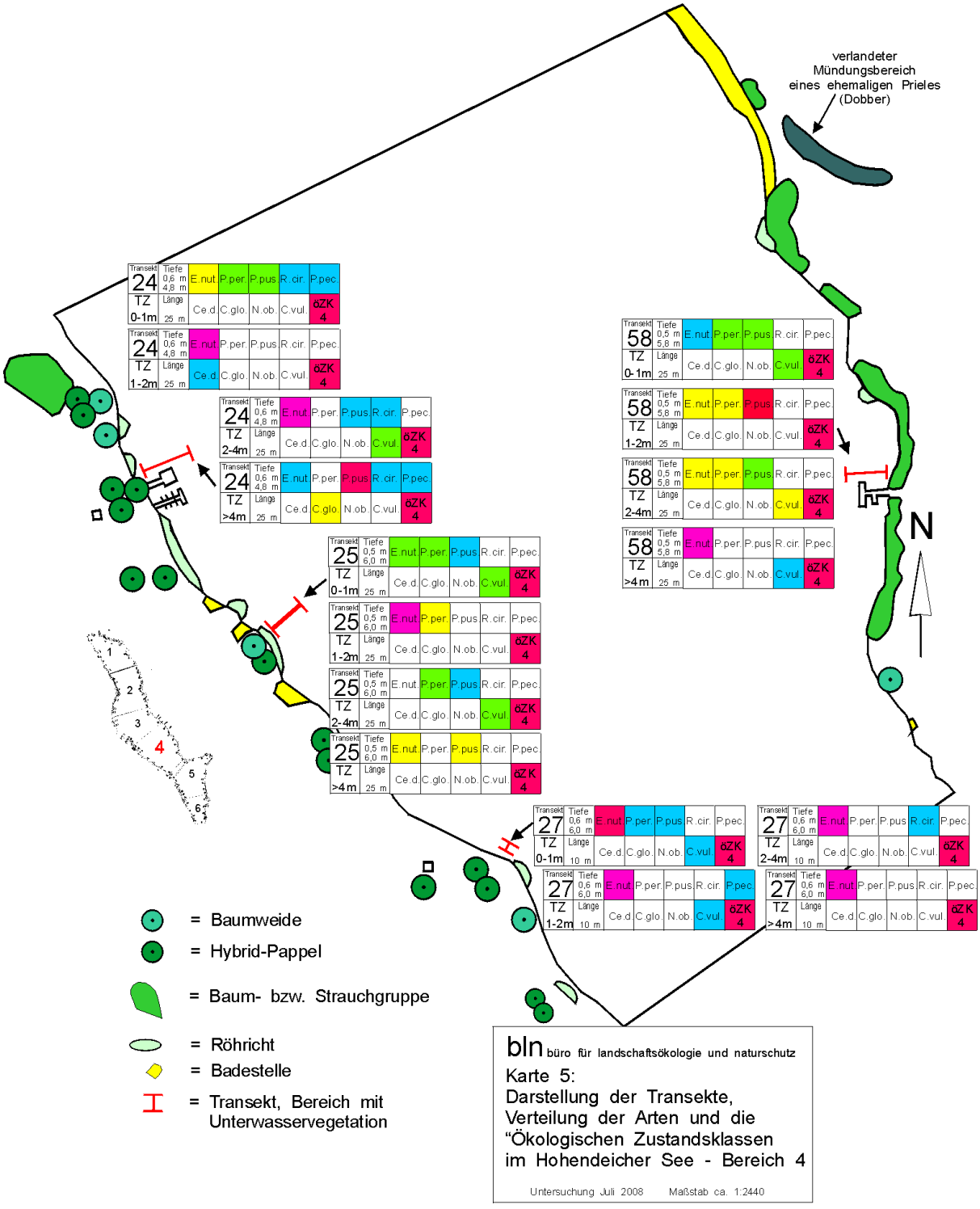
Karte 3: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 2.



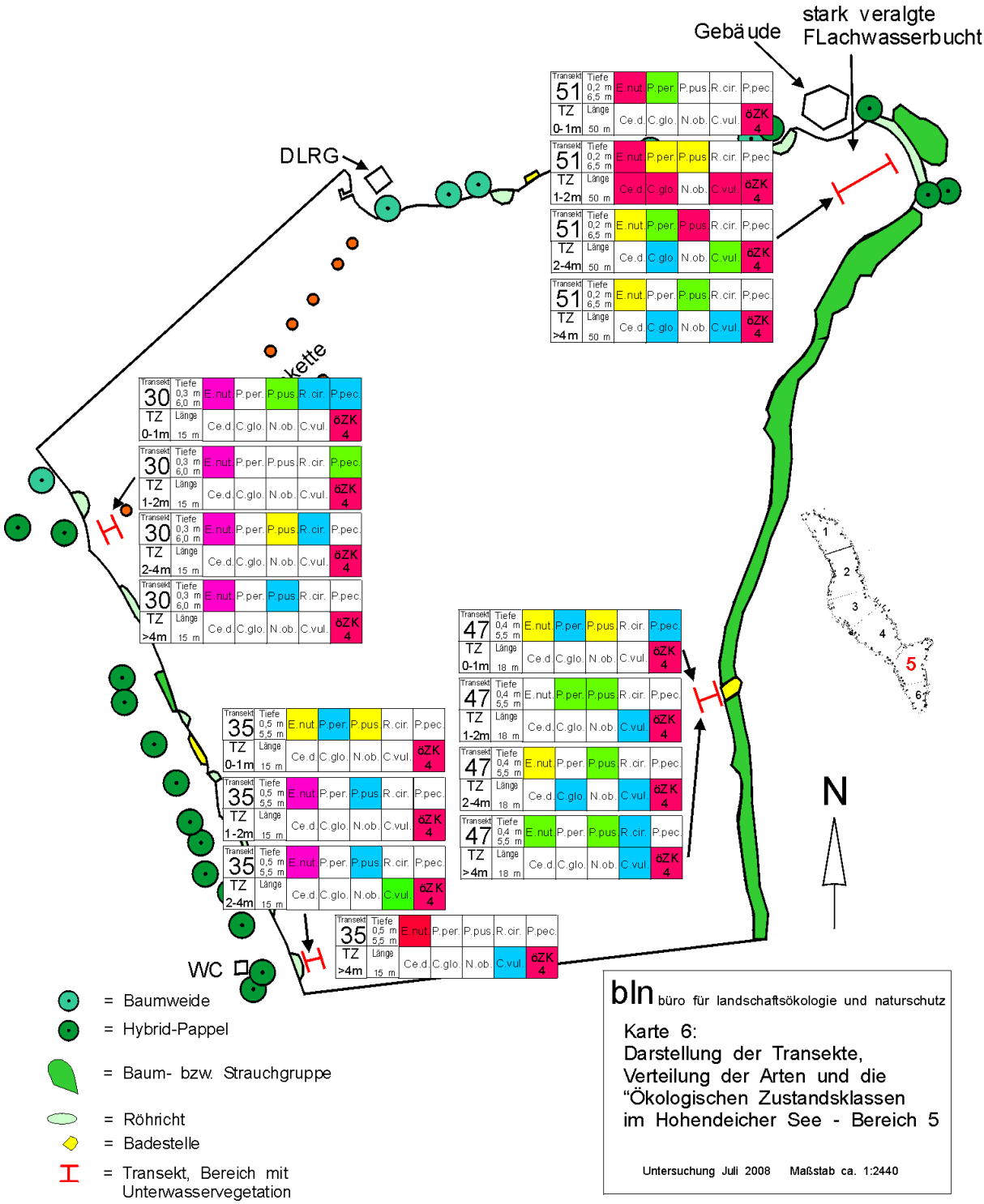
Karte 4: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 3.



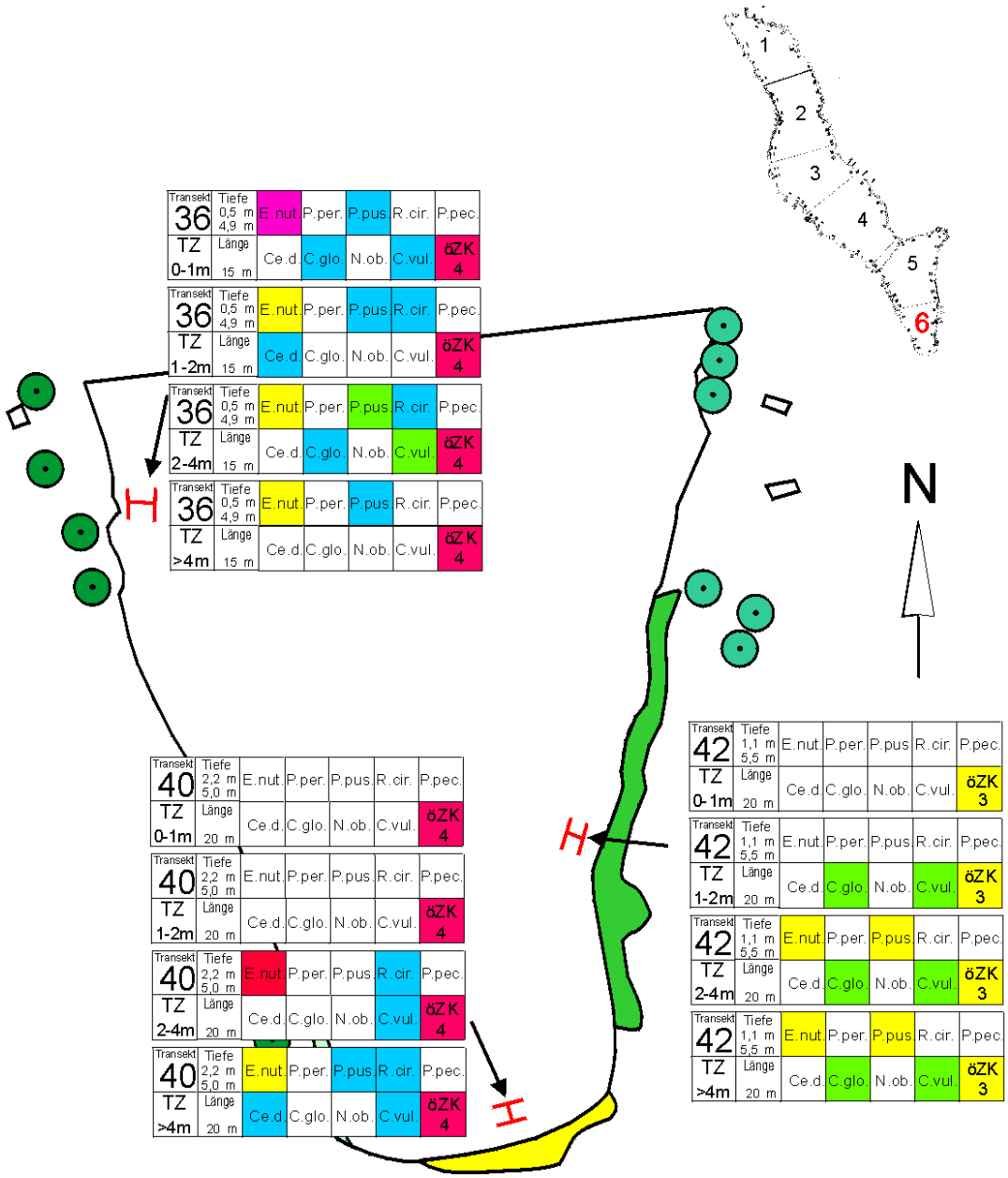
Karte 5: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 4.



Karte 6: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 5.



Karte 7: Darstellung der Transekte und die Verteilung der Arten im Bereich 6.



= Baumweide

= Hybrid-Pappel

= Baum- bzw. Strauchgruppe

= Röhricht

= Badestelle

= Transekt, Bereich mit Unterwasservegetation

bln büro für landschaftsökologie und naturschutz

Karte 7:
Darstellung der Transekte, Verteilung der Arten und die "Ökologischen Zustandsklassen im Hohendeicher See - Bereich 6

Untersuchung Juli 2008 Maßstab ca. 1:2440

Abbildung 26: Darstellung eines Vegetationsprofils am Flachufer des Transektes 17 von 2008.

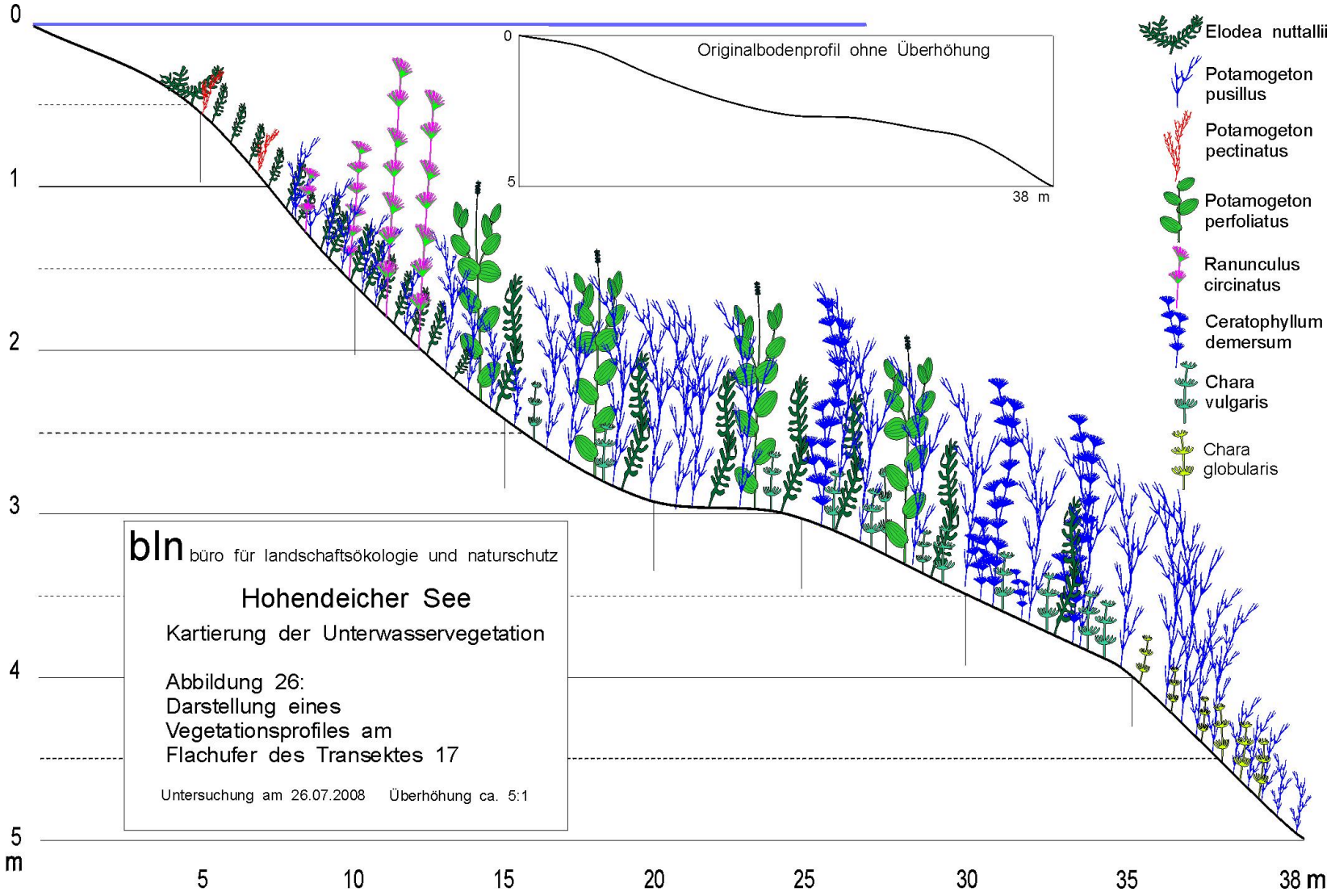


Abbildung 27: Darstellung eines Vegetationsprofils am Flachufer des Transektes 17 von 1995/96.

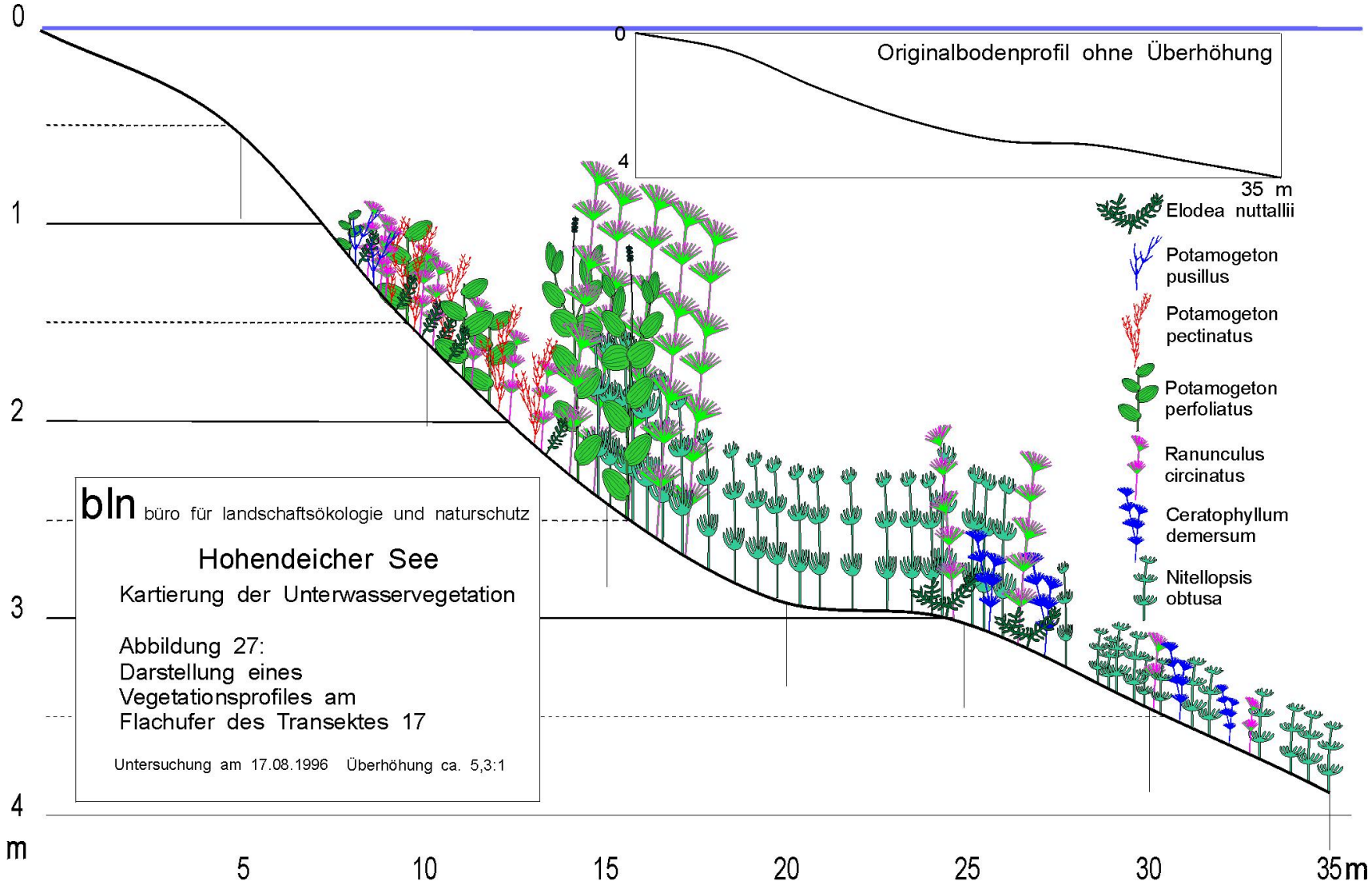


Abbildung 28: Darstellung eines Vegetationsprofils am mittelsteilen Ufer des Transektes 2 von 2008.

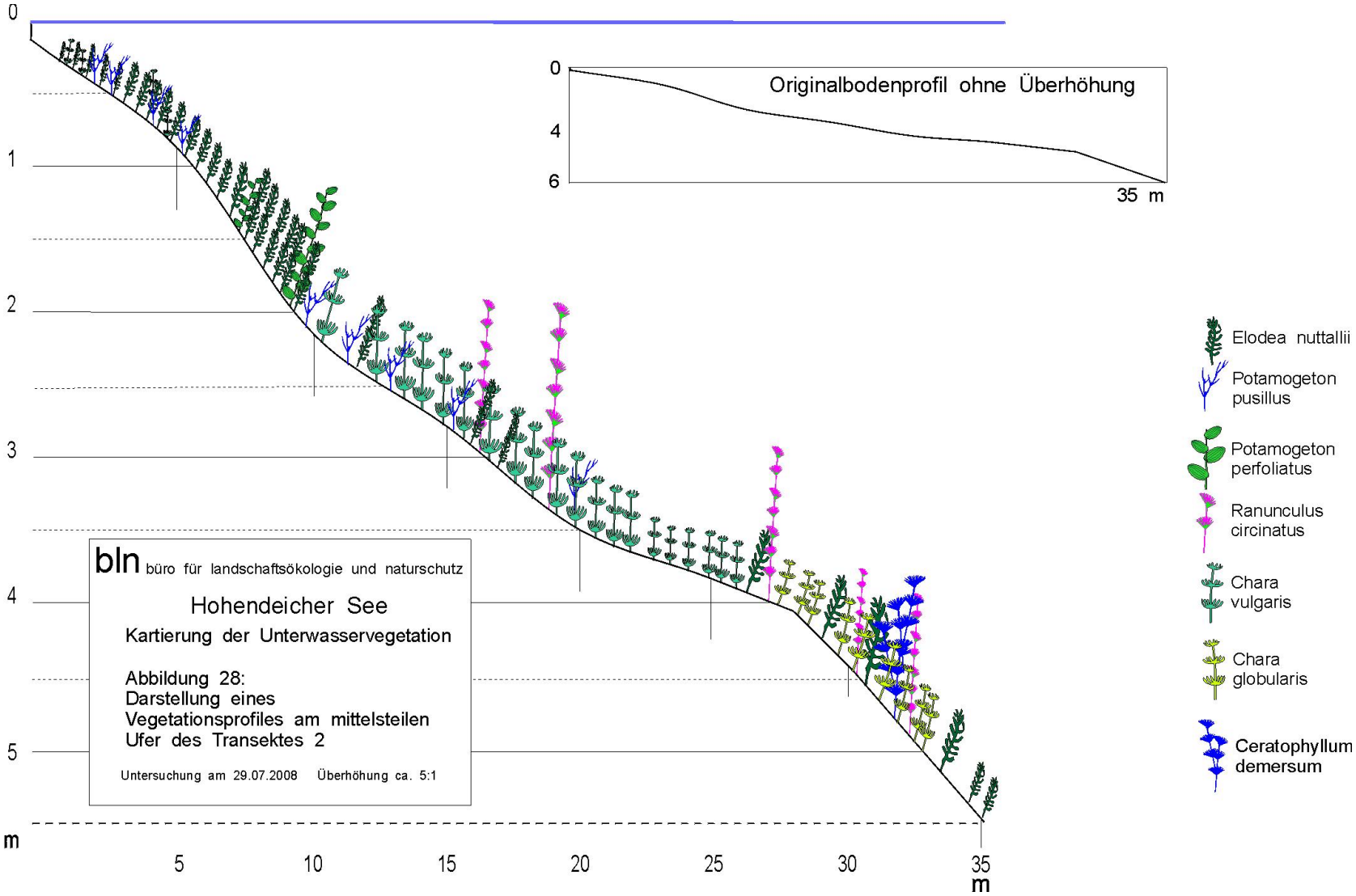


Abbildung 29: Darstellung eines Vegetationsprofils am mittelsteilen Ufer des Transektes 2 von 1995/96.

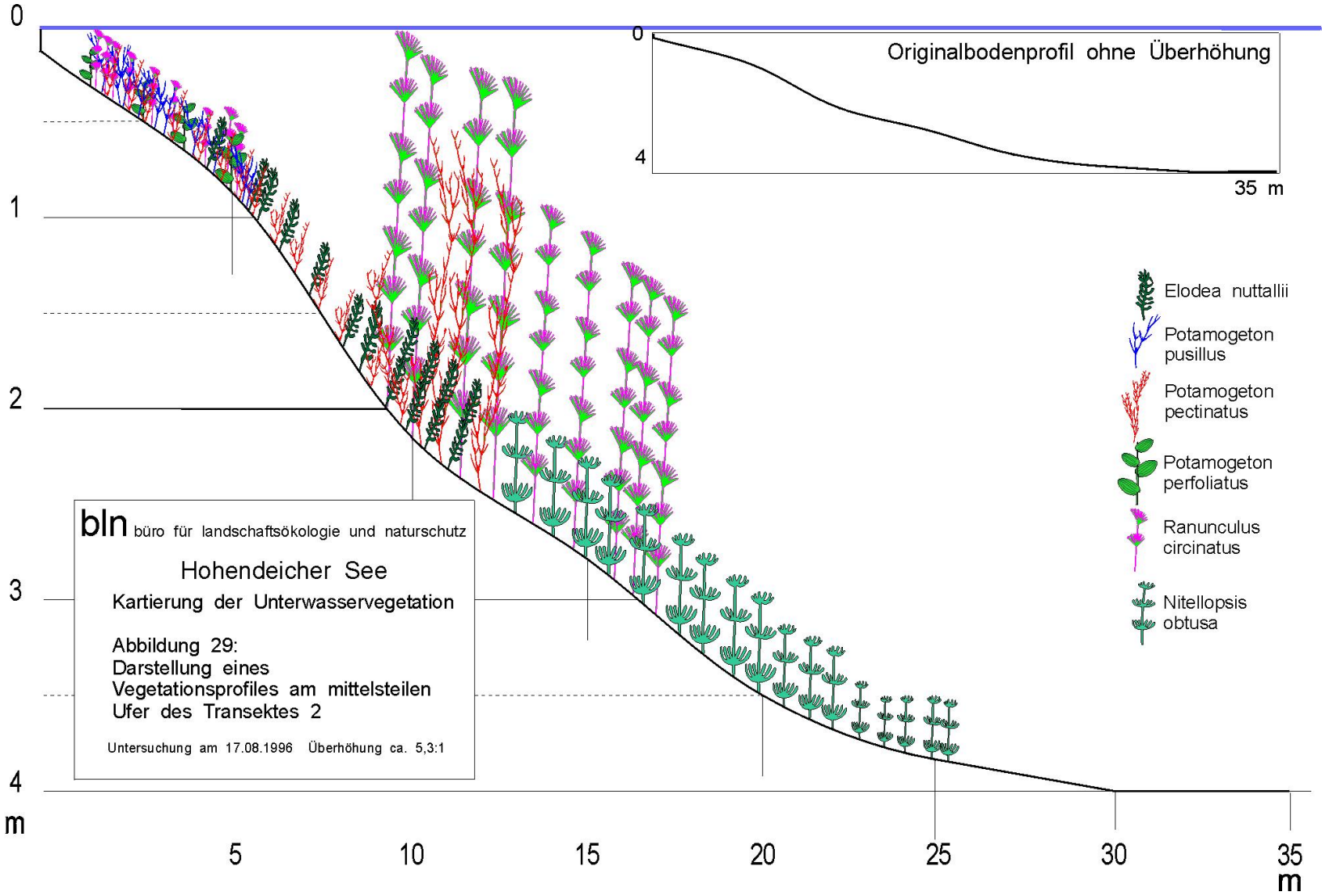


Abbildung 30: Darstellung eines Vegetationsprofils am Steilufer des Transektes 25 von 2008.

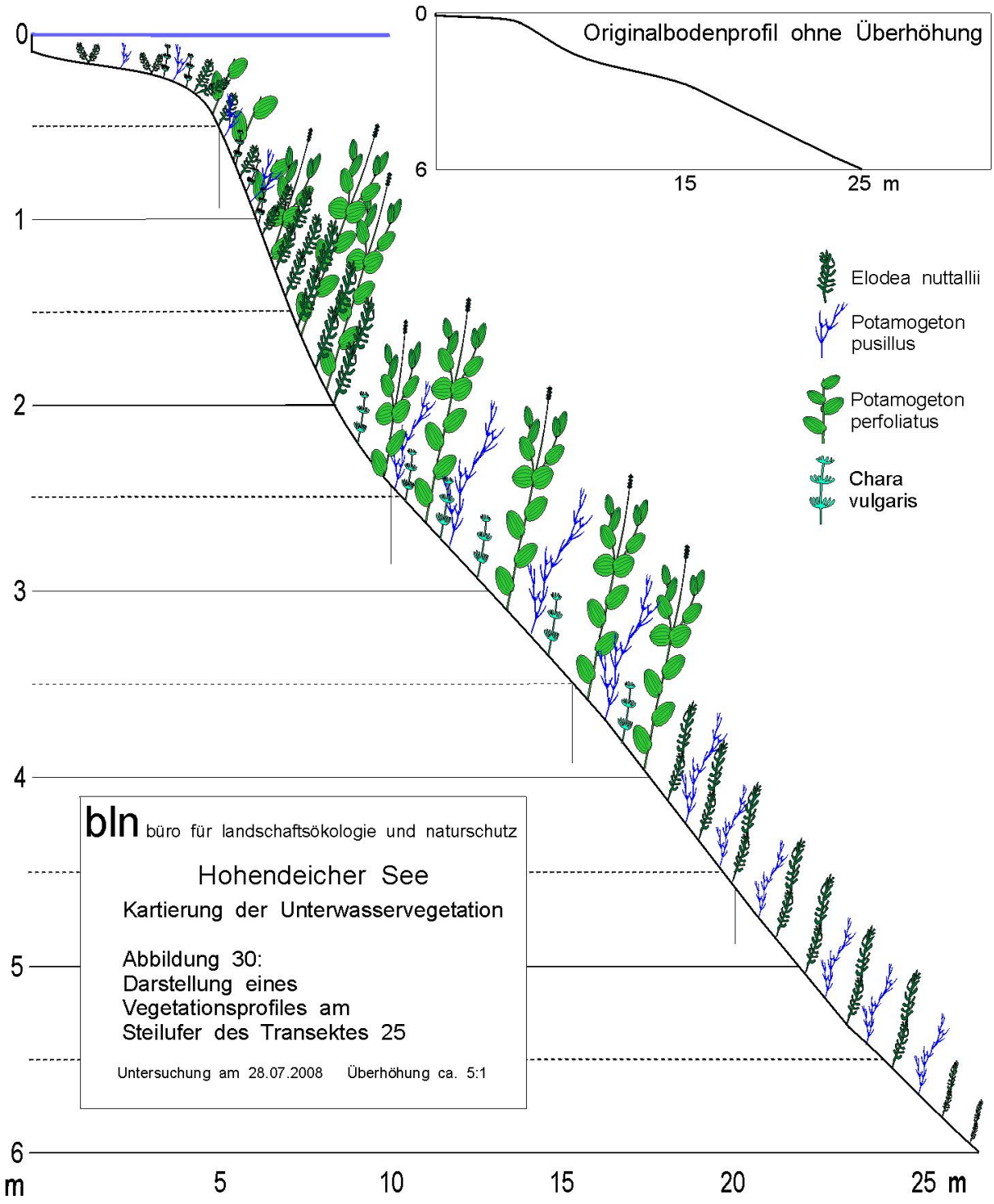
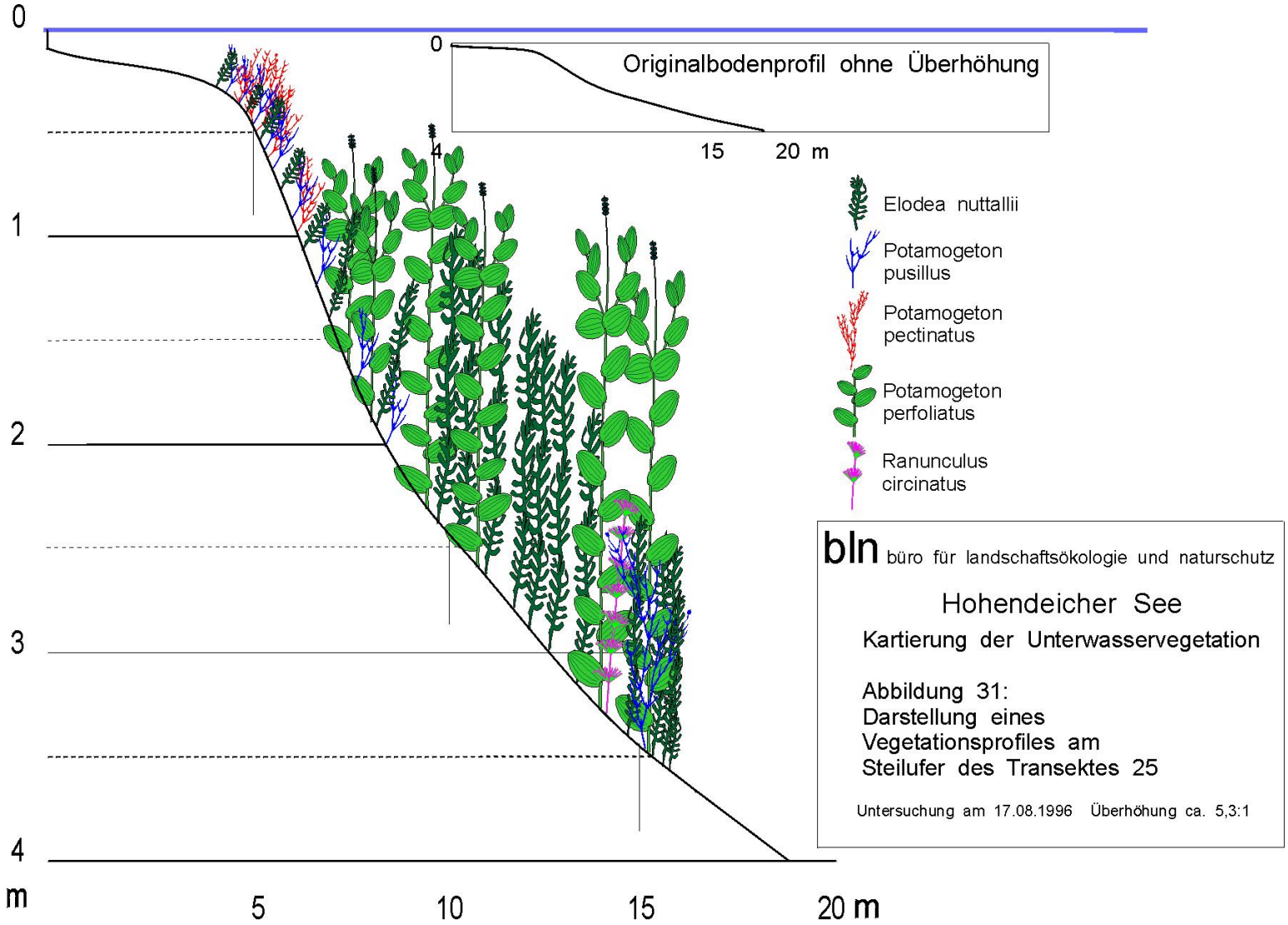



Abbildung 31: Darstellung eines Vegetationsprofils am Steilufer des Transektes 25 von 1995/96.