©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

FRANK PÄTZOLD

Ökologische Typisierung von Baggerseen am Oberrhein

Kurzfassung
Nach der Untersuchung der Vegetation und der abiotischen Verhältnisse von zwölf Baggerseen bei Rastatt (südlich von Karlsruhe, mittleres Oberrheingebiet) ergab sich für diese Gewässer eine Einteilung in drei Phasen.
1. Phase der Ausbaggerung: Das Wasser ist durch Schwebstoffe angereichert. Diese filtern das eindringende Licht schon nach wenigen Metern aus. Pflanzenwachstum ist bis maximal 7 m Tiefe möglich. Unter diesen Bedingungen finden sich nur wenige Pionierarten, darunter drei Characeen-Arten.
2. Klarwasserphase: Nach Beendigung der Ausbaggerung sedimentiert ein Großteil der Schwebstoffe. Das für ein Pflanzenwachstum erforderliche Licht dringt jetzt bis in Tiefen von über 20 m vor. Algen nehmen die in Wasser gelösten Nährstoffe nach kurzer Zeit auf. Die Seen werden "oligotropher" In diesen Gewässern findet man die höchste Artenzahl (zwölf Characeen- und 26 Kormophyten- Arten).
3. Phase steigender Eutrophierung: Hohe Nährstoffkonzentrationen, Algenblüten und im Sommer auftretende sauerstoffarme Bereiche drängen Höhere Pflanzen zurück und verringern besonders die Zahl der anzutreffenden Characeen- Arten.
In den Baggerseen beeinflussen die vorhandene Tiefe, das Alter und der Einfluss von Grund- und Rheinhochwasser das Aufkommen der Vegetation. Weitere wichtige Faktoren sind die Gestaltung des Ufers (Flachzonen und Reste alter Gewässerstrukturen), das Vorhandensein von Röhrichten und die aktuelle Nutzung (Baggern, Baden, Angeln, Tauchen).

Abstract
Ecological typification of artificial lakes in the upper Rhine area (SW Germany)
The paper deals with the ecological conditions and the vegetation of artificial lakes (gravel pits filled with water; "Baggersee") in the upper Rhine area. Three phases of vegetation development can be distinguised.
In the phase of dredging the water is muddy by the suspended particles. Water plants can be observed to a maximal deepth of 7 m. Only few pioneer species occur; 2 species of Characeae are observed. After the dredging phase the water is clear and have a more oligotrophic character. Plants occur to a deepth of 20 m. In this clear water phase a high number of water plants is observed (12 species of Characeae, 26 species of higher plants). The last phase is characterised by increasing eutrophication. (Filamentose) green algae occur; in the summer often an oxygene deficit can be observed. Phanerogams decrease, species of Characeae disappear.
Other important factors for the development of the submerged vegetation in these artificial lakes are the deepth of the water, the age of the artificial lake, the influence of ground water and of water from the Rhine river, the structure of the litoral zone and the human activities, esp. angling and plunging.

Autor
Dipl.Biol. FRANK PÄTZOLD, Winzerstr. 50, D-76532 Baden-Baden.

1. Einleitung

Nach 1950 entstanden entlang des Oberrheins Baggerseen mit Größen bis zu 80 ha und Tiefen bis zu 65 m. Zuvor gab es im Gebiet einzelne Kiesgruben mehr für den örtlichen Bedarf, mit Größen um 1 ha und Tiefen von ca. 5 m. Die Baggerseen werden heute vielfältig genutzt, v.a. als Badeseen, für den Tauchsport und für die Hobbyfischerei. Teilweise ist die Ausbeutung abgeschlossen; teilweise wird weiter Kies gewonnen.
Ziel der Untersuchung war es, mit der beispielhaften Darstellung der Ökologie und Flora von zwölf Baggerseen im weiteren Umland von Rastatt (mittleres Oberrheingebiet) während der Vegetationsperioden 1994 und 1995 eine Typisierung dieser Gewässer zu erarbeiten. - Die Kiesgruben wurden bisher vegetationskundlich kaum beachtet. KRAUSE (1975) wies auf die Bedeutung von Kiesgruben für gefährdete Arten hin, wobei auch Characeen berücksichtigt wurden. Die Characeen-Vegetation des Oberrheingebietes wurde nach ersten Schilderungen von LAUTERBORN (1917) von KRAUSE (1969) ausführlich dargestellt. Die Bedeutung der Characeen für eine ökologische Ansprache der Gewässer wurde mehrfach aufgezeigt (z.B. KRAUSE 1976, 1981, MELZER et al. 1987, MELZER 1993); ihnen kommt dabei vielfach eine wichtigere Rolle als den Gefäßpflanzen zu (vergl. z.B. CARBIENER & ORTSCHEIT 1984, ORTSCHEIT 1984, WIEGLEB 1991).
Im Untersuchungsgebiet bilden kalkreiche Kiese, Sande und Schluffe aus den Alpen und dem Schweizer Jura den Untergrund. Partiell ist kalkfreies Granit- und Sandsteingeschiebe aus dem Nordschwarzwald eingelagert (vgl. GEYER & GWINNER 1986). - Klimatisch zeichnet sich das mittlere Oberrheingebiet südlich von Karlsruhe durch eine hohe Jahresmitteltemperatur nahe 10° C (Julitemperatur nahe 19° C) und einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 800- 900 mm aus.

2. Methoden

Einmal monatlich wurden von einem Boot aus die Sichttiefe, Licht-, Sauerstoff- und Temperaturprofile gemessen, sowie Wasserproben aus bestimmten Tiefen gewonnen. Diese Proben wurden im Labor auf ihren Nährstoffgehalt (PO_4^{3-}-P mg/l, NO_3^--N mg/l, NO_2 -N mg/l und NH_4^+-N mg/l), pH- Wert, Leitfähigkeit, Ge-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

samt- und Calziumhärte sowie deren Chloridgehalt untersucht.

Die Zusammensetzung der submersen Vegetation wurde vorwiegend bei Presslufttauchgängen mit Hilfe von Dauertransekten und pflanzensoziologischen Aufnahmen ermittelt.
Zur fotografischen Dokumentation diente eine Spiegelreflexkamera Nikon F4 mit einem 24-50 mm Zoom-Objektiv im Unterwassergehäuse von Hugenschmid. Makroaufnahmen wurden mit der Sucherkamera Nikonos 4A und einem 1:1 Nahaufnahmesatz angefertigt.
Nomenklatur der Höheren Pflanzen nach OBERDORFER (2001), die der Characeen nach KRAUSE (1991) und CORILLION (1972).

3. Ergebnisse

Als Ergebnis der Untersuchungen ergab sich eine Einteilung der Baggerseen in drei deutlich voneinander unterscheidbare Phasen.

3.1 Phase der Ausbaggerung

Der Wasserkörper ist durch die Baggerung ganzjährig gut durchmischt. Das Wasser hat durch aufgewühltes Sediment einen erhöhten Nährstoffgehalt; wegen der Trübe herrscht schon in geringer Tiefe Lichtmangel. Die vorhandenen Algen sind nicht in der Lage, die angebotenen Nährstoffe vollständig aufzunehmen. Die Kiese sind stets von einer dünnen Schicht anorganischer Sedimente bedeckt. Bei Gefällen von bis zu 40° rutschen die Unterwasserböschungen immer wieder nach.
Aus den Messungen von 1994 ergaben sich für die abiotischen Parameter folgende Durchschnittswerte für die wichtigsten Nährstoffe: NO_3-N 1,8 mg/l, NH_4^+-N 0,05 mg/l, PO_4^{3-}-P 0,02 mg/l. Die Nitrat- und Orthophosphatkonzentrationen sind in der Regel im Epilimnion, wo sie von Algen aufgenommen werden, am geringsten. Der Ammoniumgehalt steigt im sauerstoffärmeren Tiefenwasser an.
Algen und Trübstoffe filtern das Licht schon nach wenigen Metern aus. Der Lichtverlust von 0 nach 1 m Tiefe beträgt durchschnittlich 53,3 %. Ab maximal 7 m Tiefe ist in den Kiesseen die Lichtintensität so gering, dass ein Pflanzenwachstum nicht mehr möglich ist.
Die Wassertemperaturen während der Vegetationsperiode 1994 (gemessen am Vormittag) betrugen durchschnittlich 18 °C in 1 m und 14 °C in 5 m Tiefe.
Die Sauerstoffsättigungen des gemessenen Wasserkörpers lagen durchschnittlich bei 93,3 %. Von der Oberfläche bis zum Hypolimnion konnten meist Sättigungen von über 100 % und tiefer, während des Sommers Sättigungen um 50 % gemessen werden.
Die höhere Vegetation reichte in diesen Seen selten bis 6 m Tiefe. Sie bedeckte nur eine geringe Fläche des Litorals. Bis in 3 m Tiefe wuchsen die Pflanzen in kleinen Beständen; darunter kamen nur Einzelindividuen vor. Während der Wachstumsphase war ein Großteil ihrer Blattoberfläche von Schlamm oder von Aufwuchsalgen bedeckt.
Folgende Arten traten als Erstbesiedler auf:
Characeen: *Chara vulgaris, Chara fragilis* und *Chara contraria,*
Kormophyten: *Potamogeton pectinatus*, *P. panormitanus*, *P. perfoliatus*, *P. nodosus*, *Elodea nuttallii* und *Myriophyllum spicatum*. In geringen Mengen fanden sich *Najas marina*, *N. minor*, *Potamogeton lucens*, *Nuphar lutea* sowie vereinzelt einige weitere Arten. - Die Bestände entsprechen zumeist dem Najadetum marinae (vgl. PHILIPPI 1969, OBERDORFER 1977), wobei in dem vorliegenden Aufnahmematerial Characeen weitgehend fehlen.

3.2 Phase nach der Baggerung (Klarwasserstadium)

Nach Beendigung der Ausbaggerung (geringere Durchmischung, keine Aufwirbelung), sedimentiert ein Großteil der Schwebstoffe und sammelt sich am Seegrund. Die Kieshänge sind jetzt schlammfrei; sie werden während des Sommers von Aufwuchsalgen besiedelt.
Das Wasser klart auf, Sichttiefen zwischen 6 und 10 m sind keine Seltenheit. Die Lebensbedingungen für flottile Algen verbessern sich grundlegend. Schon nach kurzer Zeit sind die im Wasser vorhandenen Nährstoffe aufgebraucht. Der See wird „oligotropher", am Tag sind Sauerstoffübersättigungen von 200 % während der Sommermonate keine Seltenheit.
Aus den Messungen von 1994 ergaben sich für die abiotischen Parameter folgende Durchschnittswerte: NO_3-N 0,1 mg/l, NH_4^+-N 0,002 mg/l, PO_4^{3-}-P 0,01 mg/l. Die Nährstoffkonzentrationen sind im Vergleich zur Baggerphase weitaus geringer. Die Phosphatkonzentrationen bleiben in allen Seen im Verlauf der Vegetationsperiode und in jeder Tiefe bei durchschnittlich 0,01 mg/l. Der Ammoniumgehalt steigt nur während der Sommermonate direkt über dem Gewässergrund an. Der Nitratgehalt wechselt von See zu See.
Ein geringer Lichtverlust (von 0 nach 1 m Tiefe beträgt er durchschnittlich nur 33,6 %) bewirkt, dass auch tiefere Wasserschichten gut mit Licht versorgt werden.
Die Wassertemperaturen während der Vegetationsperiode (April bis September 1994) betrugen durchschnittlich 19 °C in 1 m und 16,4 °C in 5 m Tiefe. Die gute Durchleuchtung führt zu einer tiefgreifenderen Erwärmung des Wasserkörpers im Sommer. Das Epilimnion erreicht so bis zu 6 m Mächtigkeit.
Die Sauerstoffsättigung beträgt durchschnittlich 112,3 % und weist deutlich auf eine hohe Produktivität der Algen hin. Von der Oberfläche bis zum Hypolimnion konnten Sättigungen von bis zu 235 % gemessen werden, wobei die maximalen Werte immer im Bereich des oberen Metalimnions auftraten.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Eine gute Durchleuchtung und offene Standorte führen zu einer explosionsartigen Vermehrung der submersen Makrophyten. Höhere Vegetation fand sich in den Seen des Klarwasserstadiums bis 15 m Tiefe (maximal bis 22 m Tiefe). Auch in den Klarwasserseen bilden sich am Grund je nach Gehalt an organischer Substanz sauerstoffarme Bereiche aus. Diese weisen oft Flächen von wenigen Quadratzentimetern auf und sind ideale Mikrostandorte für Cyanophyceen, Purpur- und andere Schwefelbakterien.
Die submersen Makrophyten besiedeln ca. 50 % des Litorals. Die Characeen nehmen die größte Fläche ein und dominieren in der Tiefe. Kormophyten setzen sich erst nach mehreren Jahren im oberen Litoral durch. Sie bilden dann bis in 7 m Tiefe dichte Bestände aus. *Potamogeton lucens, Myriophyllum spicatum* und *Myriophyllum verticillatum* erreichen Individuallängen von bis zu 5 m. Ein Teil der Characeenbestände hält sich über den Winter und fällt erst im Laufe des Frühjahres in sich zusammen.
Die Baggerseevegetation weist in diesem Stadium ihre höchste Artenzahl auf. Zu den bereits genannten Arten *(Chara contraria, Chara fragilis, Chara vulgaris, Potamogeton pectinatus, P. panormitanus, P. perfoliatus, P. nodosus, Myriophyllum spicatum, Najas marina, N. minor, Potamogeton lucens* und *Nuphar lutea*) treten hinzu:
Characeen: *Chara aculeolata, C. aspera, C. hispida, Nitella tenuissima, N. batrachosperma, N. syncarpa, N. opaca, N. mucronata* und *Tolypella glomerata.*
Kormophyten: *Myriophyllum verticillatum, Elodea canadensis, P. berchtoldii, Ranunculus circinatus, R. trichophyllus* und *Utricularia australis.*
Auch diese Bestände stehen teilweise dem Najadetum marinae nahe, teils wurden sie als *Myriophyllum* - Bestände dargestellt (PHILIPPI 1969), wobei hier *Chara*-Arten fehlen. Entsprechende Characeen-Gesellschaften sind das Charetum asperae und das Charetum hispidae (KRAUSE & LANG in OBERDORFER 1977).

3.3 Phase steigender Eutrophierung

Die Gründe für eine Eutrophierung der noch jungen Baggerseeen sind vielfältig. Eine besondere Rolle kommt hierbei den Phosphatquellen wie Grundwasser, aber auch Falllaub, Freilandniederschlag, Badebetrieb, Fischzucht und Angelfischerei zu.
Besonders in flachen Kiesseen kommt es zur Erscheinung der "rasenden Eutrophierung" Schon nach wenigen Jahren bilden sich am Grund mächtige Schlammschichten. Während des Sommers treten darüber mehrere Meter mächtige sauerstofffreie Bereiche auf, in denen die höheren Pflanzen absterben.
Bei entsprechenden Konstellationen (z.B. hohes Sauerstoffdefizit und Sturm) kommt es zum Umkippen solcher Gewässer. Dies hat oft ein Fischsterben zu Folge. Die Vegetation zeigt dagegen kaum Veränderungen.
Ein Beispiel aus der Region stellt der Bachgrundsee nördlich von Söllingen bei Rastatt (MTB 7214 NO) dar. Er besitzt eine maximale Tiefe von 7 m; 20 Jahre nach seiner Entstehung, ist er am Ende des warmen Sommers 1994 in einer Sturmnacht umgekippt. Dabei sind unter anderem 32 Zentner Fische verendet. Schäden oder Veränderungen in der Vegetation waren dabei nicht erkennbar.
Eutrophe Baggerseen zeichnen sich durch eine geringe Durchleuchtung des Gewässers (vergleichbar den bebaggerten Seen) aus. Das Litoral kann stark mit Makrophyten bewachsen sein. Algenblüten treten während der Vegetationsperiode ständig auf.
Aus den Messungen von 1994 ergaben sich folgende Werte für die wichtigsten Nährstoffe: NO_3^--N 0,3 mg/l,

Tabelle 1. Vergleich der drei Phasen (Durchschnittswerte April bis September 1994)

	Phase		
	Ausbaggerung	Klarwasser	eutrophiert
Zahl der untersuchten Baggerseen	2	3	4
NO_3^-- N mg/l,	1,8	0,1	0,3
NH_4^+- N mg/l,	0,05	0,002	0,15
PO_4^{3-}- P mg/l,	0,02	0,01	0,02
Lichtverlust von 0 nach 1m Tiefe (%)	53,3	33,6	61,2
Wassertemp. 1 m Tiefe (°C)	18,06	19,06	18,5
Wassertemp. 5 m Tiefe (°C)	14,18	16,4	13,92
O_2- Sättigung (%)	93,3	112,3	64,2
Litoralbewuchs (%)	5	72,5	30
Artenzahl	11,5	21,3	16,1
Characeen- Arten	2	7,3	2,3
Kormophyten- Arten	9,5	14	13,8

Mittelwerte aus monatlichen Messungen von April bis September 1994 (pro Messstelle 6 Messungen). Messorte siehe folgende Seite.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

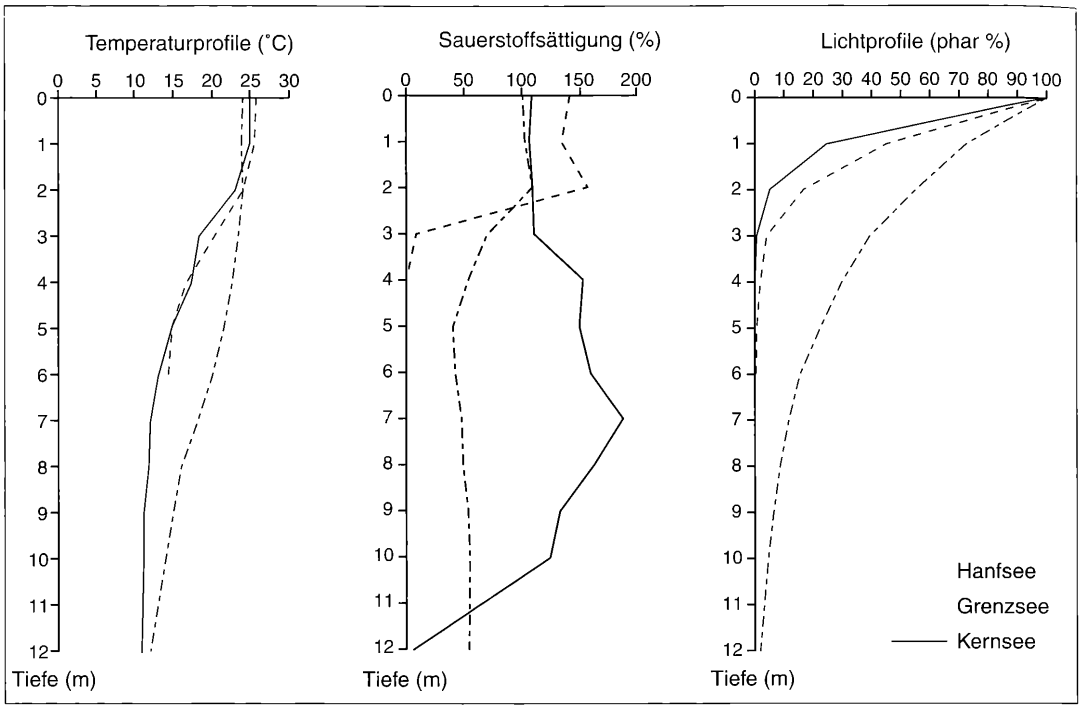


Abbildung 1. Beispielhafter Vergleich von Temperatur-, Sauerstoff- und Lichtprofilen vom Juli 1994.

NH_4^+-N 0,15 mg/l, PO_4^{3-}-P 0,02 mg/l.
Die Nitrat- und Orthophosphatkonzentrationen sind aufgrund von Algenzehrung zum Teil geringer als in den bebaggerten Seen. Entsprechend der Sauerstoffverteilung überwiegt Nitrat im Oberflächen- und Ammonium im Tiefenwasser. Der Orthophosphatgehalt steigt im sauerstoffärmeren Tiefenwasser an. So fand sich im flachen Ameisensee zum Beispiel in 1 m Tiefe 0,002 und in 5 Metern Tiefe 1,104 mg PO_4^{3-}-P/l in den Wasserproben.
Der Lichtverlust von 0 nach 1 m Tiefe beträgt durchschnittlich 61,2 %. Unterhalb von 5 m ist die verbleibende Lichtintensität für das Wachstum von Wasserpflanzen unzureichend.
Die Wassertemperaturen während der Vegetationsperiode 1994 betrugen durchschnittlich 18,5 °C in 1 m und 14 °C in 5 m Tiefe. Sie ähneln den Werten aus den Seen der Baggerphase. Die fehlende Umwälzung durch den Baggerbetrieb führt zu einer stärkeren Erwärmung des Oberflächenwassers.
Die Sauerstoffsättigungen des gemessenen Wasserkörpers lag durchschnittlich bei nur 64,2 %. Das im Sommer oft nur 2 m mächtige Epilimnion wies meist Sättigungen über 100 % auf. Darunter fielen die Konzentrationen schnell ab und in Grundnähe konnte vielfach kein Sauerstoff mehr nachgewiesen werden.
Die Vegetation spielt nur in einem Bereich bis 3,5 m Tiefe eine Rolle. Darunter fanden sich nur noch Einzelpflanzen, welche oft angefault und von Blaualgen besiedelt waren. Characeen fehlen fast vollständig.
Es wachsen, ähnlich der Baggerphase, *Chara contraria*, *C. vulgaris* und *Nitella mucronata*. Die Vegetation des Litorals wird eindeutig von Kormophyten dominiert. Die Nährstoffzeiger *Elodea nuttallii* und *Ceratophyllum demersum* sind die Hauptmassebildner.

Messorte:
Phase 1 (Ausbaggerung): Baggersee Kieswerk Kern, Iffezheim (MTB 7114 SO); Baggersee bei Leiberstung (MTB 7214 NO)
Phase 2 (Klarwasser): Badesee Grauelsbaum (MTB 7213 SO); Hanfsee bei Söllingen (7214 NW); Baggersee bei Leiberstung (MTB 7214 NO).
Phase 3 (Eutrophierung): Grenzsee bei Wintersdorf (7114 NO), Bau 2 bei Hügelsheim (7214 NW), Ameisensee bei Söllingen (7214 NW), Angelsee bei Grauelsbaum (7213 SW).

Kurze wichtige Daten zu den oben aufgeführten Gewässern seien mitgeteilt. Die Gewässer wiesen Größen von 1,5 bis 72 ha, maximale Tiefen von 5,5 bis 42 m und Alter zwischen 20 und 38 Jahren auf. Wichtig erscheinen folgende Faktoren:

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Die Seen unterscheiden sich
a) im Grundwasserdurchfluss, in ihren Anteilen von Rheindruckwasser und einer möglichen Überstauung durch Rheinhochwasser.
b) in der Gestaltung des Ufers (Flachzonen, Röhrichte, Reste alter Gewässerstrukturen),
c) in der aktuellen Nutzung (Baggern, Baden, Angeln, Tauchen),
d) in den Nährstoffverhältnissen. Sie richten sich z.B. nach dem Anteil von Rhein- bzw. Grundwasser, dem Laubeintrag und der Nutzung.

3.4 Zum Einfluss einzelner Standortfaktoren

Tiefe
Flache Gewässer eutrophieren in der Regel sehr rasch. Seen mit größerer Tiefe bieten den Vorteil, dass die sich am Grund sammelnden Nährstoffe bei entsprechend guten Sauerstoffverhältnissen den Algen und höheren Wasserpflanzen in der euphotischen Zone kaum noch zur Verfügung stehen.

Grundwasser
In Bereichen starken Grundwasserzuflusses ist das Aufkommen von Wasserpflanzen und deren Wuchsgröße geringer, oftmals ist das Litoral an solchen Stellen pflanzenfrei. Lässt der Grundwasserdurchfluss nach, intensiviert sich das Wachstum der Wasserpflanzen. Jetzt sind es vorwiegend Blaualgen, welche in einem sauerstoffärmeren Milieu die höheren Wasserpflanzen besiedeln und teilweise erdrücken. So fanden sich stets am Südostufer der Baggerseen, der Haupteinstromrichtung des vom Schwarzwald heranfließenden Grundwassers, großflächige Bereiche, auf welchen die submersen Makrophyten von Cyanophyceen verdrängt wurden.
In einem Baggersee (Bau 2, südlich der Iffezheimer Staustufe) ist der Einfluss des Grund- und Rheindruckwassers so intensiv, dass sich der Wasserkörper selbst im Hochsommer nur wenig erwärmt. Während die umliegenden Seen im Juli 1994 eine durchschnittliche Wassertemperatur von 24,7 °C in einem Meter Tiefe aufwiesen, konnte in diesem See nur 15,4 °C gemessen werden. Eine so niedere Temperatur und zusätzlich schlechte Lichtverhältnisse schränken offensichtlich das Wachstum der Kormophyten ein. Hier wurden eine spärliche Besiedlung sowie die geringste Artenzahl festgestellt.

Rheinhochwasser
Bei einer Überflutung der rheinnahen flachen Baggerseen durch auftretende Rheinhochwässer kommt es in Abständen zu einem vollkommenen Austausch des Wasserkörpers. Ein nördlich der Iffezheimer Staustufe in der rezenten Aue liegender eutropher Flachsee (Grenzsee) mit einer Fläche von 1,5 ha und einer Tiefe von ca. 5,8 m wurde am 20. Mai 1994 und den darauffolgenden Tagen bis zu 2,8 m hoch überflutet. Als Folge wies der See während dieser Zeit keine sauerstoffarme Schicht über dem Grund mehr auf. Die Mengen an gelösten Nährstoffen hatten sich durch den Eintrag suspendierten Auelehms vervielfacht und der Chloridgehalt war aufgrund starker Verdünnung von 62 auf 20 mg/l gesunken.
Vergleichend führt eine langsame Überstauung eines Baggersees mit Hochwasser, wie sie durch Rückstau bei Staustufen auftritt, zu keiner drastischen Durchmischung der beiden Wassermassen.

Besiedlung
Der Erhalt alter, schon vor Baggerbeginn vorhandener Uferstrukturen erleichtert die Besiedlung der neu entstandenen Standorte durch schon vorhandene Wasserpflanzen und zutage gebrachte Diasporen.

Morphologie
Flachzonen und Bereiche geringeren Gefälles bieten den Wasserpflanzen gute Entwicklungsmöglichkeiten. Steilufer brechen über viele Jahre hinweg ab. Dabei wird die vorhandene Vegetationsdecke beschädigt und zum Teil in die Tiefe gerissen. Es entstehen so immer wieder Flächen, die Pionierarten wie der seltenen *Nitella batrachosperma* und *N. tenuissima* als Standorte dienen. SCHMIDT (1996) bezeichnet diese Arten als verschollen oder sehr selten.
Es empfiehlt sich also eine Geländeausformung für den Unterwasserbereich, in dem Flachzonen unterschiedlicher Größe und Neigung und teils vom Ufer ausgehende Steilhänge in ständigem Wechsel auftreten. Je vielfältiger und abwechslungsreicher die Seegrundmorphologie, desto artenreicher kann sich ein Gewässer bei entsprechender Wasserqualität entwickeln.

Nutzung
Die Nutzung der Baggerseen ist vielfältig. Die einzelnen Nutzungsformen beeinflussen die submerse Vegetation je nach Spezifität und Intensität recht unterschiedlich.
Badegäste beschädigen durch Tritt die Ufer- und Flachwasservegetation. Durch starkes Aufwirbeln von Sedimenten ersticken zart gebaute Characeenarten (z. B. *Nitella tenuissima*, *N. batrachosperma*, *N. mucronata*) unter den Ablagerungen. Die Sichttiefe und somit das Lichtangebot sinkt in den Sommermonaten in kleineren Badeseen stark ab und hemmt das Pflanzenwachstum. Nicht unerwähnt bleiben soll der Nährstoffeintrag durch Körperpflegemittel.
Die Hobbyfischerei wirkt sich auf die submerse Vegetation durch mechanische Schädigungen nur gering aus. Vegetationsschäden sind v.a. in der Röhrichtzone zu beobachten. Tiefgreifende Veränderungen im Vegetationsaufkommen ergeben sich durch die Wirkung überhöhter Bestände bodenwühlender Fischarten (Karpfen, Brassen) sowie übermäßigem Anfüttern der Fische.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Tabelle 2. Liste der beobachteten Arten

	Häufigkeit	Auftreten in den Phasen		
		Ausbaggerung	Klarwasser	Eutrophierung
Kormophyten				
Alisma gramineum	s	xx	x	x
Alisma plantago-aquatica	s	x	x	x
Callitriche obtusangula	s	.	.	x
Ceratophyllum demersum	v	.	.	xx
Elodea canadensis	s	.	x	.
Elodea nuttallii	h	x	x	xx
Hippuris vulgaris	s	.	x	x
Lemna minor	s	.	.	xx
Lemna trisulca	s	.	.	xx
Myriophyllum spicatum	h	x	x	x
Myriophyllum verticillatum	s	.	xx	.
Najas marina	s	x	x	x
Najas minor	v	x	x	xx
Nuphar lutea	h	x	x	x
Nymphaea alba	s	.	x	.
Nymphoides peltata	s	.	x	.
Potamogeton berchtoldii	s	.	x	.
Potamogeton crispus	v	.	x	x
Potamogeton lucens	v	x	x	xx
Potamogeton nodosus	h	x	x	x
Potamogeton panormitanus	v	xx	x	x
Potamogeton pectinatus	h	x	x	x
Potamogeton perfoliatus	v	xx	x	x
Potamogeton trichoides	s	.	.	xx
Ranunculus circinatus	v	.	x	x
Ranunculus rionii	s	x	x	xx
Ranunculus trichophyllus	v	.	x	x
Schoenoplectus lacustris	v	x	x	x
Utricularia australis	v	x	xx	x
Zannichelia palustris	v	.	x	x
Characeen				
Chara aspera	v	.	xx	.
Chara contraria	h	xx	x	x
Chara fragilis	h	x	xx	x
Chara hispida	v	.	xx	.
Chara vulgaris	h	x	x	x
Nitella batrachosperma	v	.	xx	.
Nitella mucronata	v	x	xx	x
Nitella opaca	v	.	xx	.
Nitella syncarpa	s	.	xx	.
Nitella tenuissima	v	.	xx	.
Nitellopsis obtusa	v	.	xx	.
Tolypella glomerata	v	.	xx	.

s = selten, v = verbreitet, h = häufig, xx = bevorzugter Standort

Die Wühltätigkeit der Fische beeinträchtigt das Aufkommen einer Pflanzendecke durch Ausgraben, trübt das Wasser flacher Seen so stark ein, dass Licht schon in geringer Tiefe zum limitierenden Faktor wird, und fördert die Eutrophierung der Gewässer durch den Eintrag von im Sediment gelagerten Phosphat in das Wasser. Der Tauchsport wirkt sich ähnlich den Karpfen durch zum Teil starke Sedimentaufwirbelungen sowie mechanische Schädigung der Pflanzen negativ auf die Entwicklung einer typischen Unterwasserflora aus.

3.5 Liste der beobachteten Arten

Die in den untersuchten Baggerseen beobachteten Arten (Kormophyten und Characeen) sind in Tabelle 2 aufgelistet. Sie zeigt deutlich die Vorliebe der Characeen für nährstoffarme Gewässer (Kiesgruben der Baggerphase und der Klarwasserphase). Von ihnen haben lediglich *Chara fragilis* und *Nitella mucronata* eine weitere Amplitude.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

4. Beschreibung einzelner Gewässer

4.1 Kernsee östlich Iffezheim (MTB 7114 SO)

Der Kernsee befindet sich östlich der Gemeinde Iffezheim auf dem Hochgestade westlich der A 5 und südlich der K 3760. Er wird mittels Schwimmbagger ausgekiest, besitzt eine Wasserfläche von ca. 71 ha bei einer Tiefe von bis zu 34 m. Der See wird von einem Angelverein fischereilich genutzt. Er ist zumeist von landwirtschaftlicher Nutzfläche umgeben. Durch eine vorausgegangene Trockenbaggerung liegt das Gewässer etwa 10 m tiefer als das Umland. An seinem Ufer finden sich einige lockere Weidengebüsche und vereinzelte Röhrichtgruppen.
Durch die Ausbaggerung wird der Wasserkörper stark durchmischt und mit Trübstoffen versetzt. Im See fehlen ausgesprochene Flachwasserzonen. Das Böschungsverhältnis beträgt in weiten Bereichen 1:3 bis 1:4. Aufgrund dieser Verhältnisse ist die submerse Vegetation im Baggersee nur sehr spärlich entwickelt. Sie besteht aus wenigen Arten, die sich bis in maximal 4 m Tiefe finden.
Zu den verbreiteten Arten zählen *Potamogeton pectinatus, P. nodosus* und *P. panormitanus, Myriophyllum spicatum* sowie die Armleuchteralge *Chara contraria.* Sporadisch finden sich *Najas marina* und *Potamogeton lucens.*

Transekt
Ein Transekt wurde im Südosten des Gewässers angelegt. Das Gefälle beträgt vom Ufer beginnend bis in etwa 12 m Tiefe 1:3,5. - Im April findet sich hier in 1,5-4,5 m Tiefe ein lockerer Bestand von *Chara contraria.* Einen Monat später gesellen sich in Tiefen von 1,5-2,5 m *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton nodosus* hinzu. Ab Juni besiedeln *Potamogeton panormitanus* und *Potamogeton pectinatus* das Flachwasser oberhalb von 1 m Tiefe. Im August erscheint in 1 m Wassertiefe *Najas marina.* Sie wird hier kaum höher als 30 cm. Während der Vegetationsperiode von 1994 wiesen *Myriophyllum spicatum* mit 1,9 m und *Potamogeton nodosus* mit 1,4 m die größten Individuenlängen auf.

Im Gebiet wurden folgende Arten beobachtet (v = verbreitet, s = selten):
Kormophyten: *Potamogeton lucens* (s), *P. nodosus* (v), *P. pectinatus* (v), *P. panormitanus* (v), *Myriophyllum spicatum* (v), *Najas marina* (s).
Characeen: *Chara contraria* (s).

Abiotische Verhältnisse
Zur Erfassung der abiotischen Verhältnisse wurde monatlich eine markierte Messstelle angefahren. Die Wassertiefe in der südwestlich gelegenen Bucht beträgt 15 m.

Lichtverteilung: Der hohe Trübstoffgehalt absorbiert bis in 1 m Tiefe zum Teil über 70 % des einfallenden Lichts. Im Juni und Juli sinkt das Restlicht bereits in einer Tiefe von 3 m unter die 1 % Marke ab. Ausschließlich im April und August konnten noch in 5 m Tiefe mehr als 1 % des photsynthetisch nutzbaren Lichts festgestellt werden.

Temperatur: Bereits am 19. April 1994 war eine leichte Schichtung des Sees zu beobachten. Während der Sommermonate findet man eine Sprungschicht im Bereich von 4 bis 7 m Tiefe. Die höchste Oberflächentemperatur wurde am 14. Juli mit 25,2 °C gemessen.

Sauerstoff: Im April weist das gesamte Gewässerprofil eine leichte Sauerstoffübersättigung auf. Bereits im Mai ist eine Tendenz zur Untersättigung unterhalb von 5 m Tiefe zu erkennen. Mitte August erreicht diese Entwicklung ihren Höhepunkt. Übersättigung fand sich bis in 3 m Tiefe. Unterhalb dieser Grenze fällt der Sauerstoffgehalt drastisch und annähernd homogen unter die 40 % ab.

Nitrat: Die Nitratkonzentrationen (NO_3^--N) liegen während der Untersuchungsperiode zwischen 0,5 und 0,7 mg/l. Lediglich im Oberflächenwasser sinkt der Gehalt während des Sommers auf zum Teil unter 0,1 mg/l ab.
Ammonium: lässt sich stets nur in Spuren unter 0,05 mgNH_4^+-N/l nachweisen.

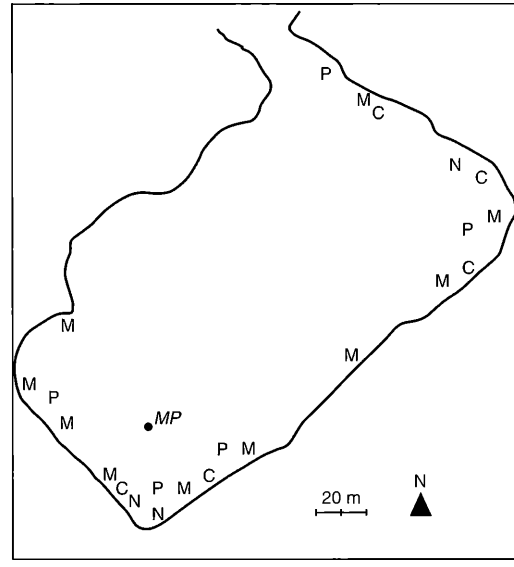


Abbildung 2. Verbreitung der submersen Vegetation im Kernsee. C = *Chara contaria*, M = *Myriophyllum spicatum*, N = *Najas marina*, P = *Potamogeton* sp., *MP* = Messpunkt.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Orthophosphat: Der Phosphatgehalt(PO_4^{3-}-P) liegt zumeist unter 0,03 mg/l. Lediglich im September findet sich im 10 m-Bereich eine Konzentration von 0,56 mg/l.

Weitere untersuchte Parameter: Die Wasserhärte beträgt durchschnittlich 9,2 °dH bei einem Calciumgehalt um 66 mg/l. Der pH-Wert schwankt um 8. Die Leitfähigkeit pendelt zwischen 245 und 350 µS/cm bei einem Chloridgehalt um 27 mg/l.

4.2 Hanfsee bei Söllingen (MTB 7214 NW)
Der Hanfsee ist ein Baggersee mittlerer Tiefe, er befindet sich noch im Klarwasserstadium. Die Tendenz einer Eutrophierung lassen sich in den abiotischen Verhältnissen und in der submersen Vegetation bereits ausmachen.
Das Gewässer liegt in der Altaue nordwestlich der Gemeinde Söllingen-Rheinmünster unweit des Rheinstromes, eingerahmt vom Hochwasserdamm im Norden und der Rheinzufahrtsstraße K 3733 im Osten. Es wird von Rheinhochwassern direkt nicht beeinflusst. Die Fläche wurde im Zeitraum von 1966 bis 1976 ausgekiest, seine Größe beträgt 4,2 ha und seine maximale Tiefe bei Normalwasserstand 14,2 m. Auf der Ostseite des Sees wird von der Gemeinde eine öffentliche Liegewiese mit Badestrand unterhalten, auf der sich im Sommer oft mehrere hundert Badegäste aufhalten. Im Süden und Südosten grenzen Äcker an den See an. Das langgestreckte Nordwestufer wird von einem Campingplatz eingenommen. Betontreppen, Terrassen und hausgartenähnliche Pflanzungen prägen das Bild bis zur Mittelwasserlinie.
Im See befinden sich zwei Flachwasserzonen. Eine ist dem Badestrand vorgelagert. Hier ist die Unterwasservegetation aufgrund des Badebetriebes nur sehr spärlich entwickelt. Pflanzen, die sich im zeitigen Frühjahr auf dieser Fläche ansiedeln werden ab Juni durch Tritt zerstört.
Die zweite Flachzone ist ein Schongebiet entlang des Südufers, wo sich überall ein dichter Bewuchs aus *Nymphoides peltata* eingestellt hat. Hier werden die Wuchsorte durch eine dicke Schlammauflage vor kaltem Grundwassereinfluss schützt.

Der Böschungswinkel des Seeprofils beträgt im Durchschnitt 1: 3,5. In einer Tiefe von 1,5 bis 7 m hat sich rund um den Hanfsee ein Gürtel aus *Myriophyllum verticillatum* etabliert. Dieser ist nur an wenigen Stellen durch andere Arten ersetzt, so zum Beispiel vereinzelt im Süden durch ein Seerosenfeld, und im Westen durch *Potamogeton lucens* und *P. nodosus*-Bestände. Am Nordostufer, dem Badestrand, findet sich eine größere Lücke, die von *Utricularia australis* und von Armleuchteralgen bewachsen ist; Arten, die erfahrungsgemäß unter der starken von den Badenden verursachten Sedimentation leiden. - Unterhalb

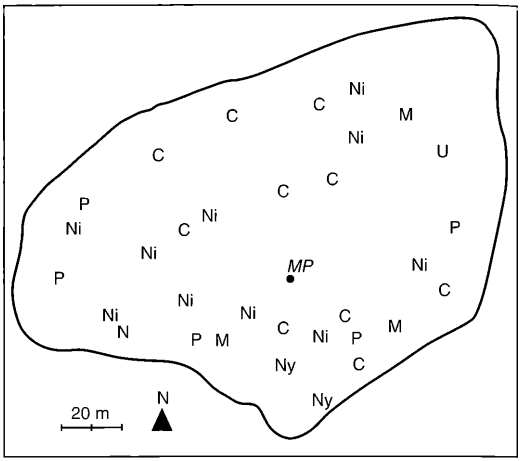


Abbildung 3. Verbreitung der submersen Vegetation im Hanfsee. C = *Chara* sp., M = *Myriophyllum verticillatum*, N = *Najas minor*, Ni = *Nitella* sp., Ny = *Nymphaea alba* und *Nymphoides peltata*, U = *Utricularia australis*, *MP* = Messpunkt

des Tausendblatt- Gürtels befindet sich ein schmaler Streifen, der von *Elodea nuttallii* und *Potamogeton berchtoldii* gebildet wird. Daran schließen sich bis in eine Tiefe von 11 m *Chara fragilis* - *Nitella opaca*- Bestände an.
Der See wird von Norden her in südwestlicher Richtung von einem Kiesrücken, der sich bis in 6 m Tiefe erhebt, in zwei Teilbecken untergliedert. Dieser Rücken ist fast vollständig mit Characeen bewachsen. Hier finden sich *Tolypella glomerata*-, *Chara fragilis*-, *Nitella opaca* und -*syncarpa* sowie einige *Chara contraria*- Rasen.
Zu Beginn der Untersuchungen, im April 1994, wurden selbst in 13,6 m Tiefe ausgetriebene, bis zu 10 cm lange Turionen von *Myriophyllum verticillatum* gefunden. Mitte Juni waren etliche dieser Individuen bis zu 30 cm Länge herangewachsen. Die Pflänzchen starben erst mit dem Auftreten sauerstoffarmen Wassers im Juli ab.

Transekt Badestrand
Der Transekt wurde im südöstlichen Teil des Baggersees angelegt. Ein Flachwasserbereich zieht sich 6 m in den See hinein. Sein Untergrund besteht aus reinen Kiesen, und wird bis zum Beginn der Badesaison im Juni von *Myriophyllum verticillatum*, *Chara contraria* und *Utricularia australis* besiedelt.
Am Ende der Flachzone fällt das Litoral stetig mit einer Neigung von 1:3,5 bis in 12,5 m Tiefe ab. Von der Abbruchkante in 1 m bis zu 7,5 m Tiefe dominiert *Myriophyllum verticillatum*. Nur an wenigen Stellen überwachsen *Potamogeton pectinatus* oder *Potamogeton berchtoldii* diese Art.
In größerer Tiefe wird der *Myriophyllum* - Gürtel von einem Characeenrasen, der von *Nitella opaca* und

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

Chara fragilis gebildet wird, abgelöst. Unterhalb von 10 Metern besiedelt *Oscillatoria* spec. den von einer mächtigen Schlammschicht gebildeten Grund.
Im April ist die Vegetation noch spärlich. Sie wird hauptsächlich von Characeen gebildet. Über das ganze Litoral zerstreut finden sich Turionen von *Myriophyllum verticillatum*. Im Laufe des Frühjahrs erscheinen die weiteren Arten wie folgt; *Potamogeton pectinatus*, *P. perfoliatus*, *P. crispus*, *P. berchtoldii*, *Utricularia australis* und *Elodea nuttallii*.
Potamogeton pectinatus wächst am schnellsten und überragt bald alle anderen Arten. Ende Juni beginnt diese Art bereits Turionen auszubilden und im Juli sind an den Pflanzen deutliche Zerfallserscheinungen zu beobachten. Ähnlich verhält sich das Wachstum von *Potamogeton crispus*. Während der Badesaison machen die aufgewirbelten Sedimente den Pflanzen sehr zu schaffen. Kleinere Arten werden zum Teil vollständig bedeckt. Mitte August beginnen *Chara contraria* und *Potamogeton perfoliatus* abzusterben. Zu dieser Zeit weisen die meisten submersen Kormophyten Längen zwischen 1,4 und 2,2 m auf.
Im September beginnen fast alle Arten zu zerfallen. Nur *Myriophyllum verticillatum* hat noch einen Wachstumsschub zu verzeichnen; *Nitella opaca* siedelt unverändert in der Tiefe.

Im Gebiet wurden folgende Arten beobachtet (s = selten, v = verbreitet, h = häufig):
Kormophyten: *Alisma gramineum* (s), *A. plantago-aquatica* (s), *Elodea nuttallii* (v), *Myriophyllum spicatum* (h), *M. verticillatum* (h), *Najas minor* (s), *Nuphar lutea* (s), *Nymphaea alba* (v), *Nymphoides peltata* (v), *Potamogeton berchtoldii* (s), *P. crispus* (s), *P. lucens* (s), *P. nodosus* (s), *P. pectinatus* (h), *P. perfoliatus* (v), *Ranunculus circinatus* (s), *Schoenoplectus lacustris* (s), *Utricularia australis* (v), *Zannichelia palustris* (s).
Characeen: *Chara contrara* (v), *Ch. fragilis* (v), *Ch. vulgaris* (v), *Nitella opaca* (v), *N. syncarpa* (s), *N. tenuissima* (s), *Nitellopsis obtusa* (s), *Tolypella glomerata* (v).

Abiotische Verhältnisse
Zur Erfassung der abiotischen Verhältnisse des Sees wurde einmal im Monat mit einem Boot eine markierte Messstelle angefahren, Profile von den Licht-, Temperatur- und Sauerstoffverhältnissen erstellt und aus bestimmten Tiefen Proben zur näheren chemischen Analyse gezogen. Der See hat hier im Mittel eine Tiefe von 14,6 m.

Licht: Die Lichtprofile zeigen eine gute Durchleuchtung des Wasserkörpers während der Vegetationsperiode 1994. Im April wurde eine Algenblüte beobachtet, im August das vermehrte Auftreten von Schwebstoffen und Algen, bedingt durch die Badesaison, die das Sonnenlicht vermehrt ausfiltern. In den Monaten August und September sind es flottile Purpurbakterien in einer Tiefe unterhalb 10 m, welche das Wasser tief rosa färben, die Sicht auf wenige Zentimeter beschränken und so rasch das Restlicht reduzieren.

Temperatur: Mitte April 1994 hat der See eine fast homotherme Schichtung mit Temperaturen um 9 °C. Im Mai lässt sich eine Dreischichtung erkennen. Im Laufe des Sommers wächst das Epilimnion auf eine Mächtigkeit von 6 m an. Das Metalimnion zieht sich bis in 12 m Tiefe und darunter findet sich ein schmales Band, mit relativ gleichbleibenden Temperaturen um 10 °C.

Sauerstoff: Das Epilimnion ist während des gesamten Untersuchungszeitraumes wenig über 100 % mit Sauerstoff gesättigt. Im Metalimnion nimmt der O_2- Gehalt im Laufe des Sommers immer weiter zu. Es kommt Mitte August zu einer gemessenen Sättigung von 235 %. Parallel dazu entwickelt sich über dem Grund des Sees eine O_2-arme Schicht aus, die im September 4 m Mächtigkeit aufweist: Ein Hinweis auf den dort lagernden und in Zersetzung befindlichen Detritus.

Nitrat: Die im Hanfsee gemessenen Nitratwerte liegen zwischen 2,4- und 1,1 mg NO_3^--N/l, im Mittel 1,5 mg/l. Die Konzentration ist über die Vegetationsperiode etwa gleichbleibend und in der Tiefe stets geringer als im oberflächennahen Wasser.

Ammonium: Die Ammoniumkonzentrationen liegen im sauerstoffreichen Wasser immer wenig über der Nachweisgrenze. In Grundnähe erhöht sich im Laufe des Sommers die Konzentration von 0,05 mg/l auf 0,3 mg/l.

Orthophosphat: Die Phosphatkonzentration ist im April 1994 mit 0,05 mg/l während der Frühjahrszirkulation am höchsten. Für den restlichen Untersuchungszeitraum wurden in allen Tiefen Orthophosphatkonzentrationen um 0,01 mg/l nachgewiesen.

Weitere untersuchte Parameter: Die Härte des Wassers beträgt 13,0 °dH (deutscher Härte), bei einer Calziumkonzentration von 91,2 mg/l. Der pH- Wert liegt mit 8,0 im Alkalischen. Eine Chloridkonzentration von 44 mg/l erhöhte die durchschnittliche Leitfähigkeit auf 446 µS/cm. Bei den Angaben handelt es sich um Durchschnittswerte aus der Vegetationsperiode 1994.

4.3 Grenzsee südlich Plittersdorf (MTB 7114 NO)
Der Grenzsee liegt in der rezenten Rheinaue zwischen den Gemeinden Plittersdorf und Wintersdorf, westlich des Hochwasserdammes, am Südzipfel der Fischreihergründe. Seine Wasserfläche beträgt etwa 1,5 ha, seine größte Tiefe bei Normalwasserstand 5,8 m. Der Grenzsee wird bei stärkeren Hochwassern

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

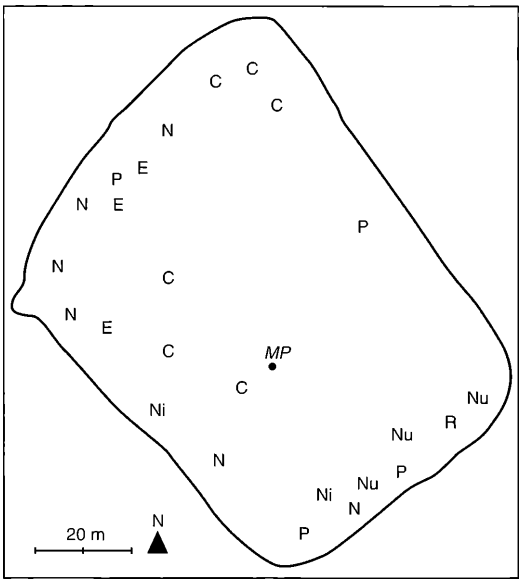


Abbildung 4. Verbreitung der submersen Vegetation im Grenzsee. C = *Chara* sp., E = *Elodea nuttallii*, N = *Najas minor*, Ni = *Nitella* sp., Nu = *Nuphar lutea*, P = *Potamogeton* sp., R = *Ranunculus circinatus*, *MP* = Messpunkt.

vom Rhein überflutet (zur Ökologie der rheinnahen Standorte vgl. HÜGIN & HENRICHFREISE 1992). Dabei kann es zum vollkommenen Austausch des Wasserkörpers kommen. Die Nordhälfte des Sees ist von Silberweiden und Pappeln umgeben. Unweit des Südufers befindet sich der Hochwasserdamm, an den großflächig Wiesen anschließen.
Das Böschungsgefälle beträgt zumeist 1:5. Der Kiessee wird ausschließlich von Anglern genutzt. Das Gewässer ist eutroph, schlechte Licht- und Sauerstoffverhältnisse verhindern eine gänzliche Besiedlung durch Wasserpflanzen.

Ceratophyllum demersum kommt in Tiefen unterhalb von 1,5 m massenhaft vor. Häufig sind *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus* und *Elodea nuttallii*. Im Spätsommer treten im Flachwasser Bestände von *Najas minor* auf. - Der Gewässergrund wird von einer mächtigen Schlammschicht gebildet.

Transekt
Der Transekt wurde im Süden des Sees von einer Angelstelle aus angelegt.
Bereits im April findet sich im Flachwasser ein Vegetationsgürtel, der von *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton nodosus*, *Potamogeton pectinatus* und *Ranunculus circinatus* beherrscht wird.
Unterhalb von 1,5 m Tiefe dominiert *Ceratophyllum demersum*, begleitet von *Elodea nuttallii* sowie einigen Einzelpflanzen von *Potamogeton lucens* und *P. pectinatus*. -Ab Juni treten *Ceratophyllum demersum* und *Elodea nuttallii* auch im Flachwasser auf. Unterhalb von 3 m Tiefe finden einige Exemplare der Armleuchteralgen *Chara fragilis* und *Chara contraria*. Ab Juli kommt *Nitella mucronata* hinzu. Im September siedeln allein *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii* und *Potamogeton pectinatus* in erwähnenswerten Mengen auf dem Transekt. Unterhalb von 3,5 m ist das Hornkraut die einzige Art. Es erreicht zu dieser Zeit Individuenlängen von bis zu 2,4 m.

Folgende Arten wurden im Gebiet beobachtet (s = selten, v = verbreitet, h= häufig):
Kormophyten: *Alisma plantago-aquatica* (s), *Elodea nuttallii* (h), *Myriophyllum spicatum* (v), *Najas minor* (v), *Nuphar lutea* (s), *Potamogeton crispus* (s), *P. lucens* (v), *P. nodosus* (v), *Potamogeton pectinatus* (h), *P. perfoliatus* (v), *Ranunculus circinatus* (s), *Zannichelia palustris* (s).
Characeen: *Chara contraria* (s), *Ch. fragilis* (s), *Nitella mucronata* (v).

Abiotische Verhältnisse
Zur Erfassung der abiotischen Verhältnisse wurde in monatlichen Abständen mit einem Boot eine markierte Messstelle im Süden des Sees angefahren. An der Messstelle war der Baggersee bei Normalwasserstand 5 m tief, der Grund schlammig.

Licht: Eine hohe Schwebstoffdichte lässt die Lichtmenge mit steigender Tiefe rasch schwinden. An einem sonnigen 21. Juni konnte in 1 m Tiefe eine photosynthetisch verwertbare Restlichtmenge von 15, 6 % des einfallenden Lichtes gemessen werden. Ausschließlich im April konnten mehr als 1 % des einfallenden Tageslichts über dem Grund in 5 m Tiefe festgestellt werden.

Temperatur: Die Messung am 23. Mai (kurz nach dem Hochwasser) erbrachte eine homotherme Schichtung von der Oberfläche bis zum Grund bei 14 °C. Während der Sommermonate lag die Oberflächentemperatur stets über 23 °C und die Tiefentemperatur um 14 °C. Ende September fand sich bei eintretender Zirkulation eine gleichmäßige Temperatur von 16,5 °C.

Sauerstoff: Bereits im April war eine deutliche Schichtung zu erkennen. 130 % Sättigung bis in 3 m Tiefe, darunter ein drastischer Abfall auf 1 % Restsauerstoff. Nach dem Hochwasserereignis lag die Sättigung durchgehend bei 80 %. Die Messungen im Juni und Juli glichen den Aprilwerten. Erst im September verbessert sich die Sauerstoffsituation im Tiefenwasser allmählich.

Nitrat: Die Nitratkonzentrationen varriieren während der Untersuchung stark, bleiben jedoch immer unter 1

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

mg/l. Lediglich das Maihochwasser lässt die Konzentration kurzfristig auf 1,6 mg Nitrat-N/l ansteigen.

Ammonium: Die Ammoniumkonzentrationen bleiben im sauerstoffreichen Wasser gering und erreichen selten 0,1 mg/l. Über dem sauerstoffarmen Grund sind die Ammoniummengen weitaus höher. Im August wurde eine Maximalkonzentration von 2,08 mg NH_4^+-N/l gemessen.

Orthophosphat: Die Phosphatgehalte liegen mit 2 Ausnahmen unter 0,02 mg PO_4^{3-}-P/l. Während des Maihochwassers erhöht sich die Konzentration auf 0,6 mg/l und im Sommer über sauerstoffarmem Grund auf bis zu 0,36 mg/l.

Weitere untersuchte Parameter: Die Härte des Wassers schwankt um 11 °dH bei einer durchschnittlichen Calziumkonzentration von 85 mg/l. Der pH-Wert pendelt um 8 und die Leitfähigkeit schwankt um 420 µS/cm bei Chloridkonzentrationen von 60 mg/l. Während des Mai-Hochwassers sinkt die Leitfähigkeit auf 300 µS/cm und der Chloridgehalt auf 20 mg/l ab.

5. Perspektiven

Die Untersuchungen haben drei, deutlich voneinander unterscheidbare, Phasen in der Entwicklung von Baggerseen aufgezeigt. Ihnen lassen sich typische abiotische Verhältnisse sowie eine entsprechende Vegetation zuordnen.
Der Characeen-Reichtum der Baggerseen mit Klarwasserphase weist deutlich auf deren nährstoffarmen Charakter hin. Daraus ist abzulesen, dass entsprechende Nährstoffverhältnisse im Rhein und seinen Begleitgewässern noch bis vor wenigen Jahrzehnten allgegenwärtig gewesen sein müssen.
Der Übergang der drei Phasen ist fließend. Schon bei abgeschwächter Baggertätigkeit beginnen sich die Armleuchteralgen zu etablieren. Ebenso ist es möglich, dass durch eine allzu schnelle Eutrophierung, wie sie besonders bei rheinnahen Flachseen zu beobachten ist, das Klarwasserstadium übersprungen wird.

Da alle Seen im Laufe ihrer Entwicklung Nährstoffe ansammeln, ist die Zeit für die Besiedlung mit oligo- und mesotraphenten Arten begrenzt. In Baggerseen ist eine ähnliche Entwicklung zu beobachten, wie sie aus Altwassern am Oberrhein bekannt ist (PHILIPPI 1978).

1. Um der Unterwasserflora eine größtmögliche Entfaltung zu gewährleisten, sollten Baggerseen mindestens 25 m tief angelegt werden. Dabei sollte das Litoral bis in eine Tiefe von 15 m mit einem geringeren Gefälle (<1:5) ausgestattet sein, denn nur in diesem Bereich können sich entsprechende Gesellschaften mit höheren Wasserpflanzen ausbilden.

2. Die Folgenutzungen (wie Baden, Angeln und Tauchen) sollten an die Gewässergröße und deren jeweilige Entwicklungsphase angepasst sein. Der Besatz von bodenwühlenden Fischen muss besonders in den Flachseen verringert werden.
Damit lässt sich eine allzu schnelle Eutrophierung und somit ein vorzeitiges Ende der für die gefährdeten Armleuchteralgen wichtigen Klarwasserphase um Jahre hinauszögern. Baggerseen können jedoch nur mittelfristig einen Ersatzstandort für Wasserpflanzen-Gesellschaften, insbesondere für Characeen-Gesellschaften abgeben.

Literatur

CARBIENER, R. & ORTSCHEIT, A. (1984): Wasserpflanzengesellschaften als Hilfe zur Qualitätsüberwachung eines der größten Grundwasser- Vorkommen Europas (Oberrheinebene). - Vegetation Ecology and Creation of New Environments. S. 160 – 163; Tokai.

CASPER, S.J. & KRAUSCH, H.-D. (1980): Pteridophyta und Anthophyta. 1. Teil. - Süßwasserflora von Mitteleuropa, **23**, 403 S.; Stuttgart.

CASPER, S.J. & KRAUSCH, H.-D. (1981): Pteridophyta und Anthophyta. 2.Teil. Süßwasserflora von Mitteleuropa, **24:** 410-942; Stuttgart.

CORILLION, R. (1972): Les Charophycées de France et d'Europe Occidentale. – 2. Aufl., 499 S.; Königstein/Taunus.

GEYER, F. & GWINNER, G. (1986): Geologie von Baden-Württemberg. – 3. Aufl., 472 S.; Stuttgart.

HÜGIN, G. & HENRICHFREISE, A. (1992): Vegetation und Wasserhaushalt des rheinnahen Waldes. – Schr.Reihe Vegetationskunde, **24**, 48 S.; Bonn- Bad Godesberg.

KRAUSE, W. (1969): Zur Characeenvegetation der Oberrheinebene. - Arch. Hydrobiol.Suppl., **35:** 202-253; Stuttgart.

KRAUSE, W. (1976): Characeen aus Bayern., Teil 1. Bestimmungsschlüssel und Abbildungen. – Ber. Bayer. Bot. Ges., **47**: 229-257; München.

KRAUSE, W. (1978): Gezielte Bodenentblößung und Anlage frischer Wasserflächen als Mittel der Bestandeserneuerung in Naturschutzgebieten. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., **11**: 247-257; Karlsruhe.

KRAUSE, W. (1981): Characeen als Bioindikatoren für den Gewässerzustand. - Limnologica, **13**: 399-418; Berlin.

KRAUSE, W. (1991): Charales (Charophyceae). – Süßwasserflora, **18**: 202 S.; Stuttgart.

LAUTERBORN, R. (1917): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms, Teil II. – Sitz.-Ber. Heidelb. Akad. Wiss., math.-nat. Kl. B, **6**: 3-70; Heidelberg.

MELZER, A. (1993): Die Ermittlung der Nährstoffbelastung im Uferbereich von Seen mit Hilfe des Makrophytenindex. Münchn. Beitr. Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, **47**: 156-172; München.

MELZER, A., HARLACHER, R. & VOGT, E. (1987): Ökologische Untersuchungen an südbayerischen Seen. - Akademie für Natur. u. Landschaftspflege, Beih. **6**: 171 S.; Laufen.

OBERDORFER, E. (1977): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. - 2. Aufl., Teil 1, 311 S.; Stuttgart.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. – 8. Aufl., 1051 S.; Stuttgart.

ORTSCHEIT, A. (1984): Evolution de la végétation aquatique du Waldrhein près de Strasbourg, un ancien bras du Rhin au Statut hydrologique original. Vegetation Ecology and Creation of New Environments: 195-257; Tokai.

PHILIPPI, G. (1969): Laichkraut- und Wasserlinsengesellschaften des Oberrheingebietes zwischen Straßburg und Mannheim. – Veröff. Landest. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., **37**: 102-172; Ludwigsburg.

PHILIPPI, G. (1978): Veränderungen der Wasser- und Uferflora im badischen Oberrheingebiet. – Beih. Veröff.. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., **11**: 99-134; Karlsruhe.

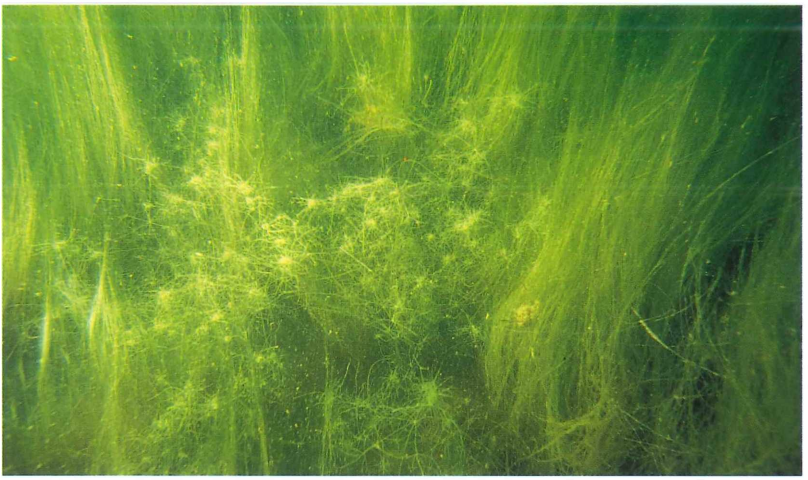
SCHMIDT, D. (1996): Rote Liste der Armleuchteralgen (Charophyceae) Deutschlands. - Schr.-Reihe f.Vegetationskunde, **28**: 547-576; Bonn - Bad Godesberg.

SCHWOERBEL, J. (1993): Einführung in die Limnologie. - 7. Auflage, 387 S.; München.

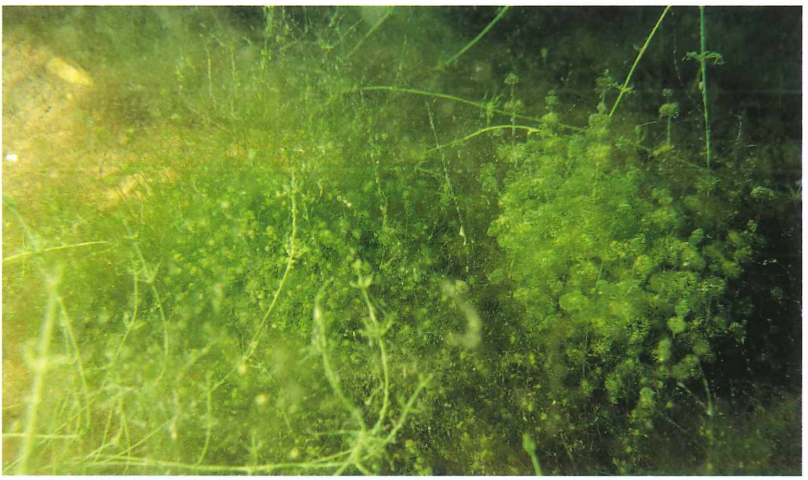
WIEGLEB, G. (1991): Die Lebens- und Wuchsformen der makrophytischen Wasserpflanzen und deren Beziehungen zur Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung der Arten. – Tuexenia, **11:** 135 – 147, Göttingen.

WILMANNS, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. - 5. Auflage, 479 S.; Heidelberg.

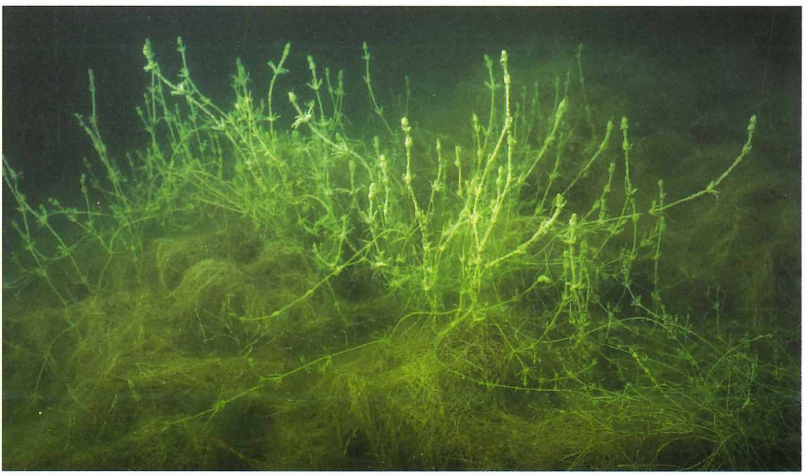
©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at



Tafel 1. a) *Nitella mucronata* und *Vaucheria* sp., Baggersee bei Schiftung in 15 m Tiefe, Juni 1994 – Alle Fotos F. PÄTZOLD.

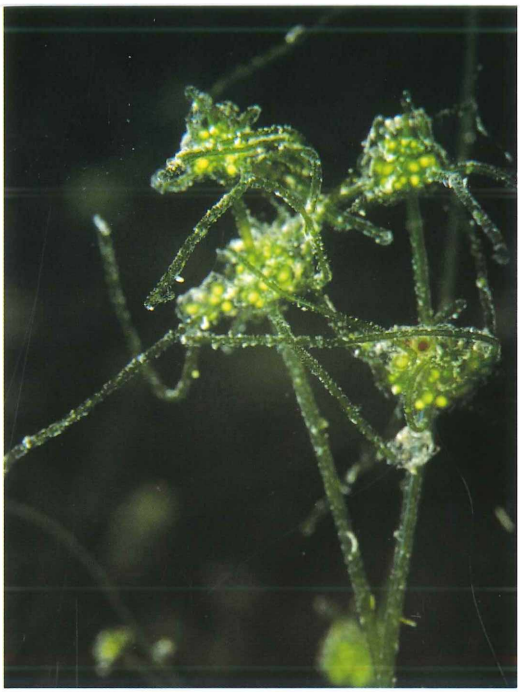


Tafel 1. b) *Nitella batrachosperma* (links) und *N. tenuissima* (rechts), Plittersdorf, August 1998.



Tafel 1. c) *Chara hispida* und *Vaucheria* sp. in ca. 10 m Tiefe, Juli 1994, Leissee.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at



Tafel 2. a) *Nitella syncarpa*, Schiftung, Juni 1994.

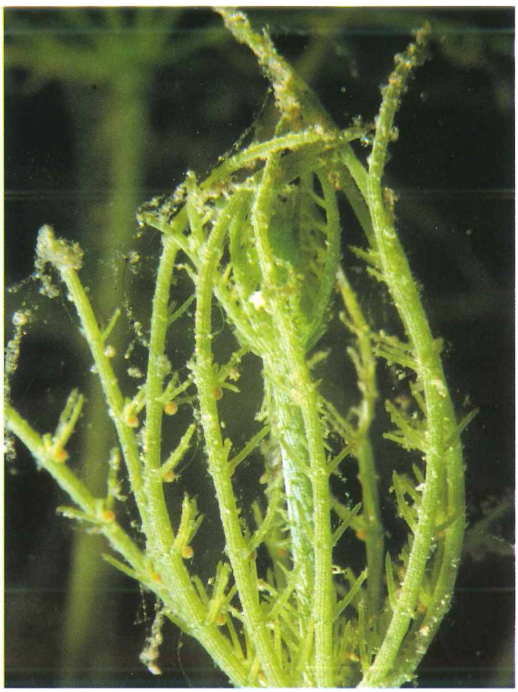
Tafel 2. b) *Chara fragilis*, Schiftung, August 1994.

Tafel 2. c) *Chara contraria*, Grauelsbaum, Juni 1996.

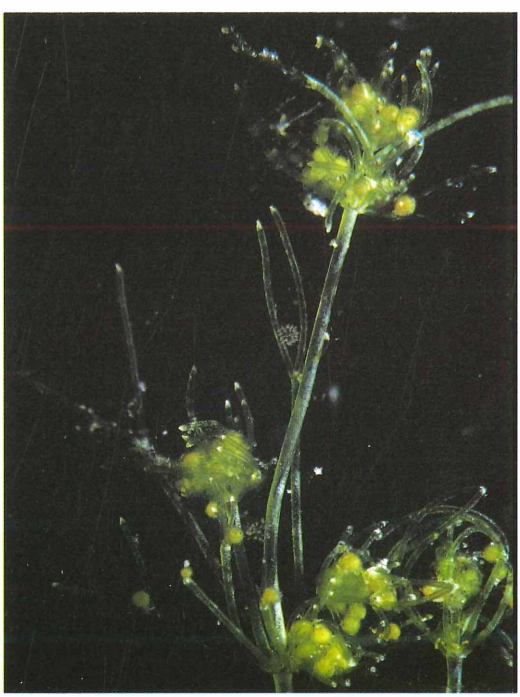
Tafel 2. d) *Tolypella glomerata*, Hanfsee, Juli 1994.

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

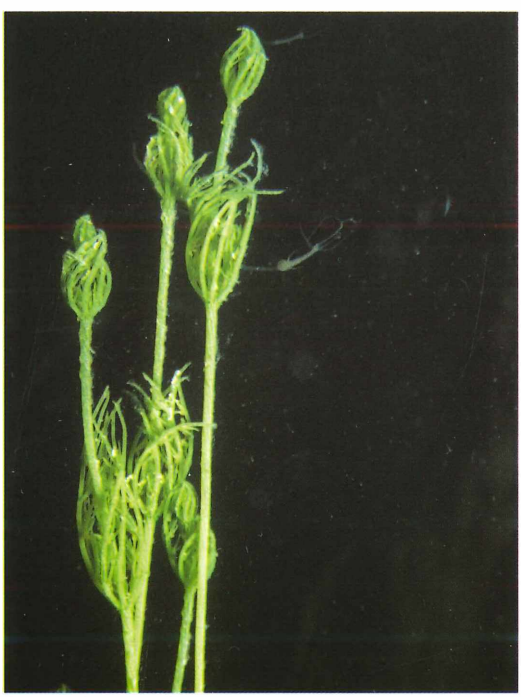
Tafel 3. a) *Chara polyacantha*, Beinheim (Unterelsass), Juni 2001.



Tafel 3. b) *Chara hispida*, Grauelsbaum, Juli 1998.



Tafel 3. c) *Nitella opaca*, Leiberstung, Mai 1997.



Tafel 3. d) *Chara vulgaris*, Söllingen, Juni 1994.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carolinea - Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: 60

Autor(en)/Author(s): Pätzold Frank

Artikel/Article: Ökologische Typisierung von Baggerseen am Oberrhein 91-102