

# Hydrophyten in der Petite Camargue Alsacienne Elsass (Frankreich)

Effi Glöckler

Hydrophytes, which are submersed and floating aquatic plants, are adapted to dynamic processes of the formerly widespread alluvial floodplains. Nowadays the waterbodies are mostly isolated from the river system and differ substantially regarding environmental conditions and dynamics. In this study the distribution of hydrophytes in the nature reserve Petite Camargue Alsacienne situated on the former floodplain of the river Rhine was recorded and compared with earlier records. Also the effect of environmental factors and isolation on composition and number of hydrophyte species were examined and discussed. 28 vascular hydrophytes and 7 Chara species were recorded. No correlation can be shown between hydrophyte species composition or number of species and environmental variables. Biotic factors like competition, herbivory and dispersal must therefore play an important role in structuring hydrophyte communities. Different dispersal mechanisms are discussed, particularly the importance of dispersal by animals and man. Due to differences in dispersal abilities isolation has different effects on distribution of hydrophytes. More information on dispersal mechanisms is needed in order to protect these species.

**Keywords:** hydrophytes, abiotic environment, dispersal, distribution

**Adresse der Autorin:**

Effi Glöckler

Institut für Medizinische Biologie

Schönbeinstrasse 40

4003 Basel/Schweiz

aktuelle Adresse:

UFZ – Umweltforschungszentrum

Leipzig-Halle GmbH

Permoserstrasse 15

04301 Leipzig/Deutschland

**Angenommen:** 11. 2. 2001

Submerse und schwimmende Wasserpflanzen, auch als Hydrophyten bezeichnet (HARTOG DEN & SEGAL 1964), gehören zu den gefährdetsten Arten unserer Flora. PHILIPPI (1978) stellte bereits in den siebziger Jahren einen starken Rückgang des Bestandes im Gebiet des Oberrheins fest. Als Ursachen erwähnt er unter anderem die Überdüngung und starke Verschmutzung unserer Gewässer, wasserbauliche Massnahmen, Absenkungen des Grundwasserspiegels und die Isolation von Gewässern vom verbindenden Flusssystem. Hydrophyten sind für das Funktionieren der Gewässerökosysteme sehr wichtig, denn sie beteiligen sich dort entscheidend an biotischen und abiotischen Prozessen (CARPENTER & LODGE 1986): Sie spielen eine Schlüsselrolle bei der Reinhaltung von Wasser (MOSS 1990), sind Nahrungsgrundlage und Lebensraum vieler Tierarten (VAN DONK & OTTE 1996) und stehen als Produzenten am Beginn der Nahrungskette (LODGE 1990). Trotz dieser wichtigen Funktionen und ihrer starken Gefährdung werden Hydrophyten in Inventaren häufig vernachlässigt. Das liegt wohl hauptsächlich an der für diese Arten typischen hohen morphologischen Plastizität (SCULTHORPE 1967) und ihrer Tendenz zu hybridisieren (LES & PHILBRICK 1992), die ihre Bestimmung häufig erschwert.

Hydrophyten sind an den stark dynamischen Lebensraum Wasser angepasst. Durch periodische Überschwemmungen werden Sedimente umgeschichtet, dominierende Arten dezimiert und Pflanzen an andere Orte verfrachtet. Durch diese periodischen Störungen werden immer wieder neue Lebensräume und

Nischen geschaffen, die Sukzession aufgehalten und andererseits die Ausbreitung der Pflanzen gesichert (ELLENBERG 1996).

Heute sind die Gewässer der ehemaligen Auengebiete grösstenteils vom Fluss abgetrennt. Ihre Dynamik und ihr Zustand hat sich dadurch stark verändert. Die vorliegende Arbeit untersucht, in welchem Masse sich diese Veränderungen auf Ausbreitungsmechanismen und Bestand von Hydrophyten auswirken. Dazu wurde der Bestand der Hydrophyten des elsässischen Naturschutzgebietes Petite Camargue Alsacienne flächendeckend inventarisiert und aufgrund älterer Aufzeichnungen evaluiert. Ausserdem wurden die Verbreitungsmuster in Abhängigkeit von abiotischen Umweltfaktoren untersucht, um Rückschlüsse auf Standortansprüche und mögliche Gefährdungen ziehen zu können. Dabei wird auch auf die Auswirkung der Isolation von Gewässern und auf die Ausbreitung von Hydrophyten im Zusammenhang mit der «Inseltheorie» von MACARTHUR & WILSON (1967) eingegangen.

### Untersuchungsgebiet

Untersucht wurde das gesamte Areal der Petite Camargue Alsacienne (PCA), d. h. der staatlich geschützte Teil und das vom Verein eAu VIVE gepachtete Gelände (Abb. 1). Es liegt etwa 8 km nordwestlich von Basel im Elsass (Frankreich) auf der ehemaligen Schwemmebene des Rheins und ist eines der wenigen Gebiete, in denen noch Relikte der ehemaligen Auenlandschaft erhalten sind (BERGER 1993). Trotz langjähriger Nutzung durch Landwirtschaft und Fischzucht (FREIERMUTH 1996, BINNERT 1999) sind auch heute noch Spuren der ehemaligen Auenlandschaft erkennbar. Seit etwa zehn Jahren versucht man diese ehemaligen Landschaftselemente wiederherzustellen (ACINA 1996–2000, DURRER 1997, DURRER & ABBÜHL 1991, DURRER & BINNERT 1997). Kiesflächen wurden freigelegt, Überschwemmungsflächen renaturiert, verlandete Altarme wieder reaktiviert und eine grosse Zahl meist kleinerer Gewässer geschaffen. Einige Weiher stammen noch aus den Zeiten der Kaiserlichen Fischzuchtanlage, die 1852 unter Napoleon gebaut wurde (BINNERT 1999, FREIERMUTH 1996). Bei den Gewässersedimenten handelt es sich hauptsächlich um Auengley mit organo-mineralischer Auflage. Die Gewässer des Kirchener Kopfes und der Heid haben eine Kiesunterlage mit einer dünnen organischen, kalkreichen Schicht. Die meisten Gewässer stehen mit dem Grundwasser in Kontakt und sind nicht mehr mit dem Rhein verbunden (BERGER 1993). Die Umgebungsvegetation besteht z. B. aus Fingerkraut-Queckenrasen (*Agropyro-Rumicion*), Fragmenten der Pfeifengraswiesen (*Molinio-Arrhenatheretea*, *Molinietalia caeruleae*, *Arrhenatheretaliae*), Sumpfschilf-Riede (*Caricion davallianae*), Schilfröhrichte (*Phragmitetaliae*) und Wirtschaftswiesen (*Festuco-Brometea*) (LENZIN 1997, Lenzin pers. Mitt., SCHLÄPFER & HUOVINEN 1996).



## Methoden

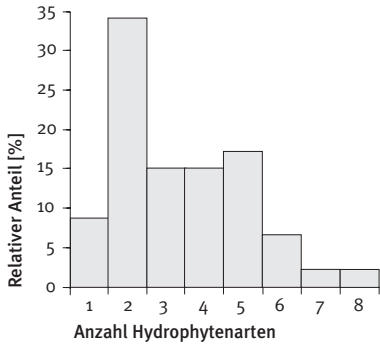
Zwischen Ende Juni und Oktober 1999 wurde das Vorkommen von Hydrophyten in 103 Gewässern des Gebietes vom Ufer aus untersucht. Hydrophyten schliessen sowohl schwimmende und untergetauchte höhere Wasserpflanzen als auch Characeen mit ein. Die Bestimmung und die Nomenklatur erfolgte bei Characeen nach KRAUSE (1997) und bei höheren Wasserpflanzen nach OBERDORFER (1994). Bei 47 kleineren Gewässern bis zu einer Fläche von 500 m<sup>2</sup> (Abb. 1) wurde ausserdem die prozentuale Flächendeckung der Hydrophyten geschätzt. Grössere Gewässer waren vom Ufer aus nicht mehr überschaubar. Bei den von blossen Auge nicht unterscheidbaren Characeenarten wurde nur der Gesamtdeckungsgrad bestimmt. Den Arten wurde ein Deckungsgrad zwischen 0 und 5 zugeordnet (1: < 5% Deckung oder einzelne Individuen, 2: 5%–25%, 3: 26%–50%, 4: 51%–75% und 5: 76%–100% Deckung). Ausserdem wurden für diese Gewässer abiotische Zustandsfaktoren erhoben. Dazu gehörten die Gewässertiefe (bei niedrigem Grundwasserstand), Gewässerfläche (ermittelt aus Luftbilddaufnahmen und Messungen im Feld), Alter (seit Erstellung oder Renaturierung, wobei Gewässer, deren Erstellung nicht mehr nachzuvollziehen war und weiter als 10 Jahre zurückliegt, in einer Altersklasse > 10 Jahre zusammengefasst wurden), Art des Substrates (Kies oder Auen-gley) und Beschattungsgrad. Letzter wurde mit drei Klassen erfasst: kein Schatten: keine Bäume oder höhere Sträucher in bis zu zehn Meter Entfernung vom Ufer; teilweise beschattet: zeitweilig Schatten durch Baum, Baumgruppe oder Sträucher entlang eines Teils (bis 75%) des Gewässers, ausser der Nordseite, von der kein Schattenwurf ausgeht; vollständig beschattet: Lage im Wald mit überhängender Kronschicht, nur mit einzelnen Sonnenflecken. Ausserdem wurde festgehalten, ob die Gewässer mit dem Rhein verbunden sind oder isoliert davon. Der Zusammenhang zwischen abiotischen Faktoren und der Artenzahl wurde mit schrittweiser Regression analysiert. Aufgrund von eigenen Probemessungen und Untersuchungen von MOSIMANN (2000) wurde auf eine Untersuchung der chemischen Wasserparameter verzichtet. Die Gewässer sind aufgrund ihrer Nähe zu intensiv bewirtschafteten Äckern meist eher nährstoffreich und enthalten nährstoffreiche Sedimente. Die Artenzusammensetzung wurde mit Hilfe einer Cluster-Analyse nach KAUFMAN & ROUSSEEUW (1990) ausgewertet.

## Resultate

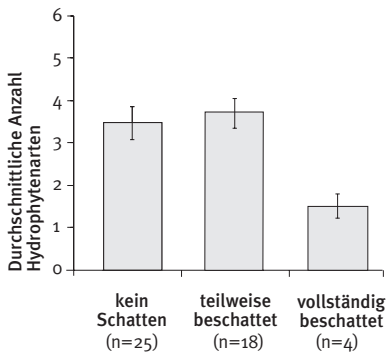
Im gesamten Gebiet der PCA wurden 28 angiosperme aquatische Pflanzen und 7 *Chara*-Arten nachgewiesen. Davon wurden 26 Arten bereits in älteren Inventaren erwähnt, 8 Arten sind im Gebiet neu, und 5 früher vorkommende Arten wurden nicht mehr gefunden (Tab. 1). Zu den verbreitetsten Arten (> 20 Standorte) gehören *Potamogeton berchtoldii*, *Utricularia australis*,

**Table 1:** Liste der Hydrophyten in der Petite Camargue Alsacienne mit Angabe der Anzahl Fundorte der festgestellten Arten in allen 103 Gewässern und in 47 Gewässern unter 500 m<sup>2</sup> Flächengröße sowie das Vorkommen in älteren Inventaren des Gebietes (JAEGLY 1996, ZAEH et al. 1985, MOOR 1962, KÜRY 1983).

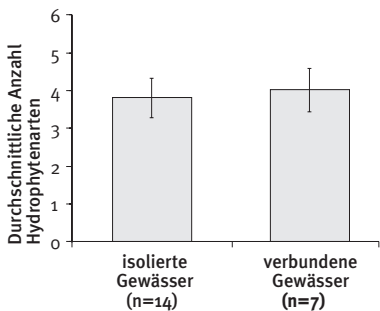
Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Anzahl Fundorte aller 103 Gewässer der PCA	Anzahl Fundorte in 47 Gewässern < 500 m <sup>2</sup>	In älteren Inventaren der PCA erwähnt
<b>Höhere Wasserpflanzen</b>				
<i>Callitriche</i> sp.	Wasserstern (nicht näher bestimmt)	8	2	
<i>Callitriche cophocarpa</i>	Stumpfrüchtiger Wasserstern	3	3	
<i>Callitriche obtusangula</i>	Stumpfkantiger Wasserstern	2	0	×
<i>Callitriche platycarpa</i>	Flachfrüchtiger Wasserstern	2	1	
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Rauhes Hornblatt	4	3	×
<i>Elodea canadensis</i>	Kanadische Wasserpest	16	9	×
<i>Elodea nuttallii</i>	Nuttall's Wasserpest	10	5	×
<i>Hottonia palustris</i>	Wasserfeder	1	1	
<i>Lemna gibba</i>	Buckelige Wasserlinse	1	0	
<i>Lemna minor</i>	Kleine Wasserlinse	12	6	×
<i>Lemna minuta</i>	Winzige Wasserlinse	8	1	×
<i>Lemna trisulca</i>	Dreifurchige Wasserlinse	10	3	×
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Ähriges Tausendblatt	15	7	×
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	Quirlblättriges Tausendblatt	3	1	×
<i>Najas marina</i>	Grosses Nixenkraut	1	1	×
<i>Nuphar lutea</i>	Gelbe Teichrose	2	0	×
<i>Nymphaea alba</i> (evtl. Hybrid)	Weisse Seerose	3	1	×
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	Berchtold's Laichkraut	45	28	×
<i>Potamogeton crispus</i>	Krauses Laichkraut	3	1	×
<i>Potamogeton friesii</i>	Fries' Laichkraut	5	3	
<i>Potamogeton lucens</i>	Glänzendes Laichkraut	1	0	×
<i>Potamogeton natans</i>	Schwimmendes Laichkraut	2	1	×
<i>Potamogeton nodosus</i>	Flutendes Laichkraut	13	9	×
<i>Spirodela polyrhiza</i>	Teichlinse	1	0	×
<i>Stratiotes aloides</i>	Krebsschere	2	1	
<i>Trapa natans</i>	Wassernuss	2	1	
<i>Utricularia australis</i>	Südlicher Wasserschlauch	28	18	×
<i>Utricularia minor</i>	Kleiner Wasserschlauch	2	1	×
<b>Characeae Armleuchteralgen</b>				
<i>Chara aspera</i>		6	5	×
<i>Chara braunii</i>		1	0	
<i>Chara contraria</i>		9	5	×
<i>Chara globularis</i>		24	16	×
<i>Chara hispida</i>		6	5	×
<i>Chara vulgaris</i>		22	15	×
<i>Chara denudata</i>		1	0	×



**Abb. 2:** Relative Fundortshäufigkeit in Abhängigkeit der Zahl der Hydrophytenarten in Gewässern mit einer Fläche kleiner als 500 m<sup>2</sup> (n = 47).



**Abb. 3:** Durchschnittliche Anzahl Hydrophytenarten mit Standardfehler bei unterschiedlicher Beschattung in Gewässern kleiner als 500 m<sup>2</sup>.



**Abb. 4:** Durchschnittliche Anzahl Hydrophytenarten in 21 isolierten resp. mit dem Rhein verbundenen Gewässern. Aufgrund der Vergleichbarkeit wurden nur kleine Gewässer berücksichtigt, die älter als 5 Jahre sind.

*Chara vulgaris* und *Chara globularis*. Viele seltene und stark gefährdete Arten wie z. B. *Utricularia minor*, *Najas marina*, *Chara braunii* und *Chara denudata* kommen nur an einem einzigen Standort vor.

Es kommen bis zu 8 Hydrophytenarten pro Gewässer vor, mehr als 5 Arten sind jedoch selten (Abb. 2). Am häufigsten sind Gewässer mit 2 Arten, wobei meistens eine Art aus der Familie der Characeen stammt.

Die Artenzusammensetzung der einzelnen Gewässer ist sehr individuell, so dass mit Hilfe der Cluster-Analyse keine charakteristischen Gruppen abgegrenzt werden konnten.

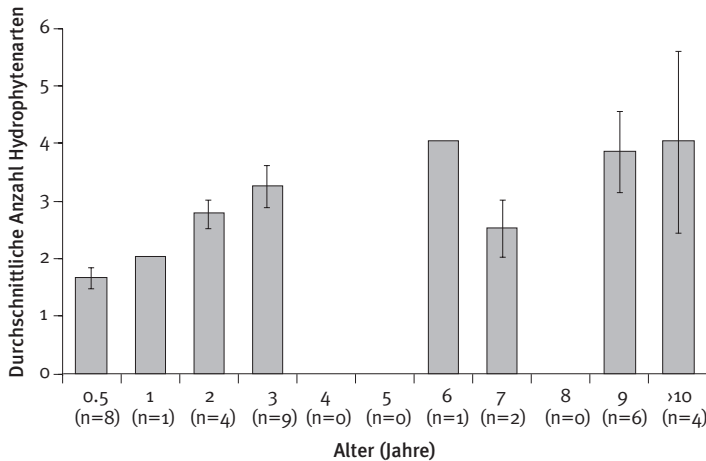
Vollständig beschattete Gewässer waren im Vergleich zu den vollständig besonnten und teilweise beschatteten Gewässern artenärmer (Abb. 3,  $p < 0.05$ ). Lichtliebende Arten fehlen.

Gewässergrosse, Gewässertiefe (keine Abbildung) und Isolationsgrad des Gewässers (Abb. 4) hatten dagegen keinen signifikanten Einfluss auf die Artenzahl. In isolierten Gewässern mit einem Alter bis zu 3 Jahren nimmt die Anzahl Hydrophytenarten schnell zu und bleibt dann relativ konstant bei durchschnittlich 3 oder 4 Arten (Abb. 5,  $p < 0.05$ ).

## Diskussion

### Die Hydrophytenarten und ihre Verbreitung in der PCA

Von den 26 bereits in früheren Untersuchungen festgestellten Hydrophyten- und *Chara*-Arten ist *Najas marina* im Elsass stark gefährdet (REDURON 1986). Sie trat nur noch in zwei Exemplaren an einem einzigen Standort in der PCA auf. Noch vor 1950 war diese Art im südlichen Oberrheingebiet häufig anzutreffen (PHILIPPI 1971). Sie bevorzugt Standorte, die sich sommerlich stark erwärmen und ist daher durch die zunehmende Beschattung des Gewässers bedroht. Der für die Oberrheinebene ebenfalls typische und stark gefährdete Stumpfkantige Wasserstern, *Callitriche obtusangula*, ist in grosser Anzahl, jedoch ausschliesslich im Quellkanal vorhanden. Er ist neben *Lemna trisulca* Charakterart des Chalitrichetum obtusangulae Seibert 62 (OBERDORFER 1986), das an diesem Standort aufgrund der starken Beschattung nur als Fragment ausgebildet ist. Die Gewässer der Kiesflächen des Kirchenerkopfes und der Heid beherbergen Arten des Charetum asperae und Charetum hispidae, zwei für die Oberrheinebene charakteristische Armleuchteralgengesellschaften (KRAUSE 1980). Diese beiden Arten sind sehr gute Indikatoren für nährstoffarmes Grundwasser (KRAUSE 1981). Neben *Chara aspera* kommt im Kirchenerkopf auch die seltene Armleuchterart *Chara denudata* vor. Die Kiesflächen wurden vor wenigen Jahren wieder freigelegt, worauf sich wieder dieselben Arten einstellten, die vorher dort heimisch waren (KÜRY 1983). Es konnte sich sogar wieder eine Population des geschützten Kleinen Wasserschlauches, *Utricularia minor*, etablieren. Er kam noch bis 1978 dort vor, verschwand aber aufgrund der fortschreitenden Sukzession wieder (RASTETTER 1993). Dies zeigt,



**Abb. 5:** Durchschnittliche Anzahl Hydrophytenarten mit Standardfehler in Abhängigkeit vom Alter von 43 Gewässern kleiner als 500 m<sup>2</sup>, ohne bepflanzte Gewässer (n = Anzahl der Gewässer).

wie wichtig die periodische Freilegung der Kiesflächen für Arten dieser Pionierstandorte ist.

Zu den acht Neufunden gehören Arten der Gattungen *Callitriche*, *Chara braunii*, *Potamogeton friesii*, *Lemna gibba* und die geschützten Arten *Hottonia palustris*, *Trapa natans* und *Stratiotes aloides*. Dabei handelt es sich teilweise um Arten, die in der Vergangenheit aufgrund der schwierigen Bestimmung nicht erkannt worden sind bzw. nur auf Gattungsebene bestimmt wurden. Das betrifft vor allem schwer unterscheidbare Arten der Gattungen *Callitriche*, *Potamogeton* und *Chara*. Manche Arten treten ausserdem nur sporadisch und sehr kurzfristig auf, wie z. B. die seltene Armleuchterart *Chara braunii*, die im Untersuchungsgebiet noch nie und in der näheren Umgebung nur sehr selten gefunden wurde (BRODTBECK et al. 1997). *Hottonia palustris*, *Stratiotes aloides* und *Trapa natans* wurden ins Gebiet eingebracht (DURRER 1997). Sie konnten sich zwar am Standort halten, erreichten aber eine für diese Arten untypisch geringe Abundanz. *Hottonia palustris* kam ehemals in der Nähe der PCA in Michelfelden vor (BRODTBECK et al. 1997). *Stratiotes aloides* und *Trapa natans* sind dagegen eher in der nördlichen Oberrheinebene verbreitet (PHILIPPI 1978). Von *Lemna gibba* wurden während eines Hochwassers einzelne Exemplare im Augrabens gefunden. Sie wurden eingeschwemmt, konnten sich aber nicht längerfristig etablieren.

Leider konnten auch einige Arten, die in früheren Inventaren auftauchten oder die in der Oberrheinebene zu erwarten gewesen wären, nicht nachgewiesen werden. *Nymphoides peltata* soll laut Inventar von JAEGLY (1996) ehemals im Grand Marais (Abb. 2) vorgekommen sein. Der gewöhnliche Wasserschlauch, *Utricularia vulgaris* wurde in Inventaren ebenfalls erwähnt (JAEGLY 1996, RASTETTER 1981). Er ist allerdings leicht mit *Utricularia australis* zu verwechseln. Ebenfalls nicht gefunden wurde *Ranunculus trichophyllus* (BRODTBECK et al. 1997), *Utricularia breinii* und *Utricularia intermedia* (RASTETTER 1993). Von weiteren

Arten, wie *Hydrocharis morsus-ranae*, *Groenlandia densa* und *Polygonum aquaticum*, gibt es zwar keine Fundortangaben im Untersuchungsgebiet, sie kamen aber früher im Oberrheingebiet noch häufig vor (BRODTBECK et al. 1997). Leider wurden Hydrophyten in der Vergangenheit schlecht bearbeitet. Interessant wären sicherlich die Aufzeichnungen von Bauhin (1560–1613), der das damalige Auengebiet durchforschte und in seinem Werk «Historia plantarum universalis» beschrieb (IMHOF 1987). Leider war es im Rahmen der vorliegenden Untersuchung aufgrund der Materialfülle nicht möglich, seine Aufzeichnungen miteinzubeziehen.

### **Beschreibung der Hydrophyten-Gemeinschaften**

Die Hydrophytengemeinschaften sind mit höchstens acht und meist zwei Arten im Vergleich zu vielen terrestrischen Gemeinschaften sehr viel artenärmer (ELLENBERG 1996). Das hängt offenbar mit dem raschen Wachstum der Hydrophyten zusammen, die schon kurze Zeit nach der Besiedlung eines neu erstellten Gewässers hohe Deckungsgrade erreichen können. Andere, später einwandernde Arten haben kaum mehr eine Möglichkeit sich zu etablieren. Ebenfalls typisch für Hydrophyten-Gemeinschaften ist, dass sie sich meist nicht einzelnen Pflanzengesellschaften zuordnen lassen (ELLENBERG 1996). Das liegt daran, dass die meisten vorkommenden Arten euryök sind, d. h. unter den verschiedensten Umweltbedingungen und mit wechselnden Partnern vorkommen (JEFFRIES 1998). Die Artzusammensetzung der meisten Gewässer im Gebiet lässt sich daher nur grob den Verbänden der untergetauchten Laichkrautgesellschaften (Potamogetonion) und der Seerosengesellschaften (Nymphaeion) zuordnen (OBERDORFER 1993). Die Ausnahmen sind die bereits erwähnten Assoziationen des Callitricetum obtusangulae Seibert 62 im Quellkanal sowie Charetum hispidae und Charetum asperae auf den Kiesflächen.

### **Abhängigkeit des Hydrophytenbestandes von abiotischen Umweltfaktoren**

Das Lichtangebot ist der einzige abiotische Faktor, der die Verbreitung der Hydrophyten im Untersuchungsgebiet signifikant bestimmt (Abb. 2). Viele schnellwachsende Arten sind auf ein ausreichendes Lichtangebot angewiesen und können in stark beschatteten Gewässern nicht mehr konkurrieren (SCULTHORPE 1967). Im Schatten kommen nur noch *Lemna*-, *Callitriche*-Arten und *Potamogeton friesii* vor. Die in der vorliegenden Untersuchung fehlende signifikante Abhängigkeit zwischen Artensammensetzung und Artenzahl von abiotischen Umweltfaktoren wurde auch bei anderen Untersuchungen stehender Kleingewässer festgestellt (CASANOVA et al. 1997, FRIDAY 1987, JEFFRIES 1998). Im Gegensatz zu Flüssen, bei denen sogar einzelne Arten oder ganze Pflanzengesellschaften als Bioindikatoren zur Beurteilung des Gewässerzustandes eingesetzt werden konnten (CARBINER et al. 1990, KOHLER 1978, MELZER 1976), scheinen bei



Kleingewässern biotische Faktoren eine grössere Rolle zu spielen (JEFFRIES 1998). Die am Standort herrschende Konkurrenz sowie Art und Zahl der Frassfeinde entscheiden, ob sich eine Art etablieren kann oder nicht (MCCREARY 1991, LODGE 1990). Die artspezifischen Ausbreitungsmechanismen bestimmen, ob eine Pflanze ein Gewässer überhaupt erreichen kann (BARRAT-SEGRETAIN 1996).

### Auswirkung der Isolation von Gewässern auf den Hydrophytenbestand

Die sexuellen und vegetativen Diasporen von aquatischen Pflanzen werden häufig mit Hilfe des Wassers verbreitet (COOK 1987). Ist diese Ausbreitungsmöglichkeit aufgrund der Isolation des Gewässers vom Fluss verhindert, so müsste laut der Inseltheorie von MACARTHUR & WILSON (1967) in diesen Gewässern die Anzahl Arten mit der Zeit abnehmen, da aufgrund der fehlenden Einwanderungen Verluste durch Konkurrenz und Zufallsprozesse nicht mehr ausgeglichen werden können. Dadurch müsste die Anzahl Arten in isolierten Gewässern niedriger sein als in solchen, die mit dem Fluss verbundenen sind. In isolierten Gewässern der Petite Camargue Alsacienne bleibt die Anzahl Hydrophytenarten nach einer kurzen Pionierphase jedoch konstant und unterscheidet sich nicht von den Zahlen, die in den mit dem Fluss verbundenen Gewässern festgestellt wurden. Dieses Resultat deutet darauf hin, dass andere Ausbreitungsmedien als Wasser eine grosse Rolle spielen müssen.

Diasporen von Hydrophyten können entweder exozoochor (SCULTHORPE 1967, COOK 1987) oder endozoochor (SMITS et al. 1989) von den verschiedensten Tierarten verschleppt werden. Windverbreitung ist unüblich (BARRAT-SEGRETAIN 1996). Da viele Wasserpflanzen sehr attraktiv sind, trägt ausserdem der Mensch zu ihrer Ausbreitung bei (BONN & POSCHLOD 1998). Der bevorzugte Ausbreitungsvektor unterscheidet sich von Art zu Art. Die Ausbreitungsmöglichkeiten von *Nuphar lutea* sind zum Beispiel sehr eingeschränkt, da die Samen von Wasservögeln vollständig verdaut werden und die schweren Samen sofort auf den Grund sinken (SMITS et al. 1989). Ganz anders verhält sich *Potamogeton berchtoldii*. Diese schmalblättrige Laichkrautart hat sich in den letzten 40 Jahren im Oberrheingebiet stark ausgebreitet (WIEGLEB et al. 1991) und gehört auch in der vorliegenden Untersuchung zu den häufigsten Wasserpflanzen (Tab. 1). Man kann sich gut vorstellen, dass die verästelte, feingliedrige Pflanze am Gefieder oder Fell von Tieren hängen bleibt und von einem Gewässer zum anderen getragen wird. Die invasive Art *Elodea canadensis* verbreitet sich in Europa vor allem mit Hilfe des Wassers und des Menschen (COOK & URMI-KÖNIG 1985). Im Untersuchungsgebiet fällt auf, dass diese Art in älteren isolierten Gewässern nicht auftaucht, in den Gewässern jüngeren Datums jedoch häufig alle anderen Arten verdrängt. Wahrscheinlich wurden die Pflanzen bei der Erstellung der Gewässer mit dem Bagger eingetragen.



*Chara* (sp.)



*Utricularia australis*

Die Isolation eines Gewässers vom Fluss wirkt sich also aufgrund der verschiedenen Ausbreitungsmechanismen auf die Verbreitung von Wasserpflanzen unterschiedlich aus. Diese Tatsache muss bei der in vielen ehemaligen Auengebieten angestrebten Vernetzung von Gewässern bedacht werden. Dabei könnten Untersuchungen über Ausbreitungsmechanismen von Hydrophyten bei der Entscheidung von Massnahmen zum Artenschutz äusserst hilfreich sein.

### Schlussfolgerungen

In der Petite Camargue Alsacienne wurden 28 höhere Hydrophyten und 7 *Chara*-Arten kartiert. Einige seltene Arten sind auf einen Standort begrenzt und deshalb durch fortschreitende Sukzession bedroht. Es ist deshalb wichtig, dass die Sukzession durch periodische Pflegeeingriffe aufgehalten wird.

Die Artenzusammensetzung der Gewässer steht in keinem signifikanten Zusammenhang mit der Tiefe, Fläche oder Wasserqualität. Stark beschattete Gewässer weisen jedoch eine geringe Artenzahl auf. Lichtliebende Arten fehlen. Die Artengarnitur ist vor allem durch biotische Faktoren, wie Konkurrenz, Herbivorie und Ausbreitungsmechanismen bestimmt. Wasser- und Tierverbreitung herrscht bei Hydrophyten vor, wobei auch der Mensch eine grosse Rolle spielt. Da die Ausbreitungsfähigkeit der Hydrophyten unterschiedlich ist, hat die fehlende Vernetzung von Gewässern auf verschiedene Arten unterschiedliche Wirkung. Zur Formulierung von Schutzkonzepten für Hydrophyten sind Informationen über Ausbreitungsprozesse sehr wichtig.

### Dank

Ich danke Dr. H. Durrer, der mir diese Arbeit ermöglichte. Für konstruktive Anregungen danke ich Dr. Heiner Lenzin, für die kritische Durchsicht des Manuskriptes Dr. Daniel Küry, Valentin Amrhein, Andreas Ochsenbein, Annemarie Fränkl und Lorenz Khazaleh. Die Daten und weitere Notizen können bei der Forschungsstation RANA der Petite Camargue Alsacienne eingesehen werden.

### Literatur

ACINA (1996–2000) Plan de Gestion. Réserve Naturelle de la Petite Camargue Alsacienne. Association du Centre d'Initiation à la Nature de l'Au

BARRAT-SEGRETAIN MH (1996) Strategies of reproduction, dispersion and competition in river plants: a review. *Vegetatio* 123: 13–37

BERGER C (1993) Die unbelebten Standortfaktoren Relief, Boden und Wasser als Grundlage der Naturschutzgebietsplanung in der Petite Camargue Alsacienne. Diplomarbeit, Geographisches Institut, Universität Basel

BINNERT JP (1999) Die Kaiserliche Fischzucht-Anstalt 1852 in Saint-Louis Neuweg. Verlag JPB, Petite Camargue Alsacienne, F

BONN S & POSCHLOD P (1998) Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. UTB für Wissenschaft. Quelle & Meyer Verlag Wiesbaden

BRODTBECK T, ZEMP M, FREI M, KIENZLE U & KNECHT D (1997/1998) Flora von Basel und Umgebung. 1980–1996 Teil I und II. *Mitteilungen der Nat forsch Ges beider Basel*, 2: 1–543 und 3: 545–1003

- CARBINER R, TRÉMOLIÈRS M, MERCIER M & ORTSCHIED A (1990) Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters (upper Rhine plain Alsace). *Vegetatio* 86: 71–88
- CARPENTER SH & LODGE DM (1986) Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquatic Botany* 26: 341–370
- CASANOVA MT, DOUGLAS HILL A, BROCK MA, MUSCHAL M & BALES M (1997) Farm ponds in New South Wales, Australia: Relationship between macrophyte and phytoplankton abundances. *Marine and Freshwater Research* 48(4): 353–360
- COOK CDK (1987) Dispersion in aquatic and amphibious vascular plants. In: Crawford RMM (ed.) *Plant life in aquatic and amphibious habitats*. Special Publication British Ecological Society No. 5, Blackwell Scientific Publications, Oxford, England, pp 179–190
- COOK CDK & URMI-KÖNIG K (1985) A revision of the genus *Elodea* (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany* 21: 111–156
- DURRER H (1997) Renaturierung der Mittleren Au in der Petite Camargue Alsacienne (F/Elsass) von 1993–1996. Schriftenreihe MGU-Projekt, Verlag Medizinische Biologie, Basel
- DURRER H & ABBÜHL R (1991) Ideenkonzept und Projekt zur Renaturierung von Teilen der Auenlandschaft in der Petite Camargue Alsacienne. Universität Basel, Verlag Medizinische Biologie, Basel
- DURRER H & BINNETT JP (1997) Hydrologisches Konzept. Strategien zur Wiederbelebung der Mittleren Au in der Petite Camargue Alsacienne (F/Elsass) 1996 Schriftenreihe MGU-Projekt. Universität Basel, Verlag Medizinische Biologie, Basel
- ELLENBERG H (1996) *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen* 5. Auflage. Eugen Ulmer Verlag Stuttgart
- FREIERMUTH B (1996) Die Entwicklung der Landschaft der Petite Camargue Alsacienne im Wandel der Zeiten. Schriftenreihe MGU-Projekt. Universität Basel, Verlag Medizinische Biologie, Basel
- FRIDAY LE (1987) The diversity of macroinvertebrate and macrophyte communities in ponds. *Freshwater Biology* 18: 87–104
- HARTOG DEN & SEGAL S (1964) A new classification of the water-plant communities. *Acta Botanica Neerlandica* 13: 367–393
- IMHOF P (1987) Vom Schnoogeloch zur Schatzinsel. *Basler Magazin* 35 vom 29. August, Verlag Basler Zeitung
- JAEGLY E (1996) Inventaire de la végétation dans la réserve naturelle de la Petite Camargue Alsacienne 1991–1995. *Annales Scientifiques de la Petite Camargue Alsacienne CINA*, pp 55–73
- JEFFRIES MJ (1998) Pond macrophyte assemblages, biodiversity and spatial distribution of ponds in the Northumberland coastal plain, UK. *Aquatic Conservation – Marine and Freshwater Ecosystems*.
- KAUFMAN L & ROUSSEUW PJ (1990) *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. Wiley, New York
- KRAUSE W (1980) Zur Gesellschaftsbildung der Characeen in der Oberrheinebene. *Phycocoenologia* 7: 305–317
- KRAUSE W (1981) Characeen als Biodiatoren für den Gewässerzustand. *Limnologica* 13: 399–418
- KRAUSE W (1997) Charales (Charophyceae). In: Ettl H, Gärtner G, Heynig H & Mollenhauer D. (ed.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 18, Gustav Fischer Verlag, Jena
- KOHLER A (1978) Wasserpflanzen als Bioindikatoren. Beihefte zur Veröffentlichung Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 11: 259–281
- KÜRY D (1983) Ökologische Untersuchungen an den Tümpeln einer Kiesgrube im Oberrheingebiet. Diplomarbeit Botanisches Institut Universität Basel
- LENZIN H (1997) Botanische Erfassung der renaturierten Regionen der Mittleren Au (Zustand: Sommer 1996) der «Petite Camargue Alsacienne» (F/Elsass). Verlag Medizinische Biologie, Basel
- LES DH & PHILBRICK CT (1992) Studies of hybridization and chromosome number variation in aquatic angiosperms: evolutionary implications. *Aquatic Botany* 44: 181–228
- LODGE D (1990) Herbivory on freshwater macrophytes. *Aquatic Botany* 41: 195–224

- MACARTHUR RH & WILSON EO (1967) The theory of island biogeography. Princeton University Press
- MACCREARY NJ (1991) Competition as a mechanism of submersed macrophyte community structure. *Aquatic Botany* 41: 177–193
- MELZER A (1976) Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayerischer Seen; dargestellt im Rahmen limnologischer Untersuchungen an den Osterseen und den Eggstätt-Hemhofer Seen (Oberbayern). – *Dissertationes Botanicae* 34, Vaduz
- MOOR M (1962) Einführung in die Vegetationskunde der Umgebung Basels, Lehrmittelverlag des Kantons Basel-Stadt
- MOSIMANN C (2000) Mollusken-gesellschaften ausgewählter Gewässer in der Petite Camargue Alsacienne. Diplomarbeit Institut für Natur-, Landschafts- und Umweltschutz Universität Basel
- MOSS B (1990) Engineering and biological approaches to the restoration from eutrophication of shallow lakes in which aquatic plant communities are important components. *Hydrobiologia* 200/201: 367–379
- OBERDORFER E (1986) Bemerkenswerte Pflanzengesellschaften und Pflanzenformen des Oberrheingebietes. Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwest-Deutschland 1: 49–61
- OBERDORFER E (1993) Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil III, 3. Auflage Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- OBERDORFER E (1994) Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Eugen Ulmer Verlag Stuttgart
- PHILIPPI G (1971) Beiträge zur Flora der nordbadischen Rheinebene und der angrenzenden Gebiete. Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwest-Deutschland 30/1: 9–47
- PHILIPPI G (1978) Veränderungen der Wasser- und Uferflora im badischen Oberrheingebiet zwischen Bodensee und Mainz. Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwest-Deutschland 27: 61–81
- RASTETTER V (1981) Bericht über den botanischen Ausflug in die Petite Camargue (südliches Ober-Elsass). *Mitteilungen des badischen Landesverbandes für Naturkunde und Naturschutz* 12: 269–274
- RASTETTER V (1993) Floristische Langzeitbeobachtungen zu einigen seltenen Pflanzen im Oberelsass. *Mitteilungen des badischen Landesverbandes für Naturkunde und Naturschutz* 15: 587–605
- REDURON JP (1986) Le Patrimoine Floral de Haute-Alsace. *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse* 800/1
- SCHLÄPFER M & HUOVINEN-HUF-SCHMID C (1996) Etude phytosociologique 1995/96. Petite Camargue Alsacienne CINA, Société Botanique d'Alsace (1998), *Bulletin de liaison* no 4, Novembre
- SCULTHORPE CD (1967) The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold Ltd, London
- SMITS AJM, VAN RUREMONDE R & VAN DER VELDE G (1989) Seed dispersal of three nymphaeid macrophytes. *Aquatic Botany* 35: 167–180
- VAN DONK E & OTTE A (1996) Effects of grazing by fish and waterfowl on the biomass and species composition of submerged macrophytes. *Hydrobiologia* 340: 285–290
- WIEGLEB G, BRUX H & HERR W (1991) Human impact on the ecological performance of *Potamogeton* species in north-western Germany. *Vegetatio* 97: 161–172
- ZAEH A, HAVA R & HARSTER E (1985) Aperçu floristique de la dépression du Barackensumpf. *Annales Scientifiques de la Petite Camargue Alsacienne CINA*, pp 87–101