

# Vegetation und Diasporenbank des Rhein-Altwassers im Salmengrund bei Neuburgweier

WOLFGANG SCHÜTZ

## Kurzfassung

Zwischen 2005 und 2009 wurden Flora, Vegetation und Diasporenbank des Salmengrundes, einem flachen Altwasser mit stark schwankenden Wasserständen im Rhein-Vorland bei Neuburgweier (Baden-Württemberg), untersucht. Um die Häufigkeit der Durchströmung zu erhöhen und hydromorphologische Prozesse zu fördern, wurde das Altwasser im Winter 2008/2009 mit einer oberstromigen Anbindung an den Rhein versehen. Den größten Teil des Altwassers nehmen dichte Wasserpflanzen-Bestände ein, deren Zusammensetzung und Dichte in den letzten 15 Jahren nur geringe Änderungen aufwies. Während dieser Zeit wurden 36 submers wachsende Arten gefunden. Diese Bestände können zum größten Teil der euträphten Gesellschaft des Glänzenden Laichkrauts (*Potamogetonum lucentis*) zugeordnet werden, während in der Wasserwechselzone Wasserkresse-Fluren (*Oenanthe-Rorippetum*) und Zweizahn-Uferfluren (*Bidentetea*) vorherrschen. Den 124 zwischen 2005 und 2009 in der Vegetation des Salmengrundes angetroffenen Arten (Phanerogamen und Characeen) stehen 72 Arten gegenüber, die in der Diasporenbank vertreten waren. 10 Arten kamen nur in der Diasporenbank, 62 in Diasporenbank und aktueller Vegetation und 62 nur in der aktuellen Vegetation vor. In emers kultivierten Sedimentproben keimten 8.140 Diasporen/m<sup>2</sup>, die mittlere Artenzahl lag bei 11,1. In submers kultivierten Proben lagen die Werte bei 3.420 Diasporen/m<sup>2</sup> und 3,7 Arten. Den größten Anteil an der Diasporenbank hatten die in der Vegetation ebenfalls häufigen Arten *Veronica catenata*, *Rorippa amphibia* und *Urtica dioica*. Der große Artenreichtum, eine hohe Bewuchsdichte und die große zeitliche und räumliche Stabilität der hydrophytischen Vegetation lassen sich mit einer Kombination aus gelegentlichen Überflutungen, geringer Wassertiefe und Grundwasserzutritt bei gleichzeitig geringer Strömung und Sedimentmobilität erklären. Die durchgeführten ökotechnischen Maßnahmen hatten bisher nur geringe Auswirkungen auf Flora und Vegetation des Altwassers „Salmengrund“.

## Abstract

### Vegetation and diaspore bank of the Rhine-oxbow in the Salmengrund near Neuburgweier

From 2005 to 2009 vegetation, flora and diaspore bank of the Salmengrund, a shallow oxbow (floodplain lake) with strongly fluctuating water levels near Neuburgwei-

er (Baden-Württemberg, Southwest Germany) was investigated. The oxbow had been connected to the river Rhine at the upstream end in winter 2008/2009 in order to increase the frequency of flow-through of Rhine-water and to fortify hydromorphological processes. The major part of the oxbow is occupied by dense stands of water plants, the density and composition of which changed only marginally during the last 15 years. Overall, 36 submersed species were found since 1995. The dominating hydrophyte-community is the euträpht "Potamogetonum lucentis", while the "Oenanthe-Rorippetum" and "Bidentetea"-communities dominate the riparian zone. An examination of the diaspore bank yielded 72 species (Phanerogamae and Characeae), while 124 species were recorded in the vegetation. 10 species occurred in the diaspore bank only, 62 species in both the diaspore bank and the extant vegetation, and 62 species only in the extant vegetation. In sediment samples cultivated under wet conditions germinated 8.140 diaspores/m<sup>2</sup>, the average species number was 11,1. On average 3,7 species and 3.420 diaspores/m<sup>2</sup> germinated from samples cultivated under inundation. The most frequent species in the diaspore bank were *Veronica catenata*, *Rorippa amphibia* and *Urtica dioica*, all of them being frequent also in the vegetation. The high species diversity, a considerable vegetation density and the conspicuous spatial and temporal stability of the hydrophytic vegetation may be explained by a combination of casual floodings, low water depth and the infiltration of seepage water accompanied by low water velocities and low sediment mobility. Up to now the mitigation measures had an insignificant effect on the flora and vegetation of the "Salmengrund"-oxbow.

## Autor

Dr. WOLFGANG SCHÜTZ, Im Jägeracker 28, D-79312 Emmendingen, E-Mail: wolf.schuetz@gmx.de, Phone: 07641/935286, Fax: 07641/935285

## Einleitung

Nach der vor über 150 Jahren begonnenen Korrektur und dem nachfolgenden, 1977 abgeschlossenen Ausbau des Oberrheins werden nur noch wenige seiner Seitengewässer regelmäßig von Hochwässern erreicht. Von diesen Seitengewässern zeigt wiederum nur noch ein kleiner

Teil eine den Verhältnissen vor dem Ausbau vergleichbare hydromorphologische Dynamik mit lebhaften Erosions- und Sedimentationsvorgängen, während es in vielen Gewässern der Vorländer fast nur noch zur Ablagerung von Sedimenten kommt (KRAUSE 1971, 1981, Oberrheinagentur 1996).

Eine der ökologischen Grundforderungen des zur Behebung der negativen Folgen des Oberrheinausbaus vom Umweltministerium Baden-Württemberg ins Leben gerufenen Integrierten Rheinprogramms (IRP) ist die Wiederherstellung autotypischer Verhältnisse entlang der gesamten Oberrheinstrecke. Hierzu gehören auch Bemühungen, eine naturnahe Hydrodynamik wenigstens in einigen Seitengewässern wieder herzustellen. Zu diesen Gewässern gehört auch der „Salmengrund-Süd“ (im folgenden kurz als „Salmengrund“ bezeichnet), ein ca. 600 m langer, mit dem Rhein parallel laufender, flacher Altarm mit stark schwankenden Wasserständen bei Neuburgweier südlich Karlsruhe. Die ökologische Aufwertung des stark verlandeten Gewässers wurde 2005 im Rahmen des LIFE-Projekts „Lebendige Rheinauen bei Karlsruhe“ in Angriff genommen. Nach einer mehrjährigen Phase der Voruntersuchung wurden im Winter 2008/2009 die vorgesehenen Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Vorrangiges Ziel der Maßnahmen war eine Erhöhung der Morphodynamik durch eine oberstromige Rheinanbindung.

Anlaß zu Bedenken gab der grundwasserbetonte Charakter des Salmengrundes, den zu erhalten die Zuordnung eines Gewässerteils zum Lebensraumtyp 3140 („Kalkreiche, nährstoffarme Stillgewässer mit Armeleuchteralgen“) der FFH-Richtlinie verlangte. Die Befürchtungen betrafen vor allem eine negative Reaktion seltener Wasserpflanzen, insbesondere der dort von FRITZ & TREMP (1997), sowie SCHIEL & HUNGER (2001) gefundenen Armeleuchteralge *Tolypella prolifera*, auf eine erhöhte Zufuhr von Rheinwasser. Jährliche, teils im Rahmen des LIFE-Projekts (2005, 2009), teils auch zusätzlich durchgeführte Untersuchungen (2006, 2007, 2008) zur Flora und Vegetation des Salmengrundes boten die seltene Möglichkeit, die Vegetationsdynamik in einem engen zeitlichen Beobachtungsraster über einen längeren Zeitraum zu verfolgen. Zwei frühere Untersuchungen aus den Jahren 1995 und 2001 erlauben zudem den Vergleich der Vegetationsentwicklung über einen Zeitraum von 15 Jahren (FRITZ et al. 1997, SCHIEL & HUNGER 2001). Eine wesentliche Absicht war es, mit dieser Studie zur

Dokumentation der Entwicklung von Flora und Vegetation der Gewässer in der Oberrheinaue beizutragen, die von Anfängen zu Beginn des 20sten Jahrhunderts ausgehend (LAUTERBORN 1910), erst in den 1960er Jahren durch PHILIPPI (1969, 1978a, 1978b, 1980) und KRAUSE (1971) auf eine breitere Basis gestellt wurde.

Ein zweites Anliegen besteht darin, das im Sediment als „biotisches Potential“ enthaltene Reservoir lebender Diasporen zu untersuchen. Gerade in amphibischen Lebensräumen mit ihren oft kurzlebigen Pioniergesellschaften kommt dem Diasporenvorrat des Bodens eine entscheidende Bedeutung bei der Vegetationsentwicklung zu. Bis auf wenige Einzelarbeiten aus jüngerer Zeit (POSCHLOD et al. 1999, SCHÜTZ 2008a, b, SCHÜTZ et al. 2008, 2010) wurde allerdings der Diasporenvorrat im Sediment von Auegewässern der Oberrheinebene nie untersucht. Daher wurde im Auftrag der LUBW 2006 bis 2008 zusätzlich zu den vegetationskundlichen Arbeiten die Größe und Zusammensetzung der Diasporenbank des Salmengrundes erfaßt (SCHÜTZ 2008a).

### Lage

Das ca. 600 Meter lange und bei Mittelwasser zwischen 10 und 50 m breite Altwasser „Salmengrund“ liegt nordwestlich von Neuburgweier zwischen Rhein-Kilometer 355,2 und 355,9 ungefähr 20 Meter rheinseits des Hochwasserdammes (MTB 7015/1, 104 m über N.N.). Es erstreckt sich parallel zum Rhein, von dem es ca. 170 Meter entfernt ist (Abb. 1). Das Altwasser wird durch einen Weg in zwei Abschnitte geteilt. Der kürzere, südliche Teil (Abschnitt 1 in Abb. 1) steht über eine Rinne mit dem Rhein in Verbindung. Der nördliche Abschnitt ist durch einen Graben mit dem nördlich angrenzenden, schnell durchströmten Altarm im Gewann „Bellenkopf“ verbunden. Dieses nördlich anschließende Altarmsystem wiederum erhält über einen Durchlass aus dem Rhein Wasser. Der Zutritt von Rheinwasser erfolgte vor der Maßnahme an ca. 38 Tagen im Jahr (WALD & CORBE 2006).

### Durchgeführte Maßnahmen

Hauptziel des Vorhabens war eine oberstromige Anbindung des Altwassers an den Rhein, die durch eine Absenkung des Leinpfades und die Herstellung einer Verbindung über die bereits bestehende, bis zum Altwasser reichenden Rinne bei Rheinkilometer 355,3 erreicht wurde. Rheinwasser tritt nun, nach mittlerer Wasserstandsdauerlinie, an ca. 50 Tagen im Jahr in den Sal-

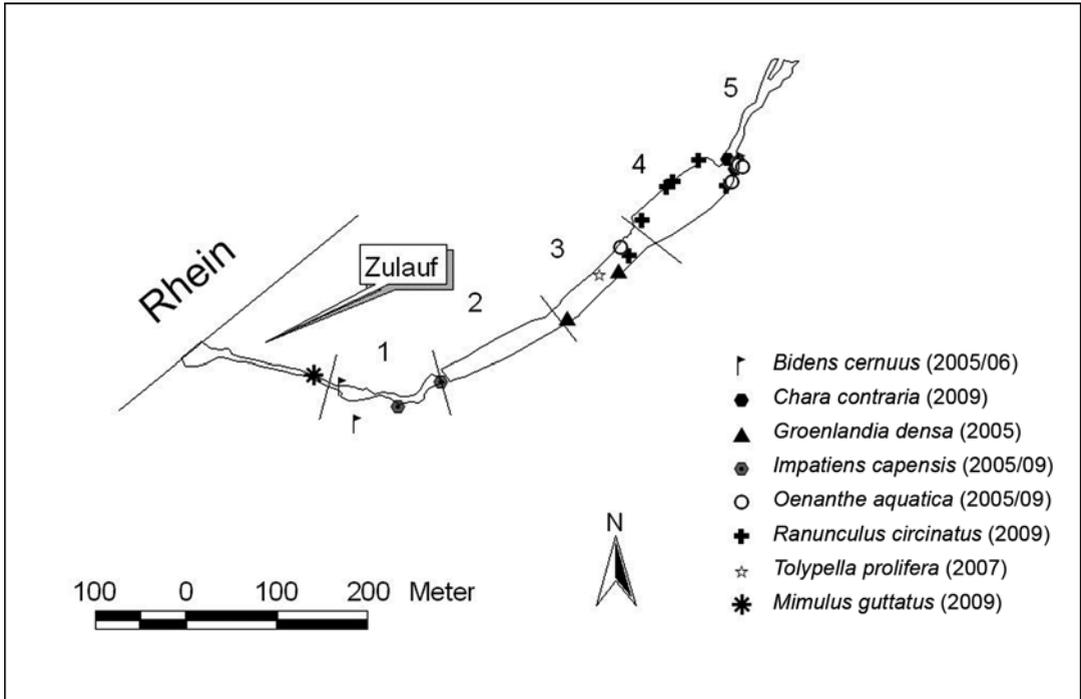


Abbildung 1. Lage der Kartierabschnitte und Fundorte seltener und gefährdeter Arten im Salmengrund. Angegeben sind die Jahre, in denen die Vorkommen registriert wurden.

mengrund über (Regierungspräsidium Karlsruhe 2007). Weiterhin wurden im Zuge der Baumaßnahmen Schlammablagerungen im südlichen Teil des Altwassers mit einem Bagger entfernt (Tafel 2).

Ein schmaler, kastenförmiger Durchlass am Forstweg, der den nördlichen vom südlichen Teil des Altwassers trennte, wurde durch eine Furt ersetzt (Tafel 1). Ein wichtiger Beitrag zur Beseitigung von Strömungshindernissen war zudem die Entfernung eines Teils der umfangreichen Totholz-Ansammlungen, die zu einem erheblichen Teil aus mächtigen Stämmen bestanden. Abschließend wurde das teilweise verfestigte Sediment des nördlichen Altwasserteils mit einem Bagger aufgerissen, um einen leichteren Austrag durch zukünftige Hochwässer zu erleichtern. Die bereits unterstromig bestehende Grabenverbindung im Norden, durch die bisher schon bei höheren Wasserständen Rheinwasser in den Salmengrund gelangen konnte, wurde aufgeweitet und umgestaltet. Alle Arbeiten wurden im Winter 2008/09 durchgeführt.

## Material und Methoden

### Vegetation

Kartiert wurden 2005 und 2009 die Vegetationseinheiten des Altwassers und seiner Uferzone, die auch den nur bei Hochwasser überschwemmten, südlich der Furt gelegenen Teil des Altwassers einschließt (Abschnitt 1 in Abb 1). Zusätzlich wurde für das kartierte Gebiet eine Artenliste der Gefäßpflanzen und Armleuchteralgen erstellt und die Fundorte seltener und gefährdeter Arten aufgezeichnet (Abb. 1). Die Kartierung der Wasserpflanzen-Bestände erfolgte jährlich mindestens einmal während der Vegetationsperiode. Das Altwasser wurde bei Niedrigwasser zu Fuß abgegangen, bei Mittelwasser mit einem Boot befahren. Mit einem Rechen wurden bei Bedarf Pflanzenproben entnommen, die Arten bestimmt und die Ergebnisse sofort in Listen und Geländekarten eingetragen. Die räumliche Verortung erfolgte zeitgleich mit einem GPS-Gerät. Eine Schätzung der Pflanzenmenge submers wachsender Arten wurde

für das gesamte Altwasser durchgeführt (Tab. 1). Verwendet wurde die Skala nach KOHLER (1978), welche die Schätzstufen „1 – sehr selten, 2 – selten/spärlich, 3 – zerstreut, 4 – häufig, 5 – sehr häufig, massenhaft“ umfasst. Diese Skala ist nicht linear, sondern folgt der Funktion  $f(x) = x^3$ . Das heißt, dass die relative Pflanzenmenge sich mit jeder Schätzstufe ungefähr verdoppelt. Die Erhebung der FFH-Lebensraumtypen richtet sich nach dem Handbuch zur Erstellung von Pflege- und Entwicklungsplänen für die NATURA-2000-Gebiete in Baden-Württemberg (LfU 2003). Die Nomenklatur folgt KRAUSE (1997) für die Characeen, FRAHM & FREY (2004) für die Moose und BUTTLER & HARMS (1998) für die Phanerogamen.

### Diasporenbank

Eine erste Probenahme wurde im Oktober 2006 an den Punkten 1, 2 und 3 durchgeführt (Abb. 4). Es wurden jeweils 8 Proben innerhalb einer Fläche von 200 m<sup>2</sup> an den Punkten 1 und 3 und 10 Proben an Punkt 2 entnommen. Eine zweite Probenahme erfolgte im Juni 2009. Es wurden insgesamt 10 Proben an verschiedenen Stellen im südlichen und nördlichen Teil des Altwassers gezogen.

Die Entnahme erfolgte mit einem PVC-Rohr (6 cm Durchmesser), das mehrfach bis zur Tiefe von 10 cm in das Sediment getrieben wurde, bis eine Probenmenge von 1 bis 1,5 Liter Sediment erreicht war. Die im Oktober 2006 entnommenen und in Plastikbeutel verpackten Proben lagerten bis zum Beginn der Kultivierung im April 2007 in einem Kühlraum bei 8°C. Die Proben wurden bis Ende September 2007 kultiviert, einige auch bis August 2008. Die am 23.6.2009 gezogenen Proben wurden nach fünf Tagen Lagerung aufbereitet und bis Ende September 2009 kultiviert.

Die Aufbereitung wurde nach der Methode von TER HEERDT et al. (1996) durchgeführt, die eine Reduktion der Sedimentmenge um kleine und große Korngrößen vorsieht. Zu diesem Zweck wurde die Probe durch aufeinandergesetzte Siebe von 3 mm und 0,15 mm Maschenweite gespült. Fehlten grobe Bestandteile im Sediment, konnte auf das großmaschige Sieb verzichtet werden. Die Diasporen verbleiben aufgrund ihrer Größe im Rückstand des kleinmaschigen Siebs. Anschließend wurde das im Sieb verbliebene Sediment im Ausstreichverfahren in Schalen auf steriles Substrat (TKS1 und Quarzsand) gebracht. Die Schichtdicke des ausgestrichenen

Sediments betrug höchstens 1 cm, was nach den bisherigen Erfahrungen eine Keimung fast aller lebenden Samen ermöglicht, sofern deren Dormanz durch geeignete Maßnahmen (kalte Stratifikation) aufgehoben wird (TER HEERDT et al. 1996).

Ein Teil des Probematerials, insgesamt 17 Proben, wurde submers kultiviert. Acht Einzelproben aus dem Jahr 2006 und eine Probe aus dem Jahr 2009 wurden geteilt, da genügend Sediment vorhanden war. Fünf der insgesamt 36 gezogenen Proben wurden gänzlich submers ausgebracht. Hierzu wurden die durch Siebe gespülten Proben ebenfalls in 10 cm Töpfe über Torfkultursubstrat (TKS1) und darüber liegendem Quarzsand ausgestrichen und in durchsichtige PVC-Wannen gestellt. Anschließend wurde vorsichtig Leitungswasser eingefüllt, bis ein Wasserstand von ca. 10 cm über den Töpfen erreicht war, der während der Versuchsdauer aufrechterhalten blieb.

Die aufgelaufenen Keimlinge wurden bestimmt und ausgezählt. Nicht identifizierbare Keimlinge wurden umgetopft und kultiviert, bis eine Identifizierung möglich war. Nicht unterscheidbar waren die Jugendstadien einiger Arten, die deshalb in den entsprechenden Spalten von Tab. 2 nicht getrennt aufgeführt sind (z.B. *Ranunculus trichophyllus* und *R. circinatus*). Durch die weitere Kultivierung einzelner Pflanzen bis zur Bestimmbarkeit konnte jedoch die Existenz aller aufgeführten Arten in der Diasporenbank sichergestellt werden.

Da mehrere Proben für eine parallele submerse und emerse Behandlung geteilt wurden und weil die Proben nach der Lagerung unterschiedlich hohe Anteile an überstehendem Wasser enthielten, wurde die Zahl der Diasporen mit dem tatsächlichen Sediment-Volumen der jeweiligen Probe multipliziert. Im folgenden beziehen sich daher die angegebenen Diasporen-Zahlen (Zahl der aufgelaufenen Keimlinge!) auf 1 Liter Sediment (1000 cm<sup>3</sup>).

Eine Umrechnung in die Zahl der Diasporen/m<sup>2</sup> erfolgt über eine dem Volumen von 1 Liter entsprechende Fläche von 0,01 m<sup>3</sup>.

Die Einteilung der gekeimten Arten nach Lebensformen folgt im wesentlichen GRIME et al. (1988). Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels einer Varianzanalyse (ANOVA). Zuvor wurden die Daten log-transformiert ( $\log(x + 1)$ ), um die Kriterien „Normalverteilung“ und „Varianzhomogenität“ zu erfüllen. Als Kriterium für signifikante Unterschiede wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% ( $p < 0,05$ ) gewählt.

## Ergebnisse

### Flora

Die Flora des Salmengrundes setzt sich fast ausschließlich aus Arten feuchter bis nasser Standorte zusammen und ist besonders mit Blick auf die Wasserpflanzen bemerkenswert. Von den insgesamt zwischen 2005 und 2009 in der Vegetation des Salmengrundes vorkommenden 124 Arten wurden 36 Arten submers wachsend angetroffen (Tab.1). Drei weitere submerse Arten werden von zwei früheren Kartierungen berichtet. Von diesen insgesamt 39 Arten sind 29 echte Hydrophyten, während 10 Arten ihren Schwerpunkt in der Wasserwechselzone haben. Die in den fünf Untersuchungsjahren ermittelten Artenzahlen schwanken zwischen 19 und 24, wobei ein Wert von 22 Arten am häufigsten auftritt.

Von diesen 29 Arten sind sieben Armelechteralgen, 22 gehören zu den Höheren Wasserpflanzen. Viele Arten waren selten und traten nur unbeständig auf. Außer den Helophyten *Butomus umbellatus*, *Alisma plantago-aquatica* und *Sparganium emersum* waren dies Armelechteralgen, die in der Vegetation seit 2005 nur sehr vereinzelt und meist nur in einem Jahr auftraten. Einzige Ausnahme ist die für alle Untersuchungsjahre angegebene *Chara globularis*, die stets mit mehreren Hundert Exemplaren vertreten war. Von der 2001 noch als „häufig“ angegebenen *Tolypella prolifera* wurde 2006 nur ein einziges, kümmerliches Exemplar im Flachwasser des grundwas-

serbeeinflussten Abschnitts 3 gefunden, ebenso von *Chara aspera*. *Nitella mucronata* wird nur für 1995 angegeben, *Chara contraria* fand sich 2009 in geringer Zahl an der Mündung des Verbindungsgrabens zum nördlich angrenzenden Altarm.

Sehr unstat war auch das Auftreten vieler Lemniden (Wasserlinsen). *Azolla filiculoides* trat nur 2001 und 2007 auf, *Lemna gibba* blieb seit dem Erstfund 2005 auf einen wassergefüllten Kolk im Südtail beschränkt und fehlte seit 2008. *Lemna trisulca* wird nur für 2001 als „häufig“ und für 2005 als „selten“ angegeben. *Lemna minuta* und *L. turionifera*, die weder von SCHIEL & HUNGER (2001) noch von FRITZ & TREMP (1997) genannt werden, waren nicht in allen Jahren zwischen 2005 und 2009 nachzuweisen, was nur zum Teil an der schwierigen Unterscheidbarkeit zu *Lemna minor* liegen kann. In allen Jahren vorhanden waren *Lemna minor* und *Spirodela polyrhiza*. Die starken saisonalen Schwankungen der Häufigkeit von Wasserlinsen lassen sich im Salmengrund mit der Wasserführung und Strömung in Verbindung bringen. 2007 waren im Mai nach relativ hohen Wasserständen nur Einzelexemplare von *Lemna minor* vorhanden, bei einem zweiten Besuch im Spätsommer bildeten bei niedrigen Wasserständen *Spirodela polyrhiza*, *Lemna minor*, *L. minuta*, *L. turionifera* und *Azolla filiculoides* größere Teppiche im Abschnitt 4. *Lemna gibba* fand sich bis 2007 in einem stets wassergefüllten, dicht von mehreren Arten Wasserlinsen bedeckten Kolk in Abschnitt 1.

Tabelle 1. Liste der im Altwasser „Salmengrund“ nachgewiesenen submers wachsenden Arten: 1995 aus FRITZ & TREMP (1997), 2001 aus SCHIEL & HUNGER (2001), 2005 bis 2009 SCHÜTZ. Häufigkeitsangaben für 2001: e = Einzelpflanzen, w = wenige (< 50 Individuen), h = häufig (50 – 1000 Individuen), sh = sehr häufig (> 1000 Individuen); Häufigkeitsangaben für 1995 und 2005 bis 2009: 1 – sehr selten, 2 – selten/spärlich, 3 – zerstreut, 4 – häufig, 5 – sehr häufig, massenhaft. k.A. – keine Angabe, ? – Angabe unsicher.

	1995	2001	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Grünalgen</b>							
<i>Cladophora rivularis</i>	1	sh	sh	sh	sh	sh	sh
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	5	sh	h	h	h	h	w
<i>Hydrodictyon reticulatum</i>	5	sh	sh	h	h	h	w
<b>Armelechteralgen</b>							
<i>Chara aspera</i>	.	.	.	1	.	.	.
<i>Chara contraria</i>	.	.	.	.	.	.	1
<i>Chara globularis</i>	2	e	2	1	1	1	1
<i>Chara vulgaris</i>	.	.	.	.	1	1	1
<i>Nitella mucronata</i>	1	w	.	.	.	.	.
<i>Tolypella prolifera</i>	1	h	.	1	.	.	.

Tabelle 1. (Fortsetzung)

	1995	2001	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Farn- und Blütenpflanzen</b>							
<i>Agrostis stolonifera</i>	k.A.	k.A.	1	1	1	1	2
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	1	w	.	1	.	.	.
<i>Azolla filiculoides</i>	.	w	.	.	1	.	.
<i>Butomus umbellatus</i>	.	.	.	1	.	1	1
<i>Callitriche obtusangula</i>	2-3	h	2	2	2	2	3
<i>Callitriche stagnalis</i>	.	.	?	?	1	1	?
<i>Ceratophyllum demersum</i>	.	.	1	1	1	2	2
<i>Elodea nuttallii</i>	3-4	h	3	3	4	5	5
<i>Groenlandia densa</i>	.	.	1	.	.	.	.
<i>Hippuris vulgaris</i>	1	.	.	.	.	.	.
<i>Lemna gibba</i>	.	.	1	1	1	.	.
<i>Lemna minor</i>	1-2	h	2	2	2	3	2
<i>Lemna minuta</i>	.	.	.	1	1	.	.
<i>Lemna trisulca</i>	.	h	1	.	.	.	.
<i>Lemna turionifera</i>	.	.	2	.	2	2	.
<i>Lysimachia nummularia</i>	k.A.	k.A.	.	.	1	1	1
<i>Myosotis scorpioides</i>	.	k.A.	.	.	2	3	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	?*	w	2	2	1	2	1
<i>Oenanthe aquatica</i>	1	k.A.	1	1	.	.	1
<i>Phalaris arundinacea</i>	.	k.A.	.	.	1	1	1
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	.	w	2	2	2	2	3
<i>Potamogeton lucens</i>	4	sh	3	4	3	4	4
<i>Potamogeton pectinatus</i>	3-4	sh	3	4	2	3	3
<i>Potamogeton pusillus**</i>	.	?(w)	.	.	.	.	.
<i>Potamogeton trichoides</i>	2	w	2	2	1	.	1
<i>Ranunculus circinatus</i>	1	.	1	2	2	2	2
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	2-3	w	1	2	2	2	2
<i>Rorippa amphibia</i>	3	k.A.	2	2	3	3	1
<i>Sparganium emersum</i>	1	k.A.	.	.	.	1	.
<i>Spirodela polyrhiza</i>	1	h	3	2	1	1	1
<i>Veronica catenata</i>	k.A.	k.A.	1	2	1	1	2
<i>Utricularia vulgaris</i>	1	.	.	.	.	.	.
<i>Zannichellia palustris</i>	.	.	.	1	.	.	1
<b>Artenzahl (ohne Grünalgen)</b>	19	16***	24	26	27	25	27

\* Bei der von FRITZ & TREMP (1997) außerdem genannten Art *Myriophyllum verticillatum* handelt es sich möglicherweise um eine Verwechslung mit *Myriophyllum spicatum*.

\*\* Möglicherweise eine Verwechslung mit *Potamogeton trichoides* oder *P. berchtoldii*.

\*\*\* Mit den vermutlich vorhandenen, aber nicht vermerkten sieben amphibischen Arten ergibt sich eine Artenzahl von 24.

Die Struktur der submersen Vegetation im Sal-mengrund bestimmten die Laichkräuter, unter denen *Potamogeton lucens* am häufigsten vorkam und die geringsten Häufigkeitsschwankungen aufwies. Diese Art ist, neben dem ebenfalls häufigen *Potamogeton pectinatus*, bezeichnend für

den größeren, nur wenig grundwasserbeeinflussten nördlichen Teil des Altwassers (Abschnitt 4). Weit verbreitet war auch *Potamogeton berchtoldii*, während *Potamogeton trichoides* seltener und zwischen 1995 und 2009 mit erheblich schwankenden Mengen vorkam. In Abschnitt 2 trat im

Tabelle 2. Häufigkeit der Arten in der Diasporenbank und in der Vegetation des Salmengrundes. Die Schätzung der Häufigkeit in der Vegetation erfolgte mit einer 3-stufigen Skala (s – selten, z – zerstreut, h – häufig). Für die Diasporenbank ist die absolute Zahl der aus Samen, Oosporen und vegetativen Diasporen (= veg.) aufgelaufenen Keimlinge, unterteilt nach submers und emers kultivierten Proben, angegeben. Davon stammen 26 Proben aus dem Jahr 2006 und 10 Proben aus dem Jahr 2009. Eine Mengenangabe für die Moose war nicht möglich. Arten, die in der Diasporenbank und in der Vegetation oder nur in der Diasporenbank vorkamen:

Probenahme	Vegetation	2006 (emers)	Diasporenbank 2006 (submers)*	2009 (emers)
<b>Bäume, Sträucher, Lianen</b>				
<i>Betula pendula</i>		4		
<i>Rubus fruticosus</i> s.l.	s	2		
<i>Salix cinerea</i>	z	1		
<i>Salix purpurea</i>	h	2		
<i>Salix</i> sp.		2		
<b>Therophyten</b>				
<i>Bidens cernuus</i>	s	1		
<i>Bidens frondosa</i>	s	2		
<i>Cardamine hirsuta</i>	s			1
<i>Juncus bufonius</i>	s			14
<i>Persicaria hydropiper</i>	s	3		2
<i>Persicaria lapathifolia</i>	z	4		
<i>Persicaria minor</i>	s			1
<i>Persicaria dubia</i>	h	36	1	12
<i>Poa annua</i>	z	18		5
<i>Ranunculus sceleratus</i>	s	3		
<i>Sagina procumbens</i>	s			1
<b>Hemikryptophyten/Geophyten</b>				
<i>Agrostis stolonifera</i>	z	7		2
<i>Alopecurus aequalis</i>		2		10
<i>Angelica sylvestris</i>	s	1		
<i>Calystegia sepium</i>	s			1
<i>Carex remota</i>	s	9		
<i>Carex strigosa</i>	s	2		4
<i>Epilobium parviflorum</i>	s	90		1
<i>Epilobium tetragonum</i> s.l.	s	8		3
<i>Galium palustre</i>	s	4	17	3
<i>Juncus effusus</i>	s	1		
<i>Juncus inflexus</i>	s	1		
<i>Lotus corniculatus</i>				1
<i>Plantago uliginosa</i>		2		3
<i>Poa palustris</i> }	h	53		30
<i>Poa trivialis</i> }	s			
<i>Rumex sanguineus</i>	s	8		5
<i>Scrophularia nodosa</i>	s			1
<i>Scutellaria galericulata</i>	s	3		
<i>Solidago gigantea</i>	z	2		2
<i>Stachys palustris</i>	s	1		
<i>Symphytum officinale</i>	s	1		
<i>Tanacetum vulgare</i>				1
<i>Trifolium repens</i>				1
<i>Urtica dioica</i>	h	302		148
<b>Helophyten</b>				
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	s	1	4	
<i>Carex acutiformis</i>	s	1		
<i>Carex elata</i>	z	13	2	7
<i>Eleocharis acicularis</i>		1	28	
<i>Juncus alpino-articulatus</i>		3		10

Tabelle 2. (Fortsetzung).

Probenahme	Vegetation	Diasporenbank		
		2006 (emers)	2006 (submers)*	2009 (emers)
<i>Juncus articulatus</i>	s	4		10
<i>Lycopus europaeus</i>	z	3		
<i>Lysimachia vulgaris</i>	s	2		5
<i>Lysimachia nummularia</i>	h			2
<i>Lythrum salicaria</i>	z	4		2
<i>Mentha arvensis</i>	z	1		2
<i>Mimulus guttatus</i>	(s)*			1
<i>Myosotis scorpioides</i>	h	27		6
<i>Phalaris arundinacea</i>	h	15		13
<i>Phragmites australis</i>	z		1	
<i>Rorippa amphibia</i>	h	341	1	160
		10 veg.		
<i>Schoenoplectus lacustris</i>		6	4	
<i>Sparganium emersum</i>	s	1		
<i>Veronica beccabunga</i>		1		1
<i>Veronica catenata</i>	h	167		666
<b>Hydrophyten</b>				
<i>Callitriche obtusangula</i>	h	7	30	4
<i>Callitriche stagnalis</i>	s			
<i>Chara globularis</i> }	z		65	
<i>Chara vulgaris</i> }	s			
<i>Hippuris vulgaris</i>		2		
<i>Lemna minor</i>	h		12 veg.	
<i>Potamogeton lucens</i>	h		4	
<i>Potamogeton pectinatus</i>	h		12	
<i>Potamogeton bertholdii</i>	h		63	
<i>Potamogeton trichoides</i>	s		3	
<i>Ranunculus circinatus</i> }	z	128	11	35
<i>Ranunculus trichophyllus</i> }	z			
<i>Zannichellia palustris</i>	s		2	
<b>nicht zugeordnet</b>				
dikotyl		11		3
monokotyl		5	2	
Moose***				
Aufgelaufene Keimlinge		1330	262	1177
Artenzahl		49	18	38

\* Davon 12 Keimlinge in einer 2009 gezogenen und submers kultivierten Probe.

\*\* 2009 wurde eine Pflanze etwas außerhalb des Kartiergebietes gefunden (Abb. 1).

\*\*\* Aus den Sedimentproben liefen folgende Moose auf: *Aphanorhegma patens*, *Barbula unguiculata*, *Bryum argenteum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Bryum spec.*, *Drepanocladus aduncus*, *Funaria hygrometrica*, *Leptobryum pyriforme*, *Physcomitrium eurystomum*.

Arten, die nur in der Vegetation vorkamen: **Häufig:** *Elodea nuttallii*, *Ranunculus repens*, *Salix alba*. **Zerstreut:** *Alnus glutinosa*, *Aster novi-belgii*, *Calamagrostis canescens*, *Ceratophyllum demersum*, *Impatiens glandulifera*, *Iris pseudacorus*, *Rubus caesius*, *Spirodela polyrhiza*. **Selten:** *Achillea ptarmica*, *Alliaria petiolata*, *Azolla filiculoides*, *Berula erecta*, *Butomus umbellatus*, *Cardamine flexuosa*, *Cardamine pratensis*, *Carex disticha*, *Carex vesicaria*, *Chara aspera*, *Circaea lutetiana*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Epilobium hirsutum*, *Equisetum palustre*, *Erucastrum gallicum*, *Eupatorium cannabinum*, *Festuca gigantea*, *Filipendula ulmaria*, *Fraxinus excelsior*, *Galium aparine*, *Geum urbanum*, *Glechoma hederacea*, *Groenlandia densa*, *Humulus lupulus*, *Impatiens capensis*, *Lapsana communis*, *Lemna gibba*, *Lemna minuta*, *Lemna trisulca*, *Lemna turionifera*, *Mentha aquatica*, *Myriophyllum spicatum*, *Nasturtium officinale*, *Oenanthe aquatica*, *Plantago lanceolata*, *Plantago major*, *Populus alba*, *Prunus spinosa*, *Ranunculus ficaria*, *Rorippa palustris*, *Rorippa sylvestris*, *Scrophularia umbrosa*, *Senecio paludosus*, *Solanum dulcamara*, *Sonchus arvensis*, *Tolypella prolifera*, *Typha latifolia*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor*.

September 2009 auch vermehrt die vorher nur 2006 an einer Stelle in Abschnitt 4 gefundene *Zannichellia palustris* in Erscheinung (Tab. 1). Das von SCHIEL & HUNGER (2001) angegebene *Potamogeton pusillus* (= *P. panormitanus* Biv.) konnte von mir nicht bestätigt werden und wird auch von FRITZ & TREMP (1997) nicht angegeben.

Stärkeren Schwankungen der Häufigkeit unterlag *Elodea nuttallii*, die in den meisten Jahren den größten Anteil an der submersen Biomasse bildete. Die schattentolerante Art dominiert besonders im beschatteten Abschnitt 3, konnte aber in manchen Jahren auch im weiten und flachen Abschnitt 4 alle anderen Arten an Menge übertreffen. Selten bis zerstreut kamen *Myriophyllum spicatum* und die beiden Wasserhahnenfuß-Arten *Ranunculus trichophyllus* und *R. circinatus* vor. Die Gattung *Callitriche* ist mit (mindestens) zwei Arten (*Callitriche obtusangula* und *C. stagnalis*) im Salmengrund vertreten. *Callitriche obtusangula* scheint, nach Stichproben zu urteilen, bei weitem die häufigere Art zu sein. Nicht bekannt aus dem Salmengrund war vorher die in der Rheinaue seltene *Groenlandia densa* (PHILIPPI mündl.), die 2005 im grundwassergespeisten Abschnitt 3 zwei kleine Populationen bildete, aber seither nicht mehr gefunden wurde (Abb. 1). Die von FRITZ & TREMP (1997) genannten Arten *Hippuris vulgaris*, *Myriophyllum verticillatum* und *Utricularia* cf. *vulgaris* konnten weder 2001 noch 2005 oder später gefunden werden.

Erwähnenswert sind schließlich noch einige makroskopische Grünalgen, die im Salmengrund oft Massenentwicklungen zeigen. *Enteromorpha intestinalis*, *Cladophora rivularis* und *Hydrodictyon reticulatum* werden für alle Untersuchungsjahre bis auf 2009 als „häufig“ angegeben. 2009 war lediglich *Cladophora rivularis* in großer Menge vorhanden. Sie besiedelte auch den obersten, frisch vertieften Abschnitt 1 und den makrophytenarmen Abschnitt 2 (Abb. 2), der wohl seit jeher wegen seiner geringen Tiefe und dem daraus resultierenden häufigen Trockenfallen nur wenige Wasserpflanzen beherbergt. Allerdings war er 2009 etwas dichter besiedelt, unter anderem mit *Zannichellia palustris*.

*Ranunculus trichophyllus* und *Callitriche* gehören zu den wenigen submersen Besiedlern der Abschnitte 1 und 2, sind aber darüber hinaus auch im restlichen Altrhein verbreitet. *Callitriche* und *Ranunculus circinatus* sind, im Gegensatz zu den Laichkräutern und zu *Elodea nuttallii*, weitgehend auf die randlichen Flachwasserzonen beschränkt.

Ebenfalls artenreich ist die amphibische Flora. Neben Landformen von *Callitriche obtusangula* und der in nassen Jahren Massenbestände bildenden *Rorippa amphibia* wuchsen in der Wasserwechselzone vor allem *Veronica catenata*, *Myosotis scorpioides* und *Lysimachia nummularia*. *Veronica catenata*, die bei der Kartierung 2005 kaum in Erscheinung trat, bildete 2006 in der Flachwasserzone dichte Bestände. 2007 ging die Art wieder etwas zurück und wurde von *Myosotis scorpioides* als häufigster Art abgelöst. *Oenanthe aquatica* dagegen war stets selten und nicht in allen Jahren nachweisbar, lief aber 2009, begünstigt durch die Arbeiten zur Grabenaufweitung, im Nordteil des Salmengrundes in größerer Zahl aus der Samenbank auf. Weitere seltene Arten der Wasserwechselzone sind *Bidens cernuus*, der nach 2007 nicht mehr gefunden wurde, *Carex pseudocyperus* und *Senecio paludosus*. *Lysimachia nummularia*, das Moos *Calliergonella cuspidata*, *Phalaris arundinacea* und Landformen von *Callitriche* bestimmen das Bild einer häufig unter Wasser stehenden Senke im rheinabgewandten südlichen Teil des Salmengrundes, die durch eine lockere, aus *Salix alba* bestehende Baumschicht beschattet wird (Abb. 2). An tiefgelegenen Stellen finden sich häufiger Horste von *Carex elata*, die sowohl kleine Dominanzbeständen bilden, als auch zerstreut im Unterwuchs von Weidengebüschen und lückiger Weichholzaue vorkommen.

Vorherrschende Art und Erstbesiedler der Uferzonen im umgestalteten Abschnitt 1 war 2009 *Persicaria dubi*, regelmäßig begleitet von *Bidens frondosus*, *Poa palustris*, *Phalaris arundinacea* und *Ranunculus repens*. In der Uferzone von Abschnitt 1 wurde auch das erste Mal in Baden-Württemberg das Orangerote Springkraut (*Impatiens capensis*) nachgewiesen (SCHÜTZ 2007). Diese Art trat zuerst mit einer kleinen Population 2005 in Abschnitt 1 und dann erst wieder 2009, nach Durchführung der Baggerarbeiten, in der Nähe der 2005 beobachteten Population auf (Abb. 1). Etwas höher gelegene, wenig beschattete Stellen werden von *Phalaris arundinacea* und Hochstauden besiedelt, unter denen *Urtica dioica* häufig, *Impatiens glandulifera*, *Stachys palustris*, *Symphytum officinale*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria* und *Eupatorium cannabinum* zerstreut auftreten.

Unter den uferbegleitenden Strauchweiden sind *Salix purpurea* und *Salix alba* vorherrschend. Reich an Sträuchern (*Cornus sanguinea*, *Viburnum opulus*, *Rubus caesius*, *Prunus spinosa*) ist

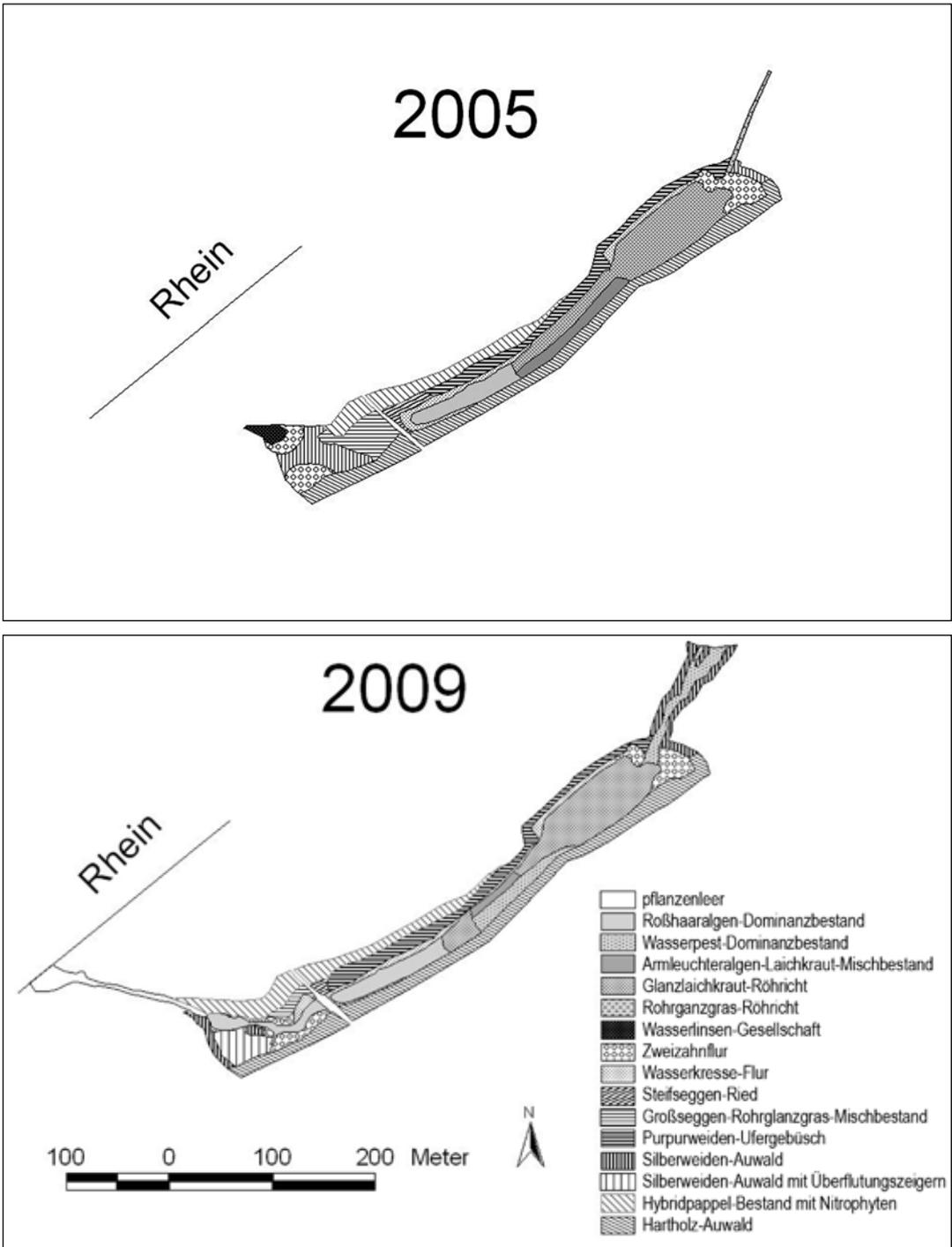


Abbildung 2. Vegetation des Altwassers „Salmengrund“ in den Jahren 2005 und 2009.

der Unterwuchs des Hartholz-Auwaldes in der weiteren Umgebung des Altwassers.

### Vegetations- und FFH-Lebensraumtypen

Der flache, makrophytenarme Abschnitt 2 beherbergte einen „Roßhaarialgen-Dominanzbestand“, der schon 2001 existierte (SCHIEL & HUNGER 2001). Der nördliche, bereits stark von Grundwasser geprägte Teil dieses Abschnittes war 2001 allerdings Wuchsort einer *Tolypella prolifera*-Rumpfgesellschaft (SCHIEL & HUNGER 2001), die seither nicht wieder auftrat.

Der am stärksten grundwasserbeeinflusste Teil des Gewässers (Abschnitt 3) wurde 2005 dem Lebensraumtyp (LRT) 3140 („Kalkreiche, nährstoffarme Stillgewässer mit Armleuchteralgen“) zugerechnet, auch wenn die Zahl kennzeichnender Arten gering war und *Elodea nuttallii*, begünstigt durch die Beschattung durch Bäume, neben einer erheblichen Zahl und Menge weiterer eutraphenter Arten, vorherrschte (Abb. 2). Die Vegetation dieses fragmentarisch ausgebildeten Lebensraumtyps nahm 2009 eine noch geringere Fläche als 2005 ein, was auf das Vordringen der Gesellschaft des Glänzenden Laichkrauts (Potamogetonietum lucentis) zurückzuführen ist, die für den Lebensraumtyp 3150 („Natürliche nährstoffreiche Seen“) typisch ist und einen Teil von Abschnitt 3, vor allem aber den gesamten flachen, eutrophen Abschnitt 4 besiedelt (Abb. 2 und Tafel 2). Zeitweise bedeckten auch mehr oder weniger gut ausgebildete Wasserlinsengesellschaften (v.a. Lemno-Spirodeletum polyrhizae) während spätsommerlicher Niedrigwasserphasen Teile der Wasserfläche. Permanent waren dichte Wasserlinsen-Bestände in einem wassergefüllten, recht tiefen Kolk am Südende von Abschnitt 1 vorhanden (Abb. 2). Diese verschwanden allerdings 2009, nachdem der Kolk durch die Ausbaggerung von Abschnitt 1 mehr oder weniger dauerhaft durchflossen wurde. Es bildeten sich, wie in Abschnitt 2, makrophytenarme Bestände fädiger Grünalgen, die keinem Vegetationstyp zugeordnet wurden. Im umgestalteten, ehemals von einem Rohrglanzgras-Röhricht beherrschten Verbindungsgraben zum nördlich liegenden Altarm-System hatte sich 2009 ein *Elodea nuttallii*-Dominanzbestand eingefunden. Insgesamt konnten aber, abgesehen von Häufigkeitsschwankungen einiger Arten, während der letzten 15 Jahre keine größeren Änderungen in der Ausdehnung und Zusammensetzung der submersen Vegetation beobachtet werden.

Weit verbreitet am Salmengrund waren 2009 Zweizahn-Melden-Ufersäume (Bidentetea), die dem Lebensraumtyp 3270 („Schlammige Flussufer mit Pioniervegetation“) zugerechnet wurden. Sie nahmen einen großen Teil der zeitweilig überschwemmten Flächen vor allem in Abschnitt 1 und am Nordende (Abschnitt 4) ein. Ihr Flächenanteil hat durch die 2009 durchgeführte Umgestaltung im Abschnitt 1 südlich der Furt zugenommen. Dort hatte sich in der nach der Ausbaggerung weithin vegetationsfreien Wasserwechselzone innerhalb kurzer Zeit eine dichte Vegetationsdecke mit *Persicaria dubia* als vorherrschender Art gebildet, die zum überwiegenden Teil dem Polygono-Bidentetum zuzurechnen ist. Mit den Zweizahn-Fluren in engem Kontakt stehen amphibische Wasserkresse-Fluren (Oenanthro-Rorippetum), die bereits 2001 von SCHIEL & HUNGER (2001) erwähnt werden und deren Ausdehnung, je nach Wasserführung des Salmengrundes, von Jahr zu Jahr stark schwankte (Abb. 2). SCHIEL & HUNGER (2001) geben z.B. für einen großen Teil des Abschnitts 1 noch eine Wasserkresse-Flur an, die aber 2005 von einem Mischbestand aus *Carex elata*, *Phalaris arundinacea*, *Urtica dioica* und Hochstauden abgelöst worden war und in dem nur noch kleinflächig die Wasserkresse vorkam (vgl. SCHÜTZ in BREUNIG et al. 2010). 2008 hatte sich bei deutlich höheren Wasserständen wieder die Wasserkresse als dominierende Art eingestellt, aber auch die vormals nicht dort wachsenden *Callitriche obtusangula*-Bestände waren submers in einer schmalen, wassergefüllten Rinne zu finden.

Kleinflächig verbreitet sind Steifseggen-Riede (Caricetum elatae), sowie kleine Schilf- und Rohrglanzgras-Bestände vor allem am rheinseitigen Gleitufer. Sie stehen dort in engem Kontakt mit Purpurweiden-Gebüsch, die einen fast durchlaufenden Gürtel am Ufer bilden.

Im weitgehend aufgelandeten Becken des südlichen Altwasserteiles (Abschnitt 1) ist ein schütterer Silberweiden-Auwald (LRT 91E0) ausgebildet. Ebenfalls diesem Lebensraumtyp zuzuordnen ist eine Galerie großer Silberweiden, welche die Ufer des Verbindungsgrabens zum nördlich anschließenden Altarm begleiten (Abb. 2).

Die rheinseits an den Salmengrund anschließende, in etwas erhöhter Lage befindliche Fläche ist bedeckt von fast undurchdringlichen, von *Galium aparine* überzogenen Dominanz-Beständen von *Urtica dioica*, die im Wechsel mit solchen von *Impatiens glandulifera*

wachsen. Sie bilden den „Unterwuchs“ eines weitgehend zusammengebrochenen Hybridpappel-Bestands, der sich bis zum nördlich anschließenden Altarm im Bellenkopf fortsetzt. Der rheinabgewandte Prallhang, der sich in der Mitte des nördlichen Altwasserteils bis zu ca. zwei Meter über das Gewässer erhebt, trägt einen strauchreichen Hartholz-Auwald, der das binnenseitige Ostufer beinahe auf der ganzen Länge begleitet.

Der Altarm nördlich des Salmengrundes, der mit dem Rhein über einen Durchlass in Verbindung steht, wurde 2005 und 2009 fast pflanzenleer vorgefunden, eine Folge der meist schnellen Strömung und stark wechselnder Wasserstände. Während längerer Niedrigwasserperioden kommt es aber zur Besiedlung durch Makrophyten (vgl. Angaben in FRITZ & TREMP 1997).

### Diasporenbank

In den Sedimentproben aus dem Salmengrund wurden insgesamt 71 aus Samen bzw. Oogonien gekeimte Arten gefunden, zu denen noch mehrere Moosarten hinzukommen (Tab. 2). Einige vegetative Diasporen stammten von *Rorippa amphibia*, *Lemna minor* und *Potamogeton pectinatus*. Auch bei *P. bertholdii* ist vermutlich ein nicht genau bestimmbarer Teil der aufgelaufenen Pflanzen auf vegetative Rhizom- und Sprosssteile zurückzuführen. In den 31 emers kultivierten Proben (Volumen 1000 cm<sup>3</sup>) liefen durchschnittlich 81,4 Keimlinge auf, maximal waren es 233, im Minimum nur 8 Keimlinge. Die mittlere Artenzahl lag bei 11,1.

Nur 34,2 Keimlinge und 3,7 Arten je Probe waren es im Mittel in den 17 submersen Proben. Die maximale Zahl der Keimlinge war 143, in einer Probe wurden keine Keimlinge gefunden.

Die Unterschiede sind sowohl für die Artenzahlen (ANOVA,  $p = 0.00001$ ), als auch für die Menge (ANOVA,  $p = 0.0017$ ) statistisch signifikant.

Die Unterschiede zwischen den 2007 und 2009 genommenen Proben waren statistisch nicht signifikant. Ein Vergleich der emers kultivierten Proben ergab, daß die Artenzahl je Probe 2009 mit 11,3 nur unwesentlich höher lag als 2007 mit 11,0 Arten (vgl. auch Abb. 4). Der Unterschied in der Zahl der aufgelaufenen Keimlinge war mit 80,7 im Jahr 2009 gegenüber 81,7 im Jahr 2007 unbedeutend. Der relativ geringe Unterschied in der Gesamtzahl der Individuen zwischen 2007 und 2009 liegt an der etwas größeren durchschnittlichen Sedimentmenge je Probe, die 2009 kultiviert wurde (Tab. 2).

In den 12 geteilten Proben liefen in submers kultivierten Ansätzen fast durchweg weniger Keimlinge auf als in emers kultivierten Ansätzen derselben Probe. Der Anteil aufgelaufener Diasporen in den submers kultivierten Ansätzen lag zwischen 0 und 67 % an der gesamten Diasporenmenge beider Ansätze, bei einem Mittelwert von 29 %. Da es sich in submersen Ansätzen überwiegend um Wasserpflanzen handelt, die in emers kultivierten Proben nicht aufliefen, bedeutet dies, dass die gesamte Menge keimfähiger Diasporen einer Probe im Schnitt um die darin enthaltene Menge der Diasporen von Wasserpflanzen höher anzusetzen ist als die tatsächlich gekeimte Diasporenmenge. Dies gilt natürlich nur für Sedimentproben, die an Stellen unterhalb der Mittelwasserlinie entnommen wurden, an denen auch Wasserpflanzen vorkamen. Da Diasporen von *Callitriche spec.*, *Ranunculus circinatus* und *R. trichophyllus* sowohl in submers als auch emers kultivierten Proben aufzulaufen in der Lage sind, ist ein Zuschlag von ca. 10 % zur tatsächlich gekeimten Diasporenmenge angemessen. Der gesamte, aus unterirdischen Diasporen und oberirdisch wachsenden Pflanzen bestehende Artenpool (Characeen und Phanerogamen) des Salmengrundes beläuft sich auf 135 Arten. Den 124 zwischen 2005 und 2009 in der Vegetation des Salmengrundes angetroffenen Arten stehen 72 Arten gegenüber, die in der Diasporenbank vertreten waren. Davon keimten 8 Arten, die, abgesehen von einem Schilfkeimling, den Gattungen *Chara* und *Potamogeton* zuzurechnen sind, nur in submers kultivierten Proben. 10 Arten kamen nur in der Diasporenbank, 62 in Diasporenbank und Vegetation, 62 nur in der Vegetation vor (Tab. 2). Zu den bereits 2007 festgestellten Arten gesellten sich mit den 10 im Jahr 2009 gezogenen Proben noch neun Arten hinzu (u.a. *Juncus bufonius*, *Mimulus guttatus*, *Persicaria minor*, *Scrophularia nodosa*). Bis auf *Juncus bufonius* waren sie allerdings nur mit je einem Keimling vertreten (Tab. 2). Im Gegensatz zu 2007 war 2009 nicht *Rorippa amphibia*, sondern *Veronica catenata* die häufigste Art. Davon abgesehen waren die Unterschiede in der Artenzusammensetzung gering und lassen daher auch keinen merklichen Einfluss der durchgeführten Maßnahmen (Aufreißen des Sediments im nördlichen Teil des Altwassers) auf die Ausprägung der Diasporenbank erkennen. Die meisten der in der Diasporenbank fehlenden Arten waren in der Vegetation selten und anscheinend mit zu geringen Diasporendichten vertreten, um entdeckt zu

werden. Eine homogene Gruppe innerhalb der fehlenden Arten bilden lediglich Wasserpflanzen, die sich überwiegend oder ausschließlich vegetativ vermehren (*Elodea nuttallii*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Lemna* spp.).

Bei den relativ wenigen Arten, die nur (oder fast nur) in der Diasporenbank zu finden waren, handelt es sich entweder um einjährige Schlamm-boden-Besiedler (*Bidens* spp., *Plantago uliginosa*, *Juncus bufonius*) oder um mehrjährige, monocotyle Arten der Wasserwechselzone (*Alopecurus aequalis*, *Eleocharis acicularis*, *Juncus alpino-articulatus*, *J. articulatus*, *Schoenoplectus lacustris*). Einige Arten, die 2006 nur in der Diasporenbank vorkamen, fanden sich 2009 nach der Ausbaggerung von Abschnitt 1 auch in der Vegetation (z.B. *Ranunculus sceleratus*, *Juncus articulatus*). Ebenfalls nur in der Diasporenbank kamen die für periodisch trockenfallende Teichböden typischen Moose *Physcomitrium eurystomum* und *Aphanorhegma patens* vor.

Die größte Individuenzahl in der Diasporenbank haben die Helophyten, während Hemikryptophyten den größten Teil der Arten stellen (Tab. 2). Hierbei ist natürlich zu beachten, daß Helophyten eine durch ihr Vorkommen an überwiegend amphibischen Standorten abgetrennte Untergruppe der Hemikryptophyten sind. Den bei weitem geringsten Anteil am Diasporen-Aufkommen haben Phanerophyten, gefolgt von den Therophyten und den Hydrophyten. Alle Lebensformen sind mit deutlich mehr Arten in der Vegetation als in der Diasporenbank vertreten.

Häufigste Art in den 31 emers kultivierten Sedimentproben war *Veronica catenata* mit einem Mengenanteil von 33 %, gefolgt von *Rorippa amphibia* mit 20 % (Abb. 3). Ihre Mengenanteile lagen

in vielen Einzelproben über 50 % (Abb. 4). *Urtica dioica* war vor allem in den Sedimentproben des aufgelandeten Abschnitts 1 häufig, ebenso *Epilobium parviflorum*, das in der Vegetation wenig in Erscheinung trat. Insgesamt kann festgestellt werden, daß häufige Arten der aktuellen Vegetation auch in der Diasporenbank häufig waren. Eine Ausnahme macht *Myosotis scorpioides*, die seit 2007 in der Uferzone zu den dominierenden Arten gehört, aber in der Diasporenbank nur mit einem Anteil von 1,3 % vertreten war. Arten- und Diasporenzahlen sind kleinräumig sehr unterschiedlich und zeigen keine erkennbaren Muster (Abb. 4). Lediglich im aufgelandeten Abschnitt 1 ist durchgehend eine höhere Artenzahl in den Proben zu erkennen, die gut mit dem höheren Artenreichtum in der Vegetation korrespondiert (vgl. SCHÜTZ 2008a und Abb. 4).

Häufigste Art der submers kultivierten Proben war *Chara vulgaris*, die in der Vegetation wenig in Erscheinung trat. Recht häufig war auch *Potamogeton berchtoldii*, gefolgt von *Callitriche* und *Ranunculus circinatus* bzw. *R. trichophyllus*, die auch in den emersen Proben in größerer Zahl keimten (Tab. 2). Nicht in der Diasporenbank entdeckt wurden die in der Vegetation seltenen bzw. nur vorübergehend vorhandenen Arten *Groenlandia densa*, *Tolypella prolifera* und *Chara aspera*, wogegen die häufigeren Arten *Chara globularis*, *Potamogeton lucens* und *P. trichoides* in geringer Zahl aus Samen bzw. Oosporen keimten. Bemerkenswert ist das Auftreten von *Eleocharis acicularis*, die in erheblicher Menge aus einer Probe keimte und von zwei Keimlingen des im Salmengrund mindestens seit 2001 fehlenden, aber 1995 von FRITZ & TREMP (1997) dort gefundenen *Hippuris vulgaris*, die allerdings nur in einer emers kultivierten Probe aufriefen.

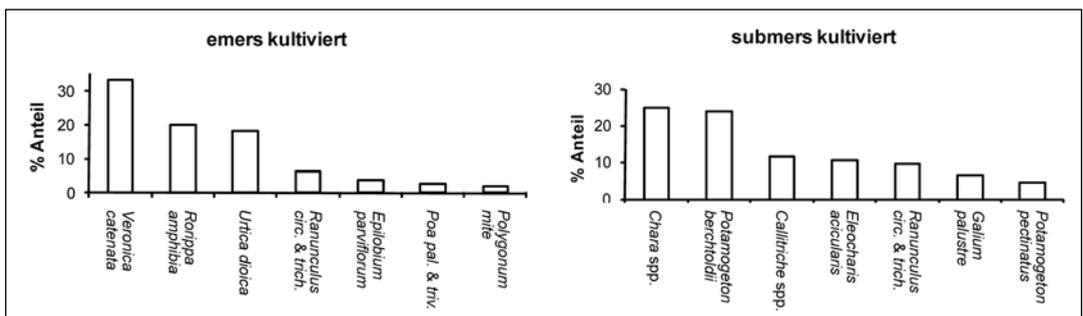


Abbildung 3. Die häufigsten Arten in der Diasporenbank des Altwassers „Salmengrund“ aus emers kultivierten und submers kultivierten Sedimentproben.

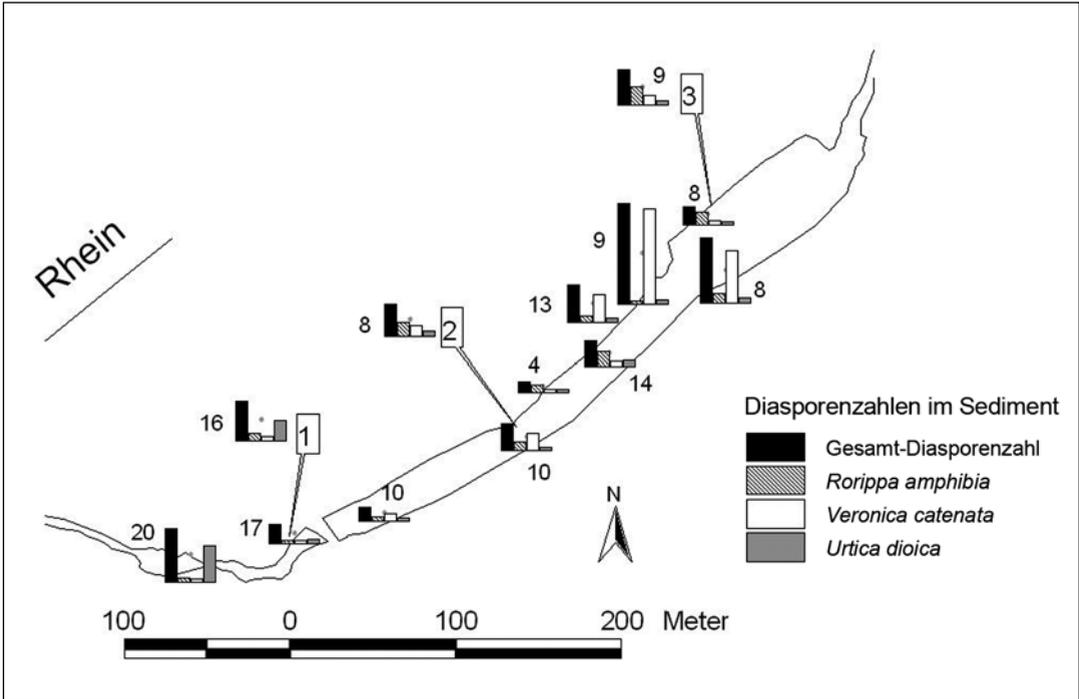


Abbildung 4. Gesamt-Diasporenzahlen (Anzahl aufgelaufener Keimlinge) und Anzahl der drei häufigsten Arten in der Diasporenbank des Altwassers „Salmengrund“. Bei den mit 1, 2 und 3 bezeichneten Punkten handelt es sich um Sammelproben (Nr. 1 und 3:  $n = 10$ ; Nr. 2:  $n = 8$ ) aus dem Jahr 2006, entnommen innerhalb einer Fläche von jeweils 200 m<sup>2</sup>. Die restlichen zehn Proben wurden im Jahr 2009 gezogen. Eine Sedimentprobe umfaßt jeweils 1000 cm<sup>3</sup>. Die größte Länge eines Balkens entspricht einer Diasporenzahl von 233. Bei den Diagrammen ist jeweils die Artenzahl für die jeweilige Probe bzw. die mittlere Artenzahl bei den Sammelproben angegeben.

Eine Begehung des trockengefallenen Grundes von Abschnitt 2 im Oktober 2005 erbrachte folgende Ergebnisse: *Rorippa amphibia* und *Veronica catenata*, die häufigsten Arten in den Sedimentproben, stellten auch den größten Anteil der Keimlinge in der Uferzone des Salmengrundes. Die seit 2006 dichten Bestände der im Sommer 2005 noch recht seltenen *Veronica catenata* gingen aus diesen Keimlingen hervor. Die Jungpflanzen waren bei ansteigenden Wasserständen im Herbst bereits groß genug, um sich auch im Milieu der litoralen Phase zu halten. Weiter fanden sich viele Jungpflanzen von *Ranunculus trichophyllus* bzw. *R. circinatus* und *Callitriche*. Weniger häufig waren *Chara cf. vulgaris*, *Alisma* spp., sowie *Oenanthe aquatica* – eine Art, die nicht aus den Sedimentproben keimte. Neben diesen Arten waren auch meist noch junge Keimlinge weiterer Arten, insbesondere von Gräsern

und Binsen vorhanden, die im Gelände nicht bestimmt werden konnten.

## Diskussion

### Submerse Vegetation und Flora

Artenreichtum und Bewuchsdichte von Rheinaue-Gewässern werden in der Literatur mit einer Reihe von Umweltfaktoren in Verbindung gebracht. Nach VAN GEEST et al. (2003), der über 200 Seitengewässer (floodplain lakes) des Niederrheins untersuchte, bieten kleine (< 1 ha) und flache (< 1.5 m Tiefe) Gewässer mit gelegentlich trocken fallendem Sediment die besten Bedingungen für das Gedeihen von Wasserpflanzen. In der elsässischen Rheinaue erwiesen sich Gewässer mit einer Kombination von Grundwasserzutritt und gelegentlichen Überflutungen als die artenreichsten (TREMOLIERES 2004). Da

diese Eigenschaften allesamt auf den Salmengrund zutreffen, ist der dichte Bewuchs und der große Artenreichtum dieses Gewässers nicht weiter erstaunlich (vgl. KRAUSE 1971, PHILIPPI 1978, 1980). Ein Vergleich mit dem nördlich anschließenden, kräftig durchströmten und fast pflanzenleeren Altarmsystem zeigt allerdings, dass hierfür die fehlende oder bei Hochwasser nur geringe Strömung eine notwendige Voraussetzung ist. Stark wechselnde Wasserstände und Überschwemmungen durch den nahen Rhein begrenzen allerdings die Artenvielfalt der Wasserpflanzen im Salmengrund. Es fehlen Arten mit großen Schwimmblättern wie *Nuphar lutea* und *Nymphoides peltata*, die empfindlich auf starke Schwankungen des Wasserstandes reagieren. Auch *Hottonia palustris*, *Utricularia* spp. und *Myriophyllum verticillatum* sind als typische Arten der nicht vom Rhein überschwemmten, schwach eutrophen Auegewässer kaum als dauerhafte Siedler in Gewässern des Rheinvorlandes zu erwarten (VAN GEEST 2005). Dafür ist die Zahl amphibischer Arten der Wasserwechselzone recht hoch, da längere Niedrigwasser-Phasen diesen Arten eine gute Möglichkeit bieten, sich in der Wasserwechselzone anzusiedeln und auszuweiten.

Allein schon die jährlich mehrfach zu beobachtende Massenentwicklung fädiger Grünalgen zeigt, daß der Salmengrund trotz der erheblichen Menge von zutretendem Grundwasser keineswegs nährstoffarm ist. Eutraphente Arten und ihre Gesellschaften (Lemnetea, Potamogetonum lucentis) beherrschen das Altwasser, mesotraphente Arten treten dagegen selten, nur vorübergehend und meist in geringer Menge auf. Es ist darüber hinaus denkbar, dass Diasporen der im Salmengrund gefundenen mesotraphenten Arten (*Groenlandia densa*, *Chara contraria*, *Chara aspera*) durch Hochwässer in den Salmengrund eingeschwemmt wurden und sich dort nur vorübergehend ansiedelten. Auch aus dem 2001 von SCHIEL & HUNGER beobachteten Massenauf-treten von *Tolypella prolifera* läßt sich nicht zwingend auf einen mesotrophen Charakter schließen. *Tolypella prolifera* ist eine annuelle Art, die sich in kalkreichem, schwach fließendem oder stehendem Wasser in Gräben, Kanälen, Druckwassertümpeln und Torflöchern findet (ANONYMUS 2005, KRAUSE 1997). VAN GEEST (2005) bezeichnet sie für den Niederrhein als eine für dynamische Gewässer-Lebensräume typische Pionierart, die durch Störungen gefördert wird. Die wenigen Fundorte in der Oberrheinaue sind nach KRAUSE

(1997), wie auch bei der nahe verwandten *Tolypella intricata* (mit sehr ähnlichen ökologischen Ansprüchen), durch eine Kombination von klarem Grundwasser einerseits und guter Nährstoff-Versorgung aus dem organischen Sediment andererseits gekennzeichnet. Diese Kombination ist besonders im zentralen Teil des Salmengrunds, in den erhebliche Mengen Falllaub, Getreibsel und abgestorbene Wasserpflanzen gelangen, gegeben. Diese Standortbedingungen sind aber auch förderlich für weitere Arten, die zudem zu Massenwuchs neigen. Hier ist besonders *Elodea nuttallii* zu erwähnen, ein in der Oberrheinaue häufiger Neophyt, der besonders im schmalen, relativ stark beschatteten Abschnitt 3 dominiert und seit 2005 deutlich zugenommen hat (Tab. 1). Die im Jahresverlauf bis in den Herbst hinein zunehmend dichter werdenden Bestände sind möglicherweise ein Grund für das Ausbleiben von *Tolypella prolifera*, die in der Oberrhein-Aue im Spätsommer den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreicht (KRAUSE 1997). Lichtmangel könnte auch die beiden kleinen, 2005 noch beobachteten Populationen von *Groenlandia densa* zum Verschwinden gebracht haben. Neben der Konkurrenz durch die Wasserpest und andere, höherwüchsige Wasserpflanzen ist sicher auch die Ansammlung von Wasserlinsen und Getreibsel über einem der beiden Wuchsorte dieser lichtbedürftigen Art klarer, winterwarmer Gewässer zum Verhängnis geworden (KOHLER & MEYER 1986, SCHÜTZ 1992). Da für den Lebensraumtyp 3140 („Kalkreiche, nährstoffarme Stillgewässer mit Armeleuchteralgen“) (LfU 2003) typische Arten nur vereinzelt und zudem nicht dauerhaft vorhanden waren, ist von einer nur fragmentarischen Ausprägung dieses Lebensraumtyps auszugehen (SCHÜTZ in BREUNIG et al. 2010). Weitere, aus dem Salmengrund bekannt gewordenen Characeen (*Chara globularis*, *Nitella mucronata*, *Chara vulgaris*) sind nicht an mesotrophe Standorte gebunden und treten in der Rheinaue regelmäßig in eutrophen Altwässern auf (KRAUSE 1997).

Starke Wasserstandsschwankungen und das ephemere Auftreten einer großen Zahl von Arten könnten weiterhin den Eindruck entstehen lassen, dass es sich beim Salmengrund um einen Lebensraum mit dynamischen Aussterbe- und Wiederbesiedlungsprozessen handelt. Die mit dieser Dynamik einhergehenden kurzfristigen und starken Änderungen der Menge und Artenzusammensetzung der Makrophyten-Gesellschaften sind nicht nur in Rhein-Seitengewässern der Niederlande, sondern auch in den Seitenge-

wässern der Rhone regelmäßig zu beobachten, sofern diese noch regelmäßig überflutet werden (BORNETTE et al. 1998, VAN GEEST 2005). Im Gegensatz dazu hat sich die Verschiebung in der Artenzusammensetzung und die räumliche Verteilung der makrophytischen Gesellschaften im Salmengrund in den letzten 15 Jahren kaum verändert. VAN GEEST et al. (2005) identifizierten extreme Sommerfluten und das Trockenfallen der Gewässer als maßgebliche Ursachen für die massiven Vegetationsveränderungen niederländischer Rhein-Seitengewässer. Es scheint, dass der Zutritt erheblicher Mengen von Grundwasser, die ein völliges Trockenfallen des Gewässerbodens verhindern, eine gleichermaßen stabilisierende Wirkung auf die Hydrophytenvegetation hat wie das (bisher) kaum von Hochfluten des Rheins bewegte feinkörnige Sediment des Salmengrundes. Zudem fehlt im Salmengrund die Nymphaeiden-Vegetation, die in den Seitengewässern des Niederrheins zu einem erheblichen Teil für die starken Schwankungen der Vegetationsbedeckung verantwortlich ist. Am Niederrhein verlieren die Gewässer überdies schnell ihren Artenreichtum und einen Großteil ihres Makrophytenbestandes, wenn sie nicht mehr trockenfallen (VAN GEEST 2005). Dass dies im Salmengrund nicht der Fall ist, könnte dem Einfluss des Grundwasserzustroms zuzuschreiben sein. Eine Kombination von geringer Wassertiefe und hoher Wassertransparenz scheint sich besonders begünstigend auf einen üppigen submersen Pflanzenbewuchs auszuwirken. Eintrübungen sind zwar bei Hochwasser im Salmengrund zu beobachten, aber selten von langer Dauer.

### **Größe und Zusammensetzung der Diasporenbank**

Mit Werten zwischen 0 und 60 Arten und 0 bis maximal ca. 1,5 Mill. Diasporen/m<sup>2</sup> weisen Gewässer gewaltige Unterschiede hinsichtlich Umfang und Artenzahl ihrer Diasporenbanken auf (KOCH et al. 2005, SCHÜTZ 2008a). Deutliche Unterschiede gibt es vor allem zwischen permanenten und temporären Gewässern. Die Sedimente permanent wasserführender, von der umliegenden Aue abgeschnittener Gewässer enthalten in der Regel weniger Diasporen und sind artenärmer als die Sedimente temporärer, durch eine höhere Störungsintensität ausgezeichneter Gewässer, die sich in stark wechselnden Wasserständen, gelegentlichen Überschwemmungen, Sedimentumlagerungen und regelmäßig trockenfallenden Flachwasserberei-

chen äußert (ABERNETHY & WILLBY 1999, HENRY et al. 1996). Diesen Unterschied zeigt auch ein Vergleich zwischen dem Salmengrund und dem permanent wasserführenden, von der Aue abgeschnittenen Eggensteiner Altrhein nördlich von Karlsruhe, einem Gewässer mit geringer Störungsintensität. Die Diasporenbank des Eggensteiner Altrheins enthielt insgesamt 46 Arten und ist mit durchschnittlich 4,4 Arten/1000 cm<sup>3</sup> Sediment und 2.100 Diasporen/m<sup>2</sup> (emers kultivierte Proben) signifikant diasporen- und artenärmer als die Diasporenbank des Salmengrundes (SCHÜTZ 2008a, b). Mit einem mittleren Wert von 8.140 Diasporen/m<sup>2</sup> und Artenzahlen zwischen 1 und 20 je 1000 cm<sup>3</sup> Sediment liegt der Salmengrund allerdings im unteren Bereich der Spanne der von ABERNETHY & WILLBY (1999) untersuchten, dem Salmengrund hinsichtlich Genese und Morphodynamik vergleichbaren Gewässer in Nordwest-Europa, die zwischen 16 und 35 Arten und im Mittel 15.450 Diasporen/m<sup>2</sup> aufwiesen. Dies gilt auch dann, wenn im Salmengrund die ca. 10 % bei emerser Kultivierung nicht erfassten Keimlinge rein submers wachsender Arten hinzugezählt werden. Eine mögliche Erklärung könnte im Ausmaß der Eindeichung der untersuchten Auen liegen. Da der Oberrhein weit stärker von seiner Aue abgeschnitten ist als die von ABERNETHY & WILLBY (1999) untersuchten Flüssen in Frankreich (Loire/Allier), Irland und Schottland, überfluten Hochwässer auch eine relativ kleinere Fläche und transportieren vermutlich eine geringere Menge Diasporen von weniger Arten. Bei Vergleichen absoluter Artenzahlen ist allerdings zu beachten, dass diese Werte von der untersuchten Sedimentmenge abhängig ist. Je größer die Sedimentmenge, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass auch viele in der Vegetation seltene Arten entdeckt werden. Dies ist oft ein wesentlicher Grund für geringe Ähnlichkeiten zwischen Diasporenbank und oberirdischer Vegetation. So wurden fast alle in der Diasporenbank des Salmengrundes fehlenden Arten als „selten“ in der Vegetation eingestuft (Tab. 2). Weitere Gründe für eine geringe Ähnlichkeit zwischen Diasporenbank und Vegetation im Salmengrund wie auch in anderen Gewässern ist die kurze Lebensdauer der Samen vieler Auegehölze, die deshalb auch keine dauerhafte Diasporenbank aufbauen, sowie die geringe Samenproduktion bzw. die rein vegetative Vermehrung vieler Wasserpflanzen (SCHÜTZ 2008a). Geradezu konträr verhält es sich bei Sumpfpflanzen und besonders bei annualen Schlammbo-

den-Arten, die in der Vegetation oft nur selten erscheinen, aber in der Diasporenbank stets in größeren Mengen vertreten sind (POSCHLOD et al. 1999, SCHÜTZ 2008a, b). Durch die hohe Produktion dormanter, langlebiger, fast immer kleiner Samen, die bei Mangel an Licht, Sauerstoff und/oder fehlenden Schwankungen der Tag/Nacht-Temperaturen nicht keimen, sind viele Sumpfpflanzen (z.B. *Rorippa* spp., *Veronica* spp., *Carex* spp., *Juncus* spp., *Lythrum salicaria*, *Ranunculus sceleratus*) typische Hauptkomponenten von Gewässer-Diasporenbanken (GRIME et al. 1988, SCHÜTZ 2000). ABERNETHY & WILLBY (1999) fanden eine Dominanz annueller Arten und amphibischer, ruderaler, mehrjähriger Sumpfpflanzen in ihren Untersuchungen. Sumpfpflanzen generell und die letztgenannte Gruppe im speziellen sind im Salmengrund mit *Rorippa amphibia* und *Veronica catenata* ebenfalls maßgeblich vertreten, während die rein annuellen Arten zahlenmäßig eine geringere Rolle spielen. Hierbei ist zu beachten, dass *Veronica catenata* von ABERNETHY & WILLBY (1999) als Therophyt eingestuft wurde, aber im Salmengrund als mehrjährige Art auftritt. Einige der aus den Sedimentproben aufgelaufenen Arten sind regelmäßig in Zwergbinsenfluren (Cypero-Limoselletum) zu finden. Neben den Moosen *Aphanorhagma patens* und *Physcomitrium eurystomum* sind dies *Eleocharis acicularis*, *Alopecurus aequalis*, *Plantago uliginosa*, *Juncus bufonius* und *Ranunculus sceleratus*. Da aber weitere typische Arten wie *Cyperus fuscus* und *Limosella aquatica* fehlen und die im Salmengrund gefundenen Schlammboden-Therophyten auch als Begleiter in anderen Gesellschaften (z.B. Bidentetea) vorkommen, ist die potentielle Existenz von Zwergbinsenfluren für den Salmengrund nicht ausreichend zu belegen.

Der Anteil der Wasserpflanzen in Gewässer-Diasporenbanken ist im allgemeinen erstaunlich niedrig. Eine Ausnahme machen Characeen-Bestände, deren Diasporenbank mit Werten bis zu 1 Mill. Oosporen/m<sup>2</sup> gewaltige Ausmaße erreichen kann (BONIS & GRILLAS 2002). Auch in der Diasporenbank des Salmengrundes sind die mit geringer Häufigkeit in der Vegetation vorkommenden Characeen überproportional vertreten und bilden die Hauptkomponente in den submers kultivierten Proben. Daß *Tolypella prolifera* nicht aus den Sedimenten auflief, kann an einer zu geringen Diasporendichte im Sediment liegen, oder daran, dass die (nicht bekannten) Keimungsbedingungen bei der Kultivierung der Sedimente nicht gewährleistet waren. Characeen durchlau-

fen, ähnlich vielen phanerogamen Sumpfpflanzen, einen saisonalen Dormanzzyklus, der eine Keimung bei ungünstigen Umweltbedingungen verhindert (SEDERIAS & COLMAN 2007). Zudem ist nicht bekannt, ob die mehreren hundert, von SCHIEL & HUNGER (2001) beobachteten *Tolypella*-Pflanzen fruchteten und damit die Diasporenbank wieder auffüllten. Überraschend hoch war, wie im Eggensteiner Altrhein (Schütz 2008b), auch der Anteil von *Potamogeton berchtoldii* an der Diasporenbank. Verantwortlich hierfür könnte nicht nur eine hohe Samenzahl im Sediment sein, sondern auch die bisher nicht dokumentierte Fähigkeit, aus kleinsten, ein 3-mm-Sieb passierenden Rhizomstücken wieder auszutreiben.

Über Diasporenbanken der Oberrhein-Aue ist kaum etwas bekannt. Die 2006 untersuchte Diasporenbank des Eggensteiner Altrheins bei Karlsruhe unterscheidet sich erheblich von der des Salmengrundes (SCHÜTZ 2008a, b, SCHÜTZ et al. 2008, 2010). Sie war dominiert von Schilf und Seggen, die beide in der Ufervegetation stark vertreten waren, und hatte einen sehr geringen Hydrophyten-Anteil. Sie enthielt aber auch Arten, die in der Vegetation fehlten, z.B. *Cyperus fuscus* und sogar *Carex bohemica*, die aus dieser Gegend nicht bekannt war (SCHÜTZ 2008b, SCHÜTZ et al. 2010). Standorte von Zwergbinsenrasen wurden von POSCHLOD et al. (1999) in der nördlichen Oberrheinebene, im Kosperskern bei Rheinsheim und im Kleinen Bodensee bei Karlsruhe, untersucht. Beim Kleinen Bodensee vermerken POSCHLOD et al. (1999), dass keimfähige Samen vieler Sumpfpflanzen (*Ranunculus sceleratus*, *Rorippa amphibia*, *Persicaria* spp.) noch in mehr als 20 cm Sedimenttiefe anzutreffen waren. Sie vermuten ein Alter von über 100 Jahren für die in den tieferen Sedimentschichten dieses Altrheins befindlichen Diasporen. Das Auftreten der regional verschollenen Art *Carex bohemica* im Eggensteiner Altrhein, aber auch von *Physcomitrium eurystomum* oder *Eleocharis acicularis* im Salmengrund und das vermutlich hohe Alter lebensfähiger Samen im Kleinen Bodensee sind ein Hinweis darauf, dass in den Sedimenten der Rheinaue-Gewässer lebende Populationen vieler Sumpf- und Wasserpflanzen konserviert sind. Viele dieser meist kurzlebigen Arten überbrücken in der Diasporenbank die Zeit bis zur nächsten „Störung“ (Exposition des Sediments), die eine Reproduktion erlaubt. Es ist bezeichnend, dass nicht nur Schlammboden-Arten, sondern auch Characeen positiv auf das Trockenfallen von Gewässern reagieren. VAN GEEST (2005) wies nach,

dass ein Wechsel von Trockenfallen und Überflutung die Keimung von Characeen aus dem Sediment eines Rhein-Seitengewässers um das 12-fache steigerte. Dies könnte auch für die Moose *Physcomitrium eurystomum* und *Aphanorhegma patens* gelten, die im Sediment eine zahlenmäßig ungeheuer große Diasporenbank aufbauen, sofern sie ihren Entwicklungszyklus vollständig durchlaufen können (FRAHM 2000).

Die Ausdeichung der meisten Auegewässer, verbunden mit einer Nivellierung der Wasserstände in der Oberrheinaue, führte bereits zu einem erheblichen Rückgang geeigneter Wuchsorte und einer damit verbundenen Ausdünnung der bekannten Fundorte vieler kurzlebiger Arten der Wasserwechselzone (PHILIPPI mdl. Mitt.). Voraussetzung für eine Keimung und Etablierung amphibischer Arten sind aber gelegentliche Störungen des Lebensraumes, die früher durch regelmäßige Überschwemmungen und Sedimentumlagerungen des Rheins eintraten, heute jedoch nur noch durch Baggerungen ermöglicht werden. Der Salmengrund ist eines der wenigen Auegewässer, in denen diese Prozesse noch einigermaßen naturnah ablaufen. Aus ökologischer und naturschutzfachlicher Sicht von Interesse ist in diesem Zusammenhang auch eine Erscheinung, die in der Oberrheinaue fast zum Erliegen gekommen, aber im Salmengrund noch zu beobachten ist. Es handelt sich um das spontane Auftreten von Arten, die durch das Wasser verbreitet werden. Besonders auffallend ist diese Erscheinung bei den Lemniden (Wasserlinsen), unter denen nur *Lemna minor* bei allen Besuchen im Salmengrund in nennenswerten Mengen anzutreffen war. Sehr unstat ist hingegen das Auftreten von *Azolla filiculoides*, die nur 2001 und 2007 vorkam, dann allerdings in größerer Menge. Diese Art tritt in rheinnahen Gewässern nach Hochwässern unbeständig im Spätsommer auf und verschwindet dann wieder im Winter (PHILIPPI 1990). Dauerhafte Vorkommen im badischen Oberrheingebiet sind nicht bekannt. Ein sich häufig wiederholender Prozess von Eintrag und temporärer Ansiedlung scheint auch bei einigen weiteren Arten stattzufinden, die durch sporadisches Auftreten in geringer Menge und an wechselnden Wuchsorten ausgezeichnet sind. Beobachtet wurde diese Kombination z.B. bei *Butomus umbellatus*, *Sparganium emersum*, *Zannichellia palustris* und *Chara contraria*. Ob es sich immer um Einträge vegetativer oder generativer Diasporen von außen handelt, kann allerdings nicht mit Sicherheit beantwortet

werden. Möglicherweise handelte es sich auch bei den nur 1995 von FRITZ & TREMP (1997) beobachteten Arten *Hippuris vulgaris* und *Utricularia cf. vulgaris* um ephemere Vorkommen, die auf eingeschwemmte Pflanzenteile zurückzuführen waren. Bei den im Salmengrund neu entdeckten Arten *Mimulus guttatus* und *Impatiens capensis* ist dagegen ein Eintrag von Samen anzunehmen.

Ob und welche durch Hochwässer eingetragenen Arten in die Diasporenbank gelangen, ist nur aufwendig zu ermitteln und konnte für den Salmengrund nicht geklärt werden. Als Erklärung für Unterschiede in der Arten- und Individuenzahl der Diasporenbank zwischen permanenten, nicht überschwemmten und temporären, überschwemmten Gewässern ist ein Eintrag von Samen durch Hochwässer aber naheliegend und vielfach nachgewiesen. So konnten z.B. VOGT & JENSEN (2001) für die Eider in Schleswig-Holstein und HAMMERSCHLAG (2004) für das Anacostia Wetland (USA) nachweisen, dass gewaltige Mengen hydrochor verbreiteter Samen von vielen Arten im Laufe von Überflutungen abgelagert und zu einem nicht unerheblichen Teil in die Diasporenbank inkorporiert werden.

### **Bisherige Auswirkungen der Sanierungs-Maßnahmen**

Ein wichtiges Ziel der verbesserten Anbindung des Altwassers Salmengrund an den Rhein war einer Erhöhung der Frequenz und Stärke morphodynamischer Prozesse. Ob und bis zu welchem Grad dieses Ziel erreicht wurde, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht beurteilen. Nach der Maßnahme zeigen der oberstromige schmale Zulauf und der anschließende, ausgebagerte Abschnitt des Altwassers deutliche Spuren erhöhter Strömung in Form von Kolken, leichten Anschnitten von Prallhängen sowie Abtragungs- und Sedimentationsflächen. Nördlich der Furt, in Abschnitt 2 (Abb. 1), lässt die Strömung auch bei Hochwasser so stark nach, dass weder eine Sedimentation von allochthonem Material noch eine Erosion des aufgerissenen Sediments im nördlichen Teil des Altwassers festgestellt werden konnte. Einem Abtransport von Sedimenten im nördlichen Teil des Altwassers wenig förderlich ist auch ein Rückstau bei hohen Wasserständen, da der Salmengrund über einen Graben mit dem nördlich angrenzenden Gewässersystem verbunden ist, das wiederum mit dem Rhein in offener Verbindung steht. Hinderlich für eine schnelle Durchströmung sind auch die bei

Hochwasser auftretenden Ansammlungen von Totholz, die seit längerem zwischen Abschnitt 2 und 3 (siehe Abb. 1) bestehen.

Befürchtungen hinsichtlich der Vegetation betreffen vor allem eine mögliche negative Reaktion einiger Wasserpflanzen, insbesondere der seltenen Armleuchteralge *Tolypella prolifera*, auf eine dauerhafte, mit einer höheren Zufuhr von eurythermem Rheinwasser verbundenen Rhein-anbindung (SCHIEL & HUNGER 2001). Der grundwasserbetonte Charakter des Salmengrundes wird allerdings durch das gewählte Höhen-Niveau der Zuläufe, das für eine mittlere Dauer des Zuflusses von Rheinwasser an ca. 50 Tagen berechnet wurde, nicht wesentlich verändert. Abgesehen davon setzt eine negative Reaktion der den Zutritt von Grundwasser anzeigenden Arten *Tolypella prolifera* und *Groenlandia densa* ihre Anwesenheit im Wasserkörper voraus, was im Salmengrund zur Zeit nicht der Fall ist. Auch die Gefährdung bestehender Wasserpflanzen-Bestände durch Hochwässer erscheint gering. Eine völlige Vernichtung von Wasserpflanzen-Populationen in periodisch vom Rhein durchströmten Altarmen ist nach KRAUSE (1971) ein äußerst seltener Fall und an dauerhaft starke Strömungen gebunden. Bisher haben die durchgeführten Maßnahmen im Salmengrund keine deutlichen Veränderungen der Ufer- und Wasservegetation bewirkt. Auf die Bodenbearbeitung des nördlichen Altwasserteils im Januar 2009, die neben einer Erleichterung des Sedimentabtransports der Aktivierung von nicht in der Vegetation vorkommenden Arten der Diasporenbank dienen sollte, hat von den gefährdeten und seltenen Arten des Salmengrundes zumindest *Oenanthe aquatica* mit einem verstärkten Auflaufen reagiert. Keine Reaktion zeigten jedoch *Tolypella prolifera* und andere Characeen, obwohl besonders *Tolypella prolifera* oft erst nach Störungen des Sediments, z.B. nach Grabenräumungen, auftritt (ANONYMUS 2005, VAN GEEST 2005).

Eine Anbindung von Nebengewässern an den Hauptstrom ergab in einschlägigen Untersuchungen überwiegend positive Resultate und ist aus ökologischer Sicht wünschenswert (Oberrheinagentur 1996). Der geringere Artenreichtum der Rheinaue-Gewässer im Vergleich zu den Rhone-Gewässern liegt nach TREMOLIERES (2004) daran, dass im Rhone-System eine größere Häufigkeit von Überflutungen und Sediment-Umlagerungen auftritt (vgl. BORNETTE et al. 1998). Der Artenreichtum wird bedingt durch die in Gemeinschaft mit den erhalten gebliebenen stö-

rungs- bzw. überflutungstoleranten Arten wachsenden konkurrenzschwachen Pionier-Arten, die durch die Hochwässer immer wieder eine ökologische Nische finden, denn anschließend an ein Hochwasser-Ereignis kann das Gewässer von Pionierarten besiedelt werden, die durch die Flut eingetragen werden oder als Diasporen bereits im Sediment vorhanden sind. Die stärkere Regulierung des Rheins läßt eine solche Dynamik nur an wenigen Stellen zu.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, dass das biologische Monitoring im Salmengrund eine der wenigen Gelegenheiten ist, fundierte Erkenntnisse über die Reaktion von Flora und Vegetation der Auegewässer auf ökotechnische Maßnahmen zu gewinnen. Eine Weiterführung der Beobachtung ist deshalb dringend zu wünschen.

#### Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei Herrn W. GRÖNITZ (LUBW), Herrn P. ZIMMERMANN (RP Karlsruhe) und Herrn Dr. KERN (LIFE-Projekt-Management) für die Unterstützung und Förderung dieser Studie, Herrn REUTER und Herrn PFEIFFER von der Gemeinde Rheinstetten für die bereitwillige Zusendung neuer Luftbilder und nicht zuletzt bei Herrn Prof. Dr. G. PHILIPPI (†) für die Bestimmung der Moose, für Kritik am Manuskript sowie für wertvolle Hinweise zur Flora und Vegetation der Oberrheinaue. Ein Großteil der Untersuchungen im Salmengrund wurde im Auftrag des Regierungspräsidiums Karlsruhe (LIFE-Projekt „Lebendige Rheinauen bei Karlsruhe“) und der LUBW („Untersuchung der Diasporenbanken in vier Gewässern der Rheinaue“) durchgeführt.

#### Literatur

- ABERNETHY, V. J., WILLBY, N. J. (1999): Changes along a disturbance gradient in the density and composition of propagule banks in floodplain aquatic habitats. – *Plant Ecol.* **140**: 177-190.
- ANONYMUS (2005): Action plan for *Tolypella prolifera*. [www.ukbap.org.uk/UKPlans.aspx?ID=610](http://www.ukbap.org.uk/UKPlans.aspx?ID=610)
- BONIS, A. & GRILLAS, P. (2002): Deposition, germination and spatio-temporal patterns of charophyte propagule banks: a review. – *Aquatic Botany* **72**: 235-248.
- BORNETTE G, AMOROS, C. & LAMOUROUX, N. (1998): Aquatic plant diversity in riverine wetlands: the role of connectivity. – *Freshwater Biol.* **39**: 267-283.
- BREUNIG, T. et al. - Institut Für Botanik Und Landschaftskunde (2010): LIFE-Projekt „Lebendige Rheinauen bei Karlsruhe“. Floristische und vegetationskundliche Erhebungen und Effizienzkontrollen von landschaftspflegerischen, forstlichen und wasserbaulichen Maßnahmen. – Abschlußbericht. Unveröff. Gutachten im Auftrag des RP Karlsruhe. 171 S.
- BUTTLER, K.-P. & HARMS, K. (1998): Florenliste von Baden-Württemberg, Liste der Farn- und Samenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta). – *Naturschutz-Praxis, Artenschutz* **1**: 486 S., Karlsruhe.

- FRAHM, J. P. (2000): Führer zu bryologischen Exkursionen in der Umgebung von Bonn. Die Teichbodenflora der Teiche in der Westerwälder Seenplatte. – Bryologische Rundbriefe **41**: 1-2.
- FRAHM, J. P., FREY, W. & DÖRING, J. (2004): Moosflora. – 4. Auflage. Ulmer, Stuttgart.
- FRITZ, R. & TREMP, H. (1997): Submerse Makrophyten der südbadischen Oberrheinauen – Verbreitung, Ökologie, Bioindikation. – Abschlussbericht des Forschungsvorhabens O.-Nr. U. 22-95.04 im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg.
- FRITZ, R., STROHMAYER, S., TREMP, H. & KOHLER, A. (1997): Submerse Makrophyten der südbadischen Oberrheinaue. Verbreitung, Ökologie und Bioindikation. – Deutsche Gesellschaft für Limnologie. Tagungsbericht 1996, Bd.2: 465 - 469.
- GRIME, J. P., HODGSON, J. G. & HUNT, R. (1988): Comparative Plant Ecology. A Functional Approach to Common British Species. – Pp. ix + 742 pp. Unwin Hyman, London.
- HAMMERSCHLAG, R. S. (2004): Five Years of Monitoring -Reconstructed Freshwater Tidal Wetlands in the Urban Anacostia River (2000-2004). Final Report. – USGS Patuxent Wildlife Research Center, University of Maryland, Department of Biological Resources Engineering, 102 pp.
- HENRY, C. P., AMOROS, C. & BORNETTE, G. (1996): Species traits and recolonization processes after flood disturbances in riverine macrophyte communities. – Vegetatio **122**: 13–27.
- KOCH, M., BERNHARDT, K.-G., WEBHOFER, J. & KRIECHBAUM, M. (2005): Alte Teichlandschaft im österreichischen Waldviertel: Vegetation und Diasporenpotential des Schönauer Teiches bei Zwettl. – Botanische Jahrbücher für Systematik Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie, **126**(1): 133-147.
- KOHLER, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. – Landschaft + Stadt **10**: 73-85.
- KOHLER, A. & MEYER, U. (1986): Experimentelle Untersuchungen zur Autökologie von *Groenlandia densa*. – Arch. Hydrobiol. **106**: 525-540.
- KRAUSE, W. (1971): Die makrophytische Wasservegetation der südlichen Oberrheinaue – Die Äschenregion. – Arch. Hydrobiol. Suppl., **37**: 387-465.
- KRAUSE, W. (1981): Characeen als Bioindikatoren für den Gewässerzustand. – Limnologica **13**: 399-418, Berlin
- KRAUSE, W. (1997): Charales (Charophyceae). In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H., Mollenhauer, D. (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa **18**: 202 S., G. Fischer, Jena/Stuttgart/Lübeck/Ulm.
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (2003): Handbuch zur Erstellung von Pflege- und Entwicklungsplänen für die NATURA-2000-Gebiete in Baden-Württemberg.
- LAUTERBORN, R. (1910): Die Vegetation des Oberrheins. – Verh. Naturhist. Ver. Heidelberg N.F. **10**: 450-502.
- Oberrheinagentur (1996): Rahmenkonzept des Landes Baden-Württemberg zur Umsetzung des Integrierten Rheinprogramms. – Materialien zum Integrierten Rheinprogramm, Bd. 7.
- PHILIPPI, G. (1969): Laichkraut- und Wasserlinsengesellschaften des Oberrheingebietes zwischen Straßburg und Mannheim. – Veröff. Landesstelle Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. **37**: 102-172.
- PHILIPPI, G. (1978a): Die Vegetation des Altrheingebiets bei Rußheim. In: Der Rußheimer Altrhein, eine nordbadische Auenlandschaft. Natur- u. Landschaftsschutzgebiete Bad.-Württ. **10**: 103-267.
- PHILIPPI, G. (1978b): Veränderung der Wasser- und Uferflora im badischen Oberrheingebiet. – Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. **11**: 99-134.
- PHILIPPI, G. (1980): Die Vegetation des Altrheins Bodensee bei Karlsruhe. – Beitr. Naturk. Forsch. Südwestdeutschland **39**: 71-114.
- PHILIPPI, G. (1990): Azollaceae. In: Sebal, O., Seybold, S., Philippi, G., Wörz, A. (Hrsg.): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs, Bd. 1. Ulmer, Stuttgart.
- POSCHLOD, P., BÖHRINGER, J., FENNEL, S., PRUME, C. & TIEKÖTTER, A. (1999): Aspekte der Biologie und Ökologie von Arten der Zwergbinsenfluren – Mitt. Bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz **17**: 219-260.
- Regierungspräsidium Karlsruhe, Ref. 53.1 (2007): Beschreibung der LIFE-Maßnahme „NSG „Altrhein Neuburgweier“: Salmengrund/Bellenkopf. unveröff. Datenblatt.
- SCHIEL, F.-J. & HUNGER, H. (2001): Ökologische Untersuchungen zu geplanten Sanierungsmaßnahmen am Altwasser „Südlich des Salmengrundes/Bellenkopf (N02)“. – Unveröffentlichtes Gutachten, 30 S., Sasbach.
- SCHÜTZ, W. (1992): Ökologie, Struktur und Verbreitung der Fließwasserflora Oberschwabens und der Schwäbischen Alb. Dissertationes Botanicae **192**: 1-195.
- SCHÜTZ, W. (2000): Ecology of seed dormancy and germination in sedges (*Carex*). Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics **3**: 67-89.
- SCHÜTZ, W. (2007): Neue Fundorte – Bestätigungen – Verluste Nr. 469 - 471. – Ber. Bot. Arbeitsgem. Südwestdeutschland **4**: 118-119.
- SCHÜTZ, W. (2008a): Untersuchung der Diasporenbanken in vier Gewässern der Rheinaue – Ableitung grundsätzlicher Schlußfolgerungen für künftige Renaturierungsmaßnahmen. – Abschlußbericht, Auftraggeber: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. 92 S.
- SCHÜTZ, W. (2008b): Diasporenbanken von Gewässern – Ihre Bedeutung im Naturschutz. LUBW, Fachdienst Naturschutz. – Naturschutzinfo **2**: 45-53.
- SCHÜTZ, W., ADLMÜLLER, M. & POSCHLOD, P. (2008): Vegetation und Diasporenbank in Gewässern der Oberrheinaue. DGL-Jahrestagung 2008 Konstanz. – Erweiterte Zusammenfassungen: 313 - 317.
- SCHÜTZ, W., ADLMÜLLER, M. & POSCHLOD, P. (2010): Diasporenbank und Vegetation des Eggensteiner Altrheins. – Ber. Bot. Arbeitsgem. Südwestdeutschland **6**: 23-30.

- SEDERIAS, J. & COLMAN, B. (2007): The interaction of light and low temperature on breaking the dormancy of *Chara vulgaris* oospores. – *Aquatic Botany* **87**: 329-234.
- TER HEERDT, G. N. J., VERWEIJ, G. L., BEKKER, R. M. & BAKKER, J. P. (1996): An improved method for seed bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. – *Funct. Ecol.* **10**: 144-151.
- TRÉMOLIÈRES, M. (2004): Plant response strategies to stress and disturbance: the case of aquatic plants. – *J. Biosci.* **29**: 461-470.
- VAN GEEST, G. J. (2005): Macrophyte succession in floodplain lakes. PhD-thesis, University of Wageningen.
- VAN GEEST, G.J., ROOZEN, F.C.J.M., COOPS, H., ROIJACKERS, R.M.M., BUIJSE, A.D., PEETERS, E.T.H.M., & SCHEFFER, M. (2003): Vegetation abundance in lowland flood plain lakes determined by surface area, age and connectivity. – *Freshwater Biol.* **48**: 440-454.
- VAN GEEST, G. J., WOLTERS, H., ROOSEN, F. C. J. M., COOPS, H., ROIJACKERS, R. M. M., BUIJSE, A. D. & SCHEFFER, M. (2005): Water-level fluctuations affect macrophyte richness in floodplain lakes. – *Hydrobiologia* **539**: 239-248.
- VOGT, K. & JENSEN, K. (2001): Untersuchungen zur hydrochoren Ausbreitung von Diasporen im oberen Eidertal. – *Kieler Notizen für Pflanzenkunde in SH u. HH* **29**: 91-95.
- WALD & CORBE, Ingenieurbüro (2006): EU-LIFE-Projekt „Lebendige Rheinauen bei Karlsruhe“, Maßnahme RH1/C1 Salmengrund. Unveröff. Bericht an das RP Karlsruhe. 11 S.



Das Altwasser „Salmengrund“ (Abschnitt 2) bei hohem Wasserstand (oben) und bei Niedrigwasser (unten). Die Furt (unten) im Vordergrund wurde 2008 gebaut.



Der südliche Teil des Altwassers „Salmengrund“ (Abschnitt 1) nach der im Winter 2008/09 erfolgten Umgestaltung.



Bestand des Glänzenden Laichkrauts (*Potamogeton lucens*) im nördlichen Teil des Altwassers.