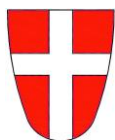


AUFTRAGGEBER:



MAGISTRAT DER STADT WIEN
MAGISTRATSABTEILUNG 45 – WIENER GEWÄSSER



PROJEKT:

EU-LIFE+ Urban Lake Alte Donau

PLANINHALT:

BEWIRTSCHAFTUNGSPLAN MAKROPHYTEN

zur Förderung der Artenvielfalt der Makrophyten und zur Erhöhung der Stabilität der aquatischen Vegetation

ERSTELLT:

DEZEMBER 2015

MASSSTAB:

–

MAGISTRATSABTEILUNG 45

REFERENT/-IN:

DI G. Nagel

GRUPPENLEITER:

OSTBR DI A. Straka

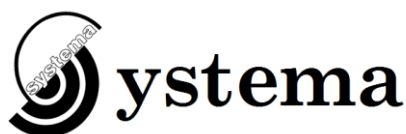
ABTEILUNGSLEITER:

SR DI G. Loew

EINGELANGT AM:

IND.:	DATUM:	ÄNDERUNG:	BEARBEITER/-IN:

VERFASSER/-IN:



Bio- und Management Consulting GmbH

Bensasteig 8, 1140 Wien
Tel.: 01/419 90 90, Fax: DW 19
e-mail: office@systema.at

GRÖSSE:

A4

PARIE:

PROJEKTNUMMER:

EINLAGENUMMER:



MIT UNTERSTÜTZUNG DER EUROPÄISCHEN UNION

EU-LIFE+ Urban Lake Alte Donau
LIFE 12 ENV/AT/000128

Impressum:

Auftraggeber:

Magistrat der Stadt Wien

Magistratsabteilung 45 – Wiener Gewässer

Wilhelminenstraße 93 – 1160 Wien

e-mail: post@ma45.wien.gv.at

www.gewaesser.wien.at

Auftragnehmer:

Systema Bio- und Management Consulting GmbH

Bensasteig 8 – 1140 Wien

e-mail: office@systema.at

www.systema.at

Verfasser:

Mag. Dr. Karin Pall

DI Dr. Veronika Mayerhofer

Mag. Stefan Mayerhofer

Mitarbeiter:

DI (FH) Gregor Hoheneder

Mag. Irene Teubner MSc

Sascha Pall

Inhaltsverzeichnis

Auftraggeber:	2
1. AUFGABENSTELLUNG	5
2. BEDEUTUNG DER MAKROPHYTENVEGETATION IN FLACHSEEN	7
3. DIE MAKROPHYTENVEGETATION DER ALTEN DONAU	9
4. ZIELDEFINITION FÜR DEN MAKROPHYTENBESTAND DER ALTEN DONAU	12
4.1. Ökologische Ziele.....	12
4.2. Naturschutzfachliche Ziele	12
4.3. Gesellschaftspolitische Ziele.....	13
4.4. Ökonomische Ziele	13
4.5. Leitbild für die Makrophytenvegetation der Alten Donau	13
5. EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE MAKROPHYTENVEGETATION DER ALTEN DONAU	16
5.1. Allgemeine Übersicht	16
5.2. Gewässermorphologie	17
5.3. Wasserqualität	18
5.4. Sediment	24
5.5. Mähbetrieb	25
5.6. Erholungsbetrieb	28
5.7. Fischbestand.....	29
5.8. Wasservogelbestand.....	30
5.9. Klimawandel.....	31
6. ÖKOLOGISCHE ANSPRÜCHE DER MAKROPHYTEN	32
6.1. Derzeit dominante Vegetation: Ähren-Tausendblatt.....	32
6.2. Dominante Vegetation im Leitbild: Characeen	40
7. ENTWICKLUNGSSZENARIEN MAKROPHYTENBESTAND	42
7.1. „Monokultur“ des Tausendblatts	42
7.2. Algendominanz	43
7.3. Artenreiche hochwüchsige Vegetation.....	43
7.4. Characeendominanz	44
7.5. Zusammenfassung Entwicklungsszenarien	44
8. MAßNAHMEN ZUR ERREICHUNG DES ZIELZUSTANDES	46
8.1. Absenkung	46
8.2. Mähmanagement	47
8.3. Bepflanzungsmaßnahmen	50
8.4. Fischereiliches Management	52
9. MANAGEMENTPLAN	53
9.1. Status Quo	53

9.2.	Maßnahmen zur Erreichung der ökologischen Ziele	53
9.3.	Maßnahmen zur Erreichung naturschutzfachlicher Ziele	57
9.4.	Maßnahmen zur Erreichung gesellschaftspolitischer Ziele	59
9.5.	Maßnahmen zur Erreichung ökonomischer Ziele	59
10.	LITERATUR	63

1. AUFGABENSTELLUNG

Die Alte Donau in Wien zählt mit einer Fläche von ca. 160 ha zu den größten, inmitten urbanen Gebiets gelegenen Seen Europas. Entsprechend hoch ist der Nutzungsdruck durch Erholungssuchende und durch den Badebetrieb. Durch ein integratives Gewässermanagement als Instrument einer innovativen und zeitgemäßen Umweltpolitik sollen die Herstellung und Erhaltung des „guten ökologischen Zustands“ (im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie) und die Sicherung einer guten Badewasserqualität gewährleistet werden. Die Umsetzung dieses „Integrativen Gewässermanagements Alte Donau“ ist das zentrale Ziel des LIFE-Projektes. Es ist ein systematischer Prozess für die nachhaltige Entwicklung, Verteilung und Überwachung der Nutzung der Ressource Wasser, als auch des Lebensraums Gewässer im sozialen, wirtschaftlichen und umweltpolitischen Kontext.

Alle Maßnahmen, die zur Herstellung und Erhaltung des guten ökologischen Zustandes notwendig sind, werden so optimiert, dass sie die Empfindlichkeit des Ökosystems gegen Störfälle und Einflüsse des Klimawandels reduzieren und die Einleitung von raschen und kostengünstigen Gegenmaßnahmen ermöglichen. Außerdem werden Bewirtschaftungsmaßnahmen für die Freizeit- und Erholungsnutzung integriert, die es den Wienerinnen und Wienern ermöglichen, die Alte Donau weiterhin nachhaltig zu nutzen.

Wesentliche Bestandteile des **Integrativen Gewässermanagements** für die Alte Donau sind:

- Wasserhaushaltsmanagement
- Biozönosemanagement
- Naturraummanagement
- Erholungsraummanagement
- Kommunikations- und Informationsmanagement
- Risikomanagement

Ein wichtiger Aspekt des Integrativen Gewässermanagements der Alten Donau sind somit auch die **Bewirtschaftungsmaßnahmen der Biozönose**. Dabei werden aus den unterschiedlichen gewässerspezifischen Fachbereichen Maßnahmen identifiziert, die den guten ökologischen Zustand der Alten Donau herstellen und diesen sowie die Badewasserqualität langfristig erhalten sollen. Darüber hinaus sollen diese Maßnahmen dabei helfen, das Gewässer widerstandsfähiger gegen die Auswirkungen des Klimawandels und anthropogener Einflüsse zu machen.

Von zentraler Bedeutung ist hierbei die **Makrophytenvegetation**. Nur ausreichend dichte Bestände können in einem urbanen Flachgewässer, wie der Alten Donau, eine gute Wasserqualität gewährleisten. Damit das Gewässer gleichzeitig aber auch einen „guten ökologischen Zustand“ erreicht, ist zusätzlich erforderlich, dass sich die vorhandene Vegetation aus einer ausreichenden Anzahl an typspezifischen Arten in ausgewogener Mengenzusammensetzung rekrutiert. Nur so kann auch von einer langfristigen Stabilität der Makrophytenvegetation und damit einer dauerhaften Sicherung der Gewässerqualität ausgegangen werden.

Im Hinblick auf den Freizeit- und Erholungsbetrieb rückt ein weiterer Aspekt in den Fokus des Interesses: Eine weitestgehend uneingeschränkte Nutzbarkeit der Alten Donau ist ohne aufwändiges Mähmanagement nur dann zu erreichen, wenn niederwüchsige und nicht hochwüchsige Arten im Gewässer deutlich dominieren.

Mit der vorliegenden Studie sollte ein vorausschauender Bewirtschaftungsplan zur Förderung der Artenvielfalt der Makrophyten und zur Erhöhung der Stabilität der aquatischen Vegetation in der Alten Donau erarbeitet werden, der neben ökologischen auch naturschutzfachliche, gesellschaftspolitische und ökonomische Zielsetzungen berücksichtigt.

2. BEDEUTUNG DER MAKROPHYTENVEGETATION IN FLACHSEEN

Flachseen, wie die Alte Donau, zeichnen sich durch eine geringe durchschnittliche Wassertiefe (JEPPESEN et al., 1990) und meist polymiktische Bedingungen (RIEDMÜLLER et al., 2013) aus. Aufgrund der geringen Tiefe dieser Gewässer ist prinzipiell ein flächendeckender Bewuchs mit aquatischen Makrophyten möglich.

Dichte und Zusammensetzung der Makrophytenvegetation werden dabei natürlicherweise vornehmlich durch folgende Faktoren bestimmt (vgl. WIEGLEB, 1978, MELZER, 1994):

- Biogeographische Gegebenheiten
- Geologie und Höhenlage
- Wasserhärte / Alkalinität / pH-Wert
- Salinität
- Trophie
- Substrat

Aquatische Makrophyten sind makroskopisch erkennbare krautige Pflanzen, die im Wasser oder im unmittelbaren Einflussbereich des Gewässers leben. Sie rekrutieren sich aus verschiedenen taxonomischen Gruppen (vgl. PALL & MAYERHOFER, 2015):

- Charophyta (Armluchteralgen)
- Bryophyta (Moose)
- Pteridophyta (Gefäßsporenpflanzen)
- Spermatophyta (Samenpflanzen)

Je nach Lebensraum bilden sie weiters unterschiedliche Lebens- und Wuchsformen aus:

- Hydrophyten („echte“ Wasserpflanzen), darunter
 - Submerse Rhizophyten (untergetauchte, wurzelnde Pflanzen)
 - Benthopleustophyten (dem Gewässerboden aufliegende, wurzellose Pflanzen)
 - Mesopleustophyten (frei im Wasserkörper flottierende Pflanzen)
 - Acropleustophyten (frei auf der Wasseroberfläche schwimmende Pflanzen)
 - Schwimmblattpflanzen (im Boden wurzelnde Pflanzen, die Schwimmblätter ausbilden)
- Amphiphyten (Pflanzen, die sowohl im Wasser als auch zeitweise im Trockenen am Land leben können)
- Helophyten (Röhrichtpflanzen im weiteren Sinne).

Submerse Makrophyten (submerse Rhizophyten, Benthopleustophyten und Mesopleustophyten) sind ein prägendes Element des Lebensraumes Flachsee. Die positiven Effekte und die ökologischen Auswirkungen einer adäquaten Makrophytenvegetation können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Makrophyten fungieren als wichtige Strukturgeber für die Besiedlung mit tierischen Organismen (Zooplankton, Makroinvertebraten, Fische).
- Durch den Fraßdruck vor allem des Zooplanktons werden die Phytoplanktondichten und damit die Wassertrübung gering gehalten.
- Sie sind Laichsubstrat und Unterstand für viele Fischarten (PERSSON & CROWDER, 1998).
- Die Struktur der Makrophytenbestände ist von entscheidender Bedeutung für die Biodiversität und Produktivität der Fische (VAN DER ZANDEN et al., 2011).
- Ein dichter Makrophytenbestand verhindert die Resuspension von Sedimenten durch Wind- und Wellen sowie bodenwühlende Fische (MADSEN & WARNCKE, 1983; BARKO et al., 1991). Hierdurch werden Klarwasserverhältnisse stabilisiert.
- Wasserpflanzenbestände dienen als Schwebstofffalle (VAN DEN BERG et al., 1998), was ebenfalls zur Stabilisierung von Klarwasserverhältnissen beiträgt.
- Wasserpflanzen entziehen dem Wasserkörper und dem Sediment Nährstoffe (BARKO & SMART, 1981; BARKO et al., 1988) und kontrollieren daher als direkte Nahrungskonkurrenten der Algen deren Wachstum (KUFEL & OZIMEK, 1994; VAN DONK & GULATI, 1995; SONDERGAARD & MOSS, 1998).
- Auch das auf den Wasserpflanzen aufwachsende Periphyton kann wesentlich zur Konkurrenz um Nährstoffe beitragen (BLINDOW 1987; WETZEL & SONDERGAARD, 1998).
- Durch die Wurzeln der Wasserpflanzen gelangt Sauerstoff ins Sediment (SMITZ et al., 1990; SCHUETTE et al., 1994), was zu einer verbesserten Kopplung von Nitrifikation und Denitrifikation führt (IZUMI et al., 1980; RISGAARD-PETERSON & JENSEN, 1997).
- Oxidationsprozesse im Wurzelbereich von Wasserpflanzen begünstigen durch Erhöhung des Redoxpotentials (LASKOV et al., 2006) die Rückhaltung von Nährstoffen im Sediment, die somit den Planktonalgen nicht mehr zur Verfügung stehen. Insbesondere wird die Rücklösung von Phosphor erschwert (CARPENTER et al., 1983; LEWANDOWSKI, 2002).
- Einige Makrophytenarten können das Wachstum planktischer Algen weiters durch allelopathische Effekte hemmen (GROSS et al., 2007; HILT & GROSS, 2008).

Makrophytenreiche Flachgewässer mit mäßiger Nährstoffbelastung sind daher zumeist durch klares Wasser (geringe Produktion planktischer Algen) und, bei typgerechter und artenreicher Vegetation, auch durch eine hohe ökologische Stabilität charakterisiert. Voraussetzung für die genannten positiven Aspekte ist allerdings, dass die aquatische Vegetation in ausreichender Dichte und in adäquater Zusammensetzung vorhanden ist.

3. DIE MAKROPHYTENVEGETATION DER ALTEN DONAU

Die Alte Donau ist aus einem ehemaligen Flussarm der Donau entstanden, der im Zuge der großen Donauregulierung in den 1870er Jahren vom Hauptarm abgetrennt wurde. Heute bildet sie aus limnologischer Sicht einen Flachsee. Im Laufe der Jahrzehnte haben sich im Gewässer ausgedehnte, artenreiche Makrophytenbestände etabliert, die in etwa den oben beschriebenen, zu erwartenden Vegetationsverhältnissen (dichte, artenreiche Makrophytenbestände mit einem hohen Anteil an Characeen) entsprachen und bis in die 1980er Jahre Bestand hatten (LÖFFLER et al., 1988). In den 1990er Jahren kam es dann zu einem eutrophierungsbedingten Zusammenbruch nahezu der gesamten Makrophytenvegetation. Die Folge waren massive Algenblüten, die ein unästhetisches Erscheinungsbild des Gewässers nach sich zogen (DOKULIL et al., 1994).

Durch zahlreiche von der Stadt Wien gesetzte Sanierungsmaßnahmen (vgl. DOKULIL et al., 1997) konnte sich nach dem Vegetationszusammenbruch in den 1990er Jahren wieder ein ausgedehnter Makrophytenbestand in der Alten Donau etablieren. Den Verlauf der Biomasseentwicklung zeigt Abb. 1.

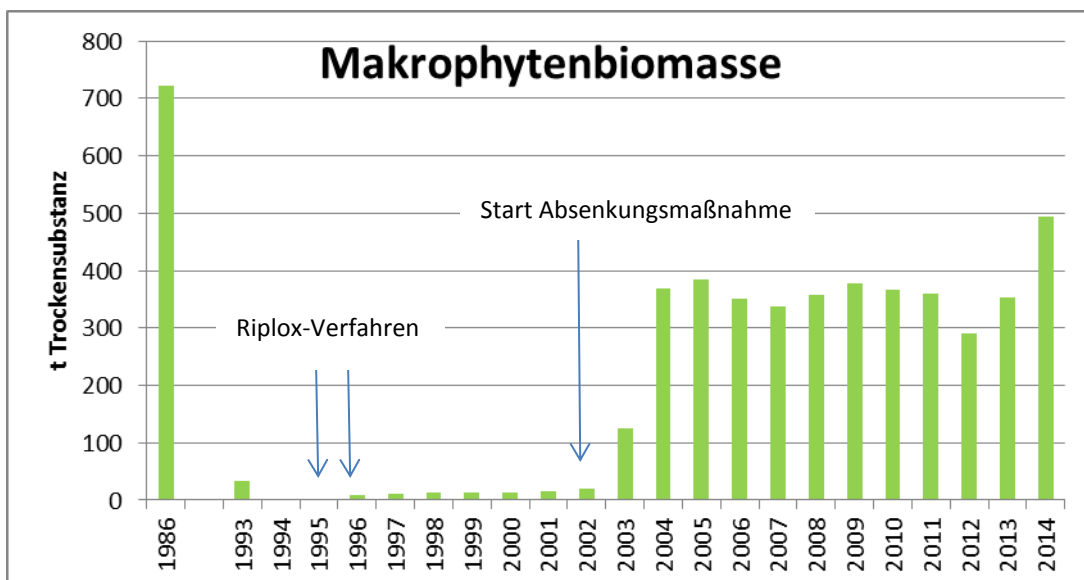


Abb. 1: Makrophytenbiomasse der Alten Donau (in t Trockensubstanz) von 1993 bis 2014 im Vergleich mit 1986).

Deutliche Anstiege der Makrophytenbiomasse gab es zunächst jeweils nur in Zusammenhang mit im Gewässer gesetzten Maßnahmen. Mit der in den Jahren 1995 und 1996 durchgeführten RIPLOX-Behandlung (vgl. DOKULIL et al., 1994; MA45 – Technischer Bericht, 1995; RIPL & WOLTER, 1995; RIPL et al., 1997) gelang es in erster Linie, das Trophieniveau deutlich zu senken (DOKULIL et al., 1997 bis 2001). Durch die verminderte Nährstoffverfügbarkeit reduzierte sich das Algenwachstum, was sich wiederum in einer Erhöhung der Wassertransparenz äußerte. Die Makrophyten konnten diese Gegebenheiten offensichtlich nutzen, und die Biomasse nahm 1996 um das 26-fache auf ca. 10 t Trockensubstanz zu. Die Biomassezunahmen in den Folgejahren ohne Maßnahmen waren allerdings wieder weitaus geringer und zeigten eine abnehmende

Tendenz. Bis 2001 war die in der Alten Donau vorhandene Makrophytenbiomasse lediglich auf 15 t Trockensubstanz angestiegen.

Erst im Jahr 2002, in dem erstmals die Wasserspiegelabsenkung der Alten Donau als Probetrieb geführt wurde, konnte wieder eine deutliche Biomassezunahme um 33 % auf ca. 20 t Trockensubstanz registriert werden. Zu einer weitaus stärkeren Zunahme kam es dann 2003, im 2. Versuchsjahr der Wasserspiegelabsenkung. Die Makrophytenbiomasse hatte sich gegenüber dem Vorjahr etwa versechsfacht und auf 124 t Trockensubstanz zugenommen. Seither waren die relativen jährlichen Zunahmen leicht rückläufig. Bis zum Sommer 2004 fand immerhin noch etwa eine Verdreifachung der Biomasse auf 369 t Trockensubstanz statt. Nur mehr gering fiel die Biomassezunahme dann im Jahr 2005 aus. Zu diesem Zeitpunkt wurden 384 t Trockensubstanz in der Alten Donau registriert, was einem Plus von lediglich etwa 4 % gegenüber dem Sommerwert des Vorjahres entsprach.

Bis 2013 lagen die Biomassewerte dann im Wesentlichen zwischen 300 und 400 t Trockensubstanz. Die Biomasse schwankte somit um den im Absenkungsprojekt festgelegten Zielwert von 350 t Trockensubstanz. Dieser Wert war festgelegt worden, da sich im Rahmen des laufenden Monitoringprogramms gezeigt hatte, dass diese Biomasse offensichtlich ausreichend ist, um eine gute Wasserqualität in der Alten Donau zu gewährleisten. Dennoch war damit erst etwa die Hälfte jener Biomasse vorhanden, die in den 1980er Jahren ermittelt wurde. Dies lag hauptsächlich daran, dass einige Bereiche im Gewässer nach wie vor keinen Makrophytenbewuchs aufwiesen. Durch eine Neubesiedlung bislang makrophytenfreier Gewässerabschnitte gab es 2014 dann wieder eine deutliche Zunahme auf nunmehr fast 500 t Trockensubstanz.

Nach dem fast völligem Zusammenbruch der Makrophytenvegetation in der Alten Donau im Jahr 1995 war neben einer generellen Gewässersanierung das vorrangige Managementziel eine Forcierung der Wiederansiedlung untergetauchter Pflanzenbestände. Ein ausreichend dichter Wasserpflanzenbestand war zum Erreichen und ist zum Erhalt einer guten Wasserqualität in der Alten Donau unbedingt erforderlich.

Im Zuge der Gewässersanierung konnte sich in der Alten Donau nicht nur eine ansehnliche Biomasse wieder etablieren, sondern auch eine stattliche Artenanzahl. In den letzten ca. 15 Jahren wurden regelmäßig zwischen 25 und 30 Hydrophytenarten nachgewiesen. Besonders erfreulich hierbei ist, dass sich hierunter auch zahlreiche aus naturschutzfachlicher Sicht interessante Arten befinden. Abb. 2 zeigt die Verbreitung von gemäß der Wiener Naturschutzverordnung geschützten Arten in der Alten Donau. Hieraus ist ersichtlich, dass sich Vorkommen solcher Arten vornehmlich in der Unteren Alten Donau etablieren konnten.

Insgesamt kam es allerdings zu einer deutlichen Dominanz nur einer einzigen Art (*Myriophyllum spicatum*). Diese stellt derzeit mehr als 90% der insgesamt vorhandenen Pflanzenmenge. Dies entspricht nicht dem ökologischen Leitbild für das Gewässer. In Bezug auf die Makrophytenvegetation wird daher aktuell auch noch kein „guter ökologischer Zustand“ nach Wasserrahmenrichtlinie erreicht.

Problematisch ist vor allem auch der Aspekt, dass das Ähren-Tausendblatt in der Alten Donau seit nunmehr ca. 10 Jahren quasi eine Monokultur bildet. Solche Systeme weisen generell nur eine geringe Resilienz gegenüber allfälligen Störungen auf. Die Widerstandskraft der Bestände nimmt zudem mit zunehmendem Alter ab.

Der derzeitige Makrophytenbestand in der Alten Donau entspricht auch nicht den Zielvorstellungen für ein urbanes Gewässer, welches vorrangig zur Erholungsnutzung zur Verfügung stehen soll. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei der dominierenden Spezies *Myriophyllum spicatum* um eine hochwüchsige Makrophytenart handelt, muss derzeit zur Aufrechterhaltung der Nutzbarkeit für den Erholungsbetrieb ein aufwändiges Mähmanagement betrieben werden.

Somit ist der derzeitige Makrophytenbestand der Alten Donau mit der Dominanz nur einer einzigen, und zwar einer hochwüchsigen, Art sowohl aus ökologischer wie auch aus gesellschaftspolitischer und ökonomischer Sicht ungünstig. Als Ziel der Bewirtschaftungsmaßnahmen für die Alte Donau muss daher aktuell neben einer generellen Förderung des Makrophytenwachstums vor allem auch die Steuerung der Artenzusammensetzung forciert werden.

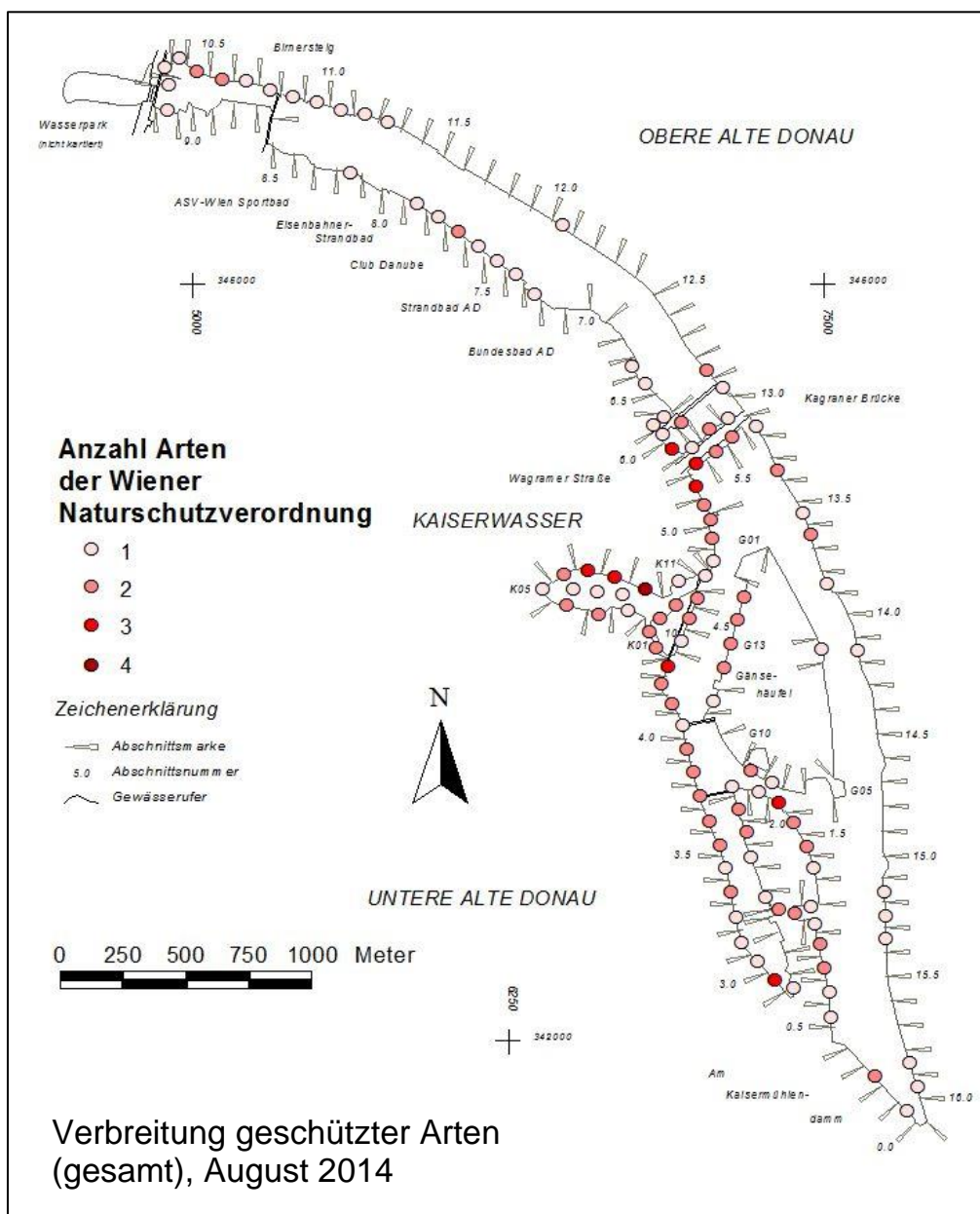


Abb. 2: Anzahl gem. Wiener Naturschutzverordnung geschützter Arten in den einzelnen Kartierungsabschnitten der Alten Donau.

4. ZIELDEFINITION FÜR DEN MAKROPHYTENBESTAND DER ALTEN DONAU

Der aquatische Lebensraum Alte Donau soll langfristig erhalten und gefördert werden. Betreffend die Makrophytenvegetation sind hier neben rein ökologischen auch naturschutzfachliche, gesellschaftspolitische und ökonomische Ziele zu berücksichtigen.

4.1. Ökologische Ziele

Folgende ökologische Ziele werden angestrebt:

- Herstellung des „guten Zustands“ gemäß Wasserrahmen-Richtlinie (WRRL) bzw. eines dem ökologischen Leitbild im Sinne der WRRL entsprechenden Makrophytenbestands
 - Makrophytenvegetation eines oligo- bis mesotrophen, kalkreichen und grundwasserbeeinflussten Flachsees
 - Flächendeckende, dichte und artenreiche Pflanzenbestände
 - Dominanz von Characeen, daneben auch Bestände anderer Arten, vor allem diverser Laichkrautarten
- Herstellung eines stabilen Bestands submerser Makrophyten durch
 - Ausdehnung des Makrophytenbestands auf das gesamte Gewässer
 - Erhöhung der Artenvielfalt
 - Zurückdrängung des dominanten Ähren-Tausendblatts
- Erhalt wertvoller Vegetationsstrukturen für andere Organismen (Makrozoobenthos, Fische, Vögel etc.) durch
 - Anlage bzw. Ausweisung von Schutzzonen
 - Klare Trennung von Natur- und Erholungszonen
 - Gezielte Information der Bevölkerung über die positiven Auswirkungen von submersen Makrophyten auf das Ökosystem Flachsee.

4.2. Naturschutzfachliche Ziele

Folgende naturschutzfachliche Ziele werden angestrebt:

- Herstellung und Erhalt wertvoller Lebensraumtypen im Sinne der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL). In der Alten Donau betrifft dies vor allem
 - LRT 3140: Oligo- bis mesotrophe kalkhaltige Stillgewässer mit benthischer Vegetation aus Armelechteralgen
- Sicherung des Fortbestands von aus naturschutzfachlicher Sicht wertvollen aquatischen Pflanzenarten und Lebensraumtypen durch
 - Anlage bzw. Ausweisung von Schutzzonen

4.3. Gesellschaftspolitische Ziele

Folgende gesellschaftspolitische Ziele werden angestrebt:

- Sicherung einer ansprechenden Wasserqualität durch
 - Etablierung und Erhalt eines ausreichend dichten Makrophytenbestands
- Verbesserung der Nutzbarkeit für den Erholungsbetrieb
 - Herbeiführung einer Umschichtung im Arteninventar in Richtung einer Dominanz niederwüchsiger Arten und Reduktion der hochwüchsigen Vegetation

4.4. Ökonomische Ziele

Folgende ökonomische Ziele werden angestrebt:

- Langfristig: Reduzierung des Aufwands zur Pflege des Makrophytenbestands durch
 - Herstellung eines ökologisch stabilen Makrophytenbewuchses
- Reduzierung des Aufwands (Mähbetrieb) zur Aufrechterhaltung der Nutzbarkeit für den Erholungsbetrieb
 - Herbeiführung einer Umschichtung im Arteninventar in Richtung einer Dominanz niederwüchsiger Arten und Reduktion der hochwüchsigen Vegetation

4.5. Leitbild für die Makrophytenvegetation der Alten Donau

Die anzustrebende Vegetationsdichte und Artenzusammensetzung ist aus **ökologischer Sicht** vor allem abhängig vom vegetationskundlichen Flachseentyp. Für die Alte Donau wäre hier jedenfalls ein dichter, artenreicher Makrophytenbestand mit insgesamt ausgewogener Mengenzusammensetzung, jedoch Dominanz der als typspezifisch zu betrachtenden Characeen anzustreben.

Aus **naturschutzfachlicher Sicht** sind ebenfalls eine hohe Vegetationsdichte und eine hohe Artenvielfalt erstrebenswert. Gefördert bzw. erhalten werden sollten dabei vor allem gefährdete bzw. geschützte Arten. Auch aus naturschutzfachlicher Sicht ist eine ausgewogene Mengenzusammensetzung der typspezifischen Arten anzustreben. Besonderes Augenmerk gilt hier der Förderung bzw. dem Erhalt des LRT 3140, der oligo- bis mesotrophen kalkhaltigen Stillgewässer mit benthischer Vegetation aus Armelechteralgen.

Gesellschaftspolitisch ist die vorhandene Vegetationsdichte unerheblich, insofern genügend Makrophyten vorhanden sind, um eine gute Wasserqualität sicherzustellen und niederwüchsige Arten dominieren – also die aquatischen Pflanzenbestände nicht störend wirken. Ein großes Artenspektrum wird sich – insofern entsprechend vermittelt – positiv auf die Wahrnehmung des Gewässerzustands der Alten Donau in der Öffentlichkeit auswirken. Bezüglich Vegetationszusammensetzung bzw. Dominanzverhältnisse ist eine Dominanz niederwüchsiger Arten wesentlich. Dies können Characeen, aber auch andere niederwüchsige Spezies sein.

Aus **ökonomischer Sicht** ist wichtig, dass sowohl der Pflegeaufwand zum Erhalt der vorhandenen Vegetation als auch die erforderlichen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Nutzbarkeit für den Erholungsbetrieb möglichst gering sind.

Eine Zusammenstellung der Ziele ist Tab 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Zusammenstellung der Ziele für den Makrophytenbestand der Alten Donau.

Ziele	Vegetationsdichte	Artenspektrum	Vegetationszusammensetzung, Dominanzverhältnisse
Ökologisch	Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ gem. WRRL		
	Hoch, da typspezifischer Referenzzustand	Hohe Vielfalt typspezifischer Arten	Ausgewogene Mengenzusammensetzung der typspezifischen Arten mit Dominanz der typspezifischen Characeen
Naturschutz	Hoch, da große Mengen an potentiell schützenswerter Vegetation	Hohe Vielfalt typspezifischer, vor allem geschützter und/oder gefährdeter Arten	Ausgewogene Mengenzusammensetzung der typspezifischen Arten, Dominanz der typspezifischen Characeen, Förderung und Erhalt des FFH-LRT 3140 (Characeen)
Gesellschafts-politisch	Unerheblich, solange niederwüchsige Arten dominieren	Hohe Vielfalt typspezifischer Arten wird, entsprechend vermittelt, positiv wahrgenommen	Dominanz der typspezifischen Characeenvegetation bewirkt klares Wasser, keine Störung des Bade- und Bootsbetriebes. Selbiges wird durch eine Dominanz anderer niederwüchsiger Arten erreicht.
Ökonomisch	Hoch, zur Sicherung eines makrophyten-dominierten statt eines plankton-dominierten Zustands	Hohe Vielfalt typspezifischer Arten sichert stabile Verhältnisse und somit geringen Pflegeaufwand	Dominanz der typspezifischen Characeenvegetation bewirkt geringen Aufwand zur Sicherung der Nutzbarkeit für den Erholungsbetrieb. Selbiges wird durch eine Dominanz anderer niederwüchsiger Arten erreicht.
Resumé	Hoch	Hohe Vielfalt typspezifischer Arten	Ausgewogene Mengenzusammensetzung der typspezifischen Arten mit Dominanz der typspezifischen Characeen und anderer niederwüchsiger Arten

Prinzipiell können auch dichte Bestände hochwüchsiger Arten eine gute Wasserqualität in der Alten Donau sichern. Dichte Bestände hochwüchsiger Arten werden aber dann zum Problem, wenn, wie im Falle der Alten Donau, das Gewässer für den Bade- und Erholungsbetrieb genutzt werden soll. Es ist daher hier bei der Erstellung des Leitbildes die aktuelle und die angestrebte Nutzung des Gewässers jedenfalls mit einzubeziehen.

Ziel ist es, eine Besiedlungsdichte und Pflanzenbiomasse herzustellen, die im Flachsee Alte Donau die positiven Ökosystemfunktionen leistet und gleichzeitig kein Hindernis für den Erholungsbetrieb darstellt. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Zielvorstellungen sind jedenfalls eine hohe Vegetationsdichte und eine hohe Vielfalt typspezifischer Arten anzustreben. Die Mengenzusammensetzung dieser Arten sollte ausgewogen sein, wobei eine Dominanz niederwüchsiger Arten, vor allem Characeen, anzustreben ist.

Dieser Zustand kann nur durch eine Umschichtung im Arteninventar in Richtung einer Dominanz niederwüchsiger Vegetation (vor allem Characeen) und Reduktion der hochwüchsigen Vegetation erreicht werden.

5. EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE MAKROPHYTENVEGETATION DER ALTEN DONAU

5.1. Allgemeine Übersicht

Die wesentlichen Einflussfaktoren auf den Makrophytenbestand (Vegetationsdichte und Artenbestand) der Alten Donau sind

- Gewässermorphologie
- Wasserqualität
 - Nährstoffgehalt
 - Transparenz
- Sedimentqualität
 - Struktur
 - Nährstoffgehalte
- Mähbetrieb
 - Umfang (Anteil der Mähfläche an der Gesamtfläche der Alten Donau)
 - Schnitttiefe
 - Mähintervalle
- Erholungsbetrieb
 - Wellenaufkommen durch Boote
 - Mechanische Schädigung durch Badende
 - Einträge durch Badende
- Fischbestand
 - Fraßdruck
 - Schädigung durch Wühltätigkeit im Sediment
 - Nährstoffeinträge durch Anfüttern
- Wasservogelbestand
 - Fraßdruck
 - Nährstoffeintrag durch Exkremente
 - Nährstoffeinträge durch Fütterung
- Witterungsverlauf
- Klimawandel

5.2. Gewässermorphologie

Die Alte Donau weist eine Fläche von ca. 160 ha auf. Die mittlere Tiefe liegt bei ca. 2,6 m und die maximale Tiefe wird im Birner Loch mit 6,8 m erreicht. Das Seevolumen beträgt ca. 4 Mio. m³. Abbildung 3 zeigt eine Tiefenkarte der Alten Donau mit den Isobathen.

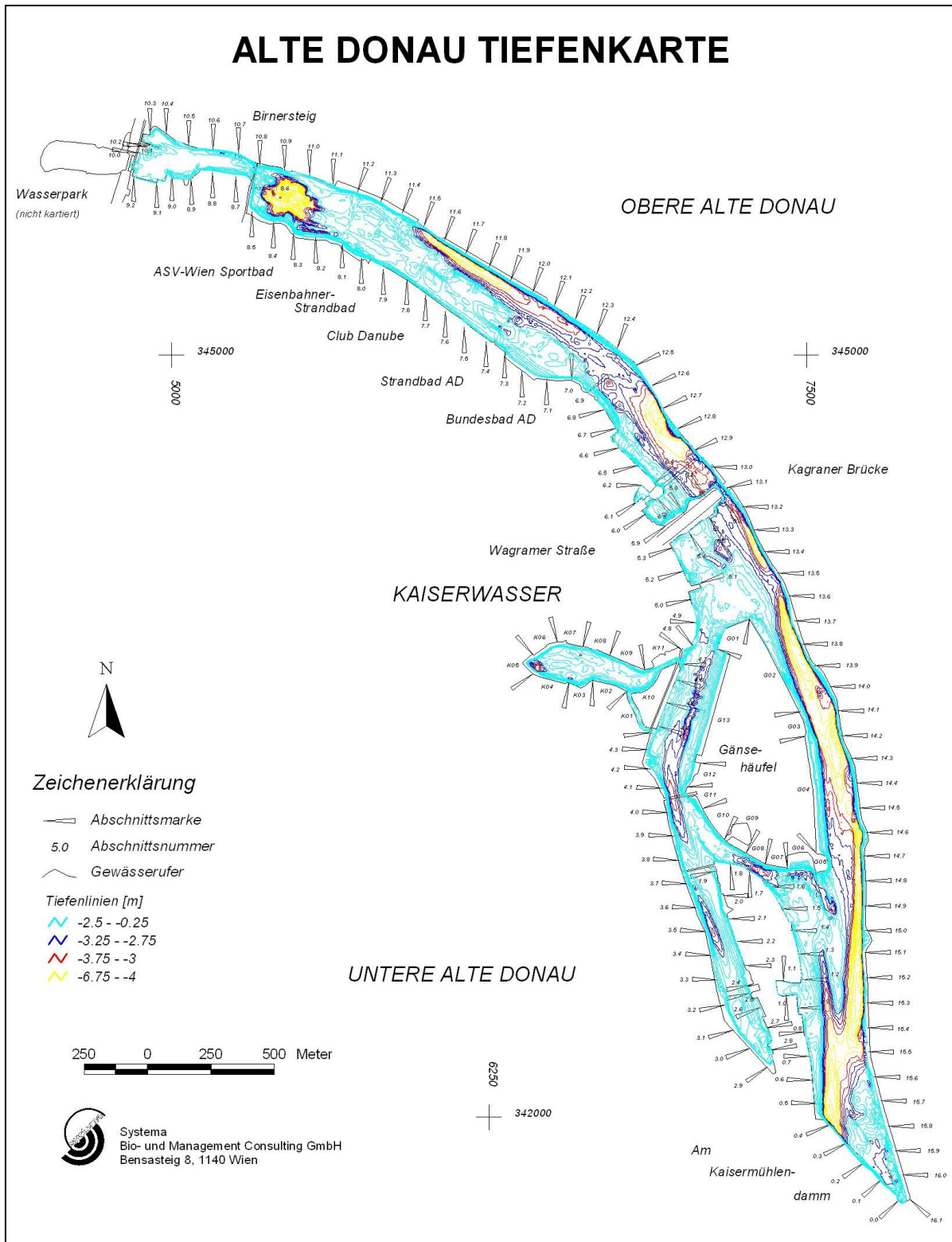


Abb. 3: Tiefenkarte der Alten Donau.

5.3. Wasserqualität

Für die Ausprägung der Makrophytenvegetation sind insbesondere die Nährstoffkonzentrationen, und hierbei vor allem die Konzentrationen der pflanzenverfügbaren Phosphor- und Stickstoffverbindungen, wesentlich. Da Stickstoff in Oberflächengewässern meist in ausreichender Menge vorhanden ist, kommt als Minimumfaktor insbesondere Phosphor eine wichtige Bedeutung für das Pflanzenwachstum zu. Direkt genutzt werden für das pflanzliche Wachstum kann an Phosphorverbindungen ausschließlich das Orthophosphat, welches weitgehend dem „gelösten reaktiven Phosphor“ (SRP) entspricht. An Stickstoffverbindungen können von Makrophyten vor allem Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+) verwertet werden. Da im Gewässer laufend Stoffumsetzungen stattfinden, sind bezüglich Phosphor und Stickstoff aber auch die Gesamtmengen bzw. –konzentrationen „Gesamtphosphor“ (TP) und „Gesamtstickstoff“ (TN) wesentliche Kenngrößen.

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen die Entwicklung von TP und SRP in der Alten Donau seit 2002. Werte gemäß Messungen der DWS-GmbH im Auftrag der MA45 – Wiener Gewässer.

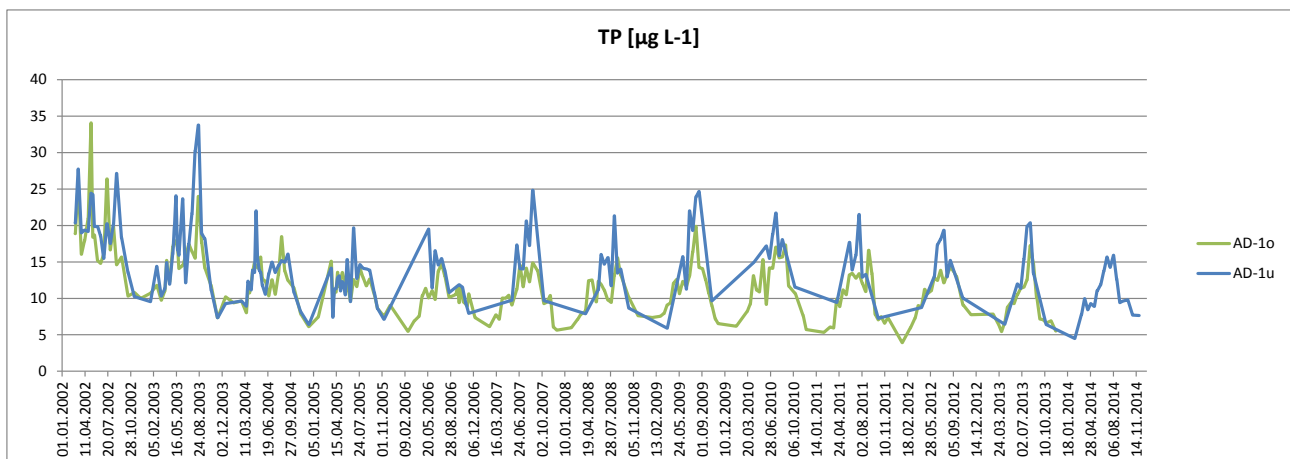


Abb. 4: Langzeitentwicklung der Gesamtposphorkonzentrationen an Probestelle 1 (vor dem Ruderclub Pirat) in der Unteren Alten Donau, an der Oberfläche in ca. 0,2m Tiefe (AD 1o) und in der Tiefe bzw. knapp über dem Gewässergrund (AD 1u) von 2002 bis 2014. (Für die Probestelle AD 1u gab es in den letzten Jahren nur wenige Untersuchungstermine und diese im Wesentlichen nur im Sommer. Die Werte vom Ende der einen und dem Beginn der nächsten Untersuchungsperiode wurden für eine vereinfachte Darstellung jeweils durch Linien verbunden.)

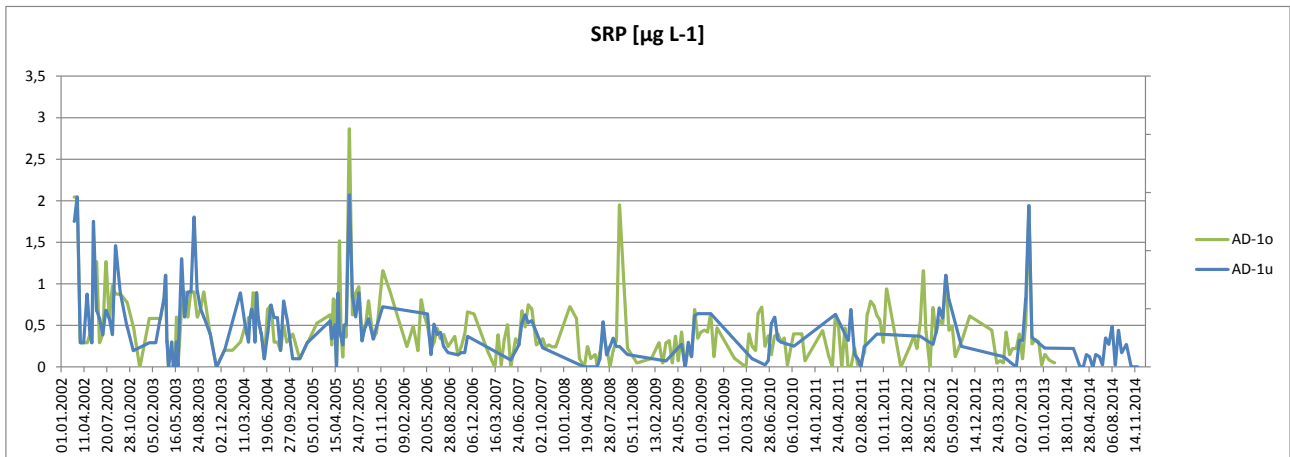


Abb. 5: Langzeitentwicklung von gelöstem, reaktivem Phosphor an Probestelle 1 (vor dem Ruderclub Pirat) in der Unteren Alten Donau, an der Oberfläche in ca. 0,2m Tiefe (AD 1o) und in der Tiefe bzw. knapp über dem Gewässergrund (AD 1u) von 2002 bis 2014.

Die Gehalte an Totalphosphor (TP) schwankten an der Probestelle 1 (Pirat) in der Unteren Alten Donau im betrachteten Zeitraum zwischen 3,9 und 34 µg/l und lagen im Mittel bei ca. 12 bis 14 µg/l. Dies entspricht nach FORSBERG & RYDING (1980) jedenfalls oligotrophen Verhältnissen, im Grenzbereich zu mesotroph. Über den gesamten Zeitraum ist bezüglich der TP-Konzentrationen ein Abwärtstrend zu beobachten. Einen solchen lassen auch die SRP-Konzentrationen erkennen. Die Werte lagen im gesamten Betrachtungszeitraum zwischen der Nachweisgrenze (1 µg/l) und etwa 2 µg/l und damit sehr niedrig. Dies belegt den nährstoffarmen Charakter der Alten Donau und lässt hier auch auf Phosphor als Minimumfaktor schließen.

Stickstoff zählt wie Phosphor zu den Makronährelementen, wird aber für Makrophyten nur selten wachstumslimitierend. Auch die Total-Stickstoffkonzentration gibt Aufschluss über Nährstoffgehalt eines Gewässers (Abb. 6). Wie bereits erwähnt können an den Stickstoffverbindungen von Makrophyten vor allem Nitrat (NO₃⁻) und Ammonium (NH₄⁺) verwertet werden. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die Konzentrationen dieser Pflanzennährstoffe von 2002 bis 2014.

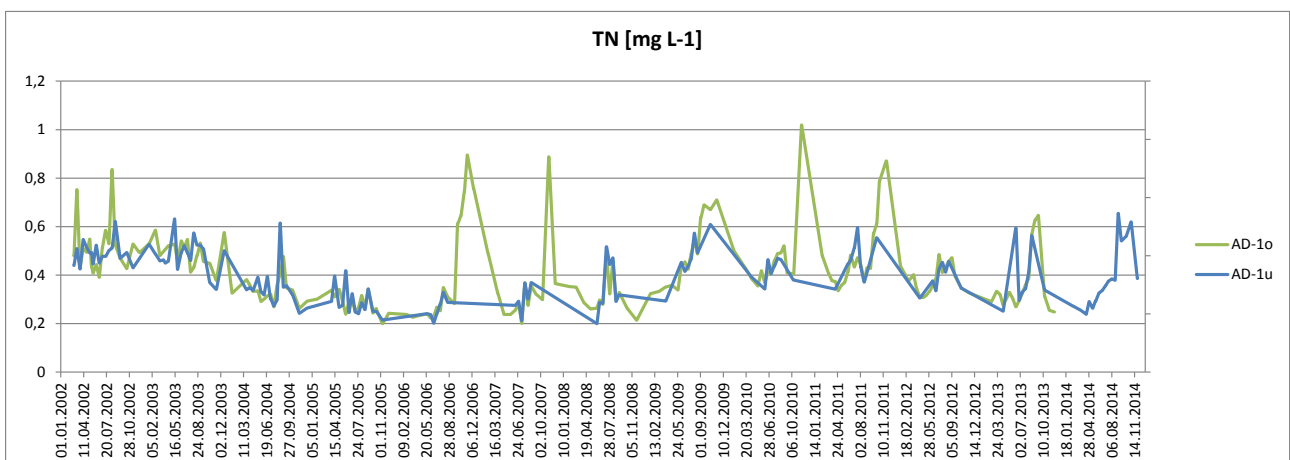


Abb. 6: Langzeitentwicklung von Totalstickstoff an Probestelle 1 (vor dem Ruderclub Pirat) in der Unteren Alten Donau, an der Oberfläche in ca. 0,2m Tiefe (AD 1o) und in der Tiefe bzw. knapp über dem Gewässergrund (AD 1u) von 2002 bis 2014.

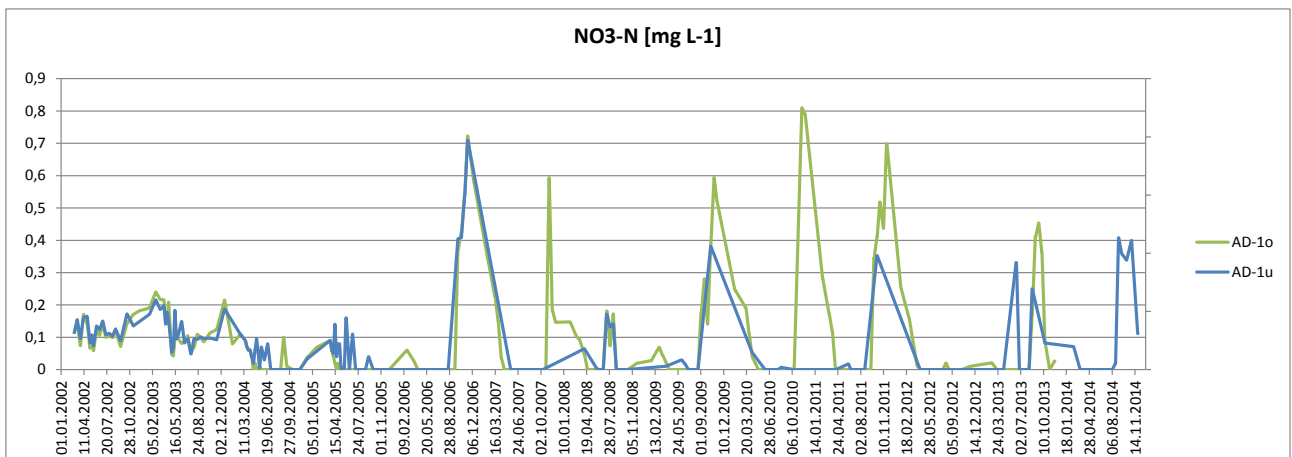


Abb. 7: Langzeitentwicklung von Nitrat an Probestelle 1 (vor dem Ruderclub Pirat) in der Unteren Alten Donau, an der Oberfläche in ca. 0,2m Tiefe (AD 1o) und in der Tiefe bzw. knapp über dem Gewässergrund (AD 1u) von 2002 bis 2014.

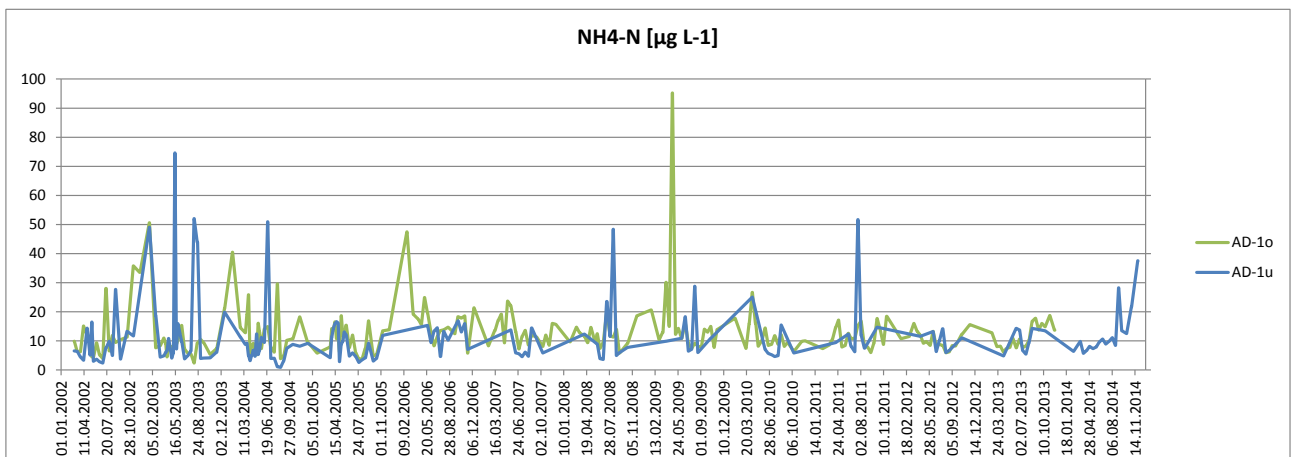


Abb. 8: Langzeitentwicklung von Ammonium an Probestelle 1 (vor dem Ruderclub Pirat) in der Unteren Alten Donau, an der Oberfläche in ca. 0,2m Tiefe (AD 1o) und in der Tiefe bzw. knapp über dem Gewässergrund (AD 1u) von 2002 bis 2014.

Die Totalstickstoff-Konzentrationen lagen an der betrachteten Probestelle in der Unteren Alten Donau im Beobachtungszeitraum zwischen ca. 0,1 und 2 mg/l. Im Mittel betragen sie ca. 0,4 mg/l, was gemäß FORSBERG & RYDING (1980) einem oligo- bis mesotrophen Gewässerzustand entspricht. Die Nitrat-N-Konzentrationen waren im Beobachtungszeitraum überwiegend nur sehr niedrig (<0,1 mg/l). Die beobachteten Maxima stehen hauptsächlich mit den temporären Wassertausch-Maßnahmen mit dem nitratreicheren Wasser der Neuen Donau in Verbindung. Auch die Ammonium-N-Konzentrationen lagen niedrig, sie bewegten sich zwischen 10 und 20 µg/l.

Gemäß den Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen ist die Alte Donau als geeigneter Standort für eine oligo- bis mesotrophente Makrophytenvegetation zu sehen. Dies entspricht dem in Kapitel 4 definierten Leitbild von einem artenreichen, von Characeen dominierten Pflanzenbestand.

Neben den Phosphor- und Stickstoffverbindungen ist als dritte stoffliche Komponente die Verfügbarkeit an Kohlenstoff essentiell. Kohlenstoff kann im Wasser in verschiedenen Formen vorliegen, die mehr oder weniger gut, und von unterschiedlichen Wasserpflanzenarten

unterschiedlich gut, verwertet werden können. In welchen Anteilen und Mengen die verschiedenen Kohlenstoffverbindungen im Wasser vorliegen, hängt maßgeblich vom pH-Wert ab. Daneben spielen aber auch die Temperatur, die Herkunft des Wassers (Oberflächenwasser oder Grundwasser) und der Calcium-Gehalt des Wassers eine Rolle.

Gemäß DONABAUM et al. (2014) spielt in der Alten Donau der anorganische Kohlenstoff als wachstumslimitierender Faktor für die Planktonalgen grundsätzlich keine Rolle. Dies dürfte prinzipiell auch auf die Makrophyten zutreffen. Bei pH-Werten >8 liegt der anorganische gelöste Kohlenstoff zum Großteil als Hydrogencarbonat (HCO_3^-) vor. Dies dürfte gemäß den pH-Werten auch in der Alten Donau überwiegend der Fall sein. Abbildung 9 zeigt den langjährigen Verlauf des pH-Wertes an Probestelle 1 (Pirat) in der Unteren Alten Donau. Demnach liegt der pH-Wert in oberflächennahen Schichten nahezu ausschließlich über dem Wert von 8. Lediglich nahe des Gewässergrundes wurden regelmäßig phasenweise pH-Werte unter 8 registriert.

Alle der regelmäßig in der Alten Donau nachgewiesenen Makrophytenarten (Characeen und Höhere Pflanzen) sind in der Lage, Hydrogencarbonat (HCO_3^-) zu verwerten. Allerdings wird generell bei photoautotrophen Organismen CO_2 als Kohlenstoffquelle bevorzugt, da die Aufnahme energetisch wesentlich günstiger ist.

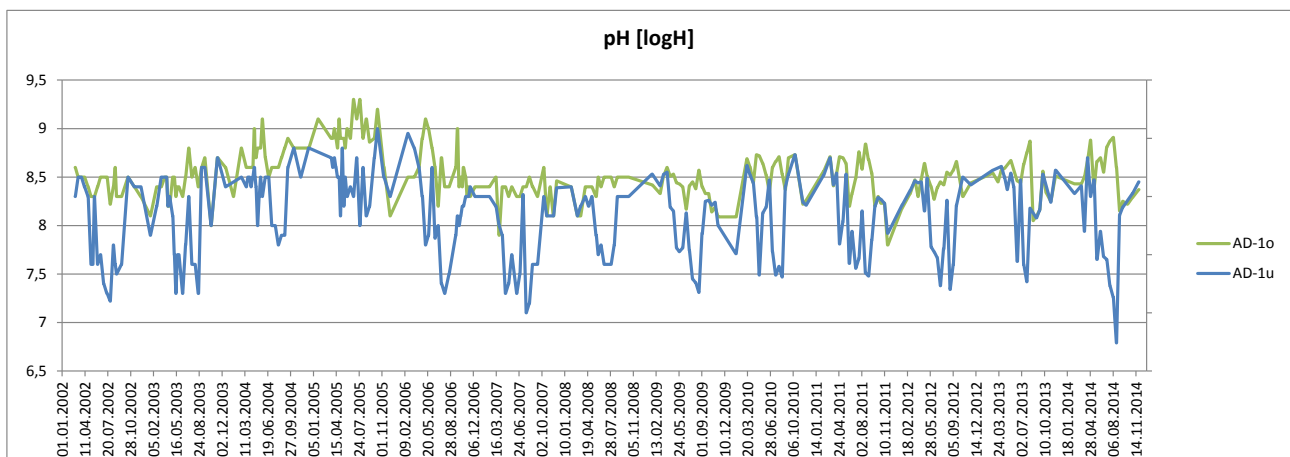


Abb. 9: Langzeitentwicklung des pH-Wertes an Probestelle 1 (vor dem Ruderclub Pirat) in der Unteren Alten Donau, an der Oberfläche in ca. 0,2m Tiefe (AD 1o) und in der Tiefe bzw. knapp über dem Gewässergrund (AD 1u) von 2002 bis 2014.

Der pH-Wert v.a. eines stehenden Gewässers wird allerdings seinerseits auch maßgeblich durch die photosynthetische Produktion beeinflusst. Eine gesteigerte Photosyntheseleistung der aquatischen Makrophyten (und auch der Planktonalgen) bewirkt bei Verwertung von Hydrogencarbonat eine Erhöhung des pH-Wertes. Dies kann v.a. in Flachgewässern zu pH-Werten von über 10 führen. Eine Steigerung der Photosyntheseleistung lässt sich somit auch an einem Anstieg, eine Reduktion der Photosyntheseleistung an einem Absinken des pH-Wertes erkennen.

Als weiterer wesentlicher Faktor für das Makrophytenwachstum ist die Lichtverfügbarkeit evident. Diese hängt zum einen von der Trübung durch anorganische Partikel (Schwebstoffe) ab, zum anderen maßgeblich von der Trübung durch das Plankton. Als Summenparameter für die Biomasse des Planktons und daher für die von diesem verursachte Trübe kann der Chlorophyll a Gehalt herangezogen werden (Abb. 10). Den Zusammenhang mit den Sichttiefen verdeutlicht Abb. 11.

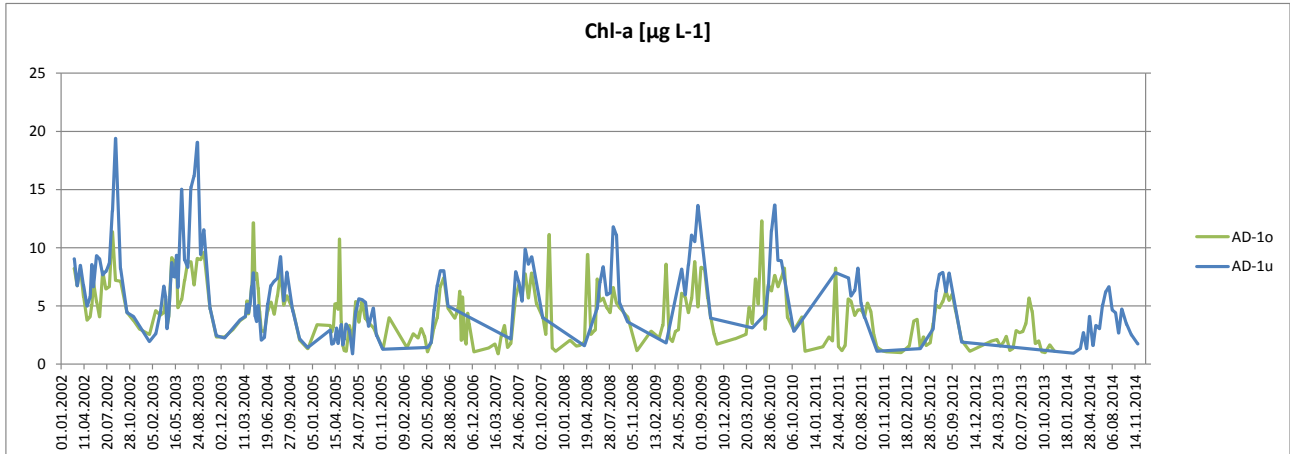


Abb. 10: Verlauf der Chlorophyll a-Konzentrationen im Zeitraum 2002 bis 2014 an Probestelle 1 (vor dem Ruderclub Pirat) in der Unteren Alten Donau, an der Oberfläche in ca. 0,2m Tiefe (AD 1o) und in der Tiefe bzw. knapp über dem Gewässergrund (AD 1u).

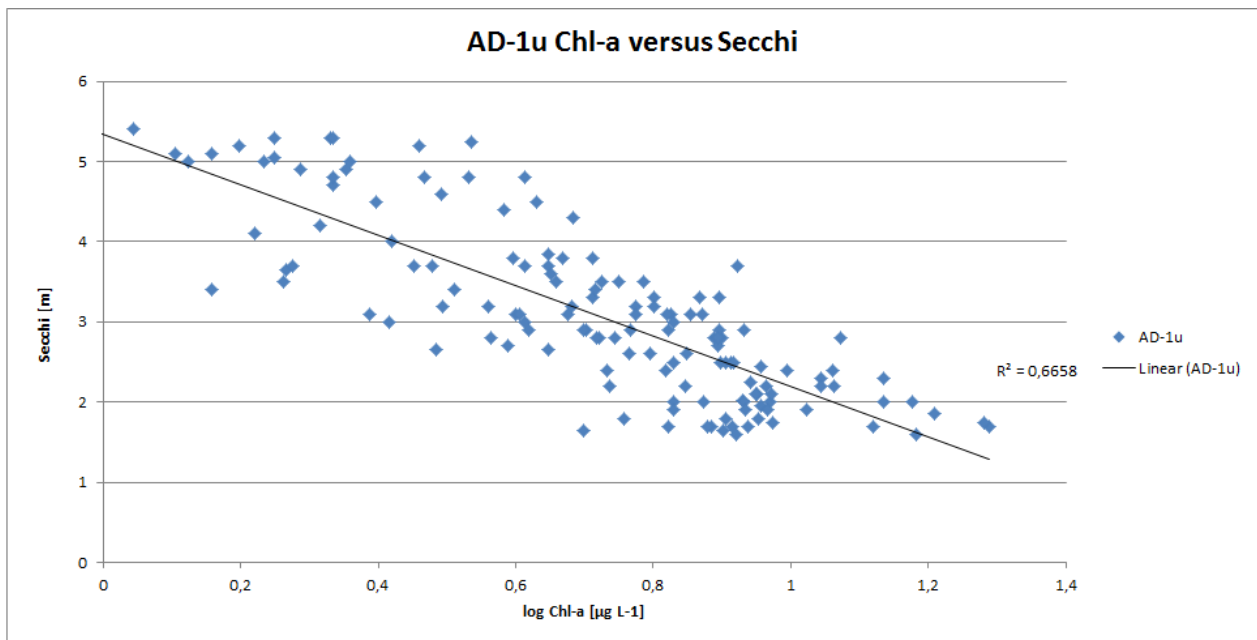


Abb. 11: Zusammenhang zwischen Chlorophyll und Sichttiefe in der Unteren Alten Donau (Messstelle AD-1).

Die Chlorophyll a-Konzentrationen unterstreichen vor allem in den letzten Jahren mit Werten zwischen ca. 2 und 7 µg/l gemäß FORSBERG & RYDING (1980) den oligo- bis mesotrophen Charakter des Gewässers.

Als Maß für die Lichtverfügbarkeit kann die Sichttiefe (Secchi-Tiefe) herangezogen werden (Abb. 12). Die Sichttiefen umspannen den Bereich von ca. 2 m bis mehr als 5 m. Die maximal mögliche Besiedlungstiefe für aquatische Makrophyten hängt maßgeblich vom verfügbaren Licht ab. Als grobes Maß für die Lage der sog. Vegetationsgrenze wird häufig der zweieinhalbfache Wert der Sichttiefe herangezogen. Auf die Alte Donau bezogen würde das heißen, dass selbst bei Sichttiefen um 2 m der Tiefenbereich bis ca. 5 m von Makrophyten besiedelbar sein sollte. Die Alte

Donau weist eine Mittlere Tiefe von 2,6 m auf, Tiefen von mehr als 5 m werden nur kleinräumig, im Bereich des „Birner Lochs“ und in der Rinne entlang des Hauptarmes der Unteren Alten Donau erreicht. Eine Licht-Limitation liegt für die Makrophytenvegetation in der Alten Donau daher im überaus größten Teil des Gewässers nicht vor.

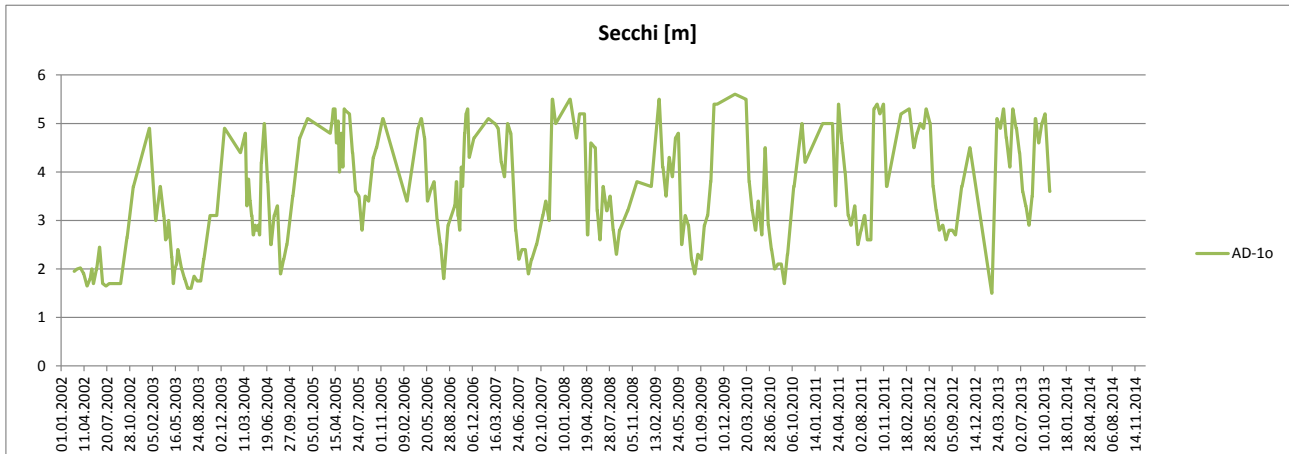


Abb. 12: Verlauf der Sichttiefen (Secchi) im Zeitraum 2002 bis 2014 an Probestelle 1 (vor dem Ruderclub Pirat) in der Unteren Alten Donau, an der Oberfläche in ca. 0,2m Tiefe (AD 1o) und in der Tiefe bzw. knapp über dem Gewässergrund (AD 1u).

Diesbezüglich waren die Verhältnisse in der Alten Donau nicht immer so. In den 1990er Jahren, nach dem eutrophierungsbedingten Zusammenbruch der Makrophytenvegetation, betrugen die Sichttiefen weniger als 1 m. Makrophytenbestände beschränkten sich nur mehr auf einen schmalen Streifen entlang des Gewässerufers, der bis ca. 2,1 m Wassertiefe reichte. Erst mit der Absenkungsmaßnahme gelang es, im Gewässer wieder großflächig solche Lichtverhältnisse am Gewässergrund herzustellen, die ein Makrophytenwachstum erlaubten. Um dieses Ziel zu erreichen genügte bei der Mittleren Wassertiefe der Alten Donau von ca. 2,6 m eine Absenkung des Wasserstands um ca. 30 bis 40 cm. Erforderlich war die Maßnahme jeweils nur zu Beginn der Vegetationsperiode im Frühjahr, da die neu ausgetriebenen Pflanzen der Wasseroberfläche entgegen wachsen und so dann über die gesamte Vegetationsperiode zu ausreichendem Lichtgenuss kommen.

5.4. Sediment

Im Zuge der Sanierung der Alten Donau in den Jahren 1995 und 1996 wurde eine chemische Behandlung nach dem RIPLIX-Verfahren (RIPL & WOLTER, 1995) durchgeführt. Durch Einbringen von Eisenchlorid wurde Phosphor aus dem Freiwasser ausgefällt und im Sediment gebunden. Die hierbei erfolgte Eisenaufstockung im Sediment sollte auch spätere Phosphor-Rücklösungen verhindern. Zur Verbesserung der Verhältnisse im Sediment wurde im Zuge der Sanierung weiteres Calciumnitrat eingebracht. Dieses sollte den Abbau des organischen Materials fördern und damit die Sauerstoffzehrung im Sediment verringern.

Es wurde von der Projektleitung (RIPL) davon ausgegangen, dass die positiven Effekte im Sediment für ca. 10 Jahre anhalten würden. Zur Überprüfung wurden von der Donabaum & Wolfram OEG im Jahr 2004 Untersuchungen des Sedimentes vorgenommen. Dies sollte vor allem dazu dienen abschätzen zu können, ob das Sediment in naher Zukunft eine potentielle Gefahrenquelle für eine erneute Eutrophierung darstellt.

Im Rahmen dieser Untersuchung (DONABAUM et al., 2004) wurden, außer im Bereich des Birner Loches, keine Anreicherungen mit organischem Material beobachtet. Die grundsätzlich geringen Werte wiesen auf eine moderate Produktivität im Gewässer und einen raschen Abbau der sedimentierten organischen Substanz hin. Der Grundchemismus des abgelagerten Materials entsprach im Typus jenem von Kalksedimenten. Bezüglich des Eisengehaltes wurden keine markanten Unterschiede zur Untersuchung vor der Sanierung festgestellt. Es wurde daher geschlussfolgert, dass die Rolle des langfristigen Phosphorpuffers in der Alten Donau eher dem Calcium und nur in geringem Ausmaß dem Eisen zukommt. Dies unterstrich auch die Tatsache, dass gegenüber den Untersuchungen vor der Sanierung erhöhte Konzentrationen an Apatitphosphor festgestellt wurden. Diese Bindungsform des Phosphors mit Calcium ist besonders unter reduzierten Verbindungen stabiler als die Absorption an Eisenhydroxid. Phosphorrücklösungsprozesse dürften daher in der Alten Donau nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die im Sediment vorgefundenen Anteile von wasserlöslichen und reduktiv löslichen Phosphaten waren nur gering.

Neben den o.a. beschriebenen Analysen wurden auch Messungen der direkt pflanzenverfügbaren Nährstoffe Orthophosphat und Ammonium im Interstitialwasser vorgenommen. Die Konzentrationen beider Verbindungen waren nur sehr niedrig und damit typisch für oligotrophe bis mesotrophe Seen. Insgesamt wurde geschlussfolgert, dass das Sediment der Alten Donau zumindest in naher Zukunft keine potentielle Gefahrenquelle für eine erneute Eutrophierung des Gewässers darstellt.

Struktur und Zusammensetzung des Sedimentes sollten hiermit jedenfalls für eine Besiedlung mit einer dem Leitbild entsprechenden Makrophytenvegetation geeignet sein. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen der bisher durchgeführten Bepflanzungsversuche mit oligo- bis mesotraphenten Pflanzenarten (vgl. PALL et al., 2007 bis 2014).

5.5. Mähbetrieb

Die Alte Donau ist, folgend auf die Sanierung, seit dem Jahr 2004 wieder durch einen dichten Bewuchs mit hochwüchsigen Wasserpflanzen geprägt. Seit dem Jahr 2006 erfolgt regelmäßig eine detaillierte d-GPS-gestützte Erhebung der Pflanzenbestände mittels Echosonde. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt seit 2008 in einer standardisierten Form. Die Entwicklung des Makrophytenbestands in der Alten Donau seit diesem Jahr ist Abbildung 13 zu entnehmen. Dargestellt sind die flächige Ausbreitung und die Abstände der Makrophytenvegetation zur Wasseroberfläche, jeweils zum Zeitpunkt des Vegetationsmaximums im August.

Den Einzelgrafiken in der Abbildung kann entnommen werden, dass die Wiederetablierung der Makrophytenbestände in der Oberen Alten Donau begann (Einzelgrafik 2008). In den Folgejahren etablierte sich die Makrophytenvegetation zunächst im Hauptarm der Unteren Alten Donau (Einzelgrafiken 2009 und 2010). 2011 war dann bereits die Hauptmasse des Makrophytenbestandes im Hauptarm der Unteren Alten Donau vertreten (Einzelgrafik 2011). Erst beginnend mit diesem Jahr fand dann auch eine merkliche Besiedlung des Rechten Arms der Unteren Alten Donau statt (Einzelgrafik 2011), die sich in den Folgejahren immer weiter nach Süden vorschob (Einzelgrafiken 2012 bis 2014). Einzig im Kaiserwasser war kein durchgehender Trend zu beobachten. Hier wechselten Besiedlungsdichte und Wuchshöhen in einzelnen Jahren deutlich. Dies dürfte vor allem auf hier vorgenommene Bauaktivitäten zurückzuführen sein, die teilweise stärkere Wassertrübungen in diesem Teilbecken verursachten.

Das Wiedererstarken der Makrophytenvegetation in der Alten Donau verlief allerdings auch in den übrigen Gewässerbecken nicht linear. In den Jahren 2011 bis 2013 waren, mit Schwerpunkt im Jahr 2012, auch Abnahmen vor allem der Wuchshöhen zu verzeichnen. Dies steht in Übereinstimmung mit den für diese Jahre ermittelten, vergleichsweise niedrigen Biomassewerten (siehe Abb. 1, Kapitel 3).

Um die Nutzbarkeit des Gewässers für den Erholungsbetrieb aufrecht erhalten zu können, werden seit ca. 10 Jahren in den Sommermonaten regelmäßig Mäharbeiten durchgeführt. Mit dem Mähmanagement sollen prinzipiell zwei Ziele erreicht werden: Zum einen ist dies eine Reduktion der Ausdehnung hochwüchsiger Pflanzenbestände auf ein für den Erholungsbetrieb (Schwimmen, Rudern, Segeln etc.) erträgliches Maß. Zum anderen soll mit den Mähmaßnahmen steuernd auf die Vegetationszusammensetzung eingewirkt werden. Die hochwüchsigen Pflanzen sollen zugunsten niederwüchsiger Arten (vor allem Characeen) zurückgedrängt werden.

Der Erfolg der Mäharbeiten wird durch Kontrollfahrten und Echosondierungen laufend überprüft und dokumentiert. Hieraus ist ersichtlich, dass es in den letzten Jahren mit Hilfe des durchgeführten Mähmanagements zwar weitestgehend gelungen ist, die hochwüchsigen Makrophyten soweit unter der Wasseroberfläche zu halten, dass es durch das Pflanzenwachstum zu keinen maßgeblichen Beeinträchtigungen für den Erholungsbetrieb gekommen ist. Es war aber auch offenkundig, dass die jeweils ausgewiesenen Mähflächen meist nur unvollständig abgearbeitet wurden. Immer wieder blieben, trotz großen Aufwands, zwischen den einzelnen „Mähspuren“ größere, ungemähte Bereiche bestehen.

Als wesentliche Verbesserung wurde daher im Rahmen des LIFE-Projekts eine neue Spezialausrüstung entwickelt (s. PALL & PALL, 2014) und 2014 erstmals auf der Alten Donau eingesetzt (PALL et al., 2015).

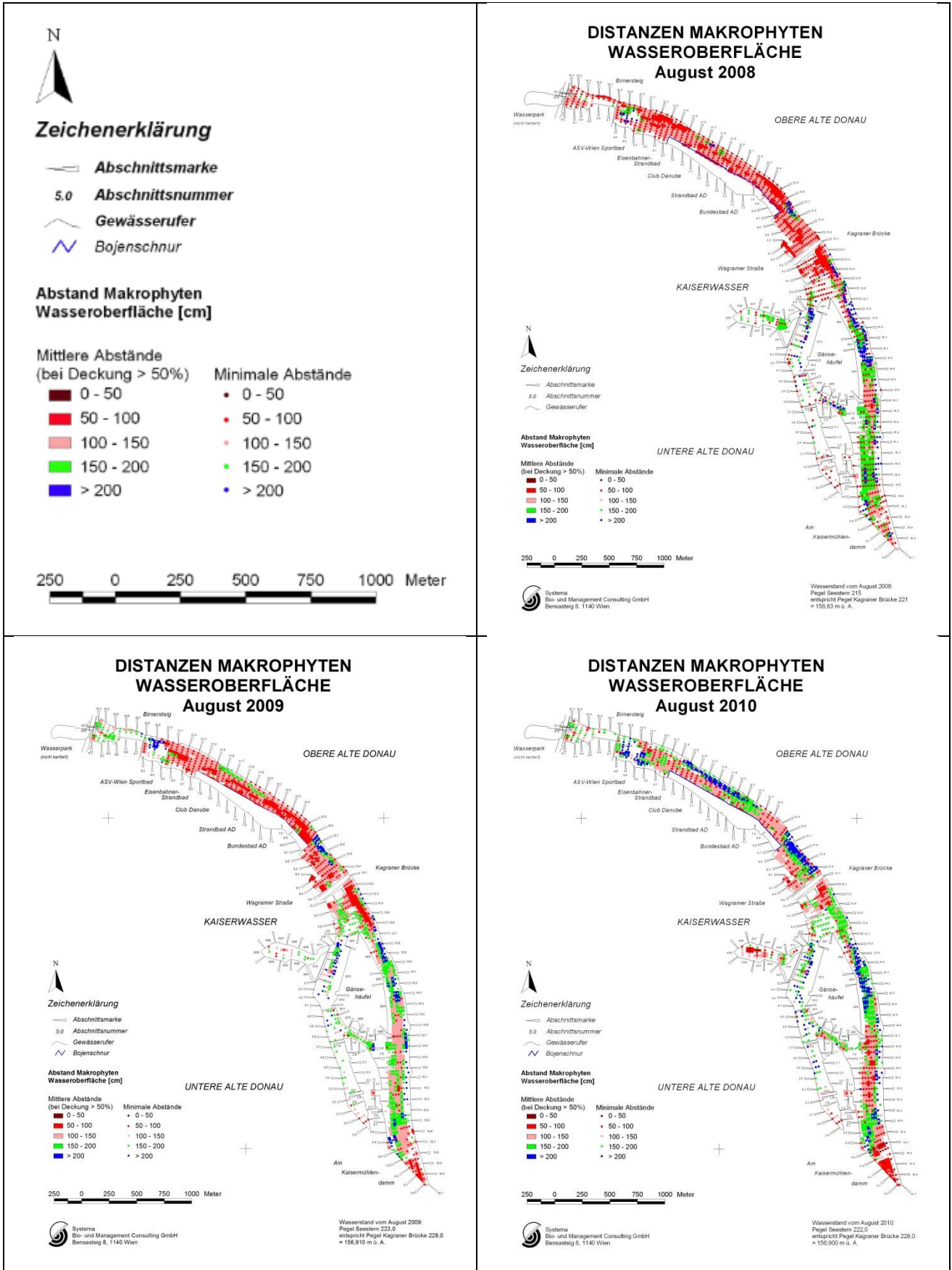


Abb. 13: Wiederetablierung der Makrophytenvegetation in der Alten Donau – Ergebnisse der Sommer-Echosondierungen im Zeitraum 2008 bis 2014, Teil 1 von 2.

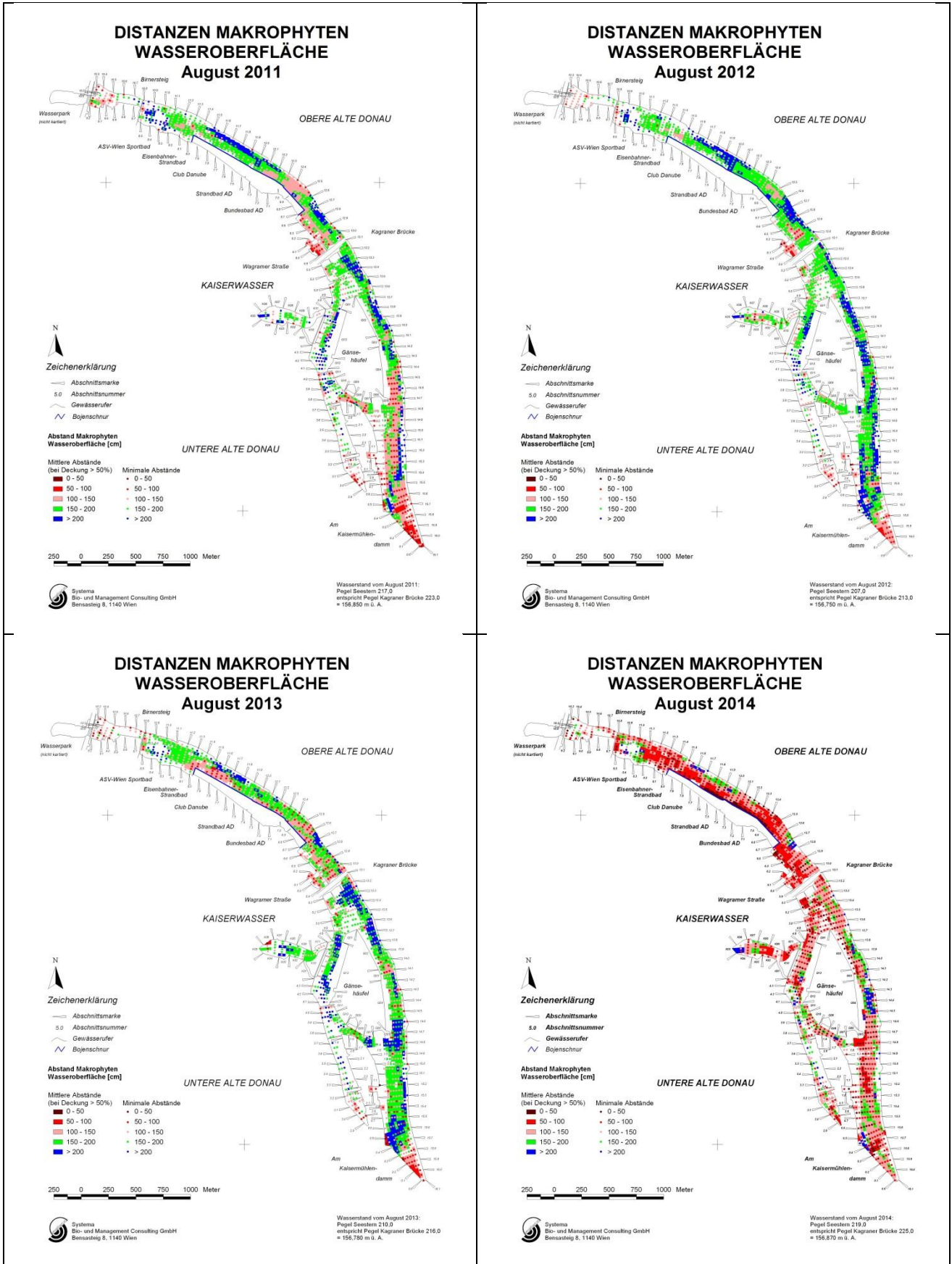


Abb. 13: Wiederetablrierung der Makrophytenvegetation in der Alten Donau – Ergebnisse der Sommer-Echosondierungen im Zeitraum 2008 bis 2014, Teil 2 von 2.

5.6. Erholungsbetrieb

Die Alte Donau stellt ein attraktives Badegewässer dar. Im direkten Umkreis (ein Kilometer) wohnen ca. 30.000 Menschen, wobei diese Zahl angesichts der steten Bautätigkeit entlang des Gewässers ständig in Zunahme begriffen ist. Insgesamt werden pro Jahr zwischen 700.000 und einer Million Badegäste an der Alten Donau gezählt (MA45, <https://www.wien.at/umwelt/wasserbau/gewaesser/alte-donau/daten-fakten.html>)

Als direkte Auswirkungen dieses umfangreichen Erholungsbetriebes können auch diverse Einflussfaktoren auf den Makrophytenbestand im Gewässer abgeleitet werden. Am deutlichsten sind derartige Auswirkungen beispielsweise in den Bädern zu erkennen. Infolge des regen Badebetriebes kommt es zumindest bis in eine Wassertiefe von 1,5 m zu massiven Trittschäden am Gewässergrund, was in weiterer Folge meist ein gänzlichliches Fehlen des Makrophytenbestandes zur Folge hat.

Zudem führt die Badenutzung auch zu einer Anreicherung von Nährstoffen im Gewässer. Dabei handelt es sich vor allem um organische Substanzen, die jeder Badegast an das Gewässer abgibt (CARLSON & HÄSSELBARTH, 1972, HERSCHMAN, 1980). Vor allem der Eintrag von Harnstoff ist in diesem Zusammenhang erwähnenswert. Pro Badegast ist nach STOTTMEISTER & VOIGT (2006) mit einem Gesamteintrag von 2,5 g Harnstoff zu rechnen, wobei dieser zu 60 % auf Körperschweiß, zu 32 % auf Urin und zu 8 % auf die Abwaschung von der Haut zurück zu führen ist. Insgesamt ergibt sich somit bei jährlich 700.000 bis eine Million Badegästen ein Harnstoffeintrag von 1,75 bis 2,5 t. Obwohl viele mobile WC-Anlagen die Alte Donau säumen und auch in den Bädern WC-Anlagen zur Verfügung stehen, kann allein beim Urineintrag gemäß GUNKEL & JESSEN (1986) mit 30 bis 160 ml pro Schwimmer gerechnet werden. Die DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR DAS BADEWESEN (<http://www.baederportal.com/aktuelles/details/urin-in-badebecken-1435153680/>) schätzt die bewusste oder unbewusste Ausscheidung pro Badegast auf ca. 50 ml Urin. Hochgerechnet auf die 700.000 bis eine Million Badegäste pro Jahr kommt dies, bei 50 ml pro Schwimmer, einem jährlichen Eintrag von 35.000 bis 50.000 l Urin in die gesamte Alte Donau gleich. Bezogen auf das Gesamtvolumen der Alten Donau entspricht dies einem Anteil von rund 0,001 %.

Hinsichtlich des Erholungsbetriebs kann sich auch der Bootsverkehr erheblich auf die Makrophytenvegetation auswirken. In einigen größeren Seen Österreichs kann aufgrund der starken Wellenbewegung durch den Motorbootverkehr und die Personenschiffahrt besonders im Flachbereich eine Beeinträchtigung der submersen Vegetation beobachtet werden. Aufgrund der unterschiedlichen Toleranz der Wasserpflanzen gegenüber Zug- und Scherkräften kann es nach SCHNEIDER (2004) zu einer Verschiebung der Artenzusammensetzung kommen. Die negativen Auswirkungen der Wellenbewegung verstärken sich zudem mit zunehmendem Verbauungsgrad. Dies ist besonders deutlich z.B. am Wolfgangsee zu beobachten (PALL et al., 2013). Trotz der in großer Anzahl vorhandenen Bootsvermieter auf der Alten Donau, kann derzeit keine Beeinträchtigung der Makrophytenbestände durch den Bootsverkehr festgestellt werden. Bei den verkehrenden Booten handelt es sich vorwiegend um Elektro- oder Segelboote, welche kaum größere Wellen erzeugen. Lediglich wenige Boote wie z.B. die Arbeitsboote der Polizei und der MA45 sind gegenwärtig in der Lage, Makrophyten beeinträchtigende Wellen zu erzeugen. Bei der Zulassung von weiteren Booten auf der Alten Donau, z.B. solchen mit stärkeren Elektromotoren, sollte der Aspekt des hierdurch möglicherweise verstärkten Wellenaufkommens jedenfalls unbedingt berücksichtigt werden.

5.7. Fischbestand

In der Alten Donau wurde im Jahr 2013 eine Erhebung des Fischbestands und eine Bewertung nach Wasserrahmenrichtlinie vorgenommen (GASSNER et al., 2014). Um die Alte Donau mit dem österreichischen Bewertungssystem ALFI (Austrian Lake Fish Index) bewerten zu können, musste sie einem fischökologischen Seentyp zugeordnet werden. Gemäß den allgemein limnologischen Parametern erschien die Einstufung als Laubensee am plausibelsten. Gemäß GASSNER et al., 2003) sind die typspezifischen Fischarten dieses Seentyps neben der Leitfischart Laube Aitel, Brachse, Flussbarsch, Hecht, Rotaugen, Rotfeder, Schleie und Wels. Als weitere Referenzarten wurden gemäß Experteneinschätzung noch Bitterling, Güster, Karausche, Karpfen, Kaulbarsch, Schied und Zander aufgenommen (GASSNER et al., 2014).

In der Alten Donau wurden im Rahmen der durchgeführten Untersuchung alle diese Arten sowie fünf weitere Arten nachgewiesen. Die berechneten Metrics des Bewertungsmoduls zeigten überwiegend nur eine geringe Abweichung vom Referenzzustand, einige Metrics wichen stärker vom Referenzzustand ab. Insgesamt wurde der ökologische Zustand der Alten Donau an Hand des biologischen Qualitätselements Fische mit „gut“ bewertet (GASSNER et al., 2014).

Dennoch übt insbesondere der Fischbestand einen großen Einfluss auf die Makrophytenvegetation von Flachseen aus. Ein hoher Bestand an benthivoren und planktivoren Fischen, z.B. Karpfen (*Cyprinus carpio*), Rotfedern (*Scardinius erythrophthalmus*), Rotaugen (*Rutilus rutilus*), Brachsen (*Abramis brama*) oder Schleien (*Tinca tinca*), kann maßgeblich zu einem vollständigen Verschwinden submerser Wasserpflanzenbestände beitragen (BREUKELAAR et al., 1994; TARVAINEN et al., 2002; CHUMCHAL et al., 2005; BAJER et al., 2009). Einen direkten Fraßdruck üben dabei allerdings meist lediglich Rotfedern und Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) aus (PREJS, 1984; HILT et al., 2006). Karpfen und Brachsen können jedoch während der Nahrungssuche wurzelnde Pflanzen ausreißen und tragen auch durch Sedimentaufwirbelung zur Gewässertrübung bei (CRIVELLI, 1983). In der Alten Donau konnten beide Effekte (Abfressen und Ausgraben von Wasserpflanzen durch Fische) mittels einer eigens entwickelten Unterwasser-Videofalle dokumentiert werden (PALL et al., 2010), wobei als Fraßfeinde vor allem Rotfedern (Abb. 14) dingfest gemacht werden konnten. Dies gilt insbesondere für Characeen, allerdings konnte im Rahmen von videoüberwachten Versuchspflanzungen nachgewiesen werden, dass viele weitere Makrophytenarten bzw neu angelegte Pflanzungen mit geringer Wuchshöhe, eine umfangreiche Dezimierung innerhalb kürzester Zeit erfahren. Ein Auswühlen von Pflanzen wurde vor allem bei Karpfen und Brachsen dokumentiert.



Abb. 14: Rotfeder beim Fressen von Characeen in der Alten Donau.

5.8. Wasservogelbestand

Wasservögel haben in mehrfacher Hinsicht einen Einfluss auf ein Gewässer. Makrophyten werden z.B. primär als Nahrungsquelle genutzt. Dem Einfluss von Wasservögeln auf die submerse Vegetation von Flachseen und Flachwasserzonen von Seen kommt daher eine große Bedeutung zu. Am Bodensee werden *Characeen*-Rasen bis in eine Tiefe von 2 m im Laufe des Winters von Wasservögeln komplett abgefressen. Erst nach dem Abgrasen von leicht erreichbaren Ressourcen werden größere Wassertiefen erschlossen (WERNER et al., 2004). Neuere Untersuchungen belegen zudem große Biomasseverluste von Makrophyten durch Blässhühner (VAN DONK et al. 1994, SONDERGAARD et al. 1996, VAN DONK 1998). Auch Untersuchungen des Mageninhalts von Rostgänsen wiesen eine Vorliebe für pflanzliche Nahrung auf (SEIER et al., 2009), wobei ähnlich wie bei Schwänen (HINDAK & PRIBIL, 1968) filamentöse Algen als leicht verdauliche Nahrungsquelle bevorzugt werden. Daneben gehören aber auch zu einem geringeren Anteil höhere Pflanzen zum Nahrungsspektrum.

Neben den Pflanzen selbst werden darüber hinaus sehr gerne die Samen von *Myriophyllum spicatum* (FASSETT, 1969) gefressen. Aber auch die Invertebraten auf den Pflanzenbeständen (KRULL, 1970) spielen eine bedeutende Rolle als Nahrungsquelle – besonders im Falle von jungen, auf der Suche nach proteinreicher Nahrung befindlichen Enten.

Neben der Beeinträchtigung der Unterwasservegetation tragen Wasservögel auch zu einem Nährstoffeintrag in das Gewässer bei. Einerseits kommt es durch die Exkremente zu einem Eintrag durch die Vögel selbst, andererseits findet durch das beliebte Füttern der Wasservögel eine Anreicherung des Gewässers mit Nährstoffen statt. Besonders an der Alten Donau kann immer wieder beobachtet werden, wie Passanten ganze Säcke alten Brots vom Ufer aus in das Gewässer zur Fütterung der Wasservögel werfen. Von den Vögeln nicht gefressene Brotstücke werden anschließend von Fischen gefressen oder sinken einfach zu Boden.

Insgesamt betrachtet, wirkt sich somit ein zu dichter Bestand an Wasservögeln, aufgrund der Dezimierung von Wasserpflanzen und aufgrund des Nährstoffeintrags in das Gewässer, negativ auf die Wasserqualität aus. Entsprechende negative Effekte sind in der Alten Donau allerdings derzeit vornehmlich im Wasserpark offensichtlich. Vom Wasservogelbestand im Hauptgewässer

selbst dürften derzeit keine maßgeblichen negativen Effekte auf die Makrophytenvegetation oder die Wasserqualität ausgehen.

5.9. Klimawandel

Im Zuge der Klimaforschung wurde in den vergangenen Jahren im globalen Mittel eine Zunahme der Temperatur verzeichnet (IPCC, 2014). Für die Alte Donau lässt sich im betrachteten Zeitraum von 2002 bis 2014 ebenfalls ein Anstieg der Luft- bzw. der Wassertemperatur beobachten. Im Mittel ergab sich für die Lufttemperatur (Abb. 15) eine Zunahme von 0,9°C und für die Wassertemperatur (Abb. 16) eine Erhöhung um 1,9°C. Aktuelle Klimaprognosen weisen darauf hin, dass es in Zukunft auch weiterhin zu einem Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur kommen wird (IPCC, 2014). Bezogen auf die letzten 30 Jahre, wird für den Zeitraum von 2016 bis 2035 ein Anstieg von bis zu 0,7°C erwartet (IPCC, 2014). Bezogen auf die Alte Donau kann davon ausgegangen werden, dass eine höhere Durchschnittstemperatur neben einem weiteren Anstieg der mittleren Wassertemperatur auch zu einer Reduktion der winterliche Eisbedeckung führen kann.

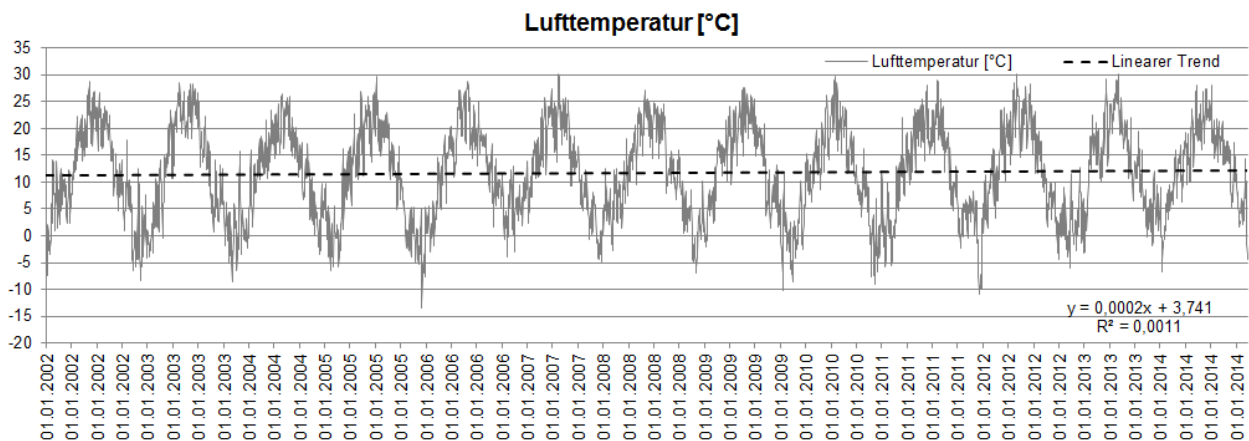


Abb. 15: Zeitreihe der Lufttemperatur an der U-Bahn-Station Kagran.

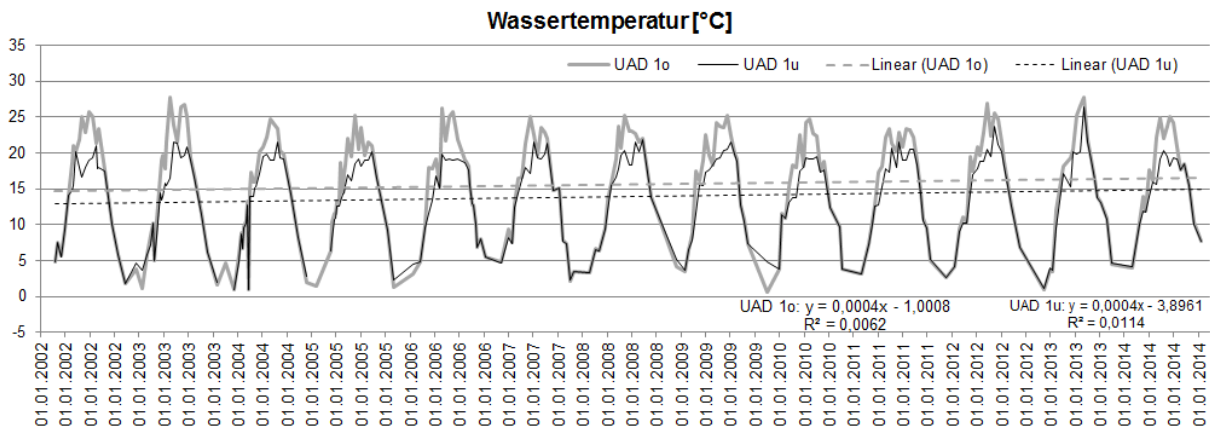


Abb. 16: Zeitreihe der Wassertemperatur am Standort UAD 1 in zwei verschiedenen Messtiefen: oberflächennah (UAD 1o) und in der Tiefe bzw. knapp über dem Gewässergrund (UAD 1u).

6. ÖKOLOGISCHE ANSPRÜCHE DER MAKROPHYTEN

6.1. Derzeit dominante Vegetation: Ähren-Tausendblatt



Abb. 17: Ähren-Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*).



Abb. 18: Flächiger Bestand des Ähren-Tausendblatts im Bereich der U-Bahnbrücke.

Die Makrophytenvegetation der Alten Donau wurde in den letzten Jahren vorwiegend durch das dominante Vorkommen der Art *Myriophyllum spicatum* (Ähren-Tausendblatt) geprägt. Die im Kapitel 5 gelisteten, wesentlichen Einflussfaktoren dürften daher im Moment für diese Art besonders geeignet sein.

Bezüglich der Gewässermorphologie der Alte Donau zeigt sich, dass gemäß Geländemodell vorwiegend Tiefen von bis zu 4 m vorliegen. Noch tiefere Stellen bilden eher die Ausnahme. AIKEN ET AL. (1979) beschreiben das Vorkommen von *Myriophyllum spicatum* im Bereich von 1 bis 10 m **Wassertiefe**. Der bevorzugte Tiefenbereich reicht allerdings von 1 bis 4 m (REED, 1977; SPRINGER et al. 1961; NICHOLS, 1971; BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF ENVIRONMENT, 1981). Flachere Bereiche bis 0,5 m Wassertiefe werden von der submersen Art eher gemieden (BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF ENVIRONMENT, 1981). Darüber hinaus kann in einem Tiefenbereich von 3,5 bis 5 m das Wachstum von *Myriophyllum spicatum* regelmäßig bis an die Wasseroberfläche reichen (AIKEN et al., 1979). Die Gewässertiefen der Alten Donau bieten somit auf der gesamten Fläche einen potentiell besiedelbaren Lebensraum für *Myriophyllum spicatum*. Bis auf das Birner Loch und Bereiche der Rinne entlang des Hauptarmes der Unteren Alten Donau, mit Tiefen größer 5 m, kann die Art daher potentiell überall bis an die Wasseroberfläche wachsen.

Neben der Gewässertiefe spielt besonders die **Nährstoffverfügbarkeit** eine bedeutende Rolle. Zu den bedeutendsten zählen hierzu **Phosphor**, **Stickstoff** und **Kohlenstoff**. Generell zählt *Myriophyllum spicatum* zu den nährstoffliebenden Arten. Die Art ist besonders bei Phosphor und Stickstoff in der Lage, sowohl über die Wurzeln als auch über die Blätter Nährstoffe aufzunehmen. Die Phosphor- und Stickstoffwerte der Alten Donau sind den Abbildungen 4 bis 8 zu entnehmen.

Besonders bei steigenden Phosphorkonzentrationen im Wasser konnten BOLE & ALLAN (1978) und CARIGNAN & KALFF (1980) eine erhöhte Aufnahme über die Blätter nachweisen. *Myriophyllum spicatum* ist somit in der Lage, Phosphor von der bestverfügbaren Quelle aufzunehmen (NICHOLS & SHAW, 1986).

Die Möglichkeit Nährstoffe, speziell Phosphor und Stickstoff, sowohl aus dem Wasser als auch aus dem Boden aufzunehmen ermöglicht der Art *Myriophyllum spicatum* eine gewisse Unabhängigkeit gegenüber einer der beiden Quellen. So gibt es auch nur wenige Hinweise für Limitierungen der Art aufgrund von Phosphor- oder Stickstoffmangel.

Zu Limitierungen bei der Photosynthese kann hingegen bei *Myriophyllum spicatum* nach TITUS (1977) gelöster anorganischer Kohlenstoff führen. Jede Anpassung zur Schaffung einer besseren Kohlenstoffverwertung würde einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen Arten darstellen. *Myriophyllum spicatum* besitzt in dieser Hinsicht einerseits die Fähigkeit neben CO₂ auch Hydrogencarbonat (HCO₃⁻) zu verwerten. Aufgrund der energetisch wesentlich günstigeren Aufnahme wird allerdings CO₂ als Kohlenstoffquelle bevorzugt. Die Verfügbarkeit von Kohlenstoff ist dabei im Wesentlichen vom pH-Wert und der Temperatur des Gewässers abhängig. MABERLY & SPENCE (1983) entwickelten für *Myriophyllum spicatum* hierzu eine Tabelle mit den Kompensationspunkten für CO₂, HCO₃⁻ und anorganischen Kohlenstoff (Total) in Abhängigkeit von der Alkalinität und vom pH-Wert des Gewässers bei einer konstanten Temperatur von 20 °C. Generell weist die Art nach STANLEY & NAYLOR (1972) für die Photosynthese einen niedrigen CO₂-Kompensationspunkt und ein hohes Temperaturoptimum auf.

Neben der Möglichkeit Hydrogencarbonat als Kohlenstoffquelle zu nutzen, besitzt *Myriophyllum spicatum* andererseits auch eine anatomische Anpassung zur effizienteren Nutzung von Kohlenstoff. Die Art weist ein großes Lakunensystem auf, welches nach GRACE & WETZEL (1978) als internes Gasreservoir funktioniert. Respiriertes CO₂ kann hier zurückgehalten werden und steht für den Diffusions-Gasaustausch zwischen Wurzel und Spross zur Verfügung.

Hinsichtlich **Lichtverfügbarkeit** weist *Myriophyllum spicatum* hohe Ansprüche an die Lichtintensität für die Photosynthese auf (TITUS, 1977). Bei geringer Lichtverfügbarkeit würde dies einen Nachteil gegenüber anderen Arten bedeuten. Für die optimale Photosyntheseleistung konzentriert die Art daher ihre Blättermasse nahe der Wasseroberfläche (ADAMS et al., 1974). Dies stellt zudem einen Konkurrenzvorteil gegenüber niedrigwüchsigen Arten dar, da diese durch die Beschattung in ihrer Entwicklung eingeschränkt werden (SCHNEIDER, 2004). Neben der vorherrschenden Wassertiefe und der Eintrübung durch anorganische Partikel (Schwebstoffe) stellen vor allem auch die Nährstoffverfügbarkeit und das damit verbundene Algenwachstum einen wesentlichen Faktor für die Lichtverhältnisse dar. Die Entwicklung des Planktons in Form von Chlorophyll-a sowie die **Transparenz** (Entwicklung der Sichttiefe) in der Alten Donau über den Jahresverlauf sind Abbildung 10 und 11 zu entnehmen.

Auch hinsichtlich **Sedimentqualität** entspricht die Alte Donau den Ansprüchen von *Myriophyllum spicatum*. Die Art bevorzugt **Feinsediment** (REED, 1977; BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF ENVIRONMENT, 1981) welches den Großteil des Substrates in der Alten Donau ausmacht. Grobkörnigere Sedimente, welche einen schlechteren Halt und eine geringere Nährstoffverfügbarkeit für die Pflanzen bieten, finden sich in nur eher kleinräumigen Bereichen der Alten Donau. Besonders die, ohnehin von der Art kaum besiedelten, Flachbereiche weisen vermehrt schottriges Material auf.

Der Einflussfaktor **Strömung** spielt auf der Alten Donau keine Rolle für die Verbreitung von *Myriophyllum spicatum*. Obwohl die Art in Abschnitten mit bis zu 2 m/s Strömung (BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF ENVIRONMENT, 1981) und auch bei Wellen bis zu 1 m Höhe (STEENIS & STOTTS, 1961) vorgefunden wurde, bevorzugt *Myriophyllum spicatum* strömungsberuhigte, geschützte Bereiche (SPRINGER et al., 1961). Die Alte Donau stellt somit als Stillgewässer den optimalen Lebensraum für die Art dar.

Hinsichtlich **Klima** und **Witterungsverlauf** sind für die Art *Myriophyllum spicatum* mehrere Faktoren zu betrachten. Im Jahresverlauf gesehen, stellen die **kalten Temperaturen im Winter** und auch die immer wieder vorherrschende **Eisbedeckung** der Alten Donau für die Art einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen submersen Arten dar. *Myriophyllum spicatum* verträgt nach NICHOLS & SHAW (1986) kalte Temperaturen sehr gut und kann sogar fallweise in grünem Zustand unter Eisbedeckung überwintern. Bei Wassertemperaturen über 10 °C kommt es nur zu einem geringen Absterben der Pflanzen (AIKEN et al., 1979). Sobald im Frühjahr die Wassertemperaturen ansteigen und die Lichtverhältnisse besser werden, sind die Pflanzen bereit zu wachsen und weisen somit gegenüber Arten, die aus Samen keimen oder aus Rhizomen neu austreiben müssen, einen Startvorteil auf. Darüber hinaus werden **hohe Wassertemperaturen im Sommer** sehr gut ertragen und erst beim Auftreten von an hohe Wassertemperaturen besser angepassten Arten bekommt die Art nach NICHOLS & SHAW (1986) Konkurrenzprobleme. Die optimale Temperatur für die Nettphotosynthese liegt nach GRACE & WETZEL (1978) für *Myriophyllum spicatum* sogar bei 30 bis 35 °C.

Obwohl sehr viele Einflussfaktoren für den Wuchs von *Myriophyllum spicatum* bekannt sind, kann es auch zum plötzlichen **Absterben der Pflanzen** kommen. Der Grund hierfür scheint in geänderten Umweltbedingungen zu liegen. Die genaue Ursache für solch ein Absterben ist nach NICHOLS & SHAW (1986) jedoch nach wie vor nicht bekannt, denn selbst nach jahrelanger vitaler Entwicklung kann es zu diesem Phänomen kommen.

Auf der Alten Donau konnten bisher keine Anzeichen, die auf ein Absterben der *Myriophyllum spicatum*-Bestände deuten, beobachtet werden. Es konnte allerdings seit 2006 regelmäßig eine kurzfristige frühsummerliche Stagnation im Höhenwachstum der Bestände bzw. ein phasenweiser „**Makrophytenzusammenbruch**“ festgestellt werden (vgl. Abbildung 18).

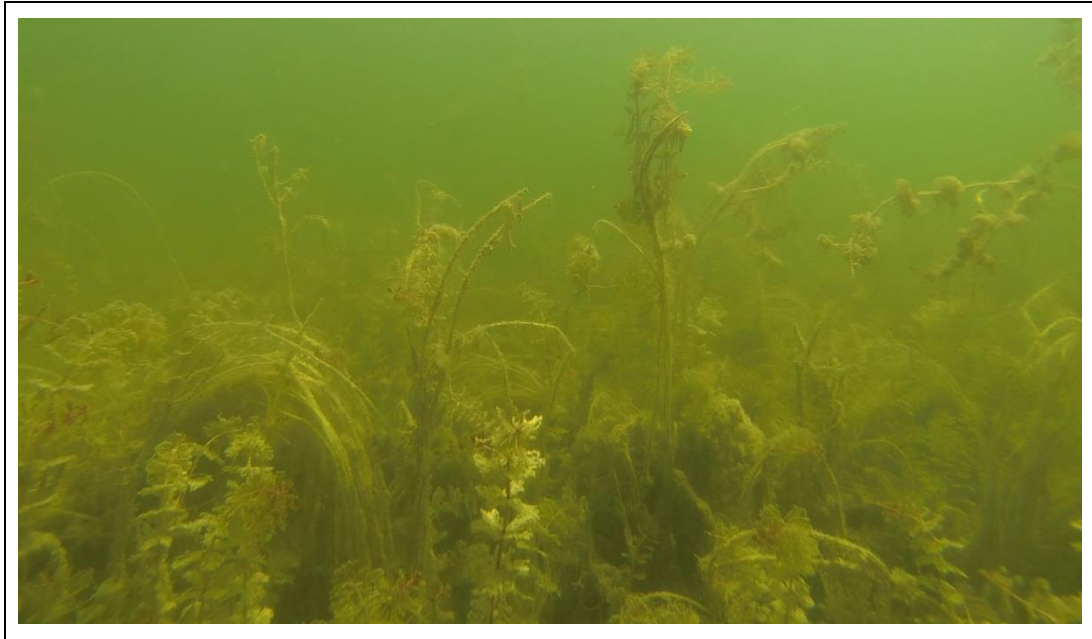


Abb. 19: Fröhsommerlicher Zusammenbruch der Ähren-Tausendblatt-Bestände (*Myriophyllum spicatum*) in der Alten Donau.

Zeitlich fand diese Stagnation meist im Fröhsommer statt. In diesem Zusammenhang ist eine Analyse des Verlaufs der pH-Werte im Gewässer interessant. Die Veränderungen des pH-Werts sind hierbei sowohl als Ursache als auch als Auswirkung für veränderte Wachstumsbedingungen für Makrophyten zu betrachten. Abbildung 20 zeigt den Verlauf des pH-Wertes im Zusammenhang mit den beobachteten Phasen des Makrophytenzusammenbruchs. Dargestellt sind jeweils weiters die Zeiträume der Absenkung.

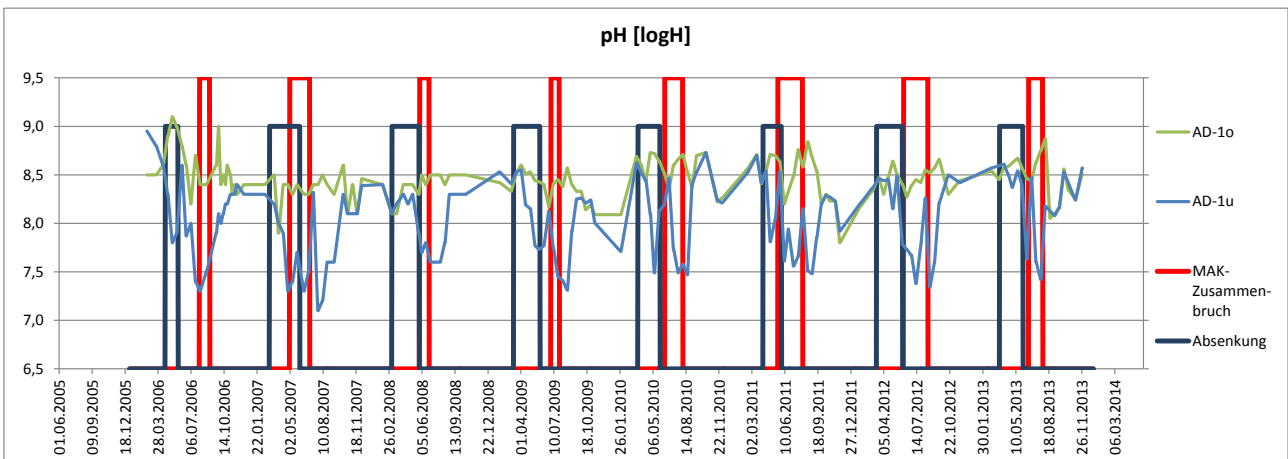


Abb. 20: Verlauf des pH-Wertes im Zeitraum 2006 bis 2013 an Probestelle 1 (vor dem Ruderclub Pirat) in der Unteren Alten Donau, an der Oberfläche in ca. 0,2m Tiefe (AD 1o) und in der Tiefe bzw. knapp über dem Gewässergrund (AD 1u). Blau: Zeiträume der Absenkung, rot Zeiträume des Makrophytenzusammenbruchs.

Auffällig in der Grafik ist, dass der Makrophytenzusammenbruch (*Myriophyllum spicatum*) immer mehr oder weniger unmittelbar nach der Absenkung folgt. Bei näherer Analyse zeigt sich, dass zu diesem Zeitpunkt quasi immer auch der Grundnahe pH-Wert über die Marke von 8,2 steigt. Dies ist offensichtlich, wenngleich festgehalten werden muss, dass die Zeitpunkte des Makrophytenzusammenbruchs nur grob ausgewiesen sind. Die Phasen verminderten Makrophytenwachstums wurden im Rahmen von für das Monitoring des Mähbetriebs durchgeführten Kontrollfahrten registriert, welche unregelmäßig in Abständen von ca. zwei bis drei Wochen erfolgten. Die genauen Zeitpunkte des Zusammenbruchs und des Wiedererstarkens der Makrophytenvegetation können daher einige Zeit vor dem angegebenen Datum liegen.

Alle der regelmäßig in der Alten Donau nachgewiesenen Makrophytenarten (Characeen und Höhere Pflanzen) sind in der Lage, Hydrogencarbonat (HCO_3^-) zu verwerten. Allerdings wird generell bei photoautotrophen Organismen CO_2 als Kohlenstoffquelle bevorzugt, da die Aufnahme energetisch wesentlich günstiger ist. Zur CO_2 -Verfügbarkeit in der Alten Donau sind nun folgende Fakten zu berücksichtigen:

- Je niedriger der pH-Wert ist, desto höher ist der Anteil an gelöstem CO_2 im Wasser. Unterhalb von einem pH-Wert von 7 liegt Kohlenstoff fast ausschließlich als CO_2 vor, oberhalb von einem pH-Wert von 8,2 ist praktisch kein freies CO_2 mehr im Wasser vorhanden.
- Die Löslichkeit von CO_2 im Wasser ist bei niedrigen Temperaturen deutlich höher als bei hohen Temperaturen.
- CO_2 ist im Grundwasser in wesentlich höheren Konzentrationen vorhanden als im Oberflächenwasser.

Vor dem Hintergrund der Tatsache, dass *Myriophyllum spicatum* CO_2 ganz überwiegend über die Wurzeln aufnimmt, kann bezüglich der CO_2 -Verfügbarkeit in der Alten Donau nun folgende Hypothese aufgestellt werden: Während der Absenkungsphasen ist der CO_2 -Gehalt in der Alten Donau hoch:

- Die Temperaturen sind meist noch relativ niedrig, das heißt, die Löslichkeit von CO_2 im Wasser ist noch relativ hoch.
- Es existiert ein starker Zustrom von CO_2 aus dem Grundwasser.
- Der pH-Wert liegt insbesondere im Gewässergrund-nahen Bereich unter 8, das heißt, es ist zumindest hier in hinreichendem Ausmaß CO_2 vorhanden.

Nach Einstellung der Absenkung kommt es dann zu folgenden Veränderungen:

- Die Temperaturen steigen an, das heißt, die Löslichkeit von CO_2 im Wasser nimmt deutlich ab.
- Der Zustrom von CO_2 aus dem Grundwasser kommt langsam zum Erliegen bzw. wird eingeschränkt.
- Der pH-Wert steigt an, das heißt, die Konzentration von CO_2 im Wasser nimmt innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums gravierend ab.

Diese Verhältnisse scheinen das Wachstum von *Myriophyllum spicatum* zumindest phasenweise deutlich zu beeinträchtigen. Die Erholung der Situation bzw. das Wiedererstarken des Ähren-Tausendblatts nach dem Zusammenbruch wird in Abbildung 19 eindrucksvoll durch die erneute Zunahme der pH-Werte infolge der Verwertung von Hydrogencarbonat belegt.

Einen Hinweis darauf, dass *Myriophyllum spicatum* sehr ausgeprägt auf das Vorhandensein oder Fehlen von CO₂ im Wasser reagiert, ließen sich bereits aus den von der MA45 – Wiener Gewässer – beauftragten und von der Firma Biotop durchgeführten Tests im Jahr 2001 ableiten. Im Rahmen dieser Versuche wurde getestet, ob das Wachstum von *Myriophyllum spicatum* in der Alten Donau durch Einblasen von CO₂ ins Wasser gesteigert werden kann. Das begleitende, von der systema GmbH durchgeführte Monitoring ergab, dass die Pflanzen auf die CO₂-Anreicherung überaus deutlich mit Wachstumssteigerung reagierten. Allerdings quittierten sie auch jeden Ausfall der Anlage mit einem sofortigem Wachstumsstillstand (vgl. PALL et al., 2001).

Zur genaueren Analyse des Makrophytenzusammenbruchs wurden zusätzlich Datenlogger zur Beobachtung der Temperaturentwicklung in verschiedenen Tiefenstufen angebracht. Die Wassertemperatur wurde in 2, 3, und 4 m Wassertiefe, in 5 cm über dem Gewässergrund sowie im Sediment (5 cm unter dem Gewässergrund) gemessen.

Während der Absenkung herrschten aufgrund des zuziehenden Grundwasserstroms und auch der noch niedrigeren Lufttemperaturen geringe Wassertemperaturen als auch ein geringer Unterschied zwischen den Wassertemperaturen in den einzelnen Tiefenstufen. Nach Ende der Absenkung und mit steigender Lufttemperatur entwickelte sich eine zunehmend stärker ausgebildete Schichtung im Gewässer. Der Verlauf der Wasser- und Lufttemperaturen im Bezug zur Absenkung und des Makrophytenzusammenbruchs ist beispielhaft für den Zeitraum Mai bis August 2013 in Abbildung 21 dargestellt.

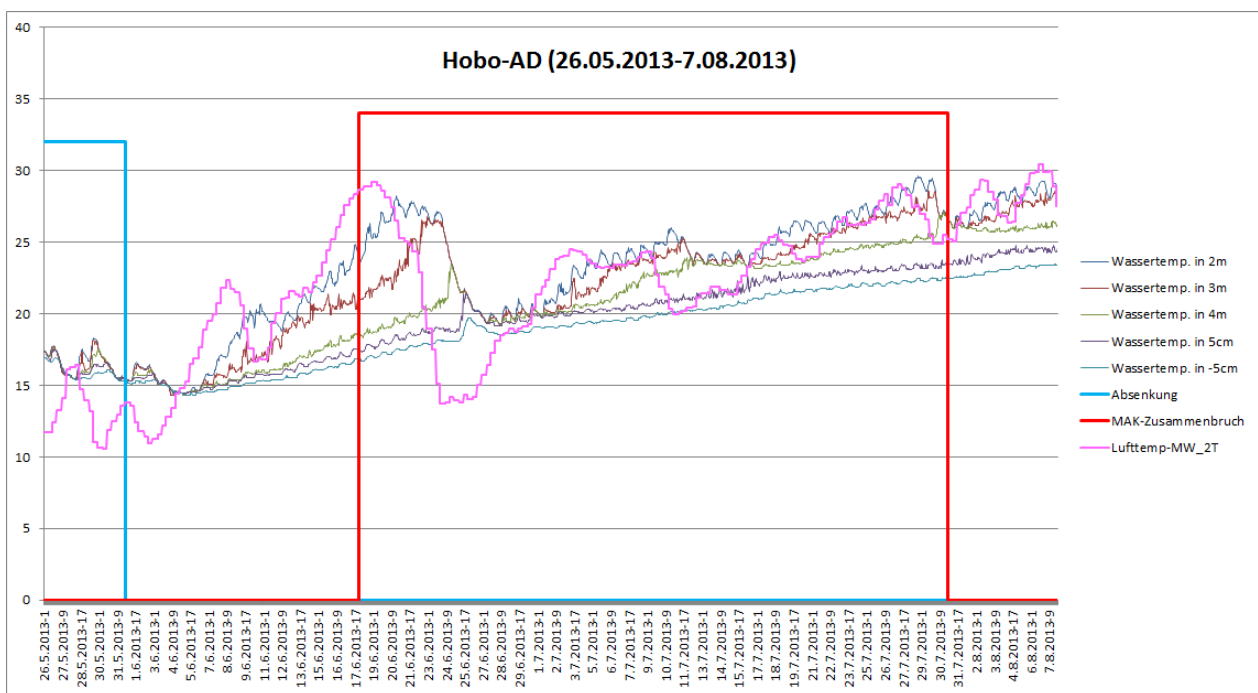


Abb. 21: Verlauf der Wasser- und Lufttemperatur in der Alten Donau im Zeitraum Mai bis August 2013. Messung der Wassertemperatur in unterschiedlichen Tiefen inkl. im Sediment.

Vor dem Makrophytenzusammenbruch konnte somit ein Anstieg der Wassertemperatur beobachtet werden. Der jährliche Verlauf der Wassertemperatur im Zusammenhang mit dem Zeitpunkt der Stagnation der Makrophyten ist Abbildung 22 zu entnehmen.

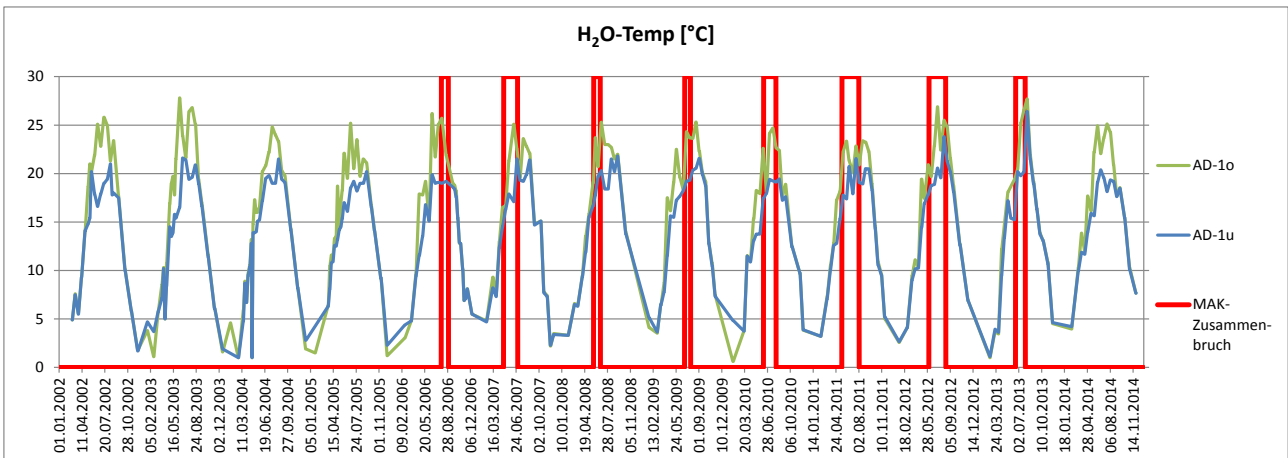


Abb. 22: Verlauf der Wassertemperatur in der Unteren Alten Donau von 2002 bis 2014 im Zusammenhang mit dem Zusammenbruch der Makrophyten (Messstelle AD-1). Grün: Werte aus 0,2 m Wassertiefe; Blau: Werte aus größerer Tiefe; Rot: Zeitpunkt Makrophytenzusammenbruch.

Als Folge der Makrophytenstagnation konnte aufgrund der fehlenden Produktion jeweils eine Erhöhung der Phosphorkonzentrationen festgehalten werden (vgl. Abbildung 23).

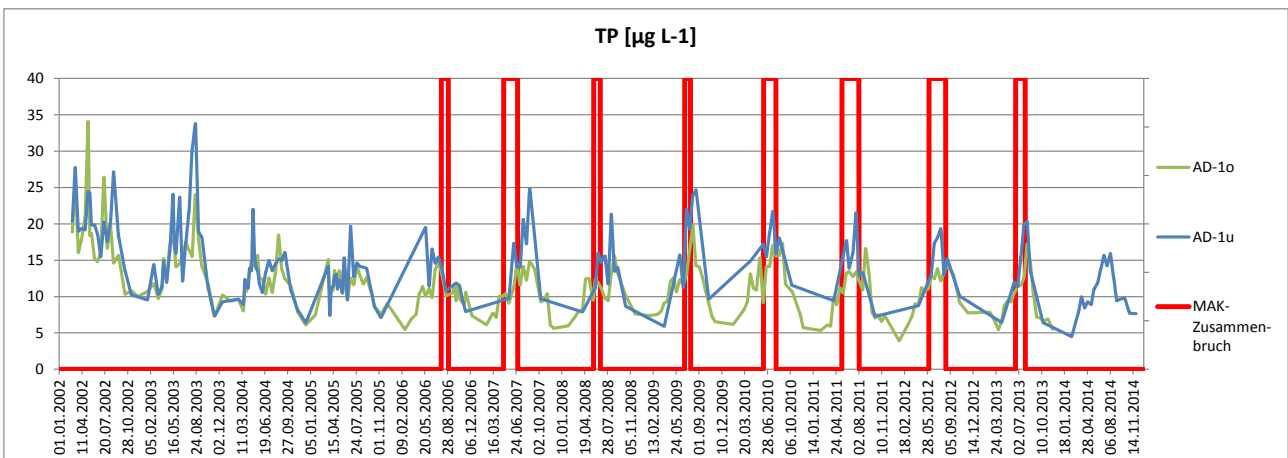


Abb. 23: Verlauf des Totalphosphors in der Unteren Alten Donau von 2002 bis 2014 im Zusammenhang mit dem Zusammenbruch der Makrophyten (Messstelle AD-1). Grün: Werte aus 0,2 m Wassertiefe; Blau: Werte aus größerer Tiefe; Rot: Zeitpunkt Makrophytenzusammenbruch.

Aufgrund der erhöhten Phosphorkonzentrationen kam es jeweils unmittelbar nach dem Zusammenbrechen der Makrophytenbestände zu einem Anstieg der Chlorophyll-a-Konzentrationen und damit zu einer Reduzierung der Sichttiefen, was sich wiederum negativ auf das Makrophytenwachstum auswirkt. Dennoch konnte bislang nach der jährlichen, fröhsommerlichen Makrophytenstagnation jeweils eine rasche Erholung der Bestände von *Myriophyllum spicatum* beobachtet werden.

Abgesehen von der Vitalität der Makrophytenbestände spielt auch die Ausbreitung derselben in einem Gewässer eine bedeutende Rolle. Die **Vermehrung** bei *Myriophyllum spicatum* ist dabei stark von vegetativer Ausbreitung geprägt. Die Art vermehrt sich dabei vorwiegend durch Sprossfragmente. Eine Vermehrung über Samen ist lediglich für die Verbreitung über lange Strecken von Bedeutung (Grace & Wetzel, 1978). Besonders nach der Blüte beginnt die Art mit der Ausbildung von autonomen Sprosstücken (NICHOLS & SHAW, 1986). Darüber hinaus fördern starke Wellen als auch menschliche Aktivitäten (z.B. Motorboote) die Verteilung von Sprossfragmenten. Speziell Mäharbeiten tragen in diesem Sinne wesentlich zur vegetativen Vermehrung der Art in einem Gewässer bei. Die räumliche Ausdehnung von *Myriophyllum spicatum* in der Alten Donau steht somit in engem Zusammenhang mit dem intensiven **Mähbetrieb**. Hierbei muss allerdings festgehalten werden, dass gemäß NICHOLS & SHAW (1986) natürlich produzierte Sprossfragmente eine höhere Überlebenschance aufweisen als künstlich erzeugte. Die besten Anwuchsraten liegen dabei im Spätsommer in flachen Gewässerabschnitten (0,5 m) mit nährstoffreichen, organischen Sedimenten (vgl. KIMBEL, 1982).

6.2. Dominante Vegetation im Leitbild: Characeen



Abb. 24: Übersicht und Detail Characeen-Bestände (*Chara tomentosa*) in der Alten Donau.

Die Ordnung Charales umfasst submers lebende, grüne Algen. Diese unterscheiden sich in der Art der Fortpflanzung und im Bau deutlich von anderen Algen. Neben vegetativer Vermehrung über Sproßbulbillen werden zur generativen Fortpflanzung „samenähnliche“ Vermehrungseinheiten, die sog. Oosporen ausgebildet. Der Bau der Armleuchteralgen ist charakterisiert durch die regelmäßige Untergliederung des Thallus in Knoten (Nodi) und Stängelglieder (Internodien). Aus den Knoten entspringen Quirle von Seitenzweigen mit derselben Gliederung wie die Hauptachse, die den Pflanzen das eigentümliche „armleuchterartige“ Aussehen verleihen. Die Pflanzen erreichen eine Höhe von 5 bis 50 (maximal ca. 200) cm und sind mittels farbloser Zellfäden (Rhizoide) im Substrat verankert. Im Erscheinungsbild sehen Armleuchteralgen Höheren Pflanzen somit sehr ähnlich.

Characeen sind im Allgemeinen auf oligotrophe bis mesotrophe Standorte beschränkt, nur wenige Arten dringen bis in den eutrophen Bereich vor. Lange Zeit wurde angenommen, dass Characeen aus physiologischen Gründen bei Total-Phosphor-Konzentrationen über 20 µg/l nicht mehr vorkommen können. Diese Annahme gründete auf Untersuchungen von FORSBERG (1964, 1965a, 1965b), der bei einigen Characeenarten bei Konzentrationen über diesem Wert Wachstumshemmungen und -anomalien festgestellt hatte. Nach neueren Studien (BLINDOW, 1988) tritt allerdings selbst bei einer Konzentrationen von 1.000 µg/l keine merkliche Wachstumshemmung auf. Die Ursache dafür, dass Characeen bei höheren Nährstoffkonzentrationen in der Natur zurückgehen, ist daher möglicherweise weniger in einer direkten Hemmwirkung des Phosphors, sondern hauptsächlich in der Veränderung der Konkurrenzbedingungen am Standort zu suchen.

Feinsandiges oder schlammiges Substrat wird bevorzugt.

Armluchteralgen halten sich in der Regel isoliert von Höheren Pflanzen und bilden zumeist flächendeckende Einartbestände. Kennzeichnend ist die Ausbildung dichter, zusammenhängender unterseeischer Rasen. Ein allelopathisches Abwehrvermögen, dessen Ursache in schwefelhaltigen Inhaltsstoffen zu suchen ist, befähigt sie möglicherweise, Aufwuchs und Gesellschaft anderer Makrophyten zu unterdrücken (WIUM-ANDERSEN et al., 1982). Unter geeigneten Bedingungen sind Characeen in der Lage hochwüchsige Arten dauerhaft zu verdrängen. Dies konnte auch auf Versuchsflächen in der Alten Donau nachgewiesen werden (Abb. 25).



Abb. 25: Characeen unter Beständen des Ähren-Tausendblatts (*Myriophyllum spicatum*) in der Alten Donau – Verdrängung der hochwüchsigen Vegetation durch niederwüchsige Arten.

7. ENTWICKLUNGSSZENARIEN MAKROPHYTENBESTAND

Prinzipiell bestehen für den Makrophytenbestand der Alten Donau vier mögliche Entwicklungsszenarien:

- „Monokultur“ des Tausendblatts (*Myriophyllum*-Dominanz)
- Algendominanz (Dominanz von Planktonalgen)
- Artenreiche hochwüchsige Vegetation (Dominanz hochwüchsiger Wasserpflanzen in artenreicher Ausprägung und mengenmäßig ausgewogener Mengenzusammensetzung)
- Characeendominanz (Dominanz niederwüchsiger Arten)

Im Folgenden sollen die einzelnen Entwicklungsszenarien vor dem Betrachtungshorizont bis 2025 skizziert werden und letztendlich auch die zu erwartenden kurzfristigen, sowie langfristigen Kosten bilanziert werden.

7.1. „Monokultur“ des Tausendblatts

Hinsichtlich der zu setzenden Handlungen kann diese Entwicklungsausprägung auch als Nullvariante bezeichnet werden. Im Wesentlichen ist dieses Szenario ähnlich charakterisiert wie der aktuelle Status-quo. Das Gewässer zeichnet sich, infolge der enormen Filterwirkung und Nährstofffixierung der Wasserpflanzen, durch eine hohe Wassertransparenz aus, welche von der Bevölkerung als positiv wahrgenommen wird und sicherlich für ein flaches Stillgewässer inmitten einer Großstadt in dieser Form einzigartig ist.

Durch die umfangreichen, hochwüchsigen *Myriophyllum*-Bestände kommt es in vielen Bereichen zu Behinderungen der Nutzbarkeit des Gewässers. Zur Ermöglichung der Nutzung sind umfangreiche Mäharbeiten notwendig. Bezüglich der letztendlich zu erwartenden Biomasse sind, wie bereits weiter oben in Kapitel 3, Abb. 1 veranschaulicht, im Vergleich mit dem Jahr 1986, sogar noch weitere Zunahmen im Bereich des Möglichen. Bei weiterhin konstanter Entwicklung der Bestände ist daher von einem anhaltend hohen Mäh Aufwand in den kommenden Jahren auszugehen.

Als potentieller Risikofaktor dieses Entwicklungsszenarios können die Mäharbeiten selbst ausgemacht werden. Infolge des Mähens kommt es während der sommerlichen Vegetationsperiode zu mitunter gravierenden Eingriffen in das vermeintlich „stabile System“ von hochwüchsigen Wasserpflanzen. Im ungünstigsten Falle könnte dadurch sogar ein Übergang zum algendominierten Zustand ausgelöst werden.

Die Betrachtung der kurzfristigen Kosten verdeutlicht einen hohen Aufwand, einerseits infolge des laufenden Mäh Aufwandes sowie andererseits bedingt durch weitere Aufwendungen für Bepflanzungsmaßnahmen zur Herstellung und Aufrechterhaltung einer leitbildbezogenen Artenvielfalt. Derartige Bepflanzungen sind deshalb notwendig, um die Abhängigkeit des Ökosystems von nur einer dominanten Art zu verhindern, um dadurch gegen potentielle Ausfälle bei Extrementwicklungen gewappnet zu sein. Eine weiterhin konstante Entwicklung der Bestände im Laufe der kommenden Jahre vorausgesetzt, wären auch die langfristigen Kosten, bedingt durch einen anhaltend hohen Mäh Aufwand, als hoch zu bilanzieren.

7.2. Algendominanz

Wie bereits in Kapitel 6.1 ausgeführt, kann durch die Eingriffe im Rahmen des Mähmanagements der Bestand an hochwüchsigen Makrophyten auch nachhaltig geschädigt werden. Das Entwicklungsszenario „Algendominanz“ beschreibt eine derartige Entwicklung.

Infolge des Fehlens von hochwüchsigen Wasserpflanzen in weiten Teilen der Alten Donau kommt es zu einer deutlichen Eintrübung des Wasserkörpers, was wiederum in weiterer Konsequenz eine deutliche Verschlechterung der Wachstumsbedingungen aller sonstigen Makrophyten zur Folge hat. Dementsprechend kommt es in weiterer Folge zu einer deutlichen Reduktion des Mähaufwandes. Dies spiegelt sich in nur mäßigen kurzfristigen Kosten, beginnend ab der Eintrübung des Gewässers, wider. Die langfristigen Kosten sind im Gegensatz dazu als sehr hoch zu bilanzieren, da infolge der starken Eintrübung ein Totalverlust der aquatischen Vegetation zu erwarten ist. Die zu erwartenden Sanierungskosten müssen jedenfalls im Bereich der umfangreichen Sanierungsarbeiten der Jahre 1995 und 1996 angenommen werden.

Ein definitives Risiko stellt bei diesem Entwicklungsszenario die ordnungsgemäße Widmung als Badegewässer, bedingt durch die geringe Wassertransparenz, dar. Infolge der deutlichen Eintrübung könnten beispielsweise die vorgeschriebenen Minimalanforderungen an die mittlere Sichttiefe im Gewässer nicht mehr erreicht werden.

7.3. Artenreiche hochwüchsige Vegetation

Auch dieses Entwicklungsszenario ist durch die Dominanz von hochwüchsigen Wasserpflanzen charakterisiert. Allerdings dominieren im Gegensatz zum Szenario „Monokultur des Tausendblatts“ unterschiedliche hochwüchsige Arten in ausgewogener Mengenzusammensetzung die aquatische Vegetation. Durch umfangreiche Bepflanzungsmaßnahmen könnten neben *Myriophyllum spicatum* noch weitere Arten in der Alten Donau etabliert werden.

Die Ergebnisse der bisherigen Bepflanzungsmaßnahmen hochwüchsiger Wasserpflanzen verdeutlichen allerdings die darüber hinaus gehende Notwendigkeit einer Adaptierung des Fischinventares. Pflanzenfressende Fische zeichnen bislang für diverse Verluste, auch in der Gruppe der hochwüchsigen Wasserpflanzen, verantwortlich. Lediglich der koordinierte Eingriff in die Arten- und Mengenzusammensetzung der Fischfauna der Alten Donau würde den nachhaltigen Erfolg diverser Bepflanzungsmaßnahmen gewährleisten.

Jedenfalls wäre durch die umfangreiche Ausstattung an hochwüchsigen Makrophyten die Wassertransparenz weitgehend ansprechend, allerdings müssten zur Ermöglichung der gewöhnlichen Nutzung weiterhin Mäharbeiten durchgeführt werden, wobei hier eine geringe Reduktion durch das geänderte Arteninventar möglich ist. Allerdings stellen derartige Mäharbeiten selbst wiederum eine potentielle Gefährdung für den Pflanzenbestand dar und können den Übergang zum Entwicklungsszenario „Algendominanz“ auslösen.

Insgesamt sind die kurzfristigen Kosten durch parallele Aufwendungen für den Eingriff in die Fischfauna, Bepflanzungsmaßnahmen mit hochwüchsigen Makrophyten sowie weiterführende Mäharbeiten als sehr hoch anzusetzen. Infolge des nur gering verminderten Bedarfs von Mäharbeiten wären somit auch die langfristigen Kosten eher hoch zu bilanzieren.

7.4. Characeendominanz

Gemäß dem ökologischen Leitbild im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie entspricht dieses Entwicklungsszenario den Vorgaben am meisten. Auch aus naturschutzfachlicher Sicht (FFH-RL: Etablierung des LRT 3140) wäre diese Variante anzustreben. Das Gewässer ist auch bei der Dominanz von bodendeckenden Characeen durch seinen dichten bodendeckenden Bewuchs durch eine hohe Wassertransparenz gekennzeichnet. Die flächendeckende Ausbreitung ist durch die großflächige Grundwasserbeeinflussung der Alten Donau auch prinzipiell möglich. Allem voran müsste allerdings ein Eingriff in die Artenzusammensetzung der Fischfauna vorgenommen werden. Wie Aufnahmen aus Unterwasser-Videofallen belegen, stellen Characeen für pflanzenfressende bzw. im Boden wühlende Fische eine attraktive Nahrung dar. Erst die gezielte Dezimierung derartiger Fraßfeinde gewährleistet die nachhaltige Etablierung dieses Entwicklungsszenarios.

Infolge der flächigen Ansiedelung von Characeen und deren allelopathischer Eigenschaften ist ein Wiederaufkommen hochwüchsiger Wasserpflanzen kaum mehr möglich. Damit einher geht umgekehrt proportional zu Ausbreitung der Characeenvegetation, die stetige Reduktion des Mähaufwandes an der Alten Donau. Je weiter die flächendeckende Besiedelung mit niedrigwüchsigen Armleuchteralgen voranschreitet, desto weniger Flächen mit hochwüchsigen Wasserpflanzen müssen durch die Mähboote bearbeitet werden.

Dementsprechend kann der zu erwartende kurzfristige Aufwand als mäßig kalkuliert werden. Neben dem Eingriff in das Arteninventar der Fische müssen Bepflanzungsmaßnahmen der bodendeckenden Vegetation vorgenommen werden. Die Betrachtung der langfristigen Kosten zeigt einen deutlichen Rückgang auf ein lediglich geringes Niveau infolge des geringen Aufwandes für Monitoringaktivitäten der Characeenvegetation sowie der nur mehr in sehr geringen Umfang notwendigen Mäharbeiten in bewusst übriggelassenen Bereichen.

7.5. Zusammenfassung Entwicklungsszenarien

Insgesamt zeigt die Analyse der möglichen Entwicklungsszenarien, dass lediglich beim Szenario „Algendominanz“ eine grundsätzliche Eignung der Alten Donau als Badegewässer problematisch wäre. Bei sämtlichen anderen Entwicklungsszenarien steht der gewohnten Nutzung des Gewässers, wenngleich teilweise mit hohem Managementaufwand, nichts entgegen. Bei den beiden Szenarien „Monokultur des Tausendblatts“ sowie „Artenreiche hochwüchsige Vegetation“ müssten allerdings weiterhin umfangreiche Mäharbeiten zur Ermöglichung der Gewässernutzung vorgenommen werden. Das Stadium der Characeendominanz, welches noch dazu am ehesten dem Leitbild der Alten Donau gemäß WRRL und FFH-RL entspricht, kann in Gegenüberstellung des jeweils notwendigen Aufwandes, als günstigste Variante ausgemacht werden.

In der nachfolgenden Tabelle sind die unterschiedlichen Aspekte der einzelnen Entwicklungsszenarien zusammengefasst.

Entwicklungsszenarien 2015 - 2025					
Aktueller Status-quo:	Vorteil	Nachteil	Eigenschaften	Risiken	langfristige Kosten
Hochwüchsige Wasserpflanzen	Klares Wasser	Mähaufwand	hohe Wassertransparenz Nutzungsbehinderung Pflanzenfressende Fische hohe Erhaltungskosten		
Entwicklungsszenarien 2025:					
	Eigenschaften	Handlungen	Risiken	kurzfristige Kosten	langfristige Kosten
Hochwüchsige Wasserpflanzen Myriophyllumdominanz	Klares Wasser Nutzungsbehinderung Mähaufwand	Nullvariante	Potentielle Gefährdung des stabilen Systems durch mähen	hoch - Bepflanzungsmaßnahmen zur Erhaltung der Artenvielfalt - Mähaufwand	hoch Mähaufwand
Algendominanz	geringe Wassertransparenz geringer Mähaufwand	Nullvariante	Widmung als Badegewässer	mäßig - Mähaufwand notwendig bis zum Beginn der Wassertrübung und damit einhergehendem Makrophytenrückgang	sehr hoch Sanierung
Hochwüchsige Wasserpflanzen Unterschiedliche Arten	Klares Wasser Nutzungsbehinderung Mähaufwand	Bepflanzungsmaßnahmen zur Erhöhung Artenvielfalt; Fischmanagement	Potentielle Gefährdung des stabilen Systems durch mähen; Fraßdruck d. Fische	sehr hoch -Adapterung Fischinventar -Bepflanzungsmaßnahmen: Hochwüchsige - Mähaufwand	hoch Mähaufwand
Characeendominanz	Klares Wasser Bodendeckender Bewuchs geringer Mähaufwand	Fischmanagement Characeenpflanzungen	Fraßdruck d. Fische; Nährstoffeinträge	mäßig -Adapterung Fischinventar -Bepflanzungsmaßnahmen: Bodendecker - Mähaufwand stetig sinkend	gering geringer Mähaufwand geringe Monitoringkosten

8. MAßNAHMEN ZUR ERREICHUNG DES ZIELZUSTANDES

Zum Erreichen des Ziels einer Characeendominanz muss eine Umschichtung im Arteninventar der Alten Donau angestrebt werden. Das hochwüchsige Ähren-Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) muss dabei zurückgedrängt und im Gegenzug die Ausbreitung von bodendeckender Vegetation (in erster Linie Characeen) gefördert werden.

In der Alten Donau kann die Ausdehnung und Zusammensetzung der Makrophytenvegetation abgeleitet aus den Kapiteln 5 und 6 in erster Linie über folgende Maßnahmen gesteuert werden:

- Absenkung
- Mähmanagement
- Fischereiliches Management

Eine weitere Möglichkeit zur direkten Beeinflussung der Artenzusammensetzung ergibt sich durch

- Bepflanzungsmaßnahmen

Die genannten Maßnahmen sind optimal aufeinander abzustimmen.

8.1. Absenkung

Seit dem Jahr 2002 wird der Wasserstand der Alten Donau jeweils in den Wintermonaten um ca. 30 cm abgesenkt. Die generelle Zielsetzung des Projekts war eine Förderung des Makrophytenwachstums zur Schaffung und Sicherung einer verbesserten Wasserqualität in der Alten Donau. Diese Maßnahme hat sich auf den Gesamtzustand der Alten Donau äußerst positiv ausgewirkt. Dies betrifft die Hydrologie, die Gewässerökologie und das Makrophytenwachstum. Die formulierten Ziele konnten weitestgehend erreicht und der Gesamtzustand der Alten Donau wesentlich verbessert werden.

Aus Sicht des Fachbereiches Hydrologie und Wasserwirtschaft ist hierbei besonders der durch die Absenkung verstärkte Zustrom von Uferfiltrat wichtig, da die Alte Donau (besonders die Obere Alte Donau) bedingt durch das Sperrbrunnensystem zur Sicherung der Altlast Donaupark und Bruckhausen nur einen geringen Grundwasserzustrom aufweist. Durch die Absenkung und die danach weiterwirkende Wiederaufspiegelung wird die Wasserbilanz der Alten Donau deutlich verbessert. Die Messungen haben ergeben, dass allein dadurch das Wasservolumen der Alten Donau von 2006 bis 2010 mehr als ersetzt wurde. Das ist besonders wichtig, da auf die Alte Donau ein starker Nutzungsdruck mit einer beachtlichen Belastung der Wasserqualität einwirkt.

Aus gewässerökologischer Sicht ist vor allem wesentlich, dass durch den vermehrten Grundwasserzuzug während der Wasserspiegelabsenkungsphasen die Resilienz der Alten Donau gegenüber den Belastungen infolge des Badebetriebs im Sommer deutlich erhöht werden kann. Darüber hinaus trägt der erhöhte Grundwasserdurchsatz zur Anhebung der Pufferkapazität des Kalk-Kohlensäure-Systems gegenüber photosynthesebedingten Folgeerscheinungen (pH-Wert-Schwankungen, biogene Kalkfällung) bei.

Zur dauerhaften Sicherung der guten Wasserqualität in der Alten Donau ist der Erhalt von ausgedehnten Makrophytenbeständen wesentlich. Mit der Fortführung der Absenkungsmaßnahmen können hierfür geeignete Bedingungen gehalten werden.

Ein weiteres Ziel der Absenkung ist es, das Wachstum niederwüchsiger Arten (insbesondere der Characeen) zu fördern. Diese Pflanzengruppe profitiert deutlich durch die Erhöhung des Grundwasserzustroms in der Absenkphase. Zum einen sollen die bislang noch makrophytenfreien Zonen in der Alten Donau vorwiegend mit dieser Pflanzengruppe besiedelt werden, zum anderen soll hierdurch insgesamt eine Änderung in der mengenmäßigen Vegetationszusammensetzung erreicht werden. Dies ist vor allem im Hinblick auf eine Reduktion des Mähaufwands von großer Bedeutung.

Ein weiterer Aspekt, welcher ebenfalls – wenngleich nur temporär für einige Wochen – zu einer Reduktion des Mähaufwandes beiträgt ist der alljährliche fröhsommerliche Zusammenbruch der hochwüchsigen Makrophytenbestände (*Myriophyllum spicatum*), der, wie oben erläutert, wohl auch im Zusammenhang mit der Absenkungsmaßnahme steht.

Es wird daher empfohlen, die Absenkungsmaßnahme unbedingt weiterhin regelmäßig durchzuführen. Eine regelmäßige und genaue Überprüfung der Entwicklung der Makrophytenbestände ist dabei aber unerlässlich. Dies gilt insbesondere, solange das Ähren-Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*), welches offensichtlich auch negativ auf die Maßnahme reagiert, die überaus dominante Art im Gewässer repräsentiert.

8.2. Mähmanagement

Mit dem Mähmanagement können zwei Ziele erreicht werden: Zum einen ist dies eine Reduktion der Ausdehnung hochwüchsiger Pflanzenbestände auf ein für den Erholungsbetrieb erträgliches Maß. Zum anderen kann mit den Mähmaßnahmen steuernd auf die Vegetationszusammensetzung eingewirkt werden.

Die Möglichkeit zur Steuerung der Vegetationszusammensetzung ergibt sich vor allem durch eine Optimierung der Schnitttiefe. Durch ein Abschneiden der hochwüchsigen Pflanzen möglichst knapp über dem Gewässergrund kann mehr Licht in die darunter befindlichen Bestände der Bodendecker dringen, wodurch deren Wachstum gefördert wird.

Ein regelmäßiges Schneiden der hochwüchsigen Makrophytenbestände führt weiters langfristig zu einer Schwächung der Bestände und damit zu deren Rückgang.

Grundsätzlich bleibt aber festzuhalten, dass jede Form der Gewässerbewirtschaftung, die auf eine Dezimierung von Makrophytenbeständen abzielt, ein riskanter Eingriff bleibt. Dies gilt insbesondere dann, wenn ein System wie die Alte Donau zwei alternative stabile Zustände (vgl. DOKULIL et al., 1994) aufweist. Denn auch ein moderates Mähmanagement kann die Strapazierfähigkeit eines makrophytendominierten Systems stark schwächen und im ungünstigsten Falle eine Rückkehr zum algendominierten Zustand auslösen.

Im Falle der Alten Donau bedurfte es eines immensen Aufwandes, das Gewässer vom algendominierten in den makrophytendominierten Zustand zu überführen. Dieser Zustand konnte mit Hilfe der von der Stadt Wien durchgeführten Sanierungsmaßnahmen erreicht werden. Eine zu

starke Dezimierung der Makrophytenvegetation durch die Mäharbeiten könnte jederzeit wieder eine Rückkehr zum algendominierten Zustand auslösen. Eine kontrollierte Vorgangsweise ist daher unbedingt erforderlich.

Vor diesem Hintergrund sind sowohl eine exakte Steuerung des Mähbetriebs als auch eine exakte Überwachung der Mäharbeiten und vor allem auch deren Auswirkungen auf die Makrophytenvegetation unbedingt vorzunehmen.

In der Alten Donau werden bereits seit mehreren Jahren regelmäßig in den Sommermonaten Mäharbeiten durchgeführt. Der Erfolg der Mäharbeiten wird durch Kontrollfahrten und Echosondierungen laufend überprüft und dokumentiert. Hieraus ist ersichtlich, dass es in den letzten Jahren mit Hilfe des durchgeführten Mähmanagements zwar weitestgehend gelungen ist, die hochwüchsigen Makrophyten soweit unter der Wasseroberfläche zu halten, dass es durch das Pflanzenwachstum zu keinen maßgeblichen Beeinträchtigungen für den Erholungsbetrieb gekommen ist. Es war aber auch offenkundig, dass die jeweils ausgewiesenen Mähflächen meist nur unvollständig abgearbeitet wurden. Immer wieder blieben, trotz großen Aufwands, zwischen den einzelnen „Mähspuren“ größere, ungemähte Bereiche bestehen.

Die Ergebnisse der Echosondierungen belegen weiters klar, dass die tatsächlich erreichten Mähtiefen bislang zu gering waren, um die zur Förderung der niederwüchsigen Vegetation erforderliche Erhöhung des Lichtangebotes am Gewässergrund zu bewirken. Die für die angestrebte Veränderung der Dominanzverhältnisse erforderlichen Mähtiefen (ca. 0,5 bis 1,0 m über Grund) wurden fast ausnahmslos nicht eingehalten. Das Ziel, über das Mähmanagement eine Umschichtung im Arteninventar zu bewirken, konnte daher nur ansatzweise umgesetzt werden.

Gemäß den Erfahrungen der letzten Jahre lagen die Gründe hierfür hauptsächlich in Schwierigkeiten bei der Orientierung auf dem Wasser. Es zeigte sich, dass für die Mähbootfahrer die exakte Lokalisierung sowohl des eigenen Bootes als auch der ausgewiesenen Mähflächen im Gewässer äußerst schwierig war. Ohne Kenntnis der exakten Position des Mähbootes stand – trotz Tiefenkarte – auch keine ausreichend genaue Tiefeninformation zur Verfügung. Es kam daher oft dazu, dass die Vorgaben zur „Mähtiefe“ nicht eingehalten wurden, um mögliche Schäden am Mähwerk durch Grundberührungen zu vermeiden.

Weiters war es bislang nur schwer möglich, Mähflächen systematisch abzuarbeiten. Durch das Schneiden der Pflanzen trübt sich das Wasser auch in der Umgebung stark ein, sodass schon nach der ersten „Mähspur“ bereits gemähte von noch nicht gemähten Bereichen nur schwer zu unterscheiden sind. Als wesentliche Erleichterung für die Mähbootfahrer wurde im Rahmen des LIFE-Projekts ein eigenes System entwickelt, mit welchem es möglich ist, die Position des Mähbootes sowie der bereits gemähten Flächen exakt zu bestimmen und zu visualisieren. Weiters ist ein Tiefenmesser am Mähwerk installiert, der dem Mähbootfahrer jederzeit Auskunft über die aktuelle Mähtiefe gibt. Der Einsatz dieses Systems erlaubt die exakte Abarbeitung der vorgegebenen Mähflächen.

Durch Einsatz des neu entwickelten Systems besteht nun auch die Möglichkeit zur exakten Dokumentation der Mäharbeiten. Dies zum einen, um den jeweils aktuellen Status in die Planungen für neue Vorgaben einzubeziehen und so möglichst rasch auf die jeweiligen Erfordernisse reagieren zu können. In diesem Zusammenhang wurde zur Optimierung der Einsätze die Möglichkeit für einen schnellen Datenaustausches mit der Mähbootbesatzung

geschaffen. Zum anderen wurde durch das neue System eine Möglichkeit zur laufenden Überwachung des Mähbetriebs und vor allem auch zur Dokumentation der Mäharbeiten geschaffen. Vor allem hierdurch können aller Voraussicht nach zukünftig auch Prognosen zur Entwicklung der Makrophytenvegetation und zum zu erwartenden Mähbedarf abgeleitet werden.

Mit dem neuen System zur Steuerung und Überwachung des Mähbetriebs wird:

- 1.) die Bearbeitung für den Mähbootfahrer erleichtert und
- 2.) die Koordination und Dokumentation der Mäheinsätze wesentlich vereinfacht.

Ad 1) Erleichterung der Arbeiten für den Mähbootfahrer durch:

- Positionsbestimmung des Mähbootes auf der Alten Donau im Submeterbereich in Echtzeit .
- Visualisierung der Position des Mähbootes auf einem hinreichend großen (10“), übersichtlichen und spiegelreinen Computerdisplay auf einer Kartendarstellung des Gewässers.
- Die Kartendarstellung beinhaltet die Tiefeninformation der Alten Donau (aktuelle Tiefenkarte), hierdurch jederzeit exakte Information über die am Aufenthaltsort vorhandene Gewässertiefe bzw. mögliche Mähtiefe.
- Automatischer Download der aktuell zu bearbeitenden Mähflächen und Anzeige auf der o.a. Gewässerkarte.
- Ertönen eines akustischen Signals bei Annäherung an die Begrenzung des Mähbereichs (zur Warnung vor unbeabsichtigtem Verlassen).
- Ertönen eines akustischen Signals bei Befahren eines als „mähfremde Fläche“ ausgewiesenen Bereichs.
- Aufzeichnung der Mähspur und Darstellung im Display. Hierdurch ist gezieltes Abarbeiten der ausgewiesenen Mähflächen möglich.
- Laufende Anzeige und Aufzeichnung der Tiefe des Mähwerks.

Ad 2) Vereinfachung der Koordination und Dokumentation des Mähbetriebs durch:

- Ausweisung der zu mähenden Flächen durch die Koordinationsstelle als Shape-files (ArcGIS, ArcView oder ArcPad) und Upload auf einen Server.
- Beim Starten des Computers am Mähboot lädt dieser automatisch die aktuell zu bearbeitenden Flächen in die Grundkarte der Alten Donau.
- Die Fahrspur des Mähbootes und die Mähtiefe werden laufend aufgezeichnet.
- Beim Herunterfahren des Computers am Ende des Arbeitstages wird die aufgezeichnete Fahrspur incl. Mähtiefe (mit Datum und Uhrzeit) automatisch auf dem Server aktualisiert und kann von der Koordinationsstelle eingesehen und abgelegt werden.
- Die Aufzeichnungen können genutzt werden, um für den nächsten Tag – je nach Mähfortschritt – gezielte neue Vorgaben zu erstellen.
- Die so adaptierten Mähflächen können dann von der Koordinationsstelle ausgewiesen und wiederum auf den Server gestellt werden.

Der Einsatz des neuen Systems bietet nun erstmals die Möglichkeit, die Mäharbeiten gezielt nicht nur zur Ermöglichung des Erholungsbetriebes sondern auch zum Erreichen ökologischer Ziele, insbesondere zur Steuerung der Artenzusammensetzung, einzusetzen.

8.3. Bepflanzungsmaßnahmen

Sowohl die Absenkungsmaßnahme als auch das Mähmanagement (ohne Einsatz des neu entwickelten Systems) werden an der Alten Donau bereits seit ca. Anfang der 2000er Jahre regelmäßig durchgeführt. Dennoch verlief der Zuwachs an niederwüchsiger Vegetation und vor allem an Characeen nur schleppend. Es wurde daher im Jahr 2007 begonnen, Möglichkeiten zur direkten Bepflanzung mit niederwüchsiger Vegetation zu erproben.

Zunächst wurde ausschließlich mit Characeen experimentiert. Im Jahr 2007 wurden zunächst mittels Probepflanzungen die Rahmenbedingungen für die Anpflanzung und Ausbreitung von Characeen in der Alten Donau erhoben. Auf mehreren Probeflächen in der Oberen und Unteren Alten Donau wurden verschiedene Characeenarten, Sedimentqualitäten, Wassertiefen etc. getestet. 2008 wurden diese Versuche weitergeführt und, darauf aufbauend, auch bereits auf größeren Flächen Initialpflanzungen im Gewässer vorgenommen. Ein Teil der Pflanzen wurde dabei jeweils mit Käfigen geschützt.

Im Rahmen dieser Versuche und Maßnahmen musste allerdings festgestellt werden, dass sich letztlich nur die unter den Käfigen eingesetzten Pflanzen dauerhaft im Gewässer halten konnten. In den Folgejahren wurden daher verschiedene Schutzvorrichtungen (Käfige, Netze etc.) getestet. Wichtig war hierbei vor allem der Aspekt einer großflächigen Einsatzmöglichkeit.

Letztlich konnte nachgewiesen werden, dass sowohl in der Oberen wie auch in der Unteren Alten Donau prinzipiell geeignete Bedingungen für ein Characeenwachstum herrschen. Nach Entfernung der Schutzvorrichtungen wurden allerdings auch großflächige Pflanzungen regelmäßig innerhalb kurzer Zeit wieder dezimiert.

Um die Ursache hierfür herauszufinden, ist 2011 eine spezielle Unterwasser-Videobox zur Langzeit-Überwachung der Pflanzflächen entwickelt worden (Abbildung 26). Diese wurde jeweils unmittelbar auf die Pflanzungen folgend in der Unteren Alten Donau eingesetzt. Mit Hilfe dieser Anlage konnte dokumentiert werden, dass für das Abfressen einzelner Characeenpflanzen Rotfedern und für das Ausgraben ganzer Pflanzenbüschel Brachsen verantwortlich sind.

Nachdem unter den gegebenen Bedingungen (Fischbestand) eine großflächige Etablierung von Characeen im Gewässer nicht erfolversprechend erschien, wurde der Einfluss der Fische auf weitere, vornehmlich niederwüchsige, Arten getestet (Abb. 27) und mittels der o.a. Videoanlage, dokumentiert. Die Ergebnisse legten nahe, dass die Fraßtätigkeit von Fischen derzeit in der Alten Donau möglicherweise nicht nur das Aufkommen von Characeen verhindert, sondern auch für den Rückgang zahlreicher anderer Arten verantwortlich sein könnte.

Mittels der Testpflanzungen konnte letztlich festgestellt werden, welche Makrophytenarten unter den derzeit herrschenden Bedingungen in der Alten Donau geeignete Wachstumsbedingungen vorfinden und damit zur Erweiterung des Artenspektrums in der Alten Donau geeignet sind. 2014 wurde damit begonnen, diese Arten möglichst großflächig und im gesamten Gewässer verteilt auszupflanzen. Die bisherigen Ergebnisse sind absolut positiv. Die eingesetzten Arten konnten

sich überwiegend etablieren und bereits auch außerhalb der Bepflanzungsflächen ansiedeln (vgl. Abbildung 28 & 29).

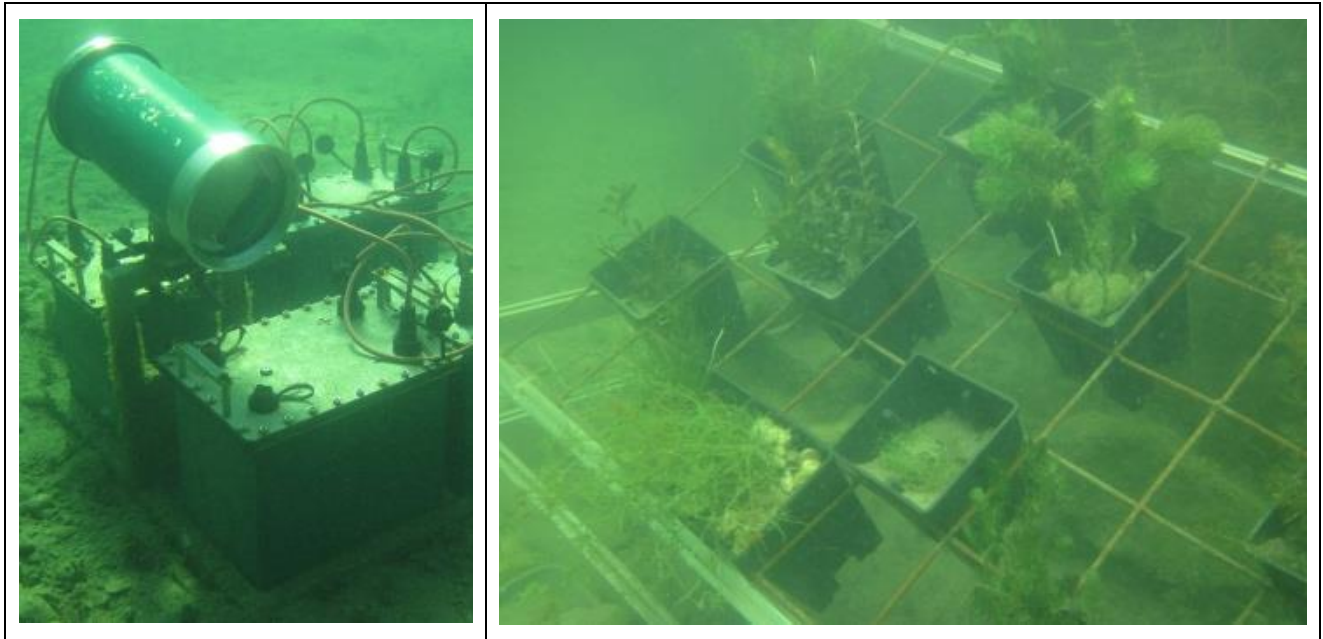


Abb. 26: Unterwasser-Videobox.

Abb. 27: „Pflanztisch“.

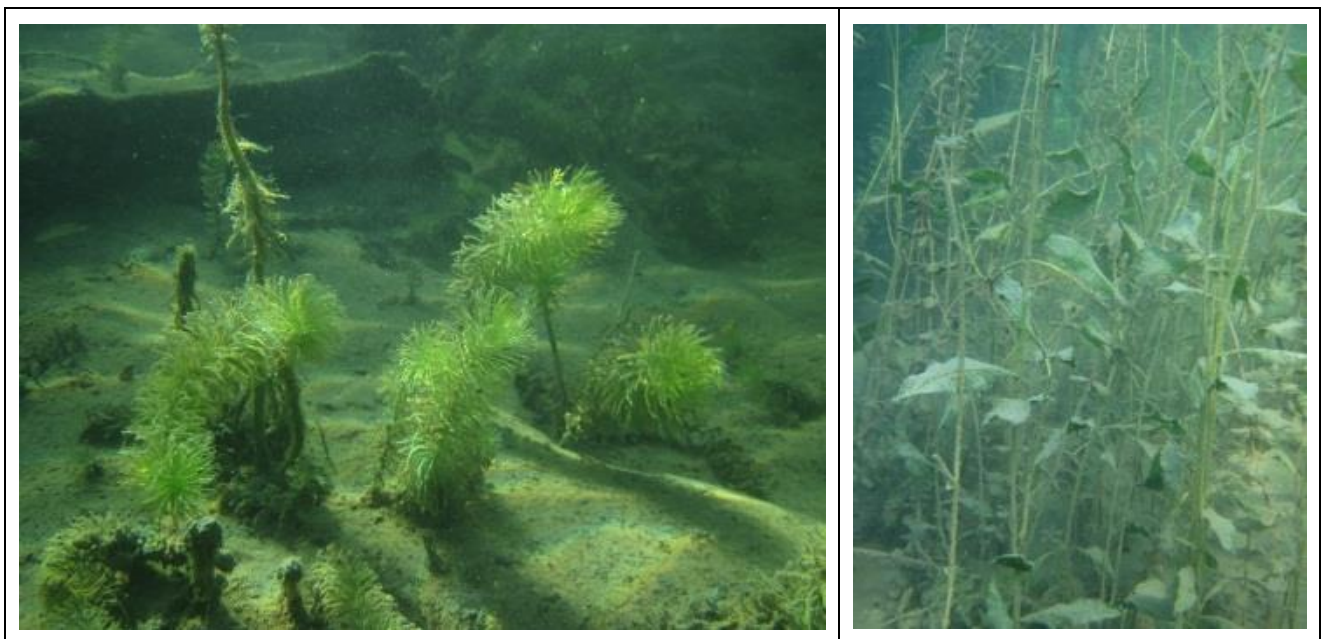


Abb. 28 & 29: Pflanzungen mit Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*) und Glanz-Laichkraut (*Potamogeton lucens*) in der Alten Donau.

Eine Fortführung entsprechender Bepflanzungsmaßnahmen sollten daher unbedingt forciert werden. Trotz derzeit überaus starkem Makrophytenwachstums finden sich quasi in allen Teilen der Alten Donau auch vegetationsfreie Flächen bzw. größere Bereiche mit nur spärlichem Makrophytenbestand, welche für diese Maßnahme geeignet sind.

Zur Verwendung dürfen ausschließlich heimische Wasserpflanzenarten gelangen, wobei niederwüchsige Spezies zu bevorzugen sind. Eingbracht werden können bereits ausgebildete Pflanzen sowie auch deren Vermehrungseinheiten (Samen und Oosporen). Die Bepflanzungen sollten im gesamten Gewässer erfolgen, jeweils zu mehreren Terminen in den Sommermonaten. Die Arbeiten müssen von Tauchern ausgeführt werden.

Wesentlich ist eine Dokumentation des Bepflanzungserfolges mittels Foto- und Videoaufnahmen.

Vorgeschlagen wird für die nächsten 5 Jahre pro Jahr die Bepflanzung von mindestens 10 Initialzellen der Größe von mindestens 1000 m², sowohl in der Oberen wie auch in der Unteren Alten Donau.

8.4. Fischereiliches Management

Um eine dem Leitbild entsprechende Makrophytenvegetation in der Alten Donau wieder zu etablieren, ist ein fischereiliches Management zwingend erforderlich. Wie in Kapitel 8.3. dargelegt, sind es die Fische, allen voran, Rotfedern sowie Brachsen und Karpfen, die eine Etablierung vor allem der typgerechten Characeenvegetation, verhindern.

Characeen waren in den 1980er Jahren in der Alten Donau weit verbreitet (vgl. LÖFFLER et al., 1988). Auch zu Beginn des regelmäßig durchgeführten Gewässermonitorings (1993, 1994) bildeten Characeen noch die dominierende Pflanzengruppe (vgl. DOKULIL et al., 1994). Es ist davon auszugehen, dass in diesem Zeitraum die o.a. Fischarten in ähnlichen Mengen wie heute in der Alten Donau vorhanden waren. Offensichtlich können sich also Characeen in ausreichender Bestandesgröße sehr wohl im Gewässer halten.

Hieraus lässt sich ableiten, dass eine Reduktion von Rotfedern, Brachsen und Karpfen nur temporär, während der Bepflanzungsmaßnahmen und der Etablierungsphase der Characeen, erforderlich ist. Sobald eine ausreichende Bestandesgröße und -dichte erreicht sind, dürfte einem Fischbestand, ähnlich dem derzeit gegebenen, nichts entgegenstehen. Dies gilt vor allem auch insofern, als im Rahmen einer im Rahmen der GZÜV (Gewässerzustandsüberwachungs-Verordnung) im Herbst 2013 vom Institut Scharfling durchgeführten fischökologischen Untersuchung der Alten Donau ein „guter fischökologischer Zustand“ attestiert wurde.

Dennoch wäre es auch langfristig im Hinblick auf die gewünschte Förderung und den Erhalt der Characeenvegetation äußerst zielführend, durch ein gezieltes fischereiliches Management den Bestand an Rotfedern, Brachsen und Karpfen möglichst gering zu halten. Langfristig sollten vor allem auch die noch immer im Gewässer vorhandenen pflanzenfressenden Amur-Karpfen entfernt werden.

Einen wesentlichen Beitrag hierzu kann eine Stärkung des Raubfischbestands (Hecht, Zander, Schiede) leisten. Eine solche würde sich generell positiv auf die Makrophytenvegetation auswirken (top-down Steuerung). Ein erster Schritt hierzu wurde bereits gesetzt: In Abstimmung mit dem Fischereiausübungsberechtigten (Österreichische Fischereigesellschaft) wurde der Besatz von Raubfischen erhöht. Insbesondere wurden im Herbst 2013 eine größere Zahl von Hechten sowie Schiede besetzt.

9. MANAGEMENTPLAN

Basierend auf den bisherigen Entwicklungen des Makrophytenbestandes der Alten Donau können im Einklang mit den in Kapitel 4 definierten Zielaspekten des Makrophytenbestandes unterschiedliche Maßnahmen abgeleitet werden, die eine leitbildgerechte Zielerreichung des aquatischen Lebensraumes Alte Donau ermöglichen. Dies entspricht gemäß den in Kapitel 7 definierten Entwicklungsszenarien dem zu favorisierenden Stadium der „Characeendominanz“.

9.1. Status Quo

Seit 2003 haben sich an der Alten Donau wieder umfangreiche Makrophytenbestände etabliert. Damit einher ging eine Verbesserung der Wassertransparenz, die mittlerweile einen wesentlichen Bestandteil des attraktiven Badegewässers darstellt. Infolge der enormen Wuchshöhen der großflächig vorkommenden *Myriophyllum spicatum*-Bestände sind umfangreiche Mäharbeiten zur Nutzung des Gewässers notwendig. Daneben verdeutlichen die gesammelten Erfahrungen sowie die Auswertung von Unterwasser Foto- sowie Videofallen, dass es seit 2007 zu gravierenden Fraßschäden an ungeschützten Pflanzungen bodendeckender Characeen kommt.

9.2. Maßnahmen zur Erreichung der ökologischen Ziele

Die Herstellung einer dem ökologischen Leitbild entsprechenden Makrophytenvegetation, also artenreicher, vor allem niederwüchziger Pflanzenbestände, kann in der Alten Donau nur durch das Zusammenspiel unterschiedlicher Maßnahmen erreicht werden.

Basierend auf den bisherigen Ergebnissen muss zur Herstellung eines adäquaten Makrophytenbestands vor allem ein **Eingriff in die Zusammensetzung der Fischfauna** vorgenommen werden. In einem ersten Schritt sollten – zumindest temporär – pflanzenfressende und bodenwühlende Fischarten deutlich dezimiert werden. Langfristig gelingt es durch die Förderung von Raubfischen, den Bestand an pflanzenfressenden oder bodenwühlenden Friedfischen gering zu halten.

Ein wesentlicher Beitrag zur Zielerreichung ist auch durch die **Weiterführung der Absenkungsmaßnahme** zu erwarten. Hierdurch wird nicht nur das Lichtklima am Gewässergrund verbessert, sondern auch der Zustrom von Grundwasser erhöht, was am Gewässergrund Bedingungen schafft, die es niederwüchsigen Arten, speziell Characeen, ermöglichen, sich zu etablieren und rasch auszubreiten. Die möglicherweise negativen Auswirkungen der Absenkungsmaßnahme auf das derzeit dominierende Ähren-Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*, vgl. Kapitel 6.1) wird bewusst in Kauf genommen, da diese eine Entwicklung in die gewünschte Richtung unterstützt (weg von einer Dominanz der hochwüchsigen Tausendblattbestände hin zu einer Dominanz niederwüchsiger Characeenvegetation).

Auch im Zusammenhang mit dem zu erwartenden Klimawandel ist eine Fortführung der Absenkungsmaßnahme positiv zu beurteilen. Die aktuellen regionalen Klimamodelle für den Alpenraum (LOIBL et al. 2011) weisen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts einen weiteren Temperaturanstieg von knapp 2°C (gegenüber der Periode 1971–2000) aus. Dabei zeigt sich eine

stärker ausgeprägte Erwärmung im Sommer, Herbst und Winter und eine geringere Erwärmung für das Frühjahr. Der Temperaturanstieg betrifft grundsätzlich den gesamten Alpenraum, tendenziell erwärmen sich jedoch die Regionen südlich des Alpenhauptkamms etwas rascher. Darüber hinaus zeigen die Szenarien eine Zunahme von Hitzetagen und Hitzewellen. Die regionalen Niederschlagsprojektionen für Österreich geben an, dass die Jahresniederschlagsmenge bis 2100 weitgehend gleich bleibt. Aktuelle Klimamodelle für den Alpenraum zeigen jedoch eine Niederschlagszunahme im Winter und eine deutliche Niederschlagsabnahme im Sommer für alle Regionen Österreichs (LOIBL et al. 2011).

Bei einer ausreichenden Zuzug von Grundwasser, wie er durch die Absenkungsmaßnahme regelmäßig erreicht werden kann, ist davon auszugehen, dass in den tieferen Bereichen der Alten Donau auch bei ansteigenden Temperaturen weiterhin Characeen optimale Wachstumsbedingungen vorfinden können.

Weiters bedarf es zunächst einer **Fortführung intensiver Mäharbeiten**. Durch das Mähen der Makrophyten in optimaler Wassertiefe kann am Gewässergrund ein Lichtklima geschaffen werden, welches das Aufkommen niederwüchsiger Vegetation, allen voran der typspezifischen Characeen, begünstigt. Darüber hinaus können durch die Entnahme der abgemähten Pflanzen dem Gewässer in gewissem Umfang Nährstoffe entzogen werden, was einen weiteren Beitrag zur leitbildbezogenen Zielerreichung darstellt.

Hierbei gilt es allerdings zu bedenken, dass ein unsachgemäß durchgeführtes Mähmanagement einerseits eine nachhaltige Schädigung der derzeit im Gewässer vorhandenen Makrophytenvegetation bewirkt, was letztlich dazu führen kann, dass nicht mehr ausreichend dichte Bestände zur Sicherung einer guten Wasserqualität im Gewässer vorhanden sind. Dies gilt insbesondere, wenn zu tief, zu großflächig oder zu häufig gemäht wird (vgl. Kapitel 7.1 und 7.3). Andererseits können, wenn nicht tief genug gemäht wird, die o.a. positiven Effekte nicht erzielt werden. Ganz im Gegenteil kommt es zu einer deutlichen Verdichtung der Bestände, was in einigen Bereichen der Alten Donau bereits beobachtet werden konnte.

In Anbetracht dieser potentiellen Gefahren ist es unerlässlich, dass die Mäharbeiten einem ökologisch basierendem und fachlich fundiertem Plan folgen. Weiters müssen sowohl die Mäharbeiten als auch deren Auswirkungen auf die Makrophytenvegetation genauestens beobachtet und dokumentiert werden, um gegebenenfalls entsprechende Anpassungen des Mähmanagementplanes vornehmen zu können.

Ziel ist es, in genau definierten Bereichen im Herbst oder im zeitigen Frühjahr eine Mahd knapp über dem Gewässergrund auszuführen. Wie durch Versuche belegt werden konnte, ist eine Mahd in dieser Tiefe äußerst nachhaltig, so dass kaum Wiederholungsmahden in der Vegetationsperiode erforderlich werden. Die so gemähten Bereiche sind anschließend mit Characeen und anderen, vorzugsweise niederwüchsigen Arten zu bepflanzen. Auf diese Weise können die o.a. negativen Auswirkungen durch Vegetationsverlust vermieden werden.

Um die Entwicklung des Makrophytenbestandes in die gewünschte Richtung zu forcieren, sind letztlich **Bepflanzungsmaßnahmen** erforderlich. Diese sollen jedenfalls in den o.a. ausgewiesenen Mähbereichen erfolgen. Darüber hinaus sollen Initialpflanzungen im gesamten Gewässer verteilt, vorzugsweise auf bislang noch unbewachsenen Flächen, vorgenommen werden.

Solange der im Gewässer vorhandenen Fischbestand kein Aufkommen frisch eingesetzter, neuer Pflanzen zulässt, müssen die Anpflanzungen in einem ersten Schritt geschützt werden. Kleinräumige Maßnahmen stellen neben stabilen Käfigen mit Drahtgitterummantelung auch am Grund installierte Netze dar. Derartige Netze bestehen aus einem Material mit leicht positiven Auftrieb, und müssen damit lediglich in den Randbereichen durch Gewichte am Gewässergrund fixiert werden. Diese Netze würden in Bereichen ausgelegt werden, wo im Frühjahr in den vergangenen Jahren wiederholt das Auskeimen von Characeen beobachtet wurde, allerdings die Jungpflanzen mit Zunahme von steigenden Wassertemperaturen durch pflanzenfressende Fische wieder gänzlich dezimiert wurden.

Eine weitaus effektivere und auch großflächigere Maßnahme stellt die Anlage von fischfreien Flächen für Initialpflanzungen mit Characeen dar. Beginnend mit wenigen, auf der Alten Donau für Erholungszwecke kaum genutzten Abschnitten, könnten diese mit der Zeit ausgedehnt und neue Fläche hinzugefügt werden. Die Lage geeigneter Flächen sowie deren prioritäre Reihung sind Abbildung 30 zu entnehmen.

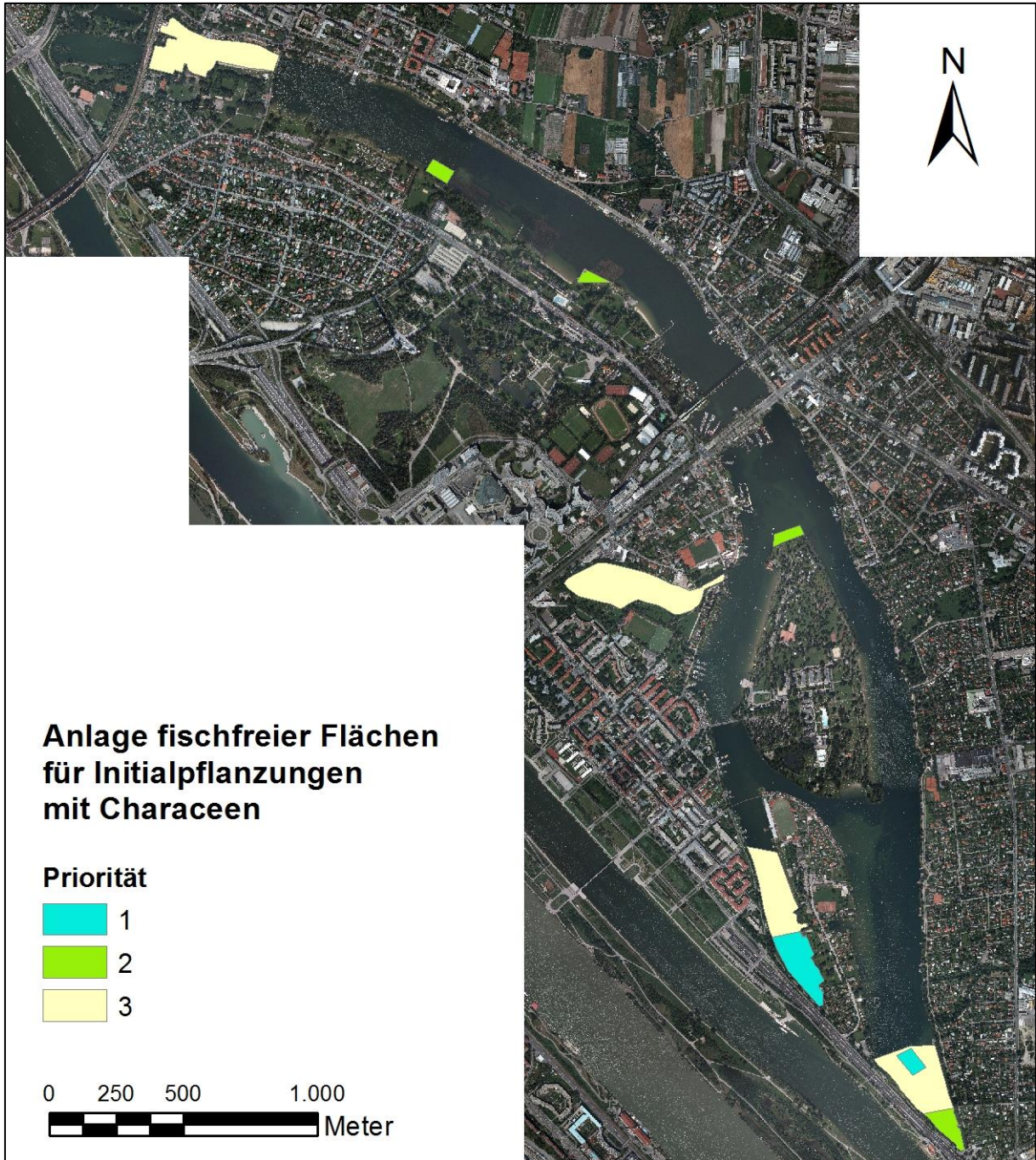


Abb. 30: Mögliche Flächen zur Anlage von fischfreien Flächen für Initialpflanzungen mit Characeen auf der Alten Donau.

9.3. Maßnahmen zur Erreichung naturschutzfachlicher Ziele

Im Sinne der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) sollen wertvolle Lebensraumtypen (LRT) hergestellt und erhalten werden. Die derzeitige Makrophytenausstattung der Alten Donau indiziert aktuell den FFH-Lebensraumtyp 3150: *Natürliche eutrophe Seen mit einer Vegetation des Magnopotamions oder Hydrocharitions (Submerse Makrophyten- und Schwimmblattgesellschaften)*. Allerdings ist die Artenzusammensetzung nur auf wenigen Arten basierend und darüber hinaus entwickelte sich die Alte Donau durch die umfangreichen Sanierungsmaßnahmen in Richtung von eher nährstoffarmen Verhältnissen.

Aus diesem Grund ist für die Alte Donau in Zukunft der Lebensraumtyp 3140: *Oligo- bis mesotrophe kalkhaltige Stillgewässer mit benthischer Vegetation aus Armeleucheralgen* anzustreben. Diesbezüglich gilt es gemäß der FFH-RL Schutzmaßnahmen für die derzeit im Gewässer befindlichen Bestände zu ergreifen. Mittels fixer Absperrungen bzw. variabel auslegbarer Fischescheuchen sollte der bereits anthropogen beeinflusste Fischbestand an einer weiteren Dezimierung der Characeenbestände in der Alten Donau gehindert werden. Letztendlich kann nur durch den schon weiter oben beschriebenen Eingriff in das Fischinventar der Alten Donau der Bestand des FFH-Lebensraumtyps 3140 in der Alten Donau auch langfristig gesichert werden. Eine derartige Sicherung stünde auch im Einklang mit den Leitbild-Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie eines Gewässers charakterisiert durch die Dominanz von Characeen.

Neben der Betrachtung wertvoller Lebensraumtypen (im Sinne der FFH-RL) sollte besonderes Augenmerk auch der Verbreitung von geschützten bzw. seltenen Arten geschenkt werden. Anhaltspunkte hierfür kann neben den Vorkommen von gemäß Wiener Naturschutzverordnung geschützten Arten (vgl. Abb. 2) besonders auch die Verbreitung von Rote-Liste-Arten (NIKLFELD, 1999) liefern. Wie Abbildung 31 verdeutlicht, befinden sich zahlreiche Vorkommen von Rote-Liste-Arten an der Alten Donau. Gehäufte Vorkommen finden sich vor allem in der Unteren Alten Donau. Von besonderer Bedeutung wären demnach der westliche Teil des Kaiserwassers, der südwestliche Bereich des Hauptarmes der Unteren Alten Donau, sowie der nördliche Teil des Gänsehäufels. Hier wäre lokal die Errichtung bzw. Ausweisung von Schutzzonen indiziert.

Auch in Zusammenhang mit den naturschutzfachlichen Zielen ist die Problematik Klimawandel anzusprechen. Durch die zu erwartende Erwärmung des Wasserkörpers der Alten Donau und den Ausfall der regelmäßigen winterlichen Eisbedeckung ist zu erwarten, dass wärmeliebende, gebietsfremde Arten (Neophyta) verbesserte Wachstumsbedingungen vorfinden und sich ausbreiten. Solche Arten gelangen sehr häufig auch als entsorgte Pflanzen aus Aquarien in Gewässer. Bei stärkerer Ausbreitung können sie auch ein prinzipiell stabiles Ökosystem sehr stark belasten (vgl. z.B. systema, Einreichoperat Teesdorf oder auch PALL et al., 2013). Vor diesem Hintergrund sind ein regelmäßiges Monitoring und vor allem auch eine umfangreiche Information der Bevölkerung ins Auge zu fassen.

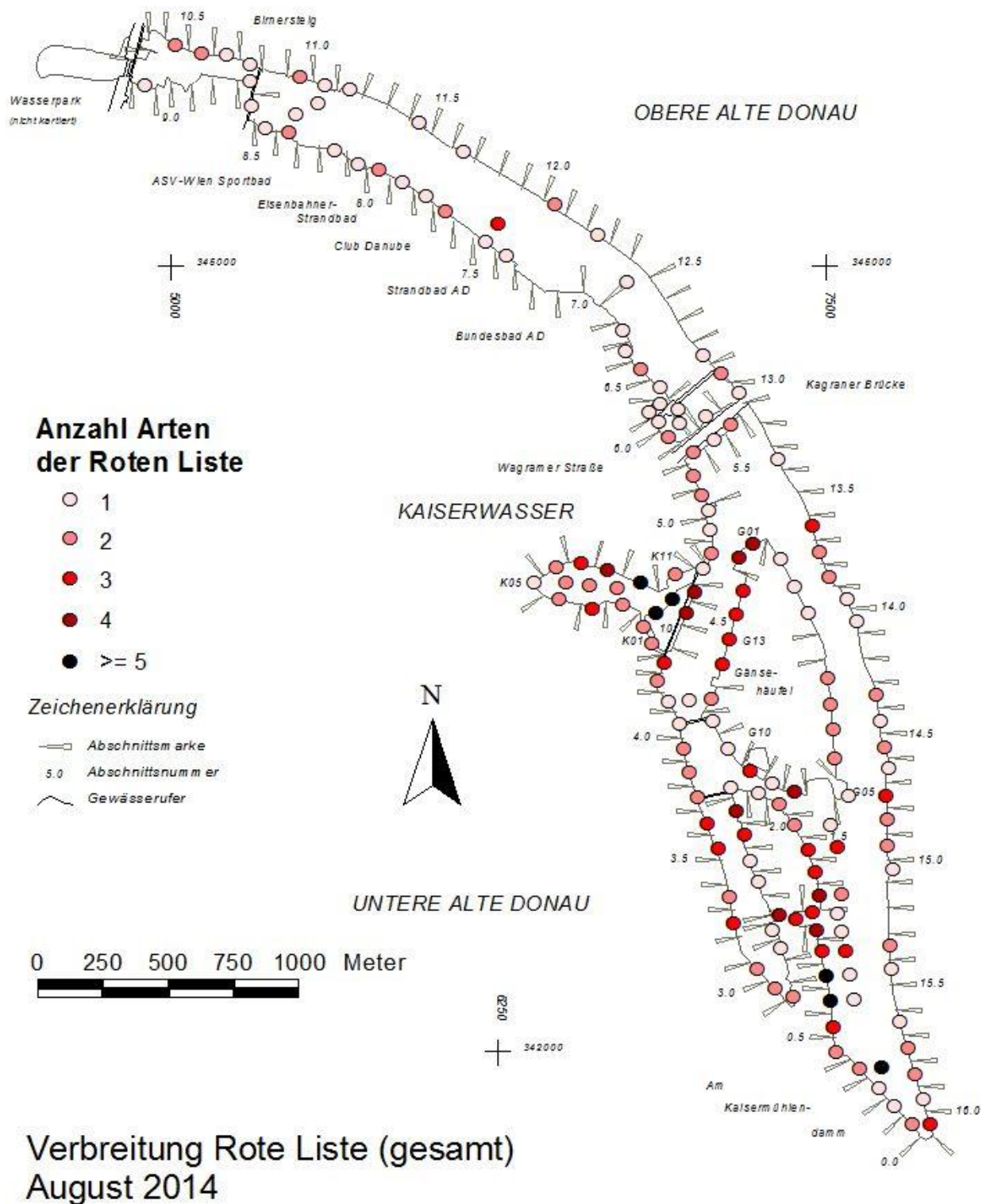


Abb. 31: Anzahl von Rote-Liste-Arten in den einzelnen Kartierungsabschnitten der Alten Donau.

9.4. Maßnahmen zur Erreichung gesellschaftspolitischer Ziele

Von zentraler Bedeutung für die Nutzbarkeit der Alten Donau für den Erholungsbetrieb ist die nachhaltige Aufrechterhaltung einer ansprechenden Wasserqualität. Dichte Wasserpflanzenbestände und die damit einhergehende Filter- und Retentionswirkung der Makrophyten in Kombination mit einer Stabilisierung des Gewässergrundes gewährleisten ausreichende Sichttiefen, die für die bestimmungsgemäße Widmung als Badegewässer notwendig sind. Derzeit gelingt es durch die Dominanz von hochwüchsigen *Myriophyllum spicatum*-Beständen derartige Vorgaben zu erfüllen. Allerdings sind zur Nutzung der Alten Donau auch umfangreiche Mäharbeiten der hochwüchsigen Bestände notwendig.

In Kapitel 4.3 wurde eine Verbesserung der Nutzbarkeit für den Erholungsbetrieb als zweites gesellschaftspolitische Ziel definiert. Kurzfristig kann dies durch die gezielte Ausführung der Mäharbeiten in der richtigen Wassertiefe umgesetzt werden. Die Nutzbarkeit für den Erholungsbetrieb kann dabei grundsätzlich durch häufiges Mähen in geringer Wassertiefe als auch durch weniger häufiges Mähen in höherer Wassertiefe aufrechterhalten werden. Um eine hohe Effizienz zu erreichen, bietet sich eine Mahd in möglichst großer Tiefe an. So ist beispielsweise bei einem Abschneiden der Bestände knapp über dem Gewässergrund kaum mehr mit einem Nachwachsen der Pflanzen in der selben Vegetationsperiode zu rechnen, wie durch Versuche auf der Alten Donau nachgewiesen werden konnte. Gerade mit einer sehr tiefen Mahd sind aber, wie in Kapitel 9.2 erläutert, durchaus Gefahren für die Stabilität des Ökosystems Alte Donau verbunden. Eine Mahd in zu geringer Tiefe steht wiederum den ökologischen Zielen entgegen. Es ist daher eine mit den ökologischen Zielen abgestimmte Vorgangsweise nach einem definierten Ausführungs- und Monitorinplan unbedingt erforderlich.

Langfristig kann es jedoch nur durch eine Änderung des Makrophytenbestands in Richtung des ökologischen Leitbilds gelingen, die Nutzbarkeit der Alten Donau für den Erholungsbetrieb ohne aufwändiges Mähmanagement dauerhaft zu sichern.

9.5. Maßnahmen zur Erreichung ökonomischer Ziele

Langfristig soll der Aufwand zur Pflege des Makrophytenbestandes reduziert werden. In dieser Hinsicht ist wiederholt das Zusammenspiel mehrerer Maßnahmen (Eingriff Fischmanagement, tiefes Mähen des Mähbootes sowie Wechsel der Artenzusammensetzung weg von hochwüchsigen Wasserpflanzen hin zu bodendeckenden Characeen) genannt worden. Mit der Fortschreitenden Ausbreitung von niederwüchsigen Arten und Characeen sinkt auch die Notwendigkeit von Mäharbeiten der hochwüchsigen Wasserpflanzen. Somit bewirken sämtliche Maßnahmen, die die Ausbreitung von Characeen fördern, als Nebenaspekt eine kontinuierliche Verringerung des (Mäh-)aufwandes.

Insgesamt gilt es aber darüber hinaus gehend, auch die Empfindlichkeit des Ökosystems gegenüber Störfällen oder Extrementwicklungen zu reduzieren. Für Störfälle, wie z.B. Kontaminationen des Wasserkörpers, wurde ein eigener Risikomanagementplan ausgearbeitet (ROHRHOFER, 2015). Um andere negative Entwicklungen zeitgerecht zu erkennen, wie z.B. die Ausbreitung von Neophyten etc., bedarf es regelmäßiger Kontrolluntersuchungen, um rasch

kleinere, kostengünstige Anpassungen vornehmen zu können, anstatt erst zu späterem Zeitpunkt teure Gesamtkonzepte umsetzen zu müssen.

Eine abschließende Zusammenstellung aller Maßnahmen zur leitbildgerechten Zielerreichung des aquatischen Lebensraumes Alte Donau ist Tab. 2 zu entnehmen. In weiterer Folge wird in Tab. 3 der zeitliche Ablauf der unterschiedlichen notwendigen Maßnahmen zur Zielerreichung zusammengefasst.

Tab. 2: Zusammenstellung aller Maßnahmen zur leitbildgerechten Zielerreichung des aquatischen Lebensraums der Alten Donau.

Maßnahmen zur Erreichung der ökologischen Ziele (WRRL)
<ul style="list-style-type: none"> • Regulierung des Fischbestands • Weiterführung der Absenkungsmaßnahme • Zielgerichtetes Mähmanagement • Bepflanzungsmaßnahmen
Maßnahmen zur Erreichung naturschutzfachlicher Ziele (FFH-RL)
<ul style="list-style-type: none"> • Schutzmaßnahmen für die derzeit im Gewässer befindlichen Characeen-Bestände • Ausweisung von Schutzzonen für geschützte bzw. seltene Arten (Rote Liste Österreichs, Wiener Naturschutzverordnung) • Vermeidung der Ausbreitung gebietsfremder Arten (Neophyta) • Öffentlichkeitsarbeit (Information der Bevölkerung)
Maßnahmen zur Erreichung gesellschaftspolitischer Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • Mittelfristig: <ul style="list-style-type: none"> • Erhalt eines dichten Makrophytenbestands • Weiterführung des Mähmanagements • Beobachtung und Dokumentation der Auswirkungen des Mähmanagements • Langfristig: <ul style="list-style-type: none"> • Entspricht den Maßnahmen zur Erreichung der ökologischen Ziele (s.o.)
Maßnahmen zur Erreichung ökonomischer Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • Mittelfristig: <ul style="list-style-type: none"> • Optimierung des Mähmanagements v.a. hinsichtlich Mähtiefe und rationeller Abarbeitung ausgewiesener Mähflächen • Beobachtung und Dokumentation der Auswirkungen des Mähmanagements • Langfristig: <ul style="list-style-type: none"> • Entspricht den Maßnahmen zur Erreichung der ökologischen Ziele (s.o.)

Tab. 3: Überblick zum zeitlichen Ablauf der unterschiedlichen Maßnahmen zur Zielerreichung.

Einzelne Maßnahmen zur Zielerreichung	Umsetzung
KURZFRISTIGE MAßNAHMEN (1-2 Jahre)	
Weiterführung der Absenkungsmaßnahme	2016 ff
Weiterführung von umfangreichen Mäharbeiten	2016-2018
Effizienzsteigerung des Mähbetriebes (optimale Mähtiefe, abgestimmtes Mähflächenmanagement)	2016-2018
Kombination tiefe Makrophytenmahd & nachfolgende Characeenpflanzungen	2016-2018
Kleinräumige Absperrungen für geschützte Characeenpflanzungen, ev. Installation von Fischescheuchen für Characeenpflanzungen	2016-2018
Schutzmaßnahmen für bestehende Characeenbestände (FFH-RL)	2016-2018
Eingriff in die arten- und mengenmäßige Zusammensetzung der Fischfauna (Förderung Raubfische + Reduktion Pflanzenfresser)	2016-2018
Vermeidung der Ausbreitung gebietsfremder Arten (Neophyta) – ev. gezielte Entfernung von Beständen	2016-2018
MITTELFRISTIGE MAßNAHMEN (bis zu 4 Jahren)	
Weiterführung der Absenkungsmaßnahme zur Erhöhung des Grundwasserzustroms	2016-2020
Weiterführung von Mäharbeiten je nach Erfordernis	2018-2020
Beobachtung und Dokumentation der Auswirkungen des Mähmanagements	2016-2020
Characeenpflanzungen in bislang kaum mit Makrophyten besiedelten Flachwasserbereichen	2016-2020
Großräumig geschützte Flächen für Initialpflanzungen	2018-2020
Förderung wärmeliebender, niedrigwüchsiger heimischer Arten als nachhaltige Vorbereitung auf pot. Klimawandel-Veränderungen	2018-2020
Kontrolle der Wirkung des Eingriffs in das Fischinventar; ev. Weiterführung von Befischungs- und/oder Besatzmaßnahmen	2018-2020
Erhalt von Flächen mit typspezifischer hochwüchsiger Vegetation, auch als Rückzugsgebiet für die Fische	2016-2020
Vermeidung der Ausbreitung gebietsfremder Arten (Neophyta) – Ergebnis-Kontrolle und ev. weitere gezielte Pflanzenentnahmen	2018-2020

Tab. 3, Fortsetzung: Überblick zum zeitlichen Ablauf der unterschiedlichen Maßnahmen zur Zielerreichung.

LANGFRISTIGE MAßNAHMEN (permanente Umsetzung oder Umsetzung zu späterem Zeitpunkt)	
Weiterführung der Absenkungsmaßnahme zur Erhöhung des Grundwasserzustroms	2020 ff
Weiterführung von Mäharbeiten je nach Erfordernis	2020-2025
Beobachtung und Dokumentation der Auswirkungen des Mähmanagements	permanent
Kontrolluntersuchungen der Makrophytenvegetation in ausreichend kurzen Intervallen, um rechtzeitig auf Veränderungen der Vegetation reagieren zu können	permanent
Öffentlichkeitsarbeit: Verdeutlichung des Nutzens der Makrophytenvegetation; Erklärung der Wirkmechanismen der gesetzten Maßnahmen; Hinweis zur zunehmenden Problematik von Ansiedelungen aus der Aquaristik	permanent
Bestandserhebung der Makrophytenvegetation als Kontrollelement der Wirkung der durchgeführten Maßnahmen	2016-2025
Ausweisung von Schutzzonen für geschützte bzw. seltene Arten (Rote Liste Österreichs, Wiener Naturschutzverordnung, FFH-RL)	2016-2025
Nachhaltiges Niederhalten der Population von pflanzenfressenden Fischen (Abfischungs- und Besatzmaßnahmen bei Bedarf)	2016 bis Etablierung Characeenvegetation
Großflächige Ausbreitung niedrigwüchsiger Characeen am Gewässergrund	2020-2025
Aufrechterhaltung der Nutzbarkeit der Alten Donau für den Bade- und Erholungsbetrieb durch den Erhalt eines durchgehenden Makrophytenbewuchses (Nährstoffspeicher, Filterwirkung)	permanent
Vermeidung der Ausbreitung gebietsfremder Arten (Neophyta) – Monitoring; ev. gezielte Entfernung von Beständen nach Erfordernis	2020-2025

10. LITERATUR

- ADAMS, M.S., TITUS, J. & MCCRACKEN, 1974: Depth distribution of photosynthetic activity in a *Myriophyllum spicatum* community in Lake Wingra.- *Oceanogr.* 19, 377-389.
- AIKEN, S.G., NEWROTH, P.R. & WILE, I., 1979: Biology of Canadian weeds. 34. *Myriophyllum spicatum* L.- *Canadian Journal of Plant Science* 59, 201-215.
- BAJER, P.G., SULLIVAN, G. & SORENSEN, 2009: Effects of a rapidly increasing population of common carp on vegetative cover and waterfowl in a recently restored Midwestern shallow lake.- *Hydrobiologia* 632, 235-245.
- BARKO, J.W. & SMART, R.M., 1981: Sediment-based nutrition of submersed macrophytes.- *Aquatic Botany* 10, 339-352.
- BARKO, J.W., SMART, R.M., MCFARLAND, D.G. & CHEN, R.L., 1988: Interrelationship between the growth of *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle and sediment nutrient availability.- *Aquatic Botany* 32, 205-216.
- BARKO, J.W., SMART, R.M. & MCFARLAND, D.G., 1991: Interactive effects of environmental conditions on the growth of submersed aquatic macrophytes.- *Journal of Freshwater Ecology* 6, 199-207.
- BLINDOW, I., 1987: The composition and density of epiphyton on several species of submerged macrophytes – the neutral substrate hypothesis tested.- *Aquatic Botany* 29, 157-168.
- BLINDOW, I.; 1988: Phosphorus toxicity.- *Chara.- Aquat. Bot.* 32: 393–395.
- BOLE, J.B. & ALLAN, J.R., 1978: Uptake of phosphorus from sediment by aquatic plants, *Myriophyllum spicatum* and *Hydrilla verticillata*.- *Wat. Res.* 12, 353-358.
- BREUKELAAR, A.W., LAMMENS, E.H.R.R., KLEIN BRETELER, J.P.G. & TATRAI I., 1994: Effect of benthivorous bream (*Abramis brama*) and carp (*Cyprinus carpio*) on resuspension.- *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 25, 2144-2147.
- BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF ENVIRONMENT, 1981: A summary of biological research on Eurasian milfoil in British Columbia.- 11 Inf. Bull., aquat. Pl. Mgmt Prog. Victoria, 18pp.
- CARLSON, S. & HÄSSELBARTH, U., 1972: Reinigungs und Desinfektionsprozesse bei der Schwimmbadwasseraufbereitung.- *Arch Badew* 25 (9), 543-535.
- CARIGNAN, R. & KALFF, J, 1980: Phosphorus sources for aquatic weeds, water or sediments.- *Science* 207, 987-989.
- CARPENTER, R., ELSER, J.J. & OLSON, K.M., 1983: Effects of roots of *Myriophyllum verticillatum* L. on sediment redox conditions.- *Aquatic Botany* 17, 243-249.
- CHUMCHAL, M.M., NOWLIN, W.H. & DRENNER, R.W., 2005: Biomass-dependent effects of common carp on water quality in shallow ponds.- *Hydrobiologia* 545, 271-277.
- CRIVELLI, A.J., 1983: The destruction of aquatic vegetation by carp.- *Hydrobiologia* 106, 37-41.

- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR DAS BADEWESEN: <http://www.baederportal.com/aktuelles/details/urin-in-badebecken-1435153680/>, last visited 22.09.2015.
- DOKULIL, M.T. (Ed.), 1994: Limnologische Untersuchungen zur Sanierung der Alten Donau. Zustandsanalyse des freien Wassers und des Sedimentes im Jahr 1993.- Studie im Auftrag der MA 45 – Wasserbau, unveröff. Bericht.
- DOKULIL, M., DONABAUM, K., JANAUER, G., KABAS, W., KIRSCHNER, A., MÜLLER, H., PALL, K., PFISTER, G., SALBRECHTER, M., SCHAGERL, M., SCHUH, T., STEITZ, A., ULBRICHT, T. & VELIMIROV, B., 1997: Limnologische Untersuchungen zur Sanierung der Alten Donau. Zustandsanalyse 1995/96 (Endbericht).- Im Auftrag der MA 45, 266pp.
- DOKULIL, M., DONABAUM, K., JANAUER, G., KABAS, W., KIRSCHNER, A., PALL, K., PFISTER, G., SALBRECHTER, M., SCHAGERL, M., STEITZ, A., ULBRICHT, T. & VELIMIROV, B., 1998: Limnologische Untersuchungen zur Sanierung der Alten Donau. Zustandsanalyse 1997.- Im Auftrag der MA 45, 362pp.
- DOKULIL, M., DONABAUM, K., JANAUER, G., KABAS, W., KIRSCHNER, A., MÜLLER, H., PALL, K., PFISTER, G., SALBRECHTER, M., SCHUH, T., STEITZ, A., ULBRICHT, T. & VELIMIROV, B., 1999: Limnologische Untersuchungen zur Sanierung der Alten Donau. Zustandsanalyse 1998.- Im Auftrag der MA 45, 627pp.
- DOKULIL, M., DONABAUM, K., JANAUER, G., KABAS, W., KIRSCHNER, A., MÜLLER, H., PALL, K., PFISTER, G., SALBRECHTER, M., SCHUH, T., STEITZ, A., ULBRICHT, T. & VELIMIROV, B., 2000: Limnologische Untersuchungen zur Sanierung der Alten Donau. Zustandsanalyse 1999.- Im Auftrag der MA 45.
- DOKULIL, M., DONABAUM, K., JANAUER, G., KABAS, W., KIRSCHNER, A., MÜLLER, H., PALL, K., PFISTER, G., SALBRECHTER, M., SCHUH, T., STEITZ, A., ULBRICHT, T. & VELIMIROV, B., 2001: Limnologische Untersuchungen zur Sanierung der Alten Donau. Zustandsanalyse 2000.- Im Auftrag der MA 45.
- DONABAUM, K., WOLFRAM, G. & RIEDLER, P., 2004: Alte Donau 2004 – Sedimentuntersuchung.- Untersuchung im Auftrag der Stadt Wien, MA45-Wasserbau, unveröff. Bericht, 59pp.
- DONABAUM, K., GROßSCHARTNER, M., MEISTERL, K., RIEDLER, P., SIGMUND, E., 2014: Modul Hydrochemie und Plankton.- In: DONABAUM et al., 2014: Sanierung Alte Donau – Limnologische Untersuchung Abschlussbericht.- Untersuchung im Auftrag der Stadt Wien, MA45 – Wiener Gewässer, unveröff. Berichte.
- FASSET, N., 1969: A manual of aquatic plants.- University of Wisconsin Press, Madison, 405pp.
- FORSBERG, C.; 1964: Phosphorus, a maximum factor in the growth of Characeae.- Nature 201, 517–518.
- FORSBERG, C.; 1965a: Nutritional studies of Chara in axenic cultures.- Physiologia Plantarum 18, 275-290.
- FORSBERG, C.; 1965b: Environmental conditions of swedish charophytes.- Symb. Bot. Ups. 18/4, 1-67.
- FORSBERG, C.G. & RYDING, S.-O., 1980. Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste-receiving lakes.- Arch. Hydrobiol. 89: 189–207.

- GASSNER H., ZICK, D., WANZENBÖCK, J., LAHNSTEINER, B. & TISCHLER G., 2003: Die Fischartengemeinschaften der großen österreichischen Seen.- Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde, Mondsee, 167pp.
- GASSNER, H. LUGER, M. ACHLEITNER D. & PAMMINGER-LAHNSTEINER B., 2014: Alte Donau (2013) - standardisierte Fischbestandserhebung und Bewertung des fischökologischen Zustandes gemäß EU-WRRL.- Bericht, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde, Mondsee, 34pp.
- GRACE, J.B. & WETZEL, R.G., 1978: The production biology of Eurasian watermilfoil: a review.- Journal of Aquatic Plant Management 16, 1-11.
- GROSS, E.M., SILT, S., LOMBARDO, P. & MULDERIJ, G., 2007: Searching for allelopathic effects of submerged macrophytes – state of the art and open questions.- Hydrobiologia 584, 77-88.
- GUNKEL, K. & JESSEN, H.-J., 1986: Untersuchungen über den Harnstoffeintrag in das Badewasser.- Acta hydrochim hydrobiol 14 (5), 451-461.
- HERSCHMAN, W., 1980: Aufbereitung von Schwimmbadwasser.- Krammer Verlag, Düsseldorf, 269pp.
- HILT, S. GROSS, E.M., HUPFER, M. MORSCHIED, H., MÄHLMANN, J., MELZER, A., POLTZ, J., SANDROCK, S., SCHARF, E.-M., SCHNEIDER, S. & VAN DE WEYER, K., 2006: Restoration of submerged vegetation in shallow eutrophic lakes – guideline and state of the art in Germany.- Limnologia 36, 155-171.
- HILT, S. & GROSS, E.M., 2008: Can allelopathically active submerged macrophytes stabilise clearwater states in shallow eutrophic lakes?- Basic and Applied Ecology 9, 422-432.
- HINDAK, F. & PRIBIL, S., 1968: Chemical composition, protein digestibility and heat of combustion of filamentous green algae.- Biol. Plant. 10, 234-244.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)].- IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IZUMI, H., HATTORI, A. & MCROY, C.P., 1980: Nitrate and nitrite in interstitial waters of eelgrass beds in relation to the rhizosphere.- Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 47, 191-201.
- JEPPESEN, E., ENSEN, J.P., KRISTENSEN, P., SONDERGAARD, M., MORTENSEN, E., SORTKJAER, O. & OLRİK, K., 1990: Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic, temperate lakes 2: threshold levels, long-term stability and conclusions.- Hydrobiologia 200/201, 219-227.
- KIMBEL, J.C., 1982: Factors influencing potential intralake colonization by *Myriophyllum spicatum* L..- Aquat. Bot. 14, 295-307.
- KUFEL, L. & OZIMEK, T., 1994: Can Chara control phosphorus cycling in Lake Lukajno (Poland)?.- Hydrobiologia 275/276, 277-283.

- KRULL, J.N., 1970: Aquatic plant-macroinvertebrate associations and waterfowl.- J. Wildl. Mgmt 34, 707-718.
- LASKOV, C., HERZOG, C., LEWANDOWSKI, J. & HUPFER, M., 2006: Miniaturized photometrical methods for the rapid analysis of phosphate, ammonium, ferrous iron and sulfate in pore water of freshwater sediments.- Limnology and Oceanography Methods 4, 63-71.
- LEWANDOWSKI, J., 2002: Untersuchungen zum Einfluss seeinterner Verfahren auf die Phosphor-Diagenese in Sedimenten.- Dissertation, Humboldt-Universität, Berlin, 1-107.
- LOIBL ET AL., 2011: http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/klimawandelinoe/kwa_zukunftsszenarien/, last visited 31.08.2015.
- LÖFFLER, H. (Ed.), 1988: Alte Donau.- Projektstudie im Auftrag der Wasserstraßendirektion, 272pp.
- MA 45, 1995: Gesamtsanierung Alte Donau.- Technischer Bericht, Magistrat der Stadt Wien, 15pp.
- MA45: <https://www.wien.at/umwelt/wasserbau/gewaesser/alte-donau/daten-fakten.html>, last visited 22.09.2015.
- MADSEN, T.V. & WARNCKE, E., 1983: Velocities of currents around and within submerged aquatic vegetation.- Archiv für Hydrobiologie 87, 389-392.
- MELZER, A., 1994: Möglichkeiten einer Bioindikation durch submerse Makrophyten – Beispiele aus Bayern.- Gewässerökologie Norddeutschlands 1, 92-102.
- MABERLY, S.C. & SPENCE, D.N.H., 1983: Photosynthetic inorganic carbon use by freshwater plants.- J. Ecol. 71, 705-724.
- NICHOLS, S.A., 1971: The distribution and control of macrophyte biomass in Lake Wingra.- Technical Report OWRR. B-019-Wis. Univ. Wisc. Wat. Resour. Cent., Madison, 132pp.
- NICHOLS, S.A. & SHAW B.H., 1986: Ecological life histories of the three aquatic nuisance plants, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus* and *Elodea canadensis*.- Hydrobiologia 131, 3-21.
- NIKL FELD, H., 1999. Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs.- Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Vol. 10, Graz, 292 pp.
- PALL, K., MOSER, V., REITER, D., MAYERHOFER, S. & HOHENEDER, G., 2001: Makrophyten.- In: DONABAUM, K., RIEDLER, P. & PALL, K., 2001: Alte Donau – CO₂-Begasung – Versuchskontrolle & Beweissicherung.- Untersuchung im Auftrag der Stadt Wien, MA45-Wasserbau, unveröff. Bericht, 11-31.
- PALL, K., MAYERHOFER, V., MAYERHOFER, S., HIPPELI, S., HOHENEDER, G., TEUBNER, I. & PALL, S., 2007 bis 2015, jährlich: Modul Makrophyten.- In: DONABAUM et al., 2007 bis 2015, jährlich: Sanierung Alte Donau – Limnologische Untersuchung Abschlussbericht.- Untersuchung im Auftrag der Stadt Wien, MA45 – Wiener Gewässer, unveröff. Berichte.
- PALL, K., MAYERHOFER, S., MAYERHOFER, V., HIPPELI, S. & PALL, S., 2013: Wolfgangsee – Makrophytenkartierung 2013 – Bewertung nach WRRL.- Untersuchung im Auftrag der Landesregierung Salzburg, unveröff. Bericht, 129pp.

- PALL, K., 2013: Sanierung Teich I – Wohnwagenpark Teesdorf – Wasserrechtliches Einreichprojekt.- Im Auftrag der Getrude Zöchling Privatstiftung, Technischer Bericht und Beweissicherung, unveröff, 27pp.
- PALL, S. & PALL, K., 2014: EU-LIFE+ Urban Lake Alte Donau LIFE12 ENV/AT/000128 – Action B.3 – Mähmanagement.- Studie im Auftrag der Stadt Wien, MA45-Wiener Gewässer, unveröff. Bericht, 21pp.
- PALL, K. & MAYERHOFER, V., 2015: Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente, Teil A4 – Makrophyten.- Version A4-01h_MPH, Jänner 2015, BMLFUW, Wien (Hrsg.), 69pp.
- PERSSON, L. & CROWDER, L.B., 1998: Fish-habitat interactions mediated via ontogenetic niche shifts.- In: JEPPESEN, E., SONDERGAARD, M., SONDERGAARD, M. & CHRISTOFFERSEN, K. (Eds.): The structuring role of submerged macrophytes in lakes.- Springer, New York, Ecological Studies 131, 3-23.
- PREJS, A., 1984: Herbivory by temperate freshwater fishes and its consequences.- Environmental Biology of Fishes 10, 281-296.
- REED, C. F., 1977: History and distribution of Eurasian watermilfoil in United States and Canada.- Phytologia 36, 416-436.
- RIEDMÜLLER, U., HOEHN, E. & MISCHKE, U., 2013: Trophie-Klassifikation von Seen. Trophie-Index nach LAWA. Handbuch im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2008-2010, 32pp.
- RIPL, W. & WOLTER, K.D., 1995: Sanierung der Alten Donau. Begleituntersuchung zur kombinierten Eisen- und Nitratbehandlung (Zwischenbericht).- Untersuchung im Auftrag der MA 45 – Wasserbau, unveröff. Bericht, 76pp.
- RIPL, W., RIPL, W. (JUN) & WOLTER, K.D., 1997: Endbericht Alte Donau (Wien). Begleituntersuchung zur kombinierten Eisen- und Nitratbehandlung.- Untersuchung im Auftrag der MA 45 – Wasserbau, unveröff. Bericht, 130pp.
- RISGAARD-PETERSON, N. & JENSEN, K., 1997: Nitrification-denitrification at the plant-root interface in wetlands.- Limnology and Oceanography 42, 529-537.
- ROHRHOFER, 2015: EU-LIFE+ Urban Lake Alte Donau – Risikomanagementplan Alte Donau.- Studie im Auftrag der MA45-Wiener Gewässer, unveröff. Bericht.
- SCHNEIDER, S., 2004: Indikatoreigenschaften und Ökologie aquatischer Makrophyten in stehenden und fließenden Gewässern.- Habilitationsschrift, Limnologische Station Iffeldorf, Technische Universität München, 196pp.
- SCHUETTE, J.L., KLUG, M.J. & KLOMSARENS, K.L., 1994: Influence of stem lacunar structure on gas transport: Relation to the oxygen transport potential of submersed vascular plants.- Plant Cell & Environment 17, 355-365.
- SEIER, I., MATUSZAK, A. & BAUER, H.-G., 2009: Zum Nahrungsspektrum und zur Nahrungsauswahl der Rostgans *Tadorna ferruginea* an Bodensee und Hochrhein.- Ornithol. JH. Bad.-Württ. 25, 1-9.

- SMITZ, A.J.M., LAAN, P., THIER, R.H. & VAN DER VELDE, G., 1990: Root aerenchyma, oxygen leakage patterns and alcoholic fermentation ability of the roots of some nymphaeids and isoetic macrophytes in relation to the sediment type of their habitat.- *Aquatic Botany* 38, 2-18.
- SONDERGAARD, M., BRUUN, L., LAURIDSEN, T., JEPPESEN, E. & MADSEN, T.V., 1996: The impact of grazing waterfowl on submerged macrophytes: in situ experiments in a shallow eutrophic lake.- *Aquat. Bot.* 53, 73-84.
- SONDERGAARD, M. & MOSS, B., 1998: Impact of submerged macrophytes on phytoplankton in shallow freshwater lakes.- In: JEPPESEN, E., SONDERGAARD, M., SONDERGAARD, M. & CHRISTOFFERSEN, K. (Eds.): *The structuring role of submerged macrophytes in lakes.*- Springer, New York, *Ecological Studies* 131, 115-132.
- SPRINGER, P. F., BEAVENS, G. F. & STOTTS, V. D., 1961: Eurasian watermilfoil – a rapidly spreading pest plant in eastern waters.- Presented at N.E. Wildl. Conf., Halifax, Nova Scotia, June 11-14.
- STANLEY, R.A. & NAYLOR, A.W., 1972: Photosynthesis in Eurasian watermilfoil.- *Pl. Physiol.* 50, 149-151.
- STEENIS, J. H. & STOTTS, V. D., 1961: Progress report on control of Eurasian watermilfoil in Chesapeake Bay.- *Proc. N. E. Weed Cont. Conf.* 15, 566-570.
- STOTTMEISTER, E. & VOIGT, K., 2006: Trichloramin in der Hallenbadluft.- *Arch Badew* 59 (3), 158-162.
- TARVAINEN, M. SARVALA, J. & HELMINEN, H, 2002: The role of phosphorus release by roach (*Rutilus rutilus* (L.)) in the water quality changes of a biomanipulated lake.- *Freshwater Biology* 47, 2325-2336.
- TITUS, J. E., 1977: The comparative physiological ecology of three submerged macrophytes.- Ph.D. Thesis, Univ. Wisc., Madison, 195pp.
- VAN DEN BERG, M.S., COOPS, H., MEIJER, M.L., SCHEFFER, M. & SIMONS, J., 1998: Clear water associated with dense Chara vegetation in the shallow and turbid lake Veluwemeer. In: JEPPESEN, E., SONDERGAARD, M., SONDERGAARD, M. & CHRISTOFFERSEN, K. (Eds.): *The structuring role of submerged macrophytes in lakes.*- Springer, New York, *Ecological Studies* 131, 339-352.
- VAN DER ZANDEN, M.J., VADEBONCOER, Y & CHANDRA, S., 2011: Fish reliance on littoral-benthic resources and the distribution of primary production in lakes.- *Ecosystems* 14, 894-903.
- VAN DONK, E., 1998: Switches between clear and turbid states in a biomanipulated lake (1986–1996): the role of herbivory on macrophytes.- In: JEPPESEN, E. SONDERGAARD, M., SONDERGAARD, M. & CHIRSTOFFERSEN, K. (eds.): *The role of submerged macrophytes in structuring the biological community and biogeochemical dynamics in lakes.*- Springer Verlag Berlin Heidelberg, *Ecological Studies* 131, 290-297.
- VAN DONK, E., DE DECKERE, E., KLEIN-BRETELER, J.G.P. & MEULEMANN, J.T., 1994: Herbivory by waterfowl and fish on macrophytes in a biomanipulated lake: effects on long-term recovery.- *Verh. Int. Ver. Limnol.* 25, 2139-2143.

-
- VAN DONK, E. & GULATI, R.D., 1995: Transition of a lake to turbid state six years after biomanipulation: Mechanisms and pathways.- *Water Science and Technology* 32, 197-206.
- WERNER, S., BAUER, H.G., JACOBY, H., STARK, H., MÖRTL, M., SCHMIEDER, K. & LÖFFLER H., 2004: Einfluss überwinternder Wasservögel auf *Chara*-Arten und *Dreissena polymorpha* am westlichen Bodensee.- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 73pp.
- WETZEL, R.G. & SONDERGAARD, M., 1998: Role of submerged macrophytes for the microbial community and dynamics of dissolved organic carbon in aquatic ecosystems.- In: JEPPESEN, E., SONDERGAARD, M., SONDERGAARD, M. & CHRISTOFFERSEN, K. (Eds.): The structuring role of submerged macrophytes in lakes.- Springer, New York, *Ecological Studies* 131, 133-148.
- WIEGLEB, G., 1978: Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Chemismus und Makrophytenvegetation stehender Gewässer in Niedersachsen.- Dissertation, Universität Göttingen, 1-113.
- WIUM-ANDERSEN, S., ANTHONI, U. CHRISTOPHERSEN, C. & HOUEN G., 1982: Allelopathic effects on phytoplankton by substances isolated from aquatic macrophytes (Charales).- *Oikos* 39, 187-190.