

Makrophyten in bayerischen Fließgewässern

Verbreitung, Bioindikation, Langzeit-Monitoring und Biotop-Management

Macrophytes in Bavarian running waters – distribution, bio-indication, long-term monitoring and habitat management

Alexander KOHLER und Uwe VEIT

Zusammenfassung

Die Makrophyten-Verbreitung in ausgewählten Fließgewässersystemen Bayerns wird von unserer Arbeitsgruppe seit 1970 nach syn- und autökologischen Aspekten untersucht.

Für die Aufnahme- und Kartierung der Wasserpflanzen-Arten wurde eine den Fragestellungen entsprechende Abschnittsmethode erprobt und angewandt. Die Auswertung kann unter anderem nach den Kenngrößen „Relative Arealänge“, „Relative Pflanzenmenge“, „Mittlerer Mengenindex“ rechnerisch und graphisch erfolgen.

Zur Bioindikation können Makrophyten als „Zeigerorganismen“, als „Monitoring-Pflanzen“ und als Testorganismen für Umweltschadstoffe unter Laborbedingungen verwendet werden.

Aufgrund von seit 1970 durchgeführten Langzeituntersuchungen mit dem selben Kartierverfahren, konnten wichtige Aussagen über Veränderungen der Makrophyten-Verbreitung unter sich verändernden Belastungsbedingungen gemacht werden.

Das Beispiel von kalkreichen Niedermoor-Fließgewässern im Erdinger Moos zeigt, dass es möglich ist, wertvolle Grabensysteme vom hoch sensiblen Typ *Potamogeton coloratus* neu zu schaffen, wenn die oligotrophen Grundwasserbedingungen gewährleistet sind.

Summary

The macrophytic vegetation of selected running waters in Bavaria, Germany, has been evaluated syn- and autoecologically by our working group since 1970.

For this project a new method has been developed and examined by which the macrophytic species have been mapped and recorded section-wise. The evaluation of data is done graphically and by calculating indices like for example the "Relative Area Length", "Relative Plant Mass" or the "Mean Mass Indices".

Based on these long-term studies profound knowledge could be gathered with regard to the development of macrophytic distribution patterns influenced by changing contamination conditions. It could be observed for example that a vegetation type comprising the highly sensitive *Potamogeton coloratus* can re-establish within ditches if these are sustainably influenced by oligotrophic ground water.

These evaluations were accompanied by additional laboratory testing which underlined the bio-indicative properties of macrophytes as indicator organisms for monitoring environmental pollutants.

1. Einleitung

In den Jahren 1969/1970 wurde von unserer Weihenstephaner Arbeitsgruppe als erstes Objekt zur Erforschung der limnischen Fließgewässer-Makrophyten das hydrogencarbonatreiche Niedermoor-Gewässersystem der Moosach bei Freising ausgewählt. Dieses Flusssystem ist aufgrund seiner artenreichen, üppigen Wasserpflanzen-Vegetation und seiner großen trophischen Unterschiede (von unbelastet bis mäßig eutrophiert) hervorragend geeignet, um Zusammenhänge zwischen Makrophyten-Verbreitung und Wasserqualität zu erforschen.

Nach Abschluss dieser ersten Kartierung und ermutigenden Ergebnissen zum Thema Bioindikation wurden bald weitere Fließgewässer in Bayern in unsere Untersuchungen einbezogen, so vergleichbare Niedermoor-Fließgewässer der Friedberger Au bei Augsburg und des Erdinger Mooses. Als Beispiele für weiche, hydrogencarbonatarmer Flüsse, welche von Natur aus ein völlig anderes Makrophyten-Inven-

tar besitzen, wurden Pfreimd und Naab im Oberpfälzer Wald ausgewählt. Exemplarisch für einen mesotrophen Fluss wurde die Vils (Oberpfalz) bearbeitet.

Einige der genannten Flusssysteme in Bayern sind bis heute Gegenstand von Langzeitmonitoring-Projekten, die durch die EU-Wasserrahmenrichtlinie neue Aktualität erhalten haben. Auf der Grundlage unserer Erfahrungen und Ergebnisse zur Makrophyten-Ökologie in bayerischen Fließgewässern wurden weitere Fließgewässer in Baden-Württemberg, Südschweden und Ungarn untersucht. Die dabei entwickelten Erhebungs- und Kartiermethoden fanden schließlich auch Eingang in das große internationale Donauprojekt MIDCC (Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment), das von Prof. Dr. Georg Janauer (Universität Wien), geleitet wurde: Zwischen 2001 und 2005 wurden die Donau und viele Seitengewässer von den Quellflüssen bis zur Mündung in das Schwarze Meer nach der von uns erprobten Erhebungs- und Kartiermethode bearbeitet.

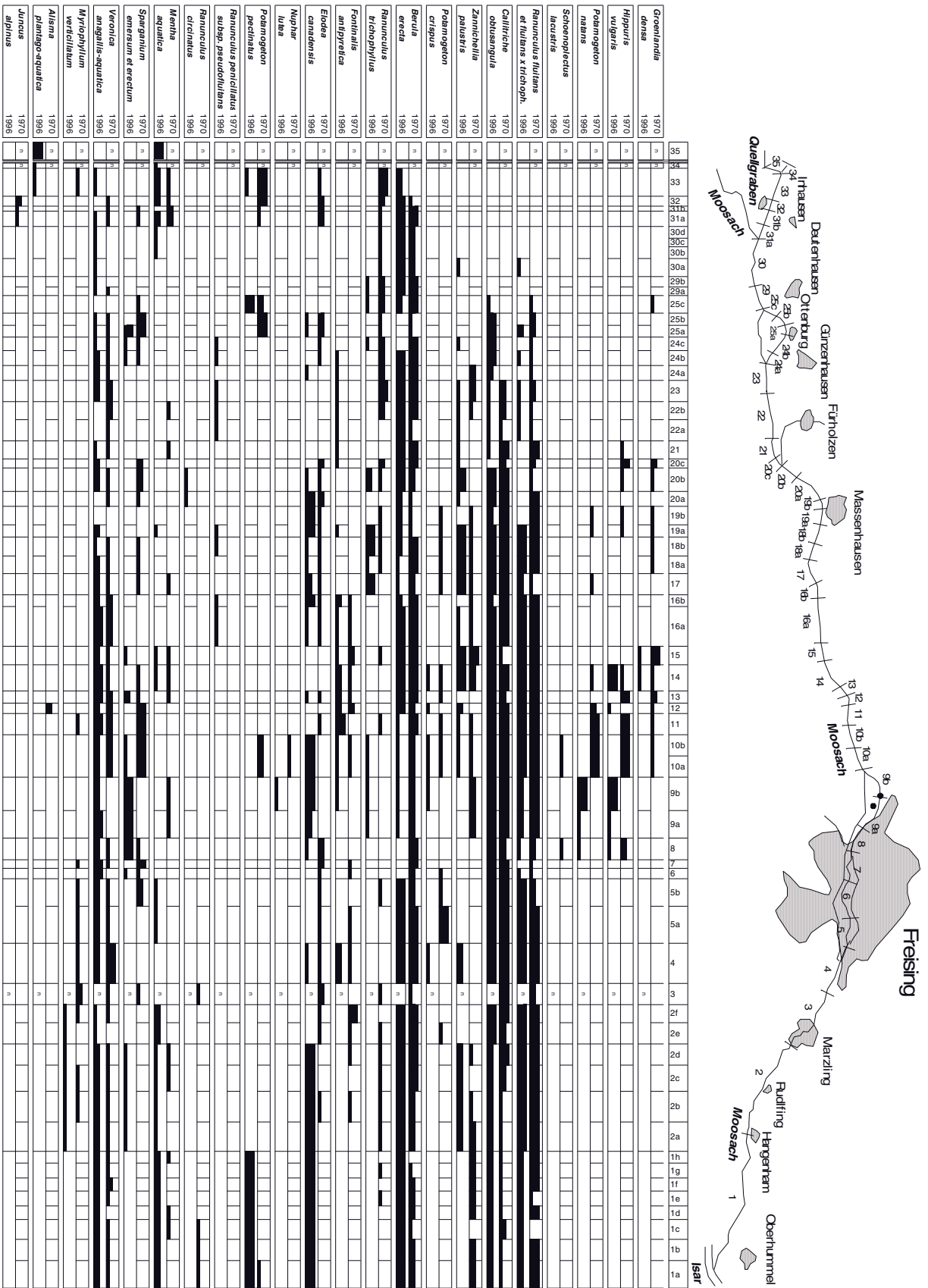


Abbildung 1: Makrophyten-Verbreitung in der Moosach (Hauptfluss) 1970 und 1996 (Kohler & Schneider 2003, verändert)

An dieser Stelle sei besonders die noch andauernde fruchtbare internationale Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen der Universitäten Wien (Österreich), Lund (Schweden) und Gödöllő (Ungarn) erwähnt.

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die erwähnten Kartier- und Auswertungsmethoden, zeigt Möglichkeiten des Einsatzes von Makrophyten als Indikator-Organismen auf und gibt abschließend Hinweise zum Schutz und zur Neuschaffung hochwertiger Fließgewässer-Ökosysteme.

2. Methoden

2.1 Aufnahme- und Kartiermethoden

Das Ziel bei Fließgewässer-Untersuchungen ist, die Makrophyten-Vegetation ganzer Flusssysteme auf Artniveau zu erfassen und zu kartieren. Hierzu mussten neue Verfahren der Vegetationsanalyse erprobt und entwickelt werden (KOHLER 1978, KOHLER & JANAUER 1995, KOHLER & SCHNEIDER 2003).

Für die Aufnahme galten folgende Kriterien:

- die Geländeerhebung sollte mit Hilfe einer einfachen Mengenschätzung (Abundanz) erfolgen und unabhängig vom jeweiligen Bearbeiter, reproduzierbare Ergebnisse liefern,
- die Probeflächen sollten kartographisch exakt lokalisierbar sein,
- die gewonnenen Daten sollten für quantitative Auswertungen verwendbar sein.

Die Fließgewässer werden dazu in ökologisch einheitliche Abschnitte eingeteilt, die unterschiedliche, aber exakt zu definierende Längen haben können. In der Regel wurden Abschnittslängen von 100 bis 300 m gewählt. Die Abschnitte sind in Karten (zum Beispiel 1:25.000 oder 1:10.000) einzutragen. Innerhalb der Abschnitte sollten Beschattung, Strömung, Wassertrübung möglichst einheitliche Bedingungen aufweisen.

Für jeden mit einer Nummer versehenen Abschnitt wird ein eigener Erhebungsbogen verwendet, in dem neben allgemeinen und standörtlichen Angaben alle limnischen Makrophyten-Arten (Hydrophyten, Amphiphyten und Helophyten) eingetragen und mit einem Schätzwert (Skala von 1 bis 5: sehr selten bis massenhaft) versehen werden.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Auswahl der Probeflächen in Fließgewässern nicht nach den in der Vegetationskunde meist verwendeten Kriterien der Homogenität des Pflanzenbewuchses beziehungsweise einheitlicher Standortsbedingungen erfolgen kann, zumal diese in Fließgewässern fast nie vorhanden sind. Auch weicht unser Erhebungsverfahren von üblichen vegetationskundlichen Methoden dadurch ab, dass in der hier beschriebenen Methode auch Abschnitte erfasst werden, die wenig oder keinen Pflanzenbewuchs haben. Das Fehlen von Vegetation in Fließgewässern kann ökologisch von

großer Bedeutung sein (zum Beispiel Verödungszone) und bei Langzeituntersuchungen wichtige Informationen liefern.

Längskartierungen ganzer Flussläufe bieten sich an, um das Gesamt-Inventar der Makrophyten zu erfassen. In vielen Fließgewässern ist es zudem sinnvoll, zusätzlich zur Kartierung des gesamten Flusslaufes einzelne Bereiche genauer zu untersuchen. Hierzu eignen sich Mikrokartierungen zur Erfassung einzelner Makrophyten-Populationen (KOHLER et al. 1994a) und Transektkartierungen (KOHLER et al. 2003). Für die genaue Erfassung der Makrophyten-Deckung in ausgewählten Flussabschnitten empfiehlt sich das Schätzverfahren nach LONDO (1974).

2.2 Auswertungsmethoden

Die Auswertung der Daten einer Makrophyten-Kartierung eines Fließgewässers erfolgt in der Regel in folgenden Schritten:

- Die Verbreitung der Makrophyten wird für den Hauptfluss und die Seitenflüsse in Balkendiagrammen dargestellt (Abb. 1).
- Verbreitungsmuster einzelner Arten beziehungsweise Artengruppen lassen oft die Ausweisung von floristisch-ökologischen Flusszonen zu, vor allem, wenn die Sippen durch wasserchemische Messprogramme (oder Freiland- und Laboruntersuchungen) auf bestimmte Standort- beziehungsweise Belastungsfaktoren kalibriert werden können.

Aufgrund der Erstkartierungsergebnisse von 1970 wurden an der Moosach vier floristisch-ökologische Flusszonen (A, B, C, D) ausgewiesen, die als Ausdruck ansteigender trophischer Bedingungen (bezogen auf NH_4^- beziehungsweise o-PO_4^- -Werte des Wassers) gewertet werden konnten (Abb. 2 auf Seite 76). Diese Flusszonen sind keineswegs als abstrakte syntaxonomische Einheiten (zum Beispiel Assoziationen) des pflanzensoziologischen Systems zu verstehen, sondern als empirisch ermittelte vegetationsökologisch definierte Zonen eines Fließgewässers. Bemerkenswert ist, dass solche floristisch-ökologische Fließgewässerzonen auch in anderen vergleichbaren kalkreichen Niedermoor-Gebieten (Erdinger Moos, Friedberger Au und im Elsässischen Ried) nachgewiesen wurden (HABER & KOHLER 1972, KOHLER et al. 1974, CARBIENER et al. 1990).

Aufgrund der Kartierungsergebnisse kann die Vegetation ganzer Fließgewässer und Fließgewässer-Systeme oder einzelner Flusszonen mit Hilfe bestimmter Auswertungsverfahren weiter gekennzeichnet werden. Ohne auf die Berechnungsverfahren näher einzugehen (siehe KOHLER & JANAUER 1995), seien hier wichtige Kenngrößen genannt.

- „Relative Areallänge“: Diese Kenngröße charakterisiert die Verbreitung einer Makrophyten-Art im Fluss oder in einer Flusszone.
- „Relative Pflanzenmenge“: Sie ist ein Maß dafür, welchen prozentualen Anteil die Menge einer Art

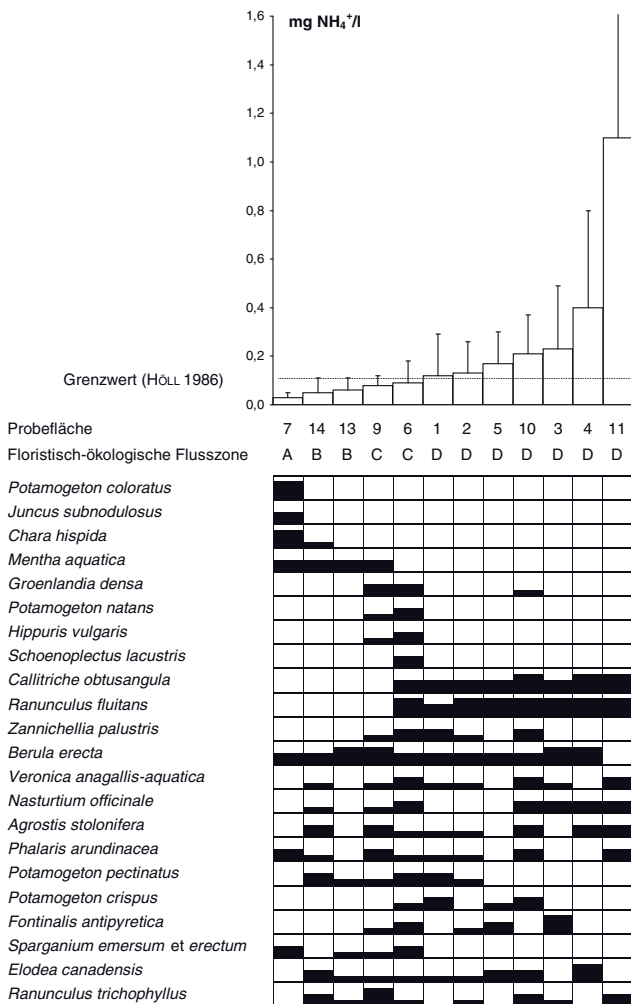


Abbildung 2: Ökologische Reihe Moosach: Pflanzenverbreitung und mittlere NH₄⁺-Konzentrationen des Wassers. Messpunkte angeordnet nach steigenden Ammonium-Werten (KOHLER & SCHNEIDER 2003)

an der Gesamtmenge aller berücksichtigten Taxa im gesamten Fluss oder einer Flusszone hat. Sie kennzeichnet die Dominanzverhältnisse von Arten. Die Graphik zu dieser Kenngröße gibt auch Auskunft über die Artenvielfalt der Wasserpflanzen eines Gewässers.

- „Mittlere Mengenindices“: Diese Indices lassen differenzierte Aussagen über Verbreitung und Mengenverhältnisse im Fluss zu, zum Beispiel, ob ein Makrophyt an einzelnen Stellen geklumpt oder über den Fluss weiter verbreitet vorkommt.

Alle drei Kenngrößen sind besonders geeignet, um qualitative und quantitative Veränderungen in der Verbreitung der einzelnen Makrophyten-Sippen bei Langzeitmonitoring-Studien darzustellen.

3. Fließgewässer-Makrophyten als Bioindikatoren

Die Untersuchungen der limnischen Makrophyten im Moosach-System eröffneten neue Aspekte zur Verwendung von Wasserpflanzen als Bioindikatoren, vor allem im Hinblick auf Belastungsvorgänge

- im Gewässer. Wie terrestrische Organismen zur Überwachung von Luftverunreinigungen herangezogen werden können (ARNDT et al. 1987, 1996), so lassen sich auch Wasserpflanzen in dreierlei Weise als Umweltindikatoren verwenden (KOHLER 1982):
- a) als „Zeigerorganismen“ in limnischen Ökosystemen,
 - b) als „aktive“ und „passive“ Monitororganismen in Gewässern,
 - c) als Testorganismen zur Untersuchung der Wirkungen von Umweltschadstoffen unter kontrollierten Laborbedingungen.

Aus diesen drei Anwendungsbereichen sollen nachfolgend ausgewählte Beispiele gezeigt werden.

3.1 „Zeigerpflanzen“ (im engeren Sinn)

Im Vordergrund der Ermittlung von Makrophyten als Zeigerpflanzen standen bei der ersten Untersuchung der Moosach Fragen der Trophie, zumal das Moosach-System sehr unterschiedliche Trophiebereiche von oligotrophen Quellgräben bis hin zu mäßig belasteten Flussbereichen aufwies. Aufgrund der Makrophyten-Kartierungsergebnisse und der über zwei Jahre durchgeführten wasserchemischer Analysen zeichneten sich Artengruppen unterschiedlicher Belastungsamplituden ab, vor allem was die Ammonium- und ortho-Phosphat-Konzentrationen des Wassers betrafen. Somit konnten vier Gruppen mit Zeigerarten unterschiedlicher Verbreitung ausgewiesen werden (KOHLER et al. 1971, 1973):

- Die *Potamogeton coloratus*-Gruppe war auf die reinsten Grundwasserstandorte beschränkt.
- Die *Groenlandia densa*-Gruppe hatte ihren Verbreitungsschwerpunkt in den leicht eutrophierten Fließgewässerbereichen oberhalb der Stadt Freising.
- Die *Ranunculus fluitans*-Gruppe kennzeichnete alle Bereiche des Moosach-Systems mit leichter bis mäßiger Eutrophierung, fehlte aber in oligotrophen Quellgräben.
- Eine weitere (indifferente) Artengruppe mit *Berula erecta* und *Ranunculus trichophyllus* war in allen Flussbereichen von oligotroph bis mäßig eutrophiert vertreten.

Mit Hilfe der ausgewiesenen Zeigerartengruppen wurde das Fließgewässersystem in vier floristisch-ökologische Flusszonen (Zonen A, B, C, D) untergliedert, die als Ausdruck steigender Nährstoffbelastung gewertet wurden (KOHLER et al. 1971). Bemerkenswert war, dass sich diese floristisch-ökologische Zonierung auch in der Abfolge von Unterwasserböden abzeichnete (FISCHER 1984).

Die Ausweisung entsprechender Zeigerartengruppen und floristisch-ökologischen Zonen war auch in anderen kalkreichen Niedermoor-Fließgewässern möglich wie denen des Erdinger Mooses (KOHLER et al. 1994b, KUTSCHER & KOHLER 1976), der Friedberger Au (VEIT & KOHLER 2003) und des Elsässischen Rieds (CARBIENER et al. 1990).

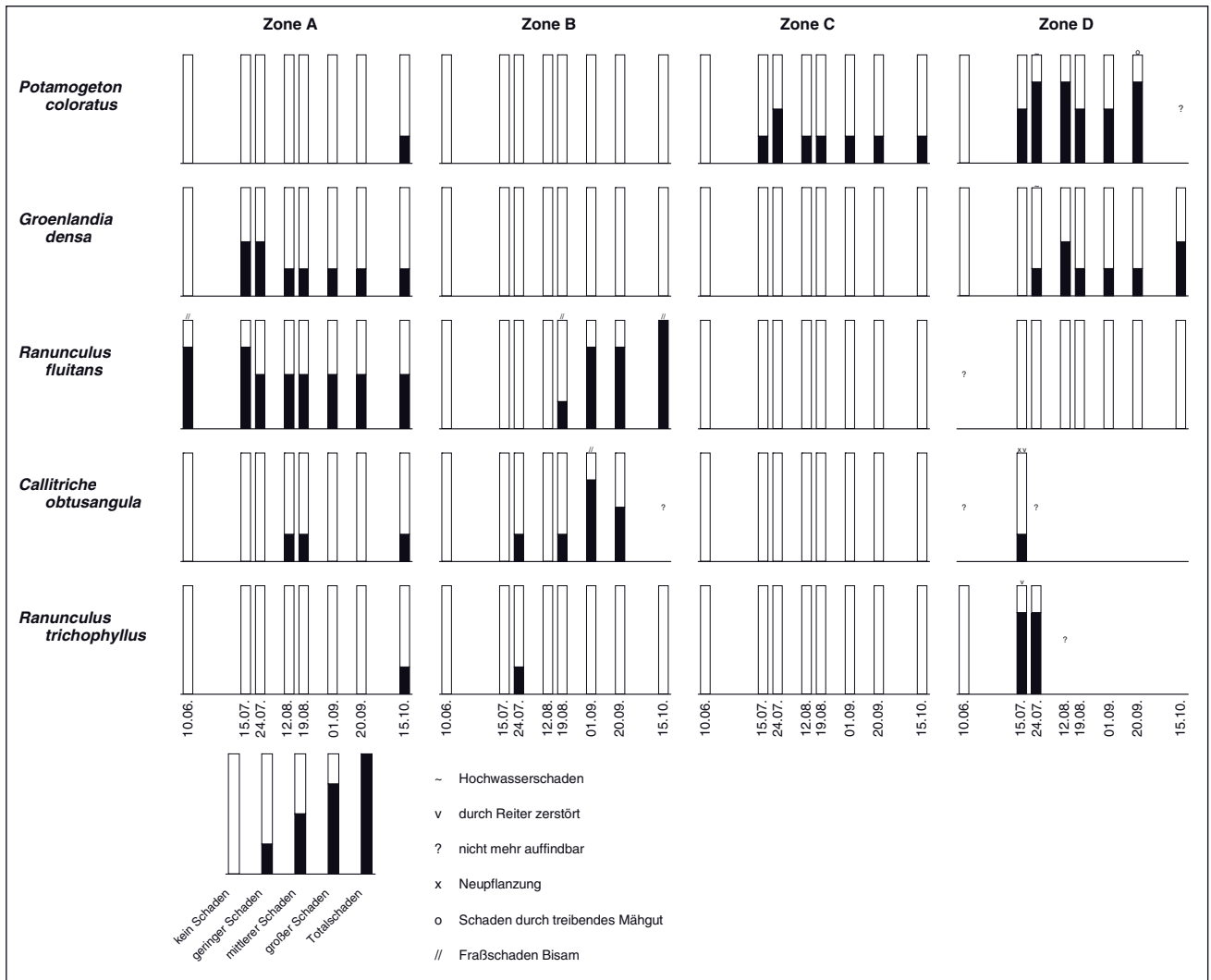


Abbildung 3: Makrophyten-Umpflanzversuch Moosach-System 1974 (nach Glänzer et al. 1977, stark verändert)

Für bayerische Seen konnte MELZER (1993) ein vergleichbares Zeigerarten-System entwickeln. Durch umfangreiche wasserchemische Messprogramme gelang es, Makrophyten als Grundlage der Trophie-Bewertung von stehenden Gewässern (Makrophyten-Index MI) zu verwenden. Auf der Grundlage dieses „Makrophyten-Index“ (MI) hat SCHNEIDER (2000) mit dem „Trophieindex Makrophyten“ (TIM) einen vergleichbaren Index für Fließgewässer entwickelt, welcher die trophischen Verhältnisse ebenso differenziert zu bewerten und kartographisch darzustellen ermöglicht.

3.2 „Aktives“ und „passives Monitoring“

Die Ermittlung von ökologischen Gruppen aufgrund von Kartierungsergebnissen und standortkundlichen Analysen im Fluss gibt wichtige Informationen über die ökologische Amplitude von Makrophyten in Bezug auf einzelne Standortparameter. Aussagen darüber, ob die Artverbreitungsmuster in Fließgewässern vorwiegend zufällig sind, wie das GESSNER (1955) angenommen hat, oder standörtlich bedingt sind, können durch Freilandexperimente getroffen werden. GLÄNZER et al. (1977) führten in der

Moosach Umpflanzversuche mit Makrophyten-Arten aller vier floristisch-ökologischen Zonen durch. Sie konnten mit diesen Studien des „aktiven Monitorings“ zeigen, dass die oben genannten Artengruppen nur in jenen Flusszonen der Moosach ohne Schädigung gut gedeihen können, in denen sie auch verbreitet waren (Abb. 3).

Durch Untersuchungen zum „passiven Monitoring“ mit Wasserpflanzen des Moosach-Systems konnte MELZER (1980) anhand einer Studie zur Nitratreduktase-Aktivität von Makrophyten zeigen, dass die N-Form im Gewässer (NO₃/NH₄⁺) auf die Verbreitung einiger Arten einen entscheidenden Einfluss hat. Arbeiten von JANAUER (1979) zum „passiven Monitoring“ von Makrophyten machen deutlich, dass Eutrophierungsvorgänge Veränderungen in der Zusammensetzung anorganischer und organischer Inhaltsstoffe von Fließgewässer-Makrophyten bedingen.

Die Wirkung von vorwiegend anthropogenen Versauerungsvorgängen in schwach gepufferten Schwarzwaldgewässern studierten TREMP & KOHLER (1993) in Freiland- und Laborexperimenten.

3.3 Makrophyten als Testorganismen unter kontrollierten Laborbedingungen

Für die Untersuchung der Wirkung gelöster, chemischer Belastungssubstanzen auf Fließgewässer-Makrophyten wurde in den 1970er Jahren in Weihenstephan eine erste Aquarienanlage entwickelt, mit der in Aquarien Fließgewässerbedingungen simuliert wurden um die Belastbarkeit von Makrophyten der Moosach durch Ammonium und Phosphat zu studieren (GLÄNZER et al. 1977). Später wurde die Aquarienanlage an der Universität Hohenheim zu einer großen Versuchsanlage ausgebaut, mit der in ca. 100 Aquarien die Wirkung unterschiedlicher Umweltchemikalien (Tenside, Schwermetalle, Bor, Phosphat etc.) unter kontrollierten Bedingungen auf eine Reihe von Makrophyten-Arten getestet werden konnte. Während bei der ersten Aquarienanlage Schadsymptome an den Blättern bonitiert wurden, war später die damals neu entwickelte Messung der Nettphotosynthese der Wasserpflanzen als sensibles und frühes Schädigungsmerkmal möglich (Abb. 4, LABUS 1979, NOBEL 1980, SCHUSTER 1979, KOHLER 1982, TREMP & KOHLER 1993).

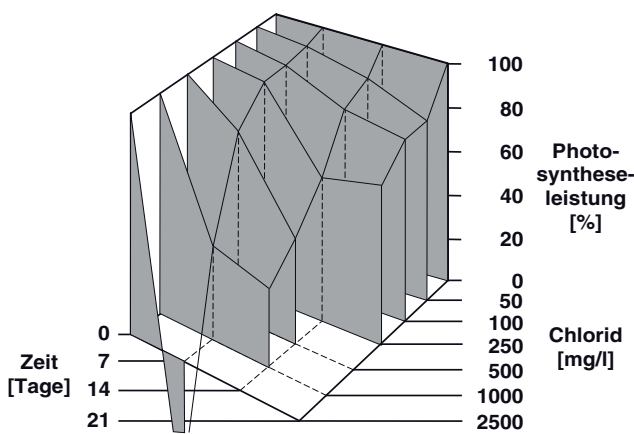


Abbildung 4: Belastungsversuch Nettphotosyntheseleistung von *Potamogeton alpinus* bei unterschiedlichen Chloridbelastungen in Aquarienanlage (nach NOBEL 1980, verändert)

4. Langzeitmonitoring von Fließgewässer-Makrophyten

Die Kartierungen der Verbreitung von Makrophyten in bayerischen Fließgewässern (Moosach, Friedberger Au, Naab und Pfreimd) wurden seit 1970 beziehungsweise 1972 auch unter dem Aspekt sich verändernder Umwelt- und Belastungsbedingungen in den Flüssen in Abständen von einigen Jahren exakt mit den selben Gewässerabschnitten und mit der selben Erhebungs- und Kartierungsmethode wiederholt (VEIT & KOHLER 2003, VEIT et al. 1997, WÜRZBACH et al. 1997). In Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen Prof. Poschlod (Universität Regensburg) und Prof. Penksza (Universität Gödöllő, Ungarn) wird das Langzeitmonitoring-Programm in bayerischen Fließgewässern fortgeführt.

Die Entwicklung der Makrophyten-Verbreitung im Moosach-System von 1970 bis 2005 zeigt, dass die Artengruppe von *Groenlandia densa*, welche schwach eutrophe Bedingungen indiziert, während des 35-jährigen Untersuchungszeitraumes in Flussbereichen oberhalb der Stadt Freising weitgehend verschwunden ist. Das bedeutet, dass die Makrophyten-Vegetation im Hauptfluss eine Nivellierung erfahren hat und die trophischen Bedingungen sich zum Eutrophen hin entwickelt haben. Somit wäre die Moosach von Ottenburg im Oberlauf bis zu ihrer Mündung in die Isar bei Oberhummel durchgehend der floristisch-ökologischen Zone D zuzuordnen (POSCHLOD et al., in Vorbereitung, VEIT et al., in Vorbereitung). Im Gegensatz dazu steht der grundwassergespeiste Seitzufluss des Pullinger Grabens. Hier haben sich die trophischen Verhältnisse während des ganzen Untersuchungszeitraumes nicht verändert, was die Erhaltung der gegen Eutrophierung hoch sensiblen *Potamogeton coloratus*-Zone A gewährleistet hat.

5. Artenschutz und Biotopmanagement

In Tabelle 1 sind die Arten der Roten Liste für Bayern zusammengestellt (BAYERISCHES Landesamt für Umwelt 2009), welche durch Kartierungen unserer Arbeitsgruppe in vier untersuchten Fluss-Systemen gefunden wurden. Einige Arten (*Potamogeton coloratus*, *Apium repens*, *Sparganium natans*, *Myriophyllum alterniflorum* und andere) gelten als stark gefährdet oder als verschollen (wie zum Beispiel *P. x fluitans*).

In kalkreichen, grundwassergeprägten Niedermoor-gewässern (Moosachsystem, Friedberger Au, Erdinger Moos) sind vor allem die Standorte zu nennen, welche durch *Potamogeton coloratus* charakterisiert sind. In unserer Einteilung der Fließgewässer umfassen diese Standorte die Gewässerzone A. In Bayern existieren noch einige dieser hochsensiblen Biotope. Es handelt sich vorwiegend um Sekundärstandorte von *P. coloratus* (Niedermoor-Entwässerungsgräben). In Baden-Württemberg sind die Vorkommen von *Potamogeton coloratus* seit Jahrzehnten erloschen (vergleiche ROWECK et al. 1986).

Zum Biotopmanagement dieser stark gefährdeten Biotope sollen aufgrund langjähriger Erfahrungen in Bayern einige Vorschläge gemacht werden:

- der Grundwasser-Einfluss in Entwässerungsgräben muss langfristig gewährleistet werden, um das Trockenfallen dieser limnischen Biotope absolut zu vermeiden.
- aufgrund der hohen Sensitivität von *P. coloratus* und einigen seiner Begleitpflanzen gegenüber Eutrophierungsvorgängen ist die Einleitung von Abwässern in diese Biotope zu vermeiden. Schon die gelegentliche Einleitung von Küchen- und Waschküchenabwässern kann derartige Standorte mit ihrem Artenbestand irreversibel zerstören. Im elsässischen Ried konnten wir vor Jahren beobachten, dass durch die Einleitung des Wassers eines Forel-

Tabelle 1: Rote Liste-Arten Bayern: Gefäß-Makrophyten in vier untersuchten Fließgewässer-Systemen in Bayern

Taxon Name	Untersuchte Fließgewässer					Gefährdungs-kategorie	
	Moos-ach	Erdinger Moos	Fried-berger Au	Vils (Ober-pfalz)	Pfreimd/Naab	Bayern	Deutsch-land
<i>Apium repens</i>	•		•			2!!h	1§§F
<i>Butomus umbellatus</i>				•		3	*
<i>Callitriche hamulata</i>				•	•	G	*
<i>Groenlandia densa</i>	•	•	•	•		3!h	2
<i>Hippuris vulgaris</i>	•	•				3	3
<i>Juncus subnodulosus</i>	•	•	•			3	3
<i>Lemna trisulca</i>	•					3	*
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>					•	2	2
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	•	•	•	•		3	*
<i>Potamogeton alpinus</i>				•	•	3	3
<i>Potamogeton berchtoldii</i>		•	•	•		3	*
<i>Potamogeton coloratus</i>	•	•	•			2!h	2
<i>Potamogeton lucens</i>				•		3	*
<i>Potamogeton nodosus</i>				•	•	3	*
<i>Potamogeton perfoliatus</i>		•		•	•	3	*
<i>Potamogeton x fluitans</i> (<i>P. natans</i> x <i>P. lucens</i>)				•		0	
<i>Potamogeton x schreberi</i> (<i>P. natans</i> x <i>P. nodosus</i>)				•		0 ^{a)}	
<i>Ranunculus circinatus</i>	•	•				3	*
<i>Ranunculus fluitans</i>	•	•	•	•	•	3	*
<i>Ranunculus peltatus</i> ssp. <i>peltatus</i>					•	3	*
<i>Ranunculus penicillatus</i> ssp. <i>penicillatus</i>					•	3	*
<i>Ranunculus penicillatus</i> ssp. <i>pseudofluitans</i>	•	•				3	*
<i>Sparganium natans</i>		•	•			2	2

- Vorkommen
- 1 vom Aussterben bedroht
- 2 stark gefährdet
- 3 gefährdet
- ! große Verantwortung Deutschlands
- !! sehr große Verantwortung Deutschlands
- §§ streng geschützt
- * in Deutschland ungefährdet
- F FFH-Richtlinie
- G Gefährdung anzunehmen
- h Hauptverantwortung Bayerns innerhalb Deutschlands
- a) Nicht in der Roten Liste für Bayern aufgeführt, aber Status wie für *P. x schreberi* anzunehmen.

lenteiches die *P. coloratus*-Zone A in ein meso- bis eutrophes System mit dominierender *Callitriche obtusangula* umgewandelt wurde.

- landwirtschaftliche Nutzung (Ackerbau, Grünland) in der Umgebung solcher Grabensysteme stellt in ebenem Gelände kaum eine Gefährdung für die Grabenbiotope dar. Dennoch sei die Anlegung von Pufferstreifen zwischen Nutzflächen und Gewässer auch im Hinblick auf die Förderung der Strukturvielfalt in solchen oft ausgeräumten Landschaften empfohlen.

Zur Möglichkeit der Neuschaffung derartiger Grabenbiotope mit *Potamogeton coloratus* möchten wir auf Beobachtungen im Gebiet des heutigen Großflughafens München im Erdinger Moos eingehen. Die Fließgewässer im Bereich des Erdinger Moores wurden von unserer Arbeitsgruppe vor, während und nach dem Bau des Flughafens untersucht (KOHLER et al. 1994b). Zur Absenkung des Grundwasserspiegels waren nordöstlich des eigentlichen Flughafenlandes neue Gräben angelegt worden. Im „Vorflutgraben Nord“ wurde im Jahr 1992 *Potamogeton coloratus* (verbreitet) nachgewiesen. Nach unserer Auffassung dürfte es sich um eine spontane Besiedlung mit dieser Art der Zone A gemäß Einteilung für das Moosach-System und die Friedberger Au gehandelt haben, zumal sich ihr dort auch andere Arten der Zone A (*Chara hispida* und weitere typische Begleitarten wie *Mentha aquatica* und *Berula erecta*) zugesellt hatten. Die Herkunft der Diasporen von *P. coloratus* ist ungeklärt. In anderen Gewässern des Erdinger Moores wurde die Sippe nachgewiesen. Leider waren schon im Sommer 1993 die neu geschaffenen Gräben durch Grundwasserabsenkung wieder trocken gefallen.

Die Untersuchungen im Erdinger Moos weisen aber deutlich darauf hin, dass die Neuschaffung derart seltener, hoch empfindlicher Grabenbiotope in kalkreichen Niedermoor-Gebieten möglich ist, soweit die oben genannten Bedingungen (permanenter Grundwasser-Einfluss ohne Abwasserbelastung) gegeben sind. Derartige Potenziale zur Neuschaffung solcher oligotropher Grabenökosysteme gekennzeichnet durch *Potamogeton coloratus*, Characeen und andere dürften im bayerischen Alpenvorland vor allem entlang der Alpenflüsse vorhanden sein.

Abschließend möchten wir noch auf Ergebnisse unserer Langzeitstudien im Bereich der Friedberger Ach eingehen. Die Gewässer der Friedberger Au wurden seit 1972 im Abstand von mehreren Jahren nach demselben Aufnahme- und Kartierverfahren untersucht (VEIT et al. 2003). Für die Renaturierung von vormals völlig überlasteten Fließgewässer-Bereichen erscheint die Entwicklung der Wasserpflanzenbesiedlung der ehemaligen Verödungszone der Ach besonders interessant. Wir möchten betonen, dass die Renaturierung dieses Gewässerbereiches in einen Zustand entsprechend den oligotrophen Grä-

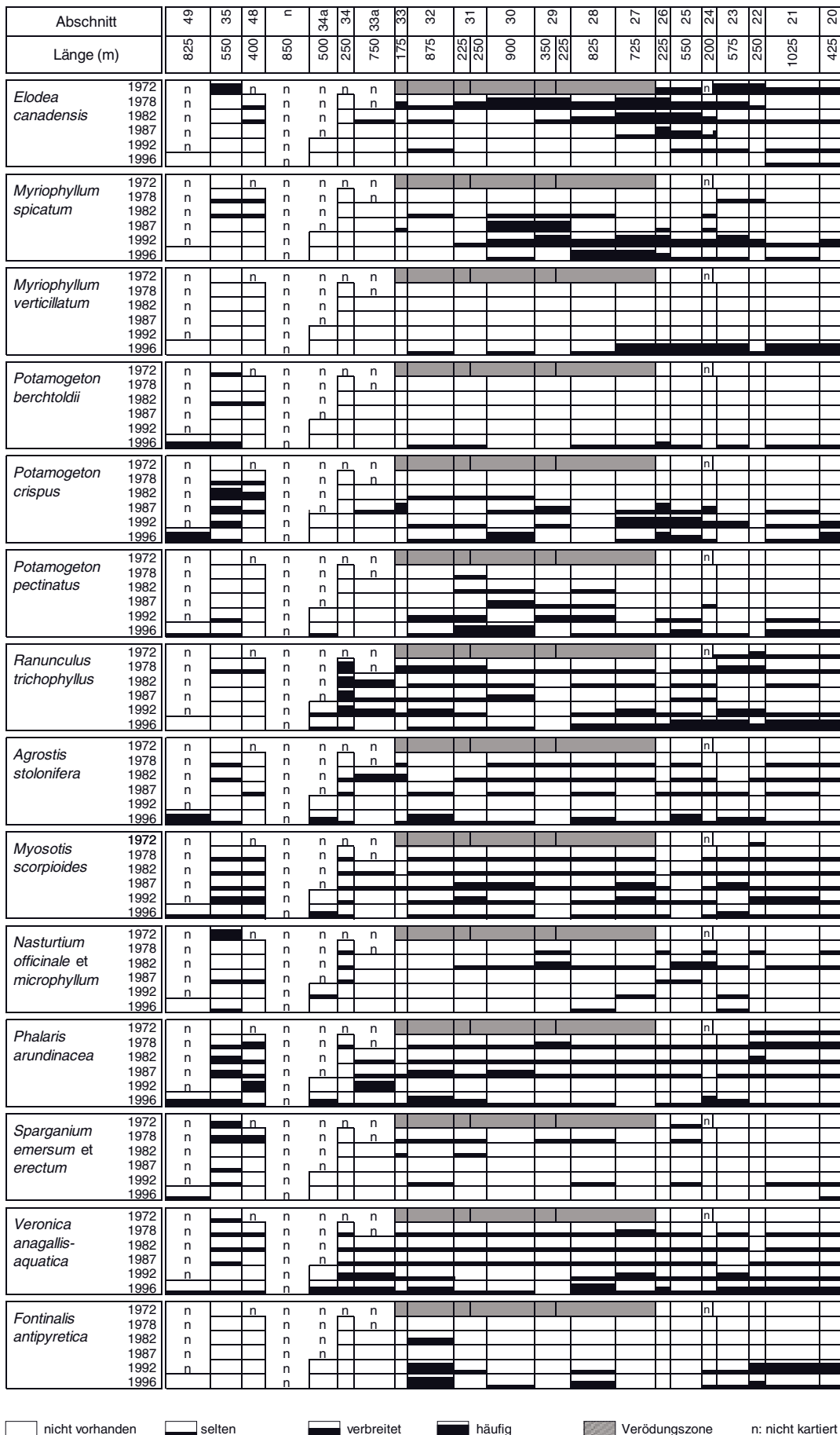
ben (Zonen A, B) weder möglich noch wünschenswert sein kann.

Die Friedberger Ach war bei der Erstkartierung im Jahre 1972 noch durch die ungeklärten Abwässer der Stadt Friedberg belastet und wies unterhalb der Einleitungsstelle die schlechteste Güteklasse (Güteklasse 4) und eine mehrere Kilometer lange Wasserpflanzen-Verödungszone auf. Nach Beseitigung der Abwassereinleitung im Jahre 1974 verbesserte sich die Gewässergüte in der ehemaligen Verödungszone von Güteklasse 4 auf 2. Die erste Wiederholungskartierung der Makrophyten erfolgte 1978. Die Vegetationsuntersuchung oberhalb der ehemaligen Einleitungsstelle ließ darauf schließen, dass der Fluss vor der starken Abwasserbelastung wohl einem mäßig eutrophen Fließgewässertyp zuzuordnen war (etwa der Zone C des Moosach-Systems mit *Groenlandia densa* als charakteristischer Art). Die bis 1996 durchgeführten Wiederholungskartierungen der Friedberger Ach zeigten, dass die Besiedlung durch Makrophyten der früheren Verödungszone nur sehr langsam erfolgte (Abb. 5, VEIT et al. 2003). Das zu erwartende Arteninventar, wie es weiter flussabwärts vorkam, hatte sich erst nach ca. 18 Jahren eingestellt.

In jüngster Zeit wird im Hinblick auf Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie der sogenannten „Strahlwirkung“ eine wichtige Rolle für die Erreichung des „guten Zustandes“ von Gewässern beigemessen. Damit ist wohl die Hoffnung verbunden, dass nach Sanierung eines Gewässers, das sich in „schlechtem Zustand“ befindet, von weiter oben liegenden Bereichen mit „gutem Zustand“ eine positive Wirkung ausgehen wird. Das Beispiel unserer Langzeitstudie an der Friedberger Ach mag zeigen, dass, was die Makrophyten-Wiederbesiedlung betrifft, einer raschen „Strahlwirkung“ Grenzen gesetzt sind, zumindest dann, wenn „nur“ eine Abstellung der Belastungsquelle, nicht aber eine Gesamtsanierung einer ehemaligen Verödungszone (Sedimententfernung, Strukturmaßnahmen im Uferbereich) des Fließgewässers erfolgt.

In weichen, hydrogenkarbonatarmen Fließgewässern Bayerns sind als gefährdete Makrophyten-Arten *Potamogeton alpinus* (Gefährdungskategorie 3) und vor allem *Myriophyllum alterniflorum* (Gefährdungskategorie 2) zu rechnen. Die zuletzt genannte Sippe spielt in den gering belasteten Abschnitten des Perlmuschelflusses Pfreimd vor seiner Mündung in die Naab eine bemerkenswerte Rolle und konnte sich seit der ersten Kartierung 1972/1973 gut behaupten (KOHLER et al. 1992, POSCHLOD et al. in Vorbereitung). Dagegen ist der seltene *P. alpinus* in der Pfreimd in den vergangenen Jahrzehnten weitgehend verschwunden.

Als wichtigste Maßnahme für die Erhaltung und Verbesserung der meso- bis oligotrophen weichen Fließgewässer der Oberpfalz mit ihren gefährdeten



□ nicht vorhanden □ selten ■ verbreitet ■ häufig ▨ Verödungszone n: nicht kartiert

Abbildung 5: Langzeitmonitoring: Makrophyten-Verbreitung Friedberger Ach 1972-1996. Besiedlung der früheren belastungsbedingten Verödungszone seit 1974 (Kläranlagenbaujahr), (VEIT et al. 2003)

Makrophyten-Beständen (und auch der Perlmuschel-Populationen) ist die Vermeidung und Reduktion von Abwasserbelastungen sowie diffuser Einträge durch die Landwirtschaft zu nennen (vergleiche KOHLER et al. 1996).

6. Literatur

- ARNDT, U., FOMIN, A. & LORENZ, S. (Hrsg.) (1996): Bio-Indikation: Neue Entwicklungen, Nomenklatur, Synökologische Aspekte. Verlag Heimbach, 307 S.
- ARNDT, U., NOBEL, W. & SCHWEIZER, B. (1987): Bioindikatoren. Ulmer Verlag, Stuttgart, 388 S.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2009): Rote Listen gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. http://www.lfu.bayern.de/natur/daten/rote_liste_pflanzen/index.htm Internetangebot.
- CARBIENER, R., TREMOLIERES, M., MERCIER, J. L. & ORTSCHIED, A. (1990): Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters (Upper Rhine plain, Alsace). *Vegetatio* 86: 71-88.
- FISCHER, W. R. (1984): Ein Vorschlag zur Klassifizierung rezenter Unterwasserböden von Flüssen auf ökologischer Grundlage. *Archiv für Hydrobiologie* 100: 371-384.
- GESSNER, F. (1955): Hydrobotanik I. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin, 517 S.
- GLÄNZER, U., HABER, W. & KOHLER, A. (1977): Experimentelle Untersuchungen zur Belastbarkeit submerser Fließgewässermakrophyten. *Archiv für Hydrobiologie* 79: 193-232.
- HABER, W. & KOHLER, A. (1972): Ökologische Untersuchungen und Bewertung von Fließgewässern mit Hilfe höherer Wasserpflanzen. *Landschaft + Stadt* 4: 159-168.
- HÖLL, K. (1970): Wasser – Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Chemie, Bakteriologie, Biologie. Berlin, 5. Auflage.
- JANAUER, G. (1979): Veränderungen organischer und anorganischer Inhaltsstoffe in *Potamogeton pectinatus* L. bei steigender Gewässerbelastung. *Flora* 168: 344-351.
- KOHLER, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft + Stadt* 1: 23-85.
- KOHLER, A. (1982): Wasserpflanzen als Belastungsindikatoren. *Decheniana Beihefte (Bonn)* 26: 31-42.
- KOHLER, A. & G. JANAUER (1995): Zur Methodik der Untersuchung von aquatischen Makrophyten in Fließgewässern. In: STEINBERG, BERNHARDT, KLAPPER (Hrsg.) *Handbuch Angewandte Limnologie*. Ecomed Verlag Landsberg, 22 S.
- KOHLER, A., VOLLRATH, H. & BEISL, E. (1971): Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Ökologie der Gefäß-Makrophyten im Fließwassersystem Moosach (Münchener Ebene). *Archiv für Hydrobiologie* 69: 333-365.
- KOHLER, A., WÖNNEBERGER, R. & ZELTNER, G.-H. (1973): Die Bedeutung chemischer und pflanzlicher „Verschmutzungsindikatoren“ im Fließgewässersystem Moosach (Münchener Ebene). *Archiv für Hydrobiologie* 72: 433-549.
- KOHLER, A., BRINKMEIER, R. & VOLLRATH, H. (1974): Verbreitung und Indikatorwert der submersen Makrophyten in den Fließgewässern der Friedberger Au. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 45: 5-36.
- KOHLER, A., LANGE, B. & ZELTNER, G.-H. (1992): Veränderung von Flora und Vegetation in den Fließgewässern Pfreimd und Naab (Oberpfälzer Wald) 1972-1988. *Berichte des Instituts für Landeskultur und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim* 1: 72-138.
- KOHLER, A., BLUMENTHAL, C. & ZELTNER, G.-H. (1994a): Die Makrophyten-Vegetation des Fließgewässersystems der Moosach (Münchener Ebene) – Ihre Entwicklung von 1970 bis 1992. *Berichte des Instituts für Landschafts- und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim* 3: 53-104.
- KOHLER, A., HEIMBERGER, K. & ZELTNER, G.-H. (1994b): Die Makrophytenvegetation in Fließgewässern des Erdinger Mooses (Münchener Ebene) – Ihre Entwicklung 1973 bis 1992. *Berichte des Instituts für Landschafts- und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim Beiheft* 1: 101 S.
- KOHLER, A., SIPOS, V. & BJÖRK, S. (1996): Makrophyten-Vegetation und Standorte im humosen Bräkne-Fluß (Südschweden). *Botanische Jahrbücher für Systematik*. 118: 451-503.
- KOHLER, A. & SCHNEIDER, S. (2003): Macrophytes as bioindicators. *Large Rivers* 14, *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 147: 17-31.
- KOHLER, A., SONNTAG, E., KÖDER, M., PALL, K., VEIT, U., ZELTNER, G.-H. & JANAUER, G. A. (2003): Macrophyte distribution in the River Vils (Oberpfalz, Bavaria). *Large Rivers* 14, *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 147: 33-53.
- KUTSCHER, G. & KOHLER, A. (1976): Verbreitung und Ökologie submerser Makrophyten in Fließgewässern des Erdinger Mooses (Münchener Ebene). *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 47: 175-228.
- LABUS, B. C. (1979): Der Einfluss des Waschrohstoffs Marlon A (anionenaktives Tensid) auf das Wachstum und die Nettophotosynthese verschiedener submerser Wasserpflanzen unter besonderer Berücksichtigung primärer Standortsfaktoren. *Dissertation Universität Hohenheim*, 187 S.
- LONDO, G. (1974): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. In: Knapp, R. (ed.): *Sampling methods in vegetation science*. W. Junk Publishers, The Hague/Boston/London: 45-49.
- MELZER, A. (1980): Ökophysiologische Aspekte der N-Ernährung submerser Wasserpflanzen. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 8: 357-362.
- MELZER, A. (1993): Die Ermittlung der Nährstoffbelastung im Uferbereich von Seen mit Hilfe des Makrophytenindex. *Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie* 47: 156-172.
- NOBEL, W. (1980): Der Einfluß der Belastungstoffe Chlorid, Borat und Phosphat auf die Photosyntheseleistung submerser Weichwasser-Makrophyten. *Dissertation Universität Hohenheim*, 165 S.
- ROWECK, H., WEISS, K. & KOHLER, A. (1986): Zur Verbreitung und Biologie von *Potamogeton coloratus* und *P. polygonifolius* in Bayern und Baden-Württemberg. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 57: 17-52.

SCHNEIDER, S. (2000):
Entwicklung eines Makrophytenindex zur Trophieindikation in Fließgewässern. Shaker Verlag, 182 S.

SCHUSTER, H. (1979):
Experimentelle Untersuchungen zur Schwermetallresistenz von submersen Makrophyten. Verlag J. Cramer, Vaduz, 156. S.

TREMP, H. & KOHLER, A. (1993):
Wassermoose als Versauerungsindikatoren. – Praxisorientierte Bioindikationsverfahren mit Wassermoosen zur Überwachung des Säurezustandes von pufferschwachen Fließgewässern. Veröffentlichungen PAÖ 6. Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe, 126 S.

VEIT, U., ZELTNER, G.-H. & KOHLER, A. (1997):
Die Makrophyten-Vegetation des Fließgewässersystems der Friedberger Au (bei Augsburg) – Ihre Entwicklung und Veränderung von 1972 bis 1996. Berichte des Instituts für Landschafts- und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim, Beiheft 4: 7-241.

VEIT, U. & KOHLER, A. (2003):
Long-term study of the macrophytic vegetation in the running waters of the Friedberger Au (near Augsburg, Germany). Large Rivers 14, Archiv für Hydrobiologie Supplement 147: 65-86.

WÜRZBACH, R., ZELTNER, G.-H. & KOHLER, A. (1997):
Die Makrophyten-Vegetation des Fließgewässersystems der Moosach (Münchener Ebene) – Ihre Entwicklung und Veränderung von 1970 bis 1996. Berichte des Instituts für Landschafts- und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim, Beiheft 4: 243-312.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Alexander Kohler
Dr. Uwe Veit
Universität Hohenheim
Institut für Landschafts- und
Pflanzenökologie (320)
70593 Stuttgart
kohleral@uni-hohenheim.de
uweveit@uni-hohenheim.de

Laufener Spezialbeiträge 2/09

Vegetationsmanagement und Renaturierung –
Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer

ISSN 1863-6446 – ISBN 978-3-931175-87-0

Verkaufspreis 10,- €

Die Themenheftreihe „Laufener Spezialbeiträge“ (abgekürzt: LSB) ging im Jahr 2006 aus der Fusion der drei Schriftenreihen „Beihefte zu den Berichten der ANL“, „Laufener Forschungsberichte“ und „Laufener Seminarbeiträge“ hervor und bedient die entsprechenden drei Funktionen.

Daneben besteht die Zeitschrift „ANLIEGEN NATUR“ (vormals „Berichte der ANL“).

Herausgeber und Verlag:

Bayerische Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege (ANL)

Seethalerstr. 6

83406 Laufen a.d.Salzach

Telefon: 08682/8963-0

Telefax: 08682 8963-17 (Verwaltung)

08682 8963-16 (Fachbereiche)

E-Mail: poststelle@anl.bayern.de

Internet: <http://www.anl.bayern.de>

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit zugeordnete Einrichtung.

Schriftleitung:

Ursula Schuster, ANL

Telefon: 08682 8963-53

Telefax: 08682 8963-16

Ursula.Schuster@anl.bayern.de

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Autoren verantwortlich. Die mit dem Verfassernamen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung der Schriftleiterin wieder.

Schriftleitung und Redaktion für das vorliegende Heft:

Ursula Schuster und Dr. Harald Albrecht,

Lehrstuhl für Vegetationsökologie,

Technische Universität München.

Wissenschaftlicher Beirat:

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Ulrich Ammer, PD Bernhard Gill,

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Wolfgang Haber, Prof. Dr. Klaus Hackländer,

Prof. Dr. Ulrich Hampicke, Prof. Dr. Dr. h. c. Alois Heißenhuber,

Prof. Dr. Kurt Jax, Prof. Dr. Werner Konold, Prof. Dr. Ingo Kowarik,

Prof. Dr. Stefan Körner, Prof. Dr. Hans-Walter Louis,

Dr. Jörg Müller, Prof. Dr. Konrad Ott, Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer,

Prof. Dr. Ulrike Pröbstl, Prof. Dr. Werner Rieß,

Prof. Dr. Michael Suda, Prof. Dr. Ludwig Trepl.

Herstellung:

Satz: Hans Bleicher, Grafik · Layout · Bildbearbeitung,
83410 Laufen

Druck und Bindung:

Korona Offset-Druck GmbH & Co.KG, 83395 Freilassing

Erscheinungsweise:

unregelmäßig (ca. 2 Hefte pro Jahr).

Urheber- und Verlagsrecht:

Das Heft und alle in ihm enthaltenen einzelnen Beiträge, Abbildungen und weiteren Bestandteile sind urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der ANL und der AutorInnen unzulässig.

Bezugsbedingungen/Preise:

Jedes Heft trägt eine eigene ISBN und ist zum jeweiligen Preis einzeln bei der ANL erhältlich: bestellung@anl.bayern.de oder über den Internetshop www.bestellen.bayern.de.

Auskünfte über Bestellung, Versand und Abonnement:

Annamarie Maier,

Tel. 08682 8963-31

Über Preise und Bezugsbedingungen im einzelnen:
siehe Publikationsliste am Ende des Heftes.

Zusendungen und Mitteilungen:

Manuskripte, Rezensionsexemplare, Pressemitteilungen, Veranstaltungsankündigungen und -berichte sowie Informationsmaterial bitte nur an die Schriftleiterin senden.

Für unverlangt Eingereichtes wird keine Haftung übernommen und es besteht kein Anspruch auf Rücksendung.

Wertsendungen (Bildmaterial) bitte nur nach vorheriger Absprache mit der Schriftleiterin schicken.