

Einfluss benthivorer und phytophager Fischarten auf die Erreichung der Ziele der EG- Wasserrahmenrichtlinie bei Seen mit empfindlicher Unterwasservegetation

LAWA-Projekt O4.16

Projektleitung: Dr. A. Waterstraat

Teil 3

Untersuchungskonzept zur Prüfung des Einflusses erhöhter Karpfenbestände auf die submerse Makrophytenvegetation an ausgewählten Seen mit Bestandsschäden

Bearbeiter:

Dr. A. Waterstraat

Dr. M. Krappe

Gesellschaft für Naturschutz und
Landschaftsökologie e.V. (GNL e.V.)

17237 Kratzeburg, Dorfstraße 31

info@gnl-kratzeburg.de

www.gnl-kratzeburg.de

Kratzeburg, den 12.12.2017

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Aufgabenstellung.....	3
3. Methodische Umsetzung.....	4
3.1. Großräumige Mesokosmen durch Abtrennung mit Netzen im Litoral von Seen.....	6
3.2. Großräumige Mesokosmen durch Abtrennung von Seeteilen mit Netzen oder Folie	10
3.3. Kleinräumige Mesokosmen, die mit Netzen, Gittern oder Folien errichtet werden.....	14
3.4. Kostenvergleich.....	17
4. Literaturverzeichnis.....	18

1. Einleitung

Benthivore Fische weisen ein erhebliches habitatveränderndes Potential auf. Dies trifft besonders auf den Zuchtkarpfen zu (siehe Berichtsteil 1 Literaturstudie). Von den Auswirkungen sind auch in erheblichem Maße die Makrophytenbestände unserer Klarwasserseen betroffen.

Es gibt diverse Studien, die die Mechanismen von Sedimentaufwirbelung, Makrophytenbeseitigung oder Gewässereutrophierung durch Karpfen beschreiben (siehe VILIZZI et al. 2015). Auch Belege für ein besseres Makrophytenwachstum in kleinen Mesokosmen (Exclosure frei von Karpfen) gibt es inzwischen reichlich.

Leider weisen in vielen Fällen die Untersuchungskonzepte erhebliche Mängel auf, so dass verallgemeinerbare Aussagen zu den Auswirkungen des Fischbestandes kaum möglich sind (siehe Tab. 1). Durch Erhöhung der Stichprobenzahl, sorgfältige Auswahl der gewählten Standorte, exakte Beschreibung der Umweltbedingungen und Wahl der für das jeweilige Ziel geeigneten Materialien und Größen sowie gute Betreuung könnten jedoch verschiedene Mängel reduziert werden (siehe u.a.: JOHNSON 2010a & b, MATSUZAKI et al. 2007, OLDORFF & KIRSCHHEY 2017).

Tab. 1: Kritikpunkte an kleinen Mesokosmen-Experimenten

Kritikpunkte	Folgerungen
Mesokosmos ist zu klein	Randeffekte dominieren
Enclosure ist zu klein	Fische können nicht ihr natürliches Verhalten zeigen
zu wenig Stichproben	Ergebnisse statistisch nicht abgesichert
Folie zur Begrenzung	kein ausreichender Wasseraustausch
Gitter oder Netze als Begrenzung	Veralgung und abnehmender Wasseraustausch während des Experimentes Einwanderung von Jungfischen
nach oben offene Käfige im Litoral	Eindringen von Wasservögeln möglich

Großräumige Mesokosmenuntersuchungen, die viele dieser Mängel nicht aufweisen, stellen zusätzliche Anforderungen an den Untersuchungsaufwand und wurden daher bisher nur in wenigen Fällen durchgeführt (z.B. JOHNSON 2010b, LIN & WU 2013). Problematisch ist es vor allem, große fischfreie Exclosures zu schaffen. Auch die langfristige Betreuung solcher Mesokosmen stellt erhöhte logistische Herausforderungen. Alternative Ansätze, die keine Fischentnahme erfordern, sind das Abdecken des Bodens, inklusive Vegetation, in Teilflächen (ANDERSON 1996) oder der Einsatz der Telemetrie in Habitatnutzungsstudien des Karpfens (BAJER et al. 2010, PENNE & PIERCE 2007, 2008)

2. Aufgabenstellung

Das Ziel der Untersuchungen sollte die Quantifizierung des Einflusses des Karpfenbesatzes auf den Zustand der Makrophyten sein. Im Idealfall sollten daher für die wichtigsten relevanten Gewässertypen Modellgewässer ausgewählt werden. Diese Gewässer sollten sowohl methodisch geeignet sein als auch eine gute Informationslage zu fischereibiologischen, limnologischen und Makrophytendaten aufweisen. Dies ist besonders wichtig, um mögliche Auswirkungen der benthivoren Fische im Vergleich mit externen und internen Belastungen

(z.B. über Sedimentfreisetzung) abgrenzen zu können. In der Praxis wird es daher eine deutliche Einschränkung der in Frage kommenden Gewässer geben. Im Einzelfall werden höhere Aufwendungen zur Erfassung einzelner Parameter erforderlich sein.

Ein wesentlicher Untersuchungsschwerpunkt in den Gewässern sollte die Erfassung der Makrophyten, die Quantifizierung von Schäden durch Karpfen (und u.U. weiterer benthivorer Arten) sowie die Erfassung der relevanten Fischbestandsdichte sein. Dafür werden folgende Untersuchungen unentbehrlich sein:

- detaillierte Erfassung der Makrophytenvegetation,
- Ermittlung von Wühlschäden,
- Analyse, ob auftretende Wühlschäden primär zur Makrophytenreduktion beitragen oder sekundär auf ehemaligen Chara-Wiesen stattfinden,
- Fischbestandserhebungen,
- wenn möglich, Erfassung der Nährstofffreisetzung aus dem Sediment durch Bioturbation und Erfassung der verstärkten Periphyton- und Sestonbildung auf den Makrophyten.

Fragen der externen und internen Phosphorbelastung (u.a. auch Erfassung erhöhter P-Gehalte im Litoral oder zuströmendes Grundwasser), weiterer relevanter stofflicher Ursachen (Rolle von DOC-Einträgen, Wirkungen grundwassergebundener Nitrateinträge auf Characeengesellschaften), Auswirkungen anderer Fischarten bzw. die Wechselwirkungen Makrophyten-Periphyten-Fische sollen ausdrücklich nicht Gegenstand der Untersuchungen sein. Diese Fragen gehen weit über die Bewertung des Einflusses des Karpfens hinaus. Gegenwärtig werden diese komplexen Fragestellungen im BfN-geförderten Charaprojekt in Nordbrandenburg und Südmecklenburg umgesetzt.

3. Methodische Umsetzung

Da sich die Untersuchungen auf natürliche Gewässer mit wertvollen Makrophytengesellschaften konzentrieren sollten, halten wir Versuche mit groß- und kleinräumigen Mesokosmen für die Methode der Wahl. Versuche mit verschiedenen Formen von geschlossenen Gewässern halten wir aus folgenden Gründen für ungeeignet:

1. Teiche werden häufig für Karpfenversuche verwendet, entsprechen aber weder in ihrer Trophie noch Ausprägung der Vegetation dem Leitbild der betroffenen Gewässer.
2. Neu entstandene künstliche Gewässer weisen zwar u.U. keine Fischbestände auf, haben aber in den meisten Fällen auch nicht die typische wertvolle Makrophytenvegetation.
3. Ein Besatz natürlicher karpfenfreier Seen mit Karpfen ist aus Schutzgründen nicht wünschenswert.
4. Die ausreichend sichere Erfassung aktueller Dichten von Karpfen und anderen benthivoren Fischen ist in natürlichen Seen schwierig.

Vorgeschlagen werden drei unterschiedliche Untersuchungsdesigns mit groß- und kleinräumigen Mesokosmen:

- großräumige Mesokosmen durch Abtrennung mit Netzen im Litoral von Seen
- großräumige Mesokosmen durch Abtrennung von Seeteilen mit Folien oder Netzen
- kleinräumige Mesokosmen, die mit Netzen, Gittern oder Folien errichtet werden.

Für jedes Untersuchungsdesign werden eine Beschreibung der Untersuchung, ihres zeitlichen und räumlichen Ablaufs und eine Abschätzung des materiellen und finanziellen Aufwandes für jeweils ein Untersuchungsgewässer gegeben.

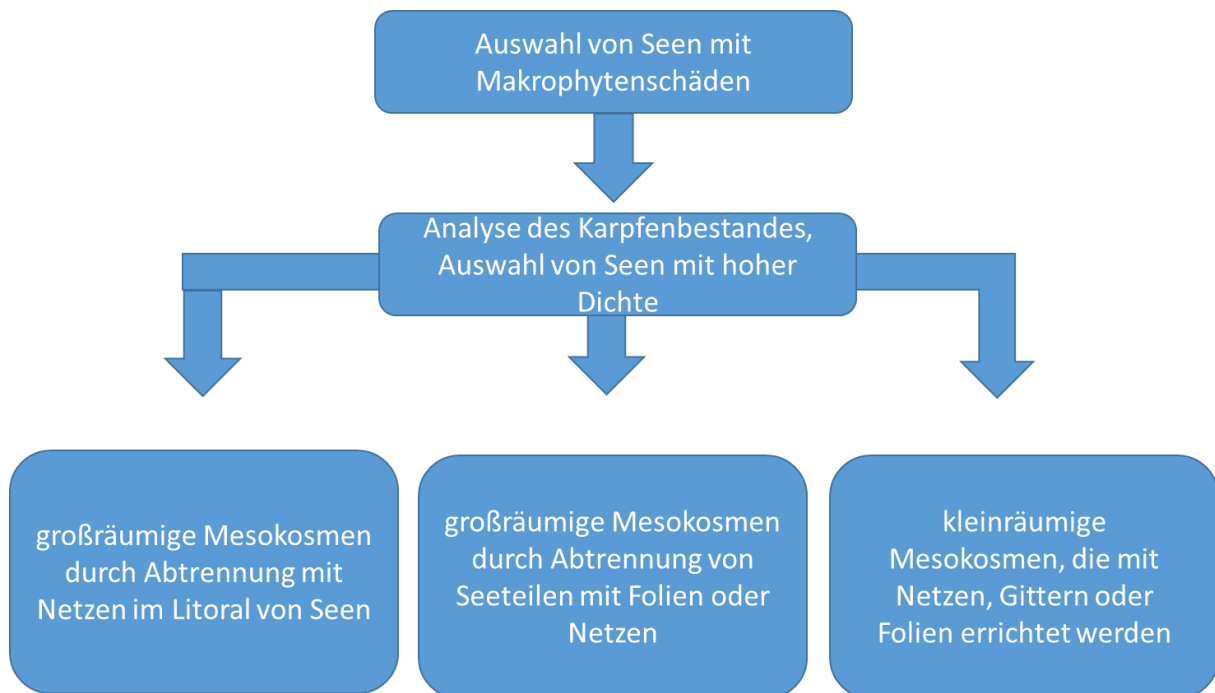


Abb. 1: Übersicht über die vorgeschlagenen Untersuchungen

Prinzipiell sollte eine Anpassung der jeweiligen Module an konkrete Gewässer möglich sein, doch können im Einzelfall zusätzliche nicht kalkulierbare Kosten auftreten. Außerdem ist zu bedenken, dass nicht jedes Untersuchungsdesign für jeden Gewässertyp geeignet ist. Dies trifft besonders auf die Abtrennung von Seeteilen zu, die eine geeignete Seemorphologie voraussetzt. Sehr steilscharige Seen mit kaum ausgeprägten horizontalen Vegetationsbänken sind für kleinräumige Mesokosmen-Untersuchungen wiederum weniger geeignet.

3.1. Großräumige Mesokosmen durch Abtrennung mit Netzen im Litoral von Seen

Sowohl in Flachseen als auch im Litoral geschichteter Seen können großräumige Mesokosmen mit Netzen eingerichtet werden. Vorteile dieser großen Versuchsflächen sind der weitgehende natürliche Ablauf der Sukzession bei noch möglicher Steuerung der Karpfenbestände. Nachteilig sind der hohe Unterhaltungsaufwand und die geringe Anzahl unterschiedlicher Versuchsbedingungen und Replikationen. In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Bedingungen und notwendigen Untersuchungen dargestellt.

Tab. 2: Kriterien und Untersuchungsschwerpunkte

Kriterium	Ausprägung
geeigneter Seetyp	Flachseen und geschichtete Seen mit ausgeprägter Characeenvegetation in homogenen (gleiche Tiefe) Beständen
Seegröße	> 50 ha
Tiefe	die für die Mesokosmen vorgesehen Bereiche sollten in Wassertiefen zwischen 1 und max. 5 m liegen
vorhandene Vegetationsformen	<ul style="list-style-type: none"> • flächiger Großarmleuchtergrundrasen (obligatorisch) • flächiger Kleinarmleuchtergrundrasen (nicht im Flachwasser, fakultativ) • Großlaichkrautgesellschaft (fakultativ)
Beispielsgewässer	Flachsee: Galenbecker See im Landkreis Mecklenburgische Seenplatte (M-V) geschichteter See: Plauer See im Landkreis Ludwigslust-Parchim (M-V)
Mindestgröße der Mesokosmen	1 ha
Mindestanzahl von Probeflächen	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Referenzflächen ohne Karpfen • 2 Probeflächen mit 25 kg Karpfen/ha • 2 Probeflächen mit 50 kg Karpfen/ha
Untersuchungszeitraum	mindestens 100 Tage von Mai bis August
vorbereitende Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorauswahl der Standorte im Vorjahr an Hand der Makrophytendeckung • Errichtung der Mesokosmen 4 Wochen vor Versuch zum Abfischen der benthivoren Fische <ul style="list-style-type: none"> ○ Elektrofischung bis max. 2 m Tiefe, ○ Stellnetze, Reusen kleine Zugnetze ○ Überprüfung mit Echolot • ggf. Abdeckung zum Schutz vor Wasservögeln • Reinigung der Netzwände vor Versuchsstart

Kriterium	Ausprägung
begleitende Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> wöchentliche Kontrolle der Mesokosmen auf Dichtheit und ggf. Reparatur wöchentliche Netzreinigung
Untersuchungen	<ul style="list-style-type: none"> Ersterfassung der Makrophytendeckung nach Braun-Blanquet durch Taucher oder Sichtbeobachtung (Video oder Sichtkasten) im Flachwasser und Wiederholung alle 4 Wochen in repräsentativen Transekten Periphyton- und Sestonerfassung in repräsentativer Stichprobe zu Versuchsbeginn und alle 4 Wochen Erfassung von Sediment- und Makrophytenschäden repräsentative Entnahme und Untersuchung (P-Gehalt, Kalk, Eisen, Sauerstoff, Struktur) von Sedimentproben zu Versuchsbeginn und -ende Erfassung von Sichttiefe, Phytoplanktondichte, P-Gehalt alle 4 Wochen Abfischung aller benthivoren Fische zu Versuchsende und Ermittlung der Bestandsdichten Ersterfassung der Biomasse Zoobenthos zu Versuchsbeginn und -ende in jedem Mesokosmos (Mischproben)

In der folgenden Tabelle wird der Untersuchungsaufwand je Untersuchungseinheit geschätzt.

Tab. 3: Untersuchungsaufwand je Mesokosmos

	Aufwand (in h)	Kosten bei 50 €/h
Personalkosten (ohne An- und Abfahrt)		
Vorauswahl UG	40 h	2.000 €
Vorbereitung der Mesokosmen	40 h	2.000 €
Aufbau der Mesokosmen	4 x 8 h= 32 h	1.600 €
Kontrolle und Reinigung	13 x 4 h= 52 h	2.600 €
Erst- und Schlussabfischung	2 Termine a 16 h Elektrobefischung (1 Fischereibiologe, 1 Begleiter) 2 Termine a 16 h Netzbefischung (1 Fischereibiologe, ein Begleiter)	3.200 €

	Aufwand (in h)	Kosten bei 50 €/h
Makrophytenuntersuchungen	4 Termine a 12 h (2 Forschungstaucher, ein Signalgast) = 48 h	2.400 €
sonstige Probennahmen	4 h Periphyton 4 h Wasserchemie 2 h Sedimente 2 h Zoobenthos	600 €
Auswertung Fische, Makrophyten	4 x 8 h Makrophyten 2 x 8 h Fischuntersuchungen	2.400 €
Personal gesamt		16.800 €
externe Kosten (jeweils Probennahme, Analytik und Auswertung)		
Periphytonuntersuchungen	ca. 40 Proben Auswertung a 50 €	2.000 €
Zoobenthosuntersuchungen	2 Mischproben Auswertung a 400 €	800 €
Sedimentuntersuchungen	je 4 Proben zu Beginn und Ende Labor und Auswertung a 150 €	1.200 €
Planktonproben	4 Proben, Labor und Auswertung a 100 €	400 €
Wasserchemieproben	4 Proben Labor und Auswertung a 400 €	1.600 €
externe Kosten gesamt		6.000 €
Materialkosten		
Netze	ca. 400 m Stellnetz Polyethylen (25 mm Maschenweite und 5 m Höhe)	2.000 €
	oder: ca. 400 m Stellnetz Polyethylen (25mm Maschenweite und 3 m Höhe)	1.000 €
	Zubehör: Bleileine 20 kg/100m (400m)	650 €
	Schwimmlleine (400m)	250 €

	Aufwand (in h)	Kosten bei 50 €/h
	Netzschwimmer groß 50St.	250 €
	Netzschwimmer klein (100St.)	500 €
	Bojen/Anker	50 €
	Garnmaterial	100€
sonstiges		500 €
Materialkosten gesamt		3.300 € - 4.300 €
Gesamt (Netto)		26.100 € - 27.100 €
Gesamt (Brutto 19%)		31.059 € - 32.249 €

Problematisch könnte es sein, die Fischfreiheit der Exclosures zu sichern. Dies ist zum einem abhängig von den einzelnen Gewässern. Außerdem sind tiefere Exclosures schwieriger zu bearbeiten, in denen die Elektrofischerei nicht mehr effektiv ist. Daher könnten hier Zusatzkosten anfallen.

Ergänzt werden müssen diese Kosten noch durch Reiseaufwendungen und notwendige Berichtskosten.

Je Mesokosmos fallen ca. 30.000 € an. Bei geplanten 6 Mesokosmen wären dies ca. 180.000 €.

3.2. Großräumige Mesokosmen durch Abtrennung von Seeteilen mit Netzen oder Folie

Die geringste Beeinflussung der natürlichen Sukzession bzw. der Versuchsbedingungen durch den Versuchsaufbau ist bei einer Seeteilung gegeben. Doch ist dieses nur in kleineren flachen Seen oder in kleinen bis mittelgroßen Seen mit einer ausgeprägten Beckenmorphologie möglich. Diese Seeteile dürfen auch nicht zu groß und tief sein, da ansonsten eine Eliminierung des Bestandes benthivorer Fische und die Etablierung eines definierten Karpfenbestandes in je einem Becken nicht mehr möglich sind.

Diese Methode ist besonders für Seen mit einem wertvollen Makrophytenbestand und bekannten Schädigungen geeignet. In diesen Fällen kann u.U. auf einen zusätzlichen Besatz im nicht „leer“ gefischten Seeteil verzichtet werden und so die Akzeptanz dieses Versuches durch die Naturschutzbehörden erhöht werden.

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Bedingungen und notwendigen Untersuchungen dargestellt.

Tab. 4: Kriterien und Untersuchungsschwerpunkte

Kriterium	Ausprägung
geeigneter Seetyp	Flachseen und geschichtete Seen mit ausgeprägter Beckenmorphologie, die gut abgrenzbar sind
Seegröße	10-50 ha
Tiefe	Die Seeteile sollten im Bereich der Absperrungen nicht tiefer als 5 m sein
vorhandene Vegetationsformen	<ul style="list-style-type: none"> • flächiger Großarmleuchtergrundrasen (obligatorisch) • flächiger Kleinarmleuchtergrundrasen (nicht im Flachwasser, fakultativ) • Großlaichkrautgesellschaft (fakultativ)
Beispielsgewässer	Waschsee im Landkreis Mecklenburgische Seenplatte (M-V)
Mindestgröße der Mesokosmen	1 ha
Mindestanzahl von Probeflächen	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Referenzfläche ohne Karpfen, u.U. mit anderen benthivoren Fischen • 1 Probefläche mit Karpfen und u.U. mit anderen benthivoren Fischen
Untersuchungszeitraum	mindestens 100 Tage zwischen April/Mai und August
vorbereitende Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Errichtung der Trennwände, wenn möglich bereits im Herbst des Vorjahres, spätestens jedoch 4 Wochen vor Versuch zum Abfischen der benthivoren Fische <ul style="list-style-type: none"> ○ Elektrobefischung bis max. 2 m Tiefe, ○ Stellnetze, Reusen, Zugnetze (besonders Herbstabfischung) ○ Überprüfung mit Echolot

Kriterium	Ausprägung
begleitende Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • wöchentliche Kontrolle der Trennwände oder Netze auf Dichtheit und ggf. Reparatur • ggf. wöchentliche Netzreinigung
Untersuchungen	<ul style="list-style-type: none"> • Ersterfassung der Makrophytendeckung nach Braun-Blanquet durch Taucher oder Sichtbeobachtung (Video oder Sichtkasten) im Flachwasser und Wiederholung alle 4 Wochen in repräsentativen Transekten • Periphyton- und Sestonerfassung in repräsentativer Stichprobe • Erfassung von Sediment- und Makrophytenschäden • repräsentative Entnahme und Untersuchung (P-Gehalt, Kalk, Eisen, Sauerstoff, Struktur) von Sedimentproben zu Versuchsbeginn und –ende • Erfassung von Sichttiefe, Phytoplanktondichte, P-Gehalt alle 4 Wochen • Abfischung aller benthivoren Fische zu Versuchsende und Ermittlung der Bestandsdichten • Ersterfassung der Biomasse des Zoobenthos zu Versuchsbeginn und –ende in jedem Mesokosmos

In der folgenden Tabelle wird der Untersuchungsaufwand je Untersuchungseinheit geschätzt.

Tab. 5: Untersuchungsaufwand je 2 Mesokosmen

	Aufwand (in h)	Kosten bei 50 €/h
Personalkosten (ohne An- und Abfahrt)		
Vorauswahl UG	40 h	2.000 €
Aufbau der Trennwand oder Trennwände bzw. Netze	32 h	1.600 €
Kontrolle und Reinigung	13 x 4 h	2.600 €
Erst- und Schlussabfischung	2 Mesokosmen a 2 Termine a 16h Elektrofischung (1 Fischereibiologe, 1 Begleiter) = 64 h 2 Mesokosmen a 2 Termine a 16 h Netzfischung(1 Fischereibiologe, 1 Begleiter) = 64 h	6.400 €
Makrophytenuntersuchungen	2 Mesokosmen a 4 Termine a 12h (2 Forschungstaucher, ein Signalgast) = 48 h	4.800 €
sonstige Probennahmen	2 x 4 h Periphyton 2 x 4 h Wasserchemie 2 x 2 h Sedimente 2 x 2 h Zoobenthos	1.200 €
Auswertung Fische, Makrophyten	2 x 4 x 8 h Makrophyten 2 x 2 x 8 h Fischuntersuchungen	4.800 €
Personal gesamt		23.400 €
externe Kosten		
Periphytonuntersuchungen	ca. 40 Proben Auswertung a 50 €	2.000 €
Zoobenthosuntersuchungen	je Mesokosmos 2 Mischproben Auswertung a 400 €	800 €
Sedimentuntersuchungen	je Mesokosmos je 4 Proben zu Beginn und Ende Labor und Auswertung a 150 €	1.200 €
Planktonproben	je Mesokosmos 4 Proben Labor und Auswertung a 100 €	800 €
Wasserchemieproben	je Mesokosmos 4 Proben Labor und Auswertung a 400 €	3.200 €

	Aufwand (in h)	Kosten bei 50 €/h
<i>Pfahlrammung (fakultativ)</i>	<i>150 Pfähle Douglasie, Abstand 4m 2m Rammtiefe+ 1m Schlammschicht</i>	<i>49.700 €</i>
externe Kosten gesamt		8.000 €
<i>externe Kosten gesamt mit Rammung</i>		<i>57.700 €</i>
Materialkosten		
Netze	ca. 400 m Stellnetz Polyethylen (25 mm Maschenweite und 7m Höhe) <i>alternativ: Teichfolie bei flacherem See ca. 7€/m² bei 1,5 mm Dicke)</i>	2000 € (bei 2 Seeteilen verdoppeln) <i>7000 €</i>
	Zubehör:	
	Bleileine 20kg/100m (400m)	650 €
	Schwimmlleine (400m)	250 €
	Netzschwimmer groß 50St	250 €
	Netzschwimmer klein (100St.)	500 €
	Bojen/Anker	50 €
	Garnmaterial	100 €
sonstiges		500 €
Material gesamt		4.300 € - 9.300 €
gesamt Netto		35.700 € - 40.700 €
<i>gesamt Netto mit Rammung</i>		<i>83.400-98.400 €</i>
Gesamt Brutto (19%)		42.483 € - 48.433 €
<i>gesamt Brutto mit Rammung</i>		<i>99.246-117.096 €</i>

Problematisch könnte es sein, das Referenzbecken frei von benthophagen Fischen zu bekommen. Dies ist zum einen abhängig von der Morphologie der einzelnen Gewässer und zum anderen von der Bestandsdichte der Fische. Daher könnten hier Zusatzkosten anfallen. Hiefür wurde noch das Angebot einer Rammung eingeholt, die über längere Zeit eine stabile Trennung ermöglichen würde. Dies würde jedoch zu einer Verdopplung der Kosten führen.

Ergänzt werden müssen diese Kosten noch durch Reiseaufwendungen und notwendige Berichtskosten.

Je See mit 2 Probeflächen fallen ca. 45.000 € - 50.000 € je nach verwendeten Materialien, Länge und Anzahl der Seeteilungen sowie externe Kosten an.

3.3. *Kleinräumige Mesokosmen, die mit Netzen, Gittern oder Folien errichtet werden*

Wie bereits dargestellt, gibt es unzählige Studien, in denen kleinräumige Exclosure oder Enclosure eingesetzt wurden. Auch auf die Kritikpunkte wurde bereits eingegangen.

Dennoch kann auch ihr Einsatz im Rahmen unserer Fragestellung sinnvoll sein, da einzelne spezifische Fragen bisher kaum geklärt sind:

- Wie reagieren Characeengesellschaften auf die Wühltätigkeit des Karpfens?
- Wie hoch ist der Anteil der Bioturbation an der Nährstofffreisetzung litoraler Sedimente?
- Können Karpfen auch bei geringen Dichten unter 50 kg/ha Schäden verursachen?
- Wie verhalten sich die unterschiedlichen Größenklassen des Karpfens?

Diese und weitere Fragestellungen sind nur durch wissenschaftlich exakte Studien mit ausreichender Probenzahl möglich. Wenn man diese Fragen in natürlichen Gewässern untersucht, bieten sich kleinräumige Mesokosmen an.

Eine nahezu ideale Möglichkeit hierfür würde das Seenlabor des IGB im Stechlinsee darstellen. Es handelt sich um einen wertvollen See mit ausgeprägter Unterwasservegetation, die im Rückgang begriffen ist und es werden Schäden von benthivoren Fischen beschrieben.

Leider ist dieses Labor in einer festen Tiefe von 20m fixiert, so dass keine flacheren Bereiche mit Makrophytenvegetation betrachtet werden können. In einem flacheren See können jedoch Untersuchungsflächen aus Netzmaterial in Form von runden Säulen im See eingerichtet werden.

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Bedingungen und notwendigen Untersuchungen dargestellt.

Tab. 6: Kriterien und Untersuchungsschwerpunkte

Kriterium	Ausprägung
geeigneter Seetyp	Flachseen und geschichtete Seen mit ausgeprägter Characeenvegetation in homogenen (gleiche Tiefe) Beständen
Seegröße	>10 ha
Tiefe	die für die Mesokosmen vorgesehen Bereiche sollten in Wassertiefen zwischen 1 und max. 5 m liegen
vorhandene Vegetationsformen	<ul style="list-style-type: none"> • flächiger Großarmleuchtergrundrasen (obligatorisch) • flächiger Kleinarmleuchtergrundrasen (nicht im Flachwasser, fakultativ) • Großlaichkrautgesellschaft (fakultativ)
Beispielsgewässer	Flachsee: Galenbecker See im Landkreis MSE im BL M-V geschichteter See: Bergsee im Landkreis MSE im BL M-V
Mindestgröße der Mesokosmen	5 m Durchmesser (ca. 20m ²)
Mindestanzahl von Probeflächen	<ul style="list-style-type: none"> • 10 Mesokosmen

Kriterium	Ausprägung
Untersuchungszeitraum	mindestens 100 Tage Mai-August
vorbereitende Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorauswahl der Standorte im Vorjahr an Hand der Makrophytendeckung • Errichtung der Mesokosmen vor Untersuchungsbeginn • ggf. Abdeckung zum Schutz vor Wasservögeln
begleitende Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • wöchentliche Kontrolle der Mesokosmen auf Dichtheit und ggf. Reparatur • wöchentliche Netzreinigung
Untersuchungen	<ul style="list-style-type: none"> • Ersterfassung der Makrophytendeckung nach Braun-Blanquet durch Taucher oder Sichtbeobachtung im Flachwasser und Wiederholung alle 4 Wochen (obligatorisch) • je nach Fragestellung <ul style="list-style-type: none"> ○ Erfassung von Sediment- und Makrophytenschäden ○ repräsentative Entnahme und Untersuchung (P-Gehalt, Kalk, Eisen, Sauerstoff, Struktur) von Sedimentproben zu Versuchsbeginn und –ende ○ Erfassung von Sichttiefe, Phytoplanktondichte, P-Gehalt alle 4 Wochen ○ Ersterfassung der Biomasse Zoobenthos zu Versuchsbeginn und –ende in jedem Mesokosmos (Mischproben)

In der folgenden Tabelle wird der Untersuchungsaufwand je Mesokosmos geschätzt.

Tab. 7: Untersuchungsaufwand je Sees

	Aufwand (in h)	Kosten bei 50 €/h
Personalkosten (ohne An- und Abfahrt)		
Vorauswahl UG (einmalig)	40 h	2.000 €
Aufbau der Mesokosmen	4 h	200 €
Kontrolle und Reinigung	13 x 1 h	650 €
Fischbesatz	4 h	200 €
Makrophytenuntersuchungen	4 Termine a 2 h	400 €
sonstige Probennahmen	4 Termine a 2 h	400 €
Auswertung Fische, Makrophyten	4 x 2 h	400 €
Personalkosten gesamt		4.250 €

	Aufwand (in h)	Kosten bei 50 €/h
externe Kosten		
Herstellung der Mesokosmen		5.000 €
Periphytonuntersuchungen	4 Proben a 50 €	200 €
Zoobenthosuntersuchungen	2 Proben a 100 €	200 €
Sedimentuntersuchungen	2 Proben a 150 €	300 €
Planktonproben	2 Proben a 100 €	200 €
Wasserchemieproben	2 Proben a 400 €	800 €
externe Kosten gesamt		6.700 €
Materialkosten		
Anker, Bojen, Pfähle, Garnmaterial		1.000 €
sonstiges		500 €
Materialkosten gesamt		1.500 €
Gesamt Netto		12.450 €
Gesamt Brutto		14.816 €

Ergänzt werden müssen diese Kosten noch durch Reiseaufwendungen und notwendige Berichtskosten.

Bei geplanten 10 Mesokosmen entfallen für alle anderen Flächen die Kosten für die Seerauswahl. Es ist mit einem Aufwand von 130.000 € zu rechnen.

3.4. Kostenvergleich

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die für einen See geschätzten Kosten im Vergleich der drei verschiedenen Untersuchungsansätze. Dabei wurde die für jedes Untersuchungsdesign empfohlene Anzahl der Mesokosmen kalkuliert. Würde man bei den großen Mesokosmen I ohne Parallelfächen arbeiten, könnten die Kosten von ca. 180.000 € auf 90.000 € Brutto halbiert werden. Auch bei den kleinen Mesokosmen könnte durch eine Verringerung der Anzahl der Mesokosmen eine Kostenreduktion erfolgen. Allerdings halten wir gerade bei kleinräumigen Untersuchungen die Möglichkeit von versuchsbedingten Beeinflussungen für hoch.

Tab. 8: Kostenvergleich

Untersuchungsdesign	Personal-kosten*	Material-kosten	externe Kosten	Gesamt-kosten (Netto)	Anzahl Flächen je See	Gesamt-kosten Set (Netto)	Gesamt-kosten Set (Brutto)
große Mesokosmen I	16.800 €	ca. 4000 €	6.000 €	26.800 €	6	150.800 €	179.452 €
große Mesokosmen II (Seeteilungen)*	23.400 €	4.000 €-10.000 €	8.000 €	35.700 €-40.700 €	2	69.400 €-79.400 €	82.586 €-94.486 €
kleine Mesokosmen	4250 €	1500 €	6.700 €	12.450 €	10	106.500€	126.735€

*Kosten für die Seeauswahl von 2000 € fallen nur einmal pro See an, **ohne fakultative Kosten

4. Literaturverzeichnis

- ANDERSON, R. (1996): Effects of streambed modification on stream quality and carp in the Des Plaines River. Chicago, Wetlands Research Inc.: 12 S..
- BAJER, P. G., LIM, H., TRAVALLINE, M. J., MILLER, B. D. & SORENSEN, P. W. (2010): Cognitive aspects of food searching behavior in free-ranging wild common carp. *Environmental Biology of Fishes* 88(3): 295-300.
- JOHNSON, J. A. (2010a): Effects of carp on the survival and growth of aquatic plants in Rice Lake (DOW# 27-0116). Freshwater Scientific Services LLC: 1-14.
- JOHNSON, J. A. (2010b): Effectiveness of temporary carp barriers for promoting wild rice growth in a southern bay of Upper Clam Lake., St. Croix Tribal Environmental Services – Natural Resources Department, Webster (WI). Freshwater Scientific Services LLC, Maple Grove (MN). 7 S..
- LIN, Y.-T. & WU, C. H. (2013): Response of bottom sediment stability after carp removal in a small lake. *International Limnology Journal* 49: 157-168.
- MATSUZAKI, S. S., NISIKAWA, U., TAKAMURA, N. & WASHITANI, I. (2007): Effects of common carp on nutrient dynamics and littoral community composition: roles of excretion and bioturbation. *Fundamental and Applied Limnology* 168(1): 27-38.
- Mattern, J. (1999): *Fischereifachkunde für Seen, Flüsse und küstennahe Gewässer*. Berlin, Parey Buchverlag.
- OLDORFF, S. & KIRSCHHEY, T. (2017): Benthivorous fishes interaction with submerged vegetation - A simple enclosure experiment. *Rostock. Meeresbiolog. Beitr. RMB* (27): S.63-80.
- PENNE, C. R. & PIERCE, C. L. (2007): *Radio Telemetry Study of Common Carp in Clear Lake, Iowa, To Guide Future Management*. Iowa, Department of Natural Resources Fisheries Bureau ,United States Geological Survey, Iowa State University: 76.
- PENNE, C. R. & PIERCE, C. L. (2008): Seasonal distribution, aggregation, and habitat selection of common carp in clear lake, Iowa. *Transactions of the American Fisheries Society* 137: 1050-1062.
- VILIZZI, L., TARKAN, A. S. & COPP, G. H. (2015): Experimental Evidence from Causal Criteria Analysis for the Effects of Common Carp *Cyprinus carpio* on Freshwater Ecosystems: A Global Perspective. *Fisheries Science & Aquaculture* 23: 253-290.